

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ciencias Ambientales

---



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**“Estudio del efecto del riego por goteo en un campo de naranjos de variedad Navelina comparándolo con otro de riego a manta”**

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

Autor/a:  
**Álvaro Casanoves Caballero**

Tutor/a:  
**Josep Vicent Llinares Palacios**

**GANDIA, 2018**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer a mi tutor Josep Vicent Llinares, por todo su esfuerzo, dedicación y trabajo que ha tenido hacia mi para la realización de este trabajo. A mi novia Fani por su apoyo, cariño y amor que me ha ofrecido durante tantos años. Sobre todo, a mi madre por no dejar de creer que más vale tarde que nunca para obtener unos estudios, a mi padre y Juanjo por estar siempre ahí, a mi hermano por prestarme su compañía y apoyo siempre que lo he necesitado, a mi hermana cuñado y sobrino.

Especialmente a mi abuelo por inculcarme desde que era un niño, esta pasión por el campo y la naturaleza, a mi abuela porque estoy seguro de que estará orgullosa de mí.

Finalmente, agradecer al Sr. Fritxen su gran amistad y por supuesto, por todas las horas que ha dedicado de su tiempo de trabajo hacia mi a lo largo de todos estos años.

## **Resumen**

La comarca de la Ribera Alta, la cual comprende nuestra zona de estudio, se ha caracterizado siempre por ser una zona con una gran expansión de la agricultura, destacando especialmente, el cultivo de naranjos. Antiguamente todos los cultivos de esta zona eran regados por los agricultores mediante el sistema tradicional de riego a manta o por superficie, Actualmente no se puede decir lo mismo, ya que la mayoría de los cultivos de naranjos presentan el sistema de riego por goteo ya que supone un ahorro considerable del agua, ofreciendo también la ventaja de la fertirrigación. El objetivo principal de este proyecto es caracterizar el suelo de dos campos diferentes de naranjos de la variedad Navelina, uno que presenta el sistema de riego por goteo y el otro que presenta el sistema de riego a manta o de superficie. Esto ha sido posible realizando diferentes análisis de laboratorio para determinar las propiedades fisicoquímicas que presentan las diferentes muestras de suelo en los campos de naranjo de la zona de estudio.

## **Abstract**

The area of the Ribera Alta, which includes our study zone, has always been characterized as an area with a large expansion of agriculture, especially highlighting the cultivation of orange trees. Formerly all the crops in this area were irrigated by farmers through the traditional system of irrigation to blanket or surface, currently cannot say the same, since most of the orange groves have drip irrigation system since it supposes a considerable saving of the water, offering also the advantage of the fertirrigation. The main objective of this project is to characterize the soil of two different orange groves of the Navelina variety, one that presents the drip irrigation system and the other that presents the irrigation system to blanket or surface. This has been possible by performing different laboratory analyses to determine the physicochemical properties of the different soil samples in the orange groves of the study area.

## **Palabras clave**

Riego, naranjos, riego a manta, riego por goteo, agricultor y suelo.

## **Keywords**

Irrigation, orange trees, blanket irrigation, drip irrigation, farmer and soil.

## Índice

1. Introducción	1
1.1. Origen del naranjo Navelina	1
1.2. La naranja como hesperidio	1
1.3. Historia del riego a manta	3
1.4. Historia del riego a goteo	9
1.5. La Fertirrigación	15
1.6. Climatología	19
1.7. Geología	21
2. Material y métodos	24
2.1. Descripción de la zona de estudio	24
2.2. Tipos de suelo	26
2.3. Metodología de trabajo	27
2.4. Ubicación de las zonas de muestreo	28
2.5. Metodología empleada en el laboratorio	30
2.6. Análisis de suelo	30
3. Resultados y discusión: análisis de las propiedades del suelo	36
4. Conclusiones	42
5. Bibliografía	43

## Índice de tablas

Tabla 1. Informe analítico de aguas de riego en el campo de naranjos de riego por goteo. Fuente crlostollos. com .....	19
Tabla 2. Datos de la estación meteorológica del municipio de Castelló de la Ribera de (1955-1967). .(www.globalbioclimatics.org) .....	19
Tabla 3. Índices bioclimáticos y diagnóstico de la estación meteorológica del municipio de Castelló de la Ribera de (1955-1967). .(www.globalbioclimatics.org).....	20
Tabla 4. Datos de la textura de las muestras de suelo.....	37
Tabla 5. Datos del color de las muestras de suelo. ....	37
Tabla 6. Datos del pH de las muestras de suelo.....	38
Tabla 7. Datos de la conductividad eléctrica de las muestras de suelo. ....	38
Tabla 8. Datos de la densidad aparente y porosidad de las muestras de suelo. ....	39
Tabla 9. Datos de la materia orgánica de las muestras de suelo. ....	39
Tabla 10. Datos de los carbonatos de las muestras de suelo. ....	40
Tabla 11. Datos del extracto de la pasta saturada de las muestras de suelo. ....	40
Tabla 12. Datos de la capacidad de intercambio catiónico de las muestras de suelo. ....	41
Tabla 13. Datos de las bases de cambio de las muestras de suelo. ....	41

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Porcentaje del tipo de riegos en España. Fuente: Oltra Cámara, M. A. 2014.....	16
Ilustración 2. Plan de abonado del 2018 en el campo de naranjos de riego por goteo. Fuente crlostollos.com .....	18
Ilustración 3. Grafico del diagrama ombrotérmico de Gausson de la estación meteorológica del municipio de Castello de la Ribera de (1955-1967). (www.globalbioclimatics.org).....	21
Ilustración 4. Mapa geológico de la zona del campo de naranjos de riego por goteo. Extracto hoja geológica n º 769 del IGME. ....	22
Ilustración 5. Leyenda de la zona geológica del campo de naranjos de riego por goteo. Extracto hoja geológica n º 769 del IGME. ....	22
Ilustración 6. Mapa geológico de la zona del campo de naranjos de riego a manta. Extracto hoja geológica n º 770 del IGME. ....	23
Ilustración 7. Leyenda de la zona geológica del campo de naranjos de riego a manta. Extracto hoja geológica n º 770 del IGME. ....	23

## Índice de imagenes

Imagen 9. <i>Imágenes satelitales de los puntos de muestreo 1,2 y 3 de la zona del campo de naranjos de riego por goteo.</i> Fuente: <a href="https://earth.google.es/">https://earth.google.es/</a> .....	25
Imagen 10. <i>Imágenes satelitales del punto de muestreo 4 de la zona del campo de naranjos de riego a manta.</i> Fuente: <a href="https://earth.google.es/">https://earth.google.es/</a> .....	25
Imagen 11. Zona de estudio del campo de naranjos de riego por goteo. Fuente: elaboración propia. ....	27
Imagen 12. Zona de estudio del campo de naranjos de riego a manta. Fuente: elaboración propia. ....	27
Imagen 13. Muestra 1 coordenadas (39º 07' 53'N', 0º 35' 17.2'O). Fuente: elaboración propia. ....	28
Imagen 14. Muestra 2 coordenadas (39º 07' 53,1''N, 0º 35' 17.,1''O). Fuente: elaboración propia. ....	29

Imagen 15. Muestra 3 coordenadas (39° 07' 53,1''N, 0° 35' 17,1''O). Fuente: elaboración propia. ....	29
Imagen 16. Muestra4 coordenadas (39° 07' 41,8''N, 0° 30' 49,7''O). Fuente: elaboración propia. ....	30

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Origen del naranjo Navelina

El origen del naranjo de la variedad Navelina es americano. Resulto de una mutación espontánea de la naranja Washington Navel en California.

Una de sus características principales reside en ser la variedad más temprana de las naranjas Navel. Por ello al principio se le denominaba Early Navel.

Antiguamente en la década de los años 30, fue la Universidad de California la que se encargó del envío de unas muestras de naranjas Early Navel al Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias que las designó naranjas Navelinas, debido a que tenían un tamaño inferior a las naranjas Navel. Esta variedad de naranjas tardó un tiempo para entrar en el mercado de los cítricos, ya que no es hasta la década de los 70 cuando comienza su comercialización masiva.

El desarrollo del cultivo del naranjo dulce en el reino de Valencia se inicia a finales del siglo XVIII. Se dice que el pionero que decidió ensayar con el cultivo del naranjo dulce fue don Vicente Monzó Vidal un cura de Carcaixent, y animó a los agricultores de la zona por los resultados obtenidos. Así se extendió el cultivo en Carcaixent y las demás zonas limítrofes, creándose así la riqueza naranjera en la Comarca de la Ribera.

## 1.2 La naranja como hesperidio

En botánica, un hesperidio es un tipo de baya modificada, característica del género *Citrus*. Es un fruto carnoso de cubierta más o menos endurecida, formada por pericarpio o exocarpo, también, llamado flavedo es la porción coloreada, formada por cavidades que presentan aceites esenciales. El mesocarpio presenta una forma corchosa, recibe el nombre de albedo por su color blanco y el endocarpio está formado por emergencias pluricelulares o pelos que contienen el jugo. Los tabiques que aíslan los lóculos están constituidos por el endocarpio y el mesocarpio. En algunas especies como la Navelina, el mesocarpio es laxo, lo cual, permite separar fácilmente la cáscara, formada por el exocarpo y las capas más externas del mesocarpio.



*Imagen 1. La naranja como hesperidio. Fuente elaboración propia.*

### **Ficha Técnica**

**Nombre científico:** Citrus sinensis

**Nombres populares:** Naranjo.

**Variedad:** Navelina

**Familia:** Rutáceas.

**Origen:** California

**Generalidades:** La naranja Navelina es una variedad muy antigua, de temprana maduración a mediados de octubre. Esta variedad es consumida por partes iguales como naranja de mesa o por su utilización para zumo.

**Características:** Se trata de un árbol vigoroso, de tamaño medio y aspecto vigoroso, la variedad Navelina es la más resistente al terreno calcáreo, a las heladas y su fruto a edad muy temprana.

**Floración:** Su floración se inicia a finales del invierno, principios de la primavera, sus flores tienen un color blanco intenso y son perfumadas, llamadas flor de azahar.

**Fruto:** Su fruto presenta un color rojizo. Tienen un tamaño medio, se presentan dos líneas, distinguibles por su forma alargada redondeada. Presentan una maduración precoz, pueden ser recolectadas a partir de finales de octubre.

**Multiplicación:** Por siembra o plantas ya injertadas. las semillas se pueden obtener de los frutos maduros. Deben ser secadas antes de ser sembradas en primavera.

**Tamaño planta adulta:** Puede alcanzar los 10 metros de altura, antiguamente las naranjas se recolectaban con escalera debido al tamaño de la planta, hoy en día con las podas, no deben sobrepasar los 2-3 metros de altura para su previa recolección.

**Iluminación:** Pleno sol.

**Temperatura:** Los naranjos pueden soportar temperaturas de 6-7° bajo cero dependiendo de la variedad, aunque con temperaturas de -5° los frutos se hielan lastimando su cosecha.

**Trasplante:** Los naranjos se trasplantan a finales del invierno, no suelen tener problemas si se siguen los métodos adecuados.

**Suelo:** Fértil y bien drenado, suelen soportar bien el suelo calcáreo.

**Riego:** Debe ser regular, pero deben de evitarse los encharcamientos.

**Abonado:** El abonado debe ser al comienzo de la primavera, es importante un buen aporte de estiércol, seguidamente a lo largo de la primavera y verano se puede ayudar con varios aportes de abono para cítricos. En el supuesto de que el árbol presente un color amarillento se puede aportar quelato de hierro (Ferro).

**Podas:** Se deben eliminar las ramas secas o deterioradas, para dar la forma globosa al naranjo dando podas de formación a partir del segundo año de injerto, también se deben quitar los brotes interiores de continuo durante toda la primavera y verano.

### 1.3 Historia del riego a manta

El riego a manta o también llamado riego por superficie fue introducido por los musulmanes después de la conquista de España, este método de riego hizo posible la revolución agrícola de nuestra tierra en el siglo XI. Los musulmanes aprovecharon y mejoraron el legado del imperio romano y el sistema de riego que ellos utilizaban. Los musulmanes desarrollaron distintas técnicas para aprovechar el agua, lo que hicieron fue almacenarla, elevarla y distribuirla desde las acequias a los diferentes campos, empleando una gran serie de conexiones entre las diferentes acequias, canalizaciones, balsas, etc.

Este método innovador fue tan importante a nivel económico y social que se tuvieron que crear normativas, leyes y nuevos organismos destinados exclusivamente a tratar asuntos relacionados con el agua. El tribunal de las aguas de Valencia es un ejemplo

activo de esto, por ello, todos los jueves a las 12:00h se celebran, en la Plaza de la Virgen juicios que tratan temas sobre conflictos o diferentes asuntos relacionados con las acequias y el uso de ellas.

El Riego a manta.

El riego a manta o por superficie es una de las técnicas más antiguas que existen. Este método consiste en mojar toda la superficie del campo para conseguir que todo el suelo pueda beneficiarse del agua.

El agua utilizada para regar los campos se obtiene de afloramientos subterráneos, es decir, los pozos y de las corrientes fluviales. El agua llega a los campos gracias a diversas canalizaciones artificiales. Cuando el agua llega a las diversas parcelas es labor del agricultor decidir el abrir y cerrar compuertas de estos canales, también el tiempo y la forma en la que quiere que el agua inunde su campo.

Una vez el campo queda cubierto por el agua, esta se filtra en la tierra a distintos niveles, por un lado, en la superficie, aprovechada por las plantas y los árboles y por otro en la profundidad, aprovechada por la propia tierra. Para optimizar este sistema el agricultor tiene que tener presente el desnivel del campo y su orientación ya que es muy importante que el agua pueda llegar a todos los rincones del campo por igual, evitando de esta forma que se queden algunas zonas del campo sin regar o por otro lado que se salinicen demasiado.

El trabajo del propio agricultor es muy importante ya que será él quien decida de qué manera quiere que se riegue el campo, dependiendo de la temperatura, las estaciones o la maduración de las naranjas.



*Imagen 2. Campo de naranjos con riego a manta o de superficie. Fuente: elaboración propia.*

### Conceptos básicos del riego a manta o por superficie

El principal objetivo del riego es abastecer al cultivo el agua adicional a la precipitación con el objetivo de cubrir las necesidades de lavado de sales para evitar su acumulación en el perfil del suelo y para el crecimiento óptimo de las propias plantas y árboles, asegurando la sostenibilidad del regadío.

### Fases y tiempos del riego

El riego a manta o por superficie se divide en fases que separan los distintos procesos hidráulicos y que favorecen a la comprensión y el análisis del transcurso del agua a través de la superficie del tablar. Las fases del riego están distinguidas por los tiempos característicos en los que se originan ciertas singularidades del riego.

Estos tiempos son:

- Tiempo del inicio del riego ( $t_i$ ). Tiempo que comienza a entrar agua al tablar o surco.
- Tiempo de avance ( $t_a$ ). Tiempo que el agua cubre la totalidad del tablar o alcanza el final del surco.
- Tiempo de corte ( $t_c$ ). Tiempo que deja de entrar agua al tablar o surco.

- Tiempo de vaciado ( $t_v$ ). Tiempo que una parte del tablar o surco queda descubierta después de infiltrarse el agua o desplazarse hacia distintas zonas.

- Tiempo de receso ( $t_r$ ). Tiempo que desaparece el agua de toda la superficie del tablar o surco.

La duración entre estos tiempos característicos define las principales fases del riego a manta o por superficie:

Estas fases son:

- Fase de llenado: diferencia entre  $t^a$  y  $t_i$
- Fase de vaciado: diferencia entre  $t^a$  y  $t^v$
- Fase de avance: diferencia entre  $t_i$  y  $t_v$
- Fase de receso: diferencia entre  $t^v$  y  $t^r$ .



*Imagen 3. Sistema de canalización de un campo de naranjos de riego a manta. Fuente: elaboración propia.*

## Idoneidad del riego en la parcela

El método empleado para representar el comportamiento del riego abarca frecuentemente los términos uniformidad y eficiencia. Lamentablemente no existe parámetro alguno que por sí solo sirva para describir el comportamiento del agua en el riego, por lo que es necesario valorar varios indicadores a la vez.

La idoneidad de un riego depende de:

- El aumento de agua almacenada en la zona radicular del cultivo originado por el riego.
- La pérdida causada por percolación profunda.
- La pérdida causada por escorrentía superficial.
- La uniformidad de la lámina de agua infiltrada.
- El déficit de humedad producido en el suelo después del riego.

La uniformidad del riego es expresada mediante índices porcentuales, en caso de presentar un valor de 100, presenta que todas las partes del campo reciben exactamente la misma dosis de riego.

La eficiencia de aplicación del riego también es expresada en índices porcentuales y hace referencia a la cantidad de agua utilizada en el riego de un tablar o surco que queda almacenada en el suelo y es utilizable por el cultivo.

La utilización correcta del agua de riego implica que las plantas que menos agua reciben en una parcela dispongan del agua necesaria para sus procesos de evapotranspiración, y que, también, no haya mucha diferencia entre la cantidad de agua que reciben todas las plantas. Esto implica una elevada uniformidad y eficiencia.

## Efecto del riego a manta o por superficie en el medio ambiente

Un campo de riego a manta o por superficie necesita una serie de infraestructuras para su correcto funcionamiento.

Entre ellas se incluyen fundamentalmente:

- Embalses.
- Obras de captación de agua.
- Redes de canales y acequias.
- Redes de desagües.

- Redes de caminos.

El efecto que produce el riego a manta o por superficie sobre el paisaje puede ser discutida desde diferentes aspectos. En general podemos decir, que este tipo de riego tiene un mínimo impacto sobre el paisaje comparado con otras afecciones como pueden ser las redes de comunicación y las industrias. Presentando un impacto que se produce en un área geográfica amplia.

El sistema del regadío de los campos puede producir problemas medioambientales tales como:

- Alteración de las zonas húmedas naturales.
- Sobreexplotación de los acuíferos.
- Alteración del régimen hidrológico de los ríos.
- Aparición de capas freáticas próximas a la superficie del suelo.
- Salinización de aguas y deterioro de su calidad.
- Salinización de suelos.
- Tierras abandonadas.
- Erosión del suelo.

Estos problemas medioambientales pueden ser evitados efectuando de una forma óptima la explotación del regadío. Un incorrecto manejo del riego a manta o por superficie producen problemas ambientales que derivan principalmente de un riego excesivo, esto, produce grandes pérdidas de agua por percolación profunda y también, por escorrentía superficial.

La percolación profunda produce una movilización de las sales solubles del subsuelo, favoreciendo el aumento de la salinidad de las aguas de retorno de los regadíos. Estas aguas de retorno cargadas de sales se adhieren a los cauces naturales, ocasionando un aumento de la salinidad de las aguas superficiales. Asimismo, la percolación produce una pérdida muy importante de nutrientes, principalmente nitratos, que son arrastrados por el agua de percolación, ocasionando importantes procesos de eutrofización y contaminación de las aguas receptoras de los retornos del riego. Las aguas de percolación son capaces también de arrastrar productos fitosanitarios, ayudando a la contaminación de las aguas de retorno.

La escorrentía superficial también supone un gran problema en el regadío, ya que va asociada a los procesos de erosión de la capa superficial del suelo arable.

## 1.4 Historia del riego por goteo

El origen del riego por goteo precede de la necesidad del ser humano para adaptarse al medio, como casi cualquier tecnología. Fue utilizado en la antigüedad por aquellas poblaciones que residían en zonas áridas del planeta y necesitaban este tipo de riego para poder cultivar. Estas poblaciones comenzaron a enterrar en el suelo vasijas de arcilla llenas de agua por las que se iba filtrando gradualmente hacia el suelo gota a gota.

El riego por goteo moderno se desarrolló hacia 1860 en Alemania. Los investigadores empezaron a experimentar con tuberías de arcilla el proceso de la subirrigación para crear una composición de irrigación y de sistema de drenaje.

En 1920, Alemania utilizó tuberías perforadas más tarde O.E. Robey en la universidad de Michigan experimentó el riego por tubería porosa de tela.

Después de la Segunda Guerra Mundial con la llegada de los plásticos modernos, fueron posibles cuantiosas mejoras. Microtubos de plástico y numerosos tipos de goteros que fueron empleados en invernaderos de Estados Unidos y de Europa.

El actual sistema de riego por goteo, es decir, el sistema que usa todo el mundo fue inventado por unos agricultores de Israel, Simcha Blass y su hijo Yeshayahu. En 1965 la familia de Blass desarrolló el primer sistema experimental de este tipo, creando una compañía de riegos llamada Netafilm. A finales del año 60 este método muy perfeccionado se ha ido desarrollando en América del Norte en América del Sur y en Australia.

El 70% del agua dulce del planeta es consumida por la agricultura, lo cual, presenta un desafío para los productores a la hora de utilizar de manera eficiente el recurso del agua para conseguir producir más con menos agua.

### Riego por goteo

Conocido también con el nombre de riego gota a gota consiste en un método de irrigación empleado en las zonas más áridas que permite la óptima utilización de agua y abonos. Es un método eficaz para suministrar agua a la planta, ya sea en plantas aisladas o en cultivos en línea.

Esta técnica de riego en agricultura es la innovación más importante desde la invención de los aspersores en los años 1930.



*Imagen 4. Campo de naranjos de riego por goteo. Fuente: elaboración propia.*

#### Funcionamiento

Este método de riego es empleado para infiltrar el agua hacia las raíces de la planta irrigando claramente la zona de influencia de las raíces mediante un sistema de tuberías y emisores denominados goteros.

#### Evolución

Actualmente se han añadido varias mejoras para poder evitar los distintos problemas que podrían afectar a este sistema:

- **Goteros autocompensantes:** Proporcionan un caudal más o menos fijo dentro de unos niveles de presión. Sirve para que los goteros del final del tubo no disminuyan la cantidad de agua que los del principio debido a la caída de presión debida al rozamiento. Son utilizados cuando el tubo va en cuesta porque los goteros más bajos soportan mayor presión y si no son los adecuados pueden perder mucha agua.
- **Goteros y filtros autolimpiables:** Se suelen instalar filtros con sistemas de autolimpieza periódica que son muy eficaces porque este sistema de riego es muy sensible a las partículas sólidas. Los goteros también pueden tener un sistema para disminuir pequeñas partículas que puedan causar atascos.
- **Goteros regulables:** Pueden regular el caudal con un mando mecánico.

## Características

- Uso de pequeños caudales a baja presión.
- Localización de agua alrededor de las plantas mediante distintos puntos de emisión.
- Al disminuir el volumen de suelo regado y su capacidad de almacenamiento, debe funcionar con una elevada frecuencia de aplicación a caudales pequeños.
- El riego por goteo supone una importante tecnología debido a que contribuye a una mayor productividad y un mejor uso del agua de riego.
- 

## Componentes

- Programador

Normalmente presenta una o varias para el goteo.

- Electroválvulas

Cada sector de riego a goteo lleva una electroválvula que tiene la función de abrir o cerrar el agua según le ordena el programador

Lo más conveniente es crear varios sectores dentro del riego por goteo, cada uno con su electroválvula y con una fase del programador.

- Arquetas

Las electroválvulas van incorporadas en el interior de las arquetas. Las arquetas pueden ser individuales y otras más grandes que tienen la capacidad para alojar 3, 4, 5 electroválvulas en paralelo

Los emisores de riego por goteo necesitan una presión del caudal muy baja para funcionar por ello hay unos dispositivos llamados reguladores de presión o reductores. Si la presión es alta y no se ponen estos dispositivos los goteros pueden salir disparados Para controlar la presión se puede colocar una llave de paso antes de la electroválvula.



*Imagen 5. Instalación que contiene las electroválvulas. Fuente elaboración propia.*

- Filtro

Al principio del sector de riego por goteo es conveniente la instalación junto al reductor de presión, un filtro de agua para disminuir las obstrucciones en los goteros.



*Imagen 6. Filtro instalado en el campo de naranjos de riego a goteo. Fuente elaboración propia.*

- Tuberías

La tubería más utilizada para el riego a goteo presenta un diámetro de 16mm y el material del que están fabricadas es el polietileno (PE)

- Piezas especiales

Codos, tes, llaves, tapones, empalmes enlaces, etc.

- Emisores o goteros

Los goteros se pueden dividir en dos tipos:

- Goteros incorporados en la propia tubería
- Goteros de botón, para pinchar en tubo.

Los más económicos son los goteros integrados.

Los goteros de botón suelen resultar más prácticos para zonas donde las plantas están más desperdigadas o jardineras porque se colocan donde se necesitan.

Principal problema del riego por goteo

### **Obstrucción de goteros**

Los emisores de riego por goteo con el tiempo se cierran a causa de varios factores: Frecuentemente por la cal de las aguas calizas. A nivel agrícola se puede eliminar procediendo a su disolución mediante un tratamiento a base de ácidos. El ácido más utilizado por los agricultores para este fin es el ácido nítrico diluido al 56% o el 65%. Este ácido puede provocar quemaduras en contacto con la piel, por ello, resulta muy peligrosa su manipulación. También se suele utilizar el ácido clorhídrico diluido al 32% o al 36%. Una posible solución para mejorar el agua: colocar un sistema de ósmosis inversa. Son caros, pero eficaces.

Otros elementos que cierran los goteros son las partículas de limo, arena, arcilla, de plástico, también las algas, hongos y bacterias.

## Ventajas

El sistema de riego por goteo presenta varias ventajas desde los puntos de vista técnicos, agronómicos y económicos, procedentes de una buena gestión del agua y de la mano de obra. También permite la utilización de pequeños caudales de agua.

- Una considerable reducción de la evaporación del suelo, lo que conlleva a una reducción importante de las necesidades de agua. No es correcto hablar de una reducción a la transpiración del cultivo, ya que la cantidad de agua transpirada es una propiedad fisiológica de la especie.
- Es posible la automatización completa del sistema de riego, con los resultantes ahorros en mano de obra. El control de las dosis de aplicación resulta más fácil y completo.
- Se pueden emplear aguas más salinas que con un riego convencional, debido al mantenimiento de una humedad correspondientemente alta en la zona radical.
- Una adaptación más fácil en terrenos con fuertes pendientes o rocosos.
- Disminuye la proliferación de malas hierbas en las zonas no regadas
- Admite el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego disminuyendo pérdidas por Lixiviación pudiendo ser modificados en cualquier momento del cultivo.
- Evita que se moje el dosel vegetal disminuyendo los riesgos de problemas fitosanitarios.
- Permite el aporte de nutrientes con el agua de riego, es decir, la Fertirrigación.
- Admite la utilización de aguas residuales ya que evita que se desperdicien gotas con posibles patógenos en el aire.

## Inconvenientes

- El coste elevado de la instalación. Es necesario una inversión económica considerable debido a la gran cantidad de componentes que se necesitan como emisores, equipamientos especiales en el cabezal de riego, tuberías y la necesidad de un sistema de control automatizado como son las electroválvulas.
- El riesgo de obturación de los emisores, y el resultante efecto sobre la uniformidad del riego. Esto supone el principal problema en riego por goteo. En este sistema de riego es muy importante el sistema de filtración implantado, que dependerá de las propiedades del agua utilizada.

- La presencia de grandes concentraciones de sales alrededor de las zonas regadas, debida a altas concentraciones de las sales en estas zonas. Esto contribuye a ser un inconveniente importante para la plantación siguiente, si las lluvias no son capaces suficientes de lavar el suelo.
- Un inconveniente muy importante de este sistema es la obstrucción de los orificios, por lo tanto, no regarán como es debido.
- 

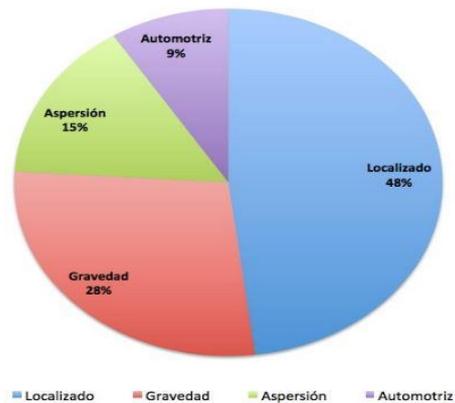
### 1.5 La Fertirrigación

La fertirrigación es una técnica que permite la aplicación de forma simultánea de fertilizantes y agua a través de un sistema de riego. Tiene como objetivo aprovechar los sistemas de Riegos Localizados de Alta Frecuencia para aplicar los nutrientes necesarios a las plantas, Esta técnica está completamente extendida en el sistema de riego por goteo.

#### La importancia de la Fertirrigación en España

La fertirrigación es un sistema muy importante en España, ya que presenta el 71,6% de la superficie regada, mediante los sistemas de riego por goteo o localizado, automotriz y aspersión La superficie regada en España presenta un área de 3.540.560 hectáreas en 2013. Existen diversos sistemas de riego del total de la superficie regada destacando principalmente el riego localizado o por goteo con un total de 1.707.576 ha, seguido del riego por gravedad o superficie con un total de 1.004.782ha, seguido del riego por aspersión con un área de 529.215 ha y por último el tipo automotriz con un total de 298.169 ha. Un dato relevante es que las provincias y comunidades que presentan mayor escasez de agua son las que más utilizan el sistema de riego localizado, aprovechando este sistema de fertirrigación para realizar la fertilización de los cultivos.

**Tipos de riego y porcentajes en España**



*Ilustración 1. Porcentaje del tipo de riegos en España. Fuente: Oltra Cámara, M. A. 2014.*

### Conocimientos básicos para la técnica de la fertirrigación

- Conocer las necesidades nutritivas de los cultivos
- Distribución de los porcentajes de fertilización a lo largo del ciclo de cultivo,
- Características del agua utilizada como la conductividad eléctrica, el pH, etc.
- Conocer las operaciones con el cambio de unidades de fertilizantes a kilogramos de fertilizante

### Ventajas que aporta el uso de la fertirrigación

El sistema de fertirrigación es actualmente, el método más racional de que disponemos para proceder a realizar una fertilización optimizada.

- Los nutrientes y el agua permanecen perfectamente localizados en la zona de absorción de las raíces.
- Permite establecer diferentes planes de fertilización en conformidad con el estado fenológico del cultivo o en función de las curvas presentadas en la absorción de los nutrientes.
- Posibilita la corrección inmediata de cualquier deficiencia nutritiva del cultivo.
- Permite la utilización de aguas de baja calidad agronómica. Aspecto muy importante por considerar, ya que con buenas prácticas de uso y los conocimientos necesarios, podemos utilizar aguas de baja calidad, es decir, conductividad eléctrica superior a 3dS/m.
- Alta dependencia del cultivo al sistema de riego y por lo que contribuye a un mayor control sobre el cultivo. Podremos disminuir o aumentar la velocidad de

crecimiento según las necesidades. También, podremos utilizar técnicas de Riego Deficitario Controlado.

- Todas las anteriores derraman en un uso más racional del agua y los fertilizantes. Una directa incidencia sobre la capacidad productiva del cultivo. Por otro lado, un mínimo impacto ambiental sobre el medio ambiente.

#### Métodos de Fertirrigación

- **Fertirrigación cuantitativa.** Este modelo está basado en calcular las necesidades nutritivas en función de los distintos parámetros: Superficie foliar, edad, tipo de suelo, número de plantas, consumo de nutrientes, área, etc. Una vez calculados los requerimientos, se introducen en el sistema de riego para aportarlos.
- **Fertirrigación proporcional.** Este es un modelo utilizado en cultivos ausentes de suelo e hidropónico. Se trata de inyectar una determinada cantidad de fertilizantes en un volumen de agua conocido. Por ejemplo: litro por metro cúbico o gramos por litro. Este ejemplo hace referencia a la concentración de fertilizantes en el agua; en hidropónico suelen utilizarse unidades de concentración como: meq/l, ppm/l o mmol/l.

PLAN DE ABONADO 2018

MACRONUTRIENTES

EQUILIBRIOS Y FORMULACIONES DE CAMPAÑA

Marzo-Abril 10.00-4.00-6.00		Mayo-Junio 8.00-2.00-8.00		Julio-Septiembre 6.00-1.00-10.00	
N	1	N	1	N	0,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,4	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,25	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,1
K <sub>2</sub> O	0,6	K <sub>2</sub> O	1	K <sub>2</sub> O	1
MgO	0.00	MgO	0.00	MgO	0.00

Nitrogeno aplicado 50% NITROGENO NITRICO + 50% NITROGENO AMONICAL.

Las necesidades de CALCIO y MAGNESIO se aportan con el agua de riego.

Acido fosforico a finales de Febrero

N-20: Aplicaciones variables en arranque y engorde en función de situación campaña-foliares

MICRONUTRIENTES

ABRIL	JUNIO	SEPTIEMBRE
Quelatos de Fe	Quelatos de Fe	Quelatos de Fe

AGENTE QUELANTE: Isómero orto-orto 6,0% (5kg/ha)

MICROELEMENTOS: Formulación: 0,3% B, 0,5% Cu, 10% Mn, 0,1% Mo, 15% Zn

Distribución de las UF por meses/ha

Meses	Abono a distribuir							
	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		Fe	
	%	UF/ha	%	UF/ha	%	UF/ha	%	UF/ha
Febrero								
Marzo	19%	30	36%	20	6%	9	40%	2,0
Abril	19%	30	22%	12	12%	18		
Mayo	15%	24	13%	7	15%	24		
Junio	15%	24	13%	7	15%	24	40%	2,0
Julio	11%	18	5%	3	17%	27		
Agosto	11%	18	5%	3	17%	27		
Septiembre	11%	18	5%	3	17%	27	20%	1,0
Total	100%	162	100%	55	100%	156	100%	5,0

Características físicas, químicas, agronómicas y de calidad del abonado.

1. La cantidad de abono está calculada para un caudal de demanda de la instalación a parcela de 1.000 l/hg/h
1. Los fertilizantes aportados son filtrados durante el proceso de fabricación, mediante filtros prensa.
2. Las equilibrios y formulaciones aplicados son previamente ensayados y analizados en el laboratorio
3. El plan de abonado está diseñado para aportar todas las necesidades de las variedades del cultivo predominante (cítricos) y aspectos importantes de caqui. El plan de abonado, se puede ver modificado según los resultados de analíticas de foliares, SFR, sondas nutricionales, etc.
4. Las empresas proveedoras del fertilizantes, están certificadas en calidad y medioambiente.

Ilustración 2. Plan de abonado del 2018 en el campo de naranjos de riego por goteo. Fuente crlostollos.com

## Informe analítico de aguas de riego

Tabla 1. Informe analítico de aguas de riego en el campo de naranjos de riego por goteo. Fuente *crlostollos.com*

Descripción	Muestreo	pH	C.E. ( $\mu\text{S}/\text{m}$ )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ( $\text{mg}/\ell$ )	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> ( $\text{mg}/\ell$ )	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ( $\text{mg}/\ell$ )	Cl <sup>-</sup> ( $\text{mg}/\ell$ )	Ca <sup>++</sup> ( $\text{mg}/\ell$ )	Mg <sup>++</sup> ( $\text{mg}/\ell$ )	Na <sup>+</sup> ( $\text{mg}/\ell$ )	K <sup>+</sup> ( $\text{mg}/\ell$ )	B (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Agua de Riego	28-jul-17	7,85	1,1	<0,16	6,08	3,54	3,39	5,19	3,54	3,09	0,31	0,09	<0,05	<0,005	<0,05	0,08
Agua de Riego	30-ago-17	8,14	1,16	<0,16	6,88	3,34	3,47	5,63	4,22	3,67	0,11	0,1	<0,05	<0,005	<0,05	<0,05

### 1.6 Climatología

Para la obtención de los datos meteorológicos se utilizó por cercanía a la zona de estudio la estación meteorológica de Castelló de la Ribera, ubicada en el mismo municipio según las coordenadas 39° 05'N, 0° 31'O con una altitud de 36 m s.n.m. Se utilizaron datos climáticos de un periodo de 13 años, comprendido entre el año 1955 y 1967, ambos inclusive. ([www.globalbioclimatics.org](http://www.globalbioclimatics.org))

Tabla 2. Datos de la estación meteorológica del municipio de Castelló de la Ribera de (1955-1967). ([www.globalbioclimatics.org](http://www.globalbioclimatics.org))

MES	Temperatura media (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Húmedad media (%)	Radiación (MJ/m <sup>2</sup> )	Precipitación (mm)	Evapotranspiración potencial
Enero	11,1	16,8	5,5	24,4	-0,1	46	18,03
Ferbrero	12,1	18,5	5,7	27,7	-0,5	39	21,41
Marzo	14,8	21,4	8,2	60,6	1,7	22	40,285
Abril	17,1	24,6	9,7	32,9	4	31	58,47
Mayo	21,7	29,4	14	37,5	8,8	59	108,5
Junio	24,6	32,3	16,9	40,4	12,3	28	142,81
Julio	28,7	36,6	20,9	43,1	16,6	5	192,92
Agosto	29,1	36,6	21,6	41,9	18,1	12	184,45
Septiembre	26,1	32,9	19,3	40,9	13,4	38	135,83
Octubre	20,2	26,7	13,8	34	6,6	130	72,72
Noviembre	15	21,1	8,8	28,4	3,3	68	33,8
Diciembre	12,1	18,1	6,2	23,5	0,4	48	20,9
Media	19,36	26,25	12,55	33,77	7,05	TOTAL 526	1030,1

Tabla 3. Índices bioclimáticos y diagnóstico de la estación meteorológica del municipio de Castelló de la Ribera de (1955-1967). [.\(www.globalbioclimatics.org\)](http://www.globalbioclimatics.org)

INDICES BIOCLIMATICOS Y DIAGNOSTICO		
Índice de temperatura	(It)	417
Índice de temperatura compensada	(Itc)	417
Índice de continentalidad simple	(Ic)	18
Índice de diurnidad	(Id)	15,7
Índice ombrotérmico anual	(Io)	2,26
Índice ombrotérmico estival	(Ios1)	0,17
Índice ombrotérmico bimestral	(Ios2)	0,29
Índice ombrotérmico trimestral	(Ios3)	0,55
Índice ombrotérmico cuatrimestral	(Ios4)	1
Índice anual de ombroevaporación	(Ioe)	0,51
Temperatura positiva anual	(Tp)	2326
Temperatura negativa anual	(Tn)	0
Temperatura estival	(Ts)	824
Precipitación positiva	(Pp)	526

### Precipitación

Como se puede observar anteriormente en la Tabla 2, en general durante el año se presenta poca precipitación, respecto al periodo de estudio (1955-1967) la precipitación media anual fue de 526mm. El mes más seco según la media anual se presentó en julio con 5mm. Octubre fue el mes que mayor registro de precipitación presentó fue octubre con una media de 130mm. Durante el verano las precipitaciones son mínimas, se nota un incremento de precipitación con la llegada de la época otoñal, donde las lluvias aumentan considerablemente.

### Temperatura

Como se observa anteriormente en la Tabla 2, durante el periodo de tiempo estudiado la temperatura media de todos los meses fue de 19,36°C, siendo el mes de julio y de agosto los más calurosos, presentando ambos, una temperatura de 36,6°C, y el más frío el mes de enero presentando una temperatura con de 5,5°C. La temperatura media máximas alcanzan el valor de 26,5°C, mientras que la media de la temperatura mínima alcanza un valor de 12,5°C durante todo el año.

## Diagrama ombrotérmico de Gaussen

Gaussen define un mes ecológicamente seco cuya precipitación total mensual, expresada en milímetros es igual o inferior, a dos veces el valor de la temperatura promedio mensual, expresado en grados centígrados, esto es  $P \leq 2T$ .

Como observamos en el diagrama de la Ilustración 3, destacan dos periodos secos, un periodo seco relativamente mínimo en los meses de febrero y marzo y otro periodo seco más considerable de cuatro meses comprendido entre mayo y agosto, con lo cual se trata de un clima bixérico, por presentar dos periodos secos.

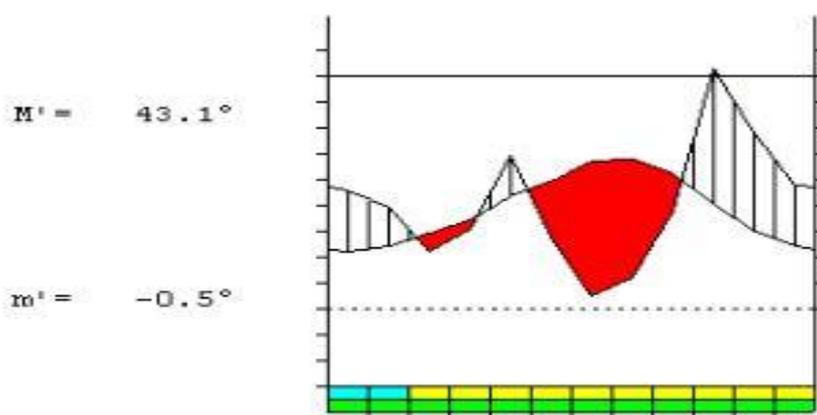


Ilustración 3. Grafico del diagrama ombrotérmico de Gaussen de la estación meteorológica del municipio de Castello de la Ribera de (1955-1967). ([www.globalbioclimatics.org](http://www.globalbioclimatics.org))

## Radiación y Humedad

La mayor radiación incidente se presenta en los meses de julio con un valor de 16,6MJ/m<sup>2</sup> y agosto con un valor de 18,1MJ/m<sup>2</sup>, mientras que los meses con menor incidencia de radiación son diciembre con un valor de 0,4MJ/m<sup>2</sup>, enero con - 0,1MJ/m<sup>2</sup> y febrero con - 0,5MJ/m<sup>2</sup>.

Los índices de humedad presentan un valor medio del 33,77%, el índice máximo de humedad presenta un valor del 60,6% registrado durante el mes de marzo, mientras que el índice mínimo de humedad obtiene un valor de 23,5% registrado durante el mes de diciembre.

### 1.7 Geología

La estratigrafía en los puntos de muestreo 1, 2, y 3 de la zona estudiada pertenece al Cretácico Superior (Calizas y Dolomías). El Senonense Inferior está compuesto por una

formación carbonatada, en la que se aprecia pequeños bancos de caliza arcillosa de aspecto noduloso. También encontramos una alternancia de calizas y dolomías, estas últimas más abundantes alrededor a la base. La potencia oscila alrededor de los 270m. Las dolomías presentan un color beige-marrón, son de grano fino y distribuidas en bancos de 0,5m de potencia. Las calizas son de color blancas o beige, son en general micríticas y presentan elementos negros de remoción, nódulos y niveles de sílex, intraclastos redondeados, conchas de Gasterópodos, Rudistos y Lamelibranquios, están recristalizada o dolomitizadas por corros.

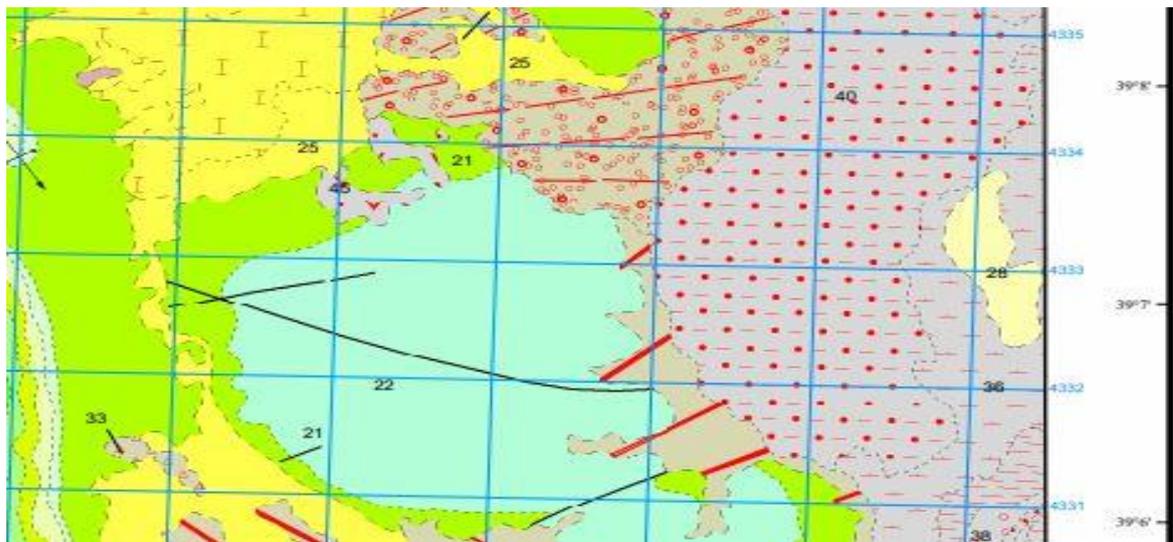


Ilustración 4. Mapa geológico de la zona del campo de naranjos de riego por goteo. Extracto hoja geológica n° 769 del IGME.

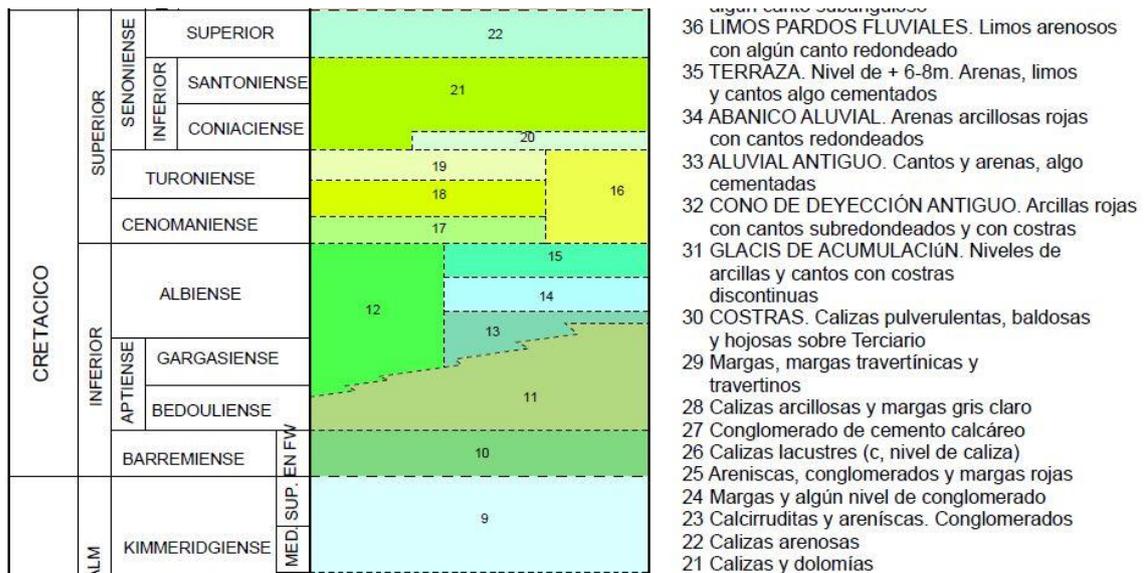


Ilustración 5. Leyenda de la zona geológica del campo de naranjos de riego por goteo. Extracto hoja geológica n° 769 del IGME.



## 2.MATERIALES Y METODOS

### 2.1 Descripción de la zona de estudio

#### Localización

La zona de estudio se sitúa en el término municipal de la Garrofera de Alzira a 1km aprox. del municipio de Tous y en Alberic provincia de Valencia, España. Se trata de una zona en la que predominan los campos de cítricos cercana a la zona residencial de ambos municipios.

El municipio de Tous limita con las localidades de Alberic, Alzira, Masalavés, Sumacarcer, Navarrés, Quesa, Dos Aguas, Catadau, Llombai, Benimodo, L'Alcudia y Carlet, todas pertenecientes a la provincia de Valencia.

El municipio de Alberic limita con las localidades de Tous, Masalavés, Benimuslem, La Pobla Llarga, Carcaixent, Castelló de la Ribera, Gavarda y Antella, todas pertenecientes a la provincia de Valencia.

El municipio de Tous tiene una altitud de 64 m.s.n.m. su superficie es de 127,50 km<sup>2</sup>, su amplia superficie es debida al gran termino municipal que tiene, ya que el municipio es relativamente pequeño ya que presenta unos 1260 habitantes aproximadamente.

Respecto a la orografía, el municipio de Tous es regado por el Canal Júcar Turia, transvase realizado directamente desde el Embalse de Tous. El término es en su totalidad montañoso que se extiende por la unidad geográfica en forma de valle que se transforma a partir del municipio en un terreno mayoritariamente plano. El suelo es cuaternario, originado por el aluvión procedente del río Júcar, con montañas de roca calcárea.



Imagen 1. Imágenes satelitales de los puntos de muestreo 1,2 y 3 de la zona del campo de naranjos de riego por goteo. Fuente: <https://earth.google.es/>

El municipio de Alberic tiene una altitud de 28 m.s.n.m. su superficie es de 26,7km<sup>2</sup>. También se encuentran otros núcleos de población que no están tan consolidados como son las distintas urbanizaciones entre las que se encuentran: Monte Júcar, San Cristóbal y El Vedat.

Respecto a la orografía, el municipio de Alberic es regado por el Rio Júcar, Rio Verde y por la Acequia Real. El termino es mayoritariamente llano, aunque también presenta pequeñas zonas montañosas. También presenta un suelo cuaternario, originado por el aluvión procedente del río Júcar, con montañas de roca calcárea.

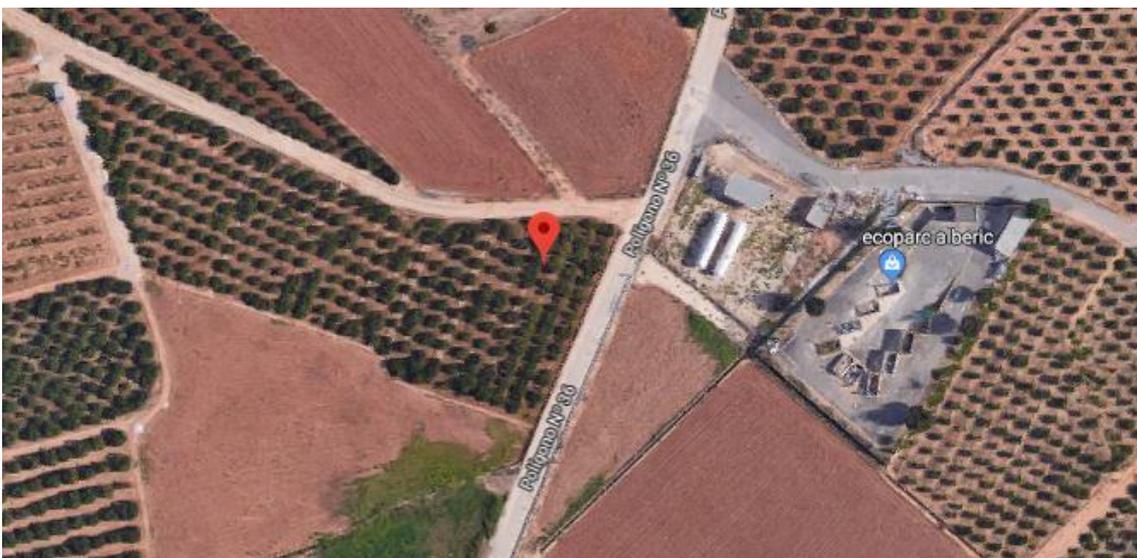


Imagen 2. Imágenes satelitales del punto de muestreo 4 de la zona del campo de naranjos de riego a manta. Fuente: <https://earth.google.es/>

## 2.2 Tipos de suelo

El punto de muestreo 4 de la zona del estudio presenta un tipo de suelo de Fluvisoles. Las subunidades de suelos identificadas en la Comunidad Valenciana son Fluvisoles sálicos, Fluvisoles eútricos y los Fluvisoles calcáricos. Estos últimos son los que presenta nuestra zona de estudio los cuales son calcáreos al menos entre 20 y 50cm a partir de la superficie, carecen de propiedades sálicas y de horizonte sulfúrico, se encuentran muy repartidos por la Comunidad.

Son suelos muy profundos, formados por diferentes episodios sedimentario, lo que se refleja en el contenido de gravas y piedras y en la textura variable. En la presencia de carbonatos presenta un contenido variable, pero siempre superiores a un 2% de carbonato cálcico equivalente.

Los puntos de muestreo 1,2 y 3 de la zona del estudio presenta un tipo de suelo de Antrosoles, actualmente llamados Tecnosoles. Son suelos en que la actividad humana ha provocado importantes modificaciones del perfil o de gran parte de los horizontes originales del suelo. Estas modificaciones pueden ser causadas por la perturbación de los horizontes de superficie por la remoción e incluso su enterramiento, como pueden ser las transformaciones para establecer bancales y terrazas o el riego continuo durante mucho tiempo.

La Comunidad Valenciana presenta una larga tradición en el uso y modificaciones del suelo para su utilización agrícola, que se remonta a la expansión de los griegos y cartagineses. Desde aquellos periodos de tiempo hasta hoy en día, existe una evolución continua en el uso agrícola del suelo, responsable de la acción humana debida a los cambios socioeconómicos y políticos de cada época. Esto hace que la presencia de Antrosoles sea bastante generalizada.

Las subunidades de Antrosoles que define la FAO-UNESCO son: Antrosoles cúmúlicos, Antrosoles fímicos, Antrosoles úrbicos y Antrosoles áricos. Estos últimos son los que presenta nuestra zona de estudio, están caracterizados por presentar restos de horizontes de diagnóstico por cultivo profundo. Se suelen encontrar en laderas, enmascarados con antiguas construcciones de bancales y con antiguos cultivos de almendro, viñedo y olivar, los cuales, no han sufrido muchas transformaciones en los horizontes profundos a causa de la no utilización de maquinaria pesada. (Forteza et al. 1995)

### 2.3 Metodología de trabajo

Para la realización de este estudio se localizaron dos campos de naranjos, diferenciadas entre una zona de riego a goteo y otra zona de riego a manta o por superficie, en las cuales se diferencian distintitas coloraciones del suelo, debido a las distintas aportaciones de tierra por parte de los agricultores para el cultivo de naranjos. En este estudio trabajaremos para realizar las comparaciones de dichas zonas.



*Imagen 3. Zona de estudio del campo de naranjos de riego por goteo. Fuente: elaboración propia.*



*Imagen 4. Zona de estudio del campo de naranjos de riego a manta. Fuente: elaboración propia.*

El muestreo se realizó el día 1 de mayo de 2018, el perímetro de estudio fue de 25m<sup>2</sup> aproximadamente.

#### 2.4 Ubicación de las zonas de muestreo

Muestra 1: Se observa cómo se toma la muestra de suelo del mismo punto del gotero en el campo de riego por goteo. Altura s.n.m 87 m, pendiente 0%.



*Imagen 5. Muestra 1 coordenadas (39° 07' 53'N', 0° 35' 17.2'O). Fuente: elaboración propia.*

Muestra 2: Se observa como se toma la muestra de suelo en el halo de salinidad que se forma escasamente a un metro del gotero. Altura 87 m.s.n.m, pendiente 0 % aprox.



*Imagen 6. Muestra 2 coordenadas (39° 07' 53,1''N, 0° 35' 17.,1''O). Fuente: elaboración propia.*

Muestra 3: Se observa cómo se toma la muestra de suelo en el campo de riego a goteo en un punto donde no pueda interferir o lo haga escasamente el riego a goteo en esta zona del muestreo. Altura 87 m.s.n.m. pendiente 0% aprox.



*Imagen 7. Muestra 3 coordenadas (39° 07' 53,1''N, 0° 35' 17.,1''O). Fuente: elaboración propia.*

Muestra 4: Se observa como se toma la muestra de suelo en el campo de riego a manta o por superficie. Altura 28 m.s.n.m. pendiente 0% aprox.



Imagen 8. Muestra4 coordenadas (39° 07' 41,8''N, 0° 30' 49,7''O). Fuente: elaboración propia.

## 2.5 Metodología empleada en el laboratorio

Las muestras obtenidas de suelo se transportaron al Laboratorio de Suelos de la UPV del Campus de Gandía, donde se procedió al estudio y análisis de los diferentes parámetros de las muestras de suelo recogidas. A continuación, se detalla el procedimiento los análisis realizados. Para el análisis de la pasta saturada y de las bases de cambio se utilizó los siguientes aparatos

Clorurímetro modelo CORNIN 925: Para la determinación de cloruros.

Espectrofotómetro de absorción atómica VARIAN modelo spectrAA 220: Para la determinación del magnesio.

Fotómetro de llama CORNIN: Determinación del contenido en potasio, calcio y sodio.

Los análisis realizados en el laboratorio se han hecho en función de los métodos oficiales de análisis (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 1994) excluyendo la determinación de la CIC (Rhoades, 1982).

## 2.6 Análisis del suelo

Propiedades físicas

### **Determinación de elementos finos y gruesos**

Se extienden uniformemente las diferentes muestras de suelo en bandejas de plástico, durante 48h aproximadamente, con el objetivo de que nuestras muestras de suelo pierdan la humedad uniformemente. Con un rodillo de madera se tritura la tierra para fragmentar los agregados y poder separar con una gravilla los elementos finos ( $\phi > 2$  mm) de los elementos gruesos.

### **Factor humedad**

Se pesan 25g de suelo seco al aire en un recipiente de aluminio. Seguidamente se deposita la muestra de suelo en la estufa, la cual debe de estar a 105°C de temperatura durante un tiempo de desecación de 24h como mínimo.

### **Densidad aparente**

Las muestras se colocaron en un core para determinar su densidad aparente, es decir, la relación que existe entre la masa de suelo seco y el volumen que ocupan las partículas sólidas más el volumen poroso.

### **pH**

Para la medición del pH de una disolución acuosa se lleva a cabo normalmente por un método electroquímico basado en la medida de la f.e.m. que se establece en la semicelda formada por un electrodo de referencia que facilita un potencial constante, y otra semicelda, cuyo potencial depende del pH que deseamos medir.

Es importante que el pH-metro este calibrado antes de realizar cada medida para determinar con fiabilidad la veracidad de los resultados de las mediciones obtenidas.

Se pesan 10g de suelo y los colocamos en un vaso de precipitados, a continuación, añadimos 25ml de agua destilada. Agitamos con agitador magnético durante 10min para conseguir una mezcla lo más homogénea posible. Removemos la suspensión inmediatamente antes de introducir los electrodos, pero no durante la medida.

### **Textura**

Se pesan 40g de suelo y se depositan en una capsula de porcelana, seguidamente se añade 100ml de solución calgón previamente preparada y se deja humedecer durante 10min. A continuación, vertimos la mezcla en una batidora, durante 5min la cual debe pasar los dos primeros minutos al máximo de revoluciones. Para finalizar se vierte el contenido a una probeta de 1L enrasando con agua destilada hasta la señal de 1000ml.

El procedimiento se aplica para todas las muestras de suelo. Seguidamente se realiza la medición de la densidad con el densímetro ASTM n. 152 H, de la American Society

Testing Material, con escala en g/L. las mediciones se realizarán a los 30s y 60s, a continuación, a los 3, 10, 30 y 90min, por último, se realizará una última medición pasadas 8 horas. Para finalizar este procedimiento se hace uso del diagrama triangular para la determinación la textura Clasificación U.S.D.A.

## **Color**

El color de un suelo es determinado en una tabla por comparación de colores, siendo la más utilizada la tabla de Munsell. Un color permanece definido por tres variables: brillo, matiz, y saturación. El brillo es una medida de la intensidad del color por unidad de superficie, el matiz es determinado por la longitud de onda dominante de la luz visible reflejada la saturación pureza relativa del color espectral dominante.

## Propiedades químicas

### **Conductividad eléctrica prueba previa de salinidad**

La prueba previa de salinidad tiene como objetivo detectar si una de las causas de posibles problemas en los cultivos se trata de un exceso de sales solubles en el suelo, para diagnosticar si presentan o no riesgo de daños por salinidad. Se recurre a la medida de la conductividad eléctrica (CE) de un extracto de suelo. Si los valores presentados son superiores a 0,2dS/m se procede a la realización del extracto de pasta saturada de la muestra de suelo.

### **Determinación de la materia orgánica**

La materia orgánica del suelo está formada por microorganismos, restos no biodegradados de animales y plantas y por materiales resultantes de la descomposición de estos restos, debido a la acción de microorganismos y del medio en general, formándose un producto con el nombre de humus, ya que es la fracción más estable resultante de dicha acción.

La determinación de la materia orgánica se llevó a cabo con la utilización del método de Walkey-Black (1935) el cual determina el carbono orgánico del suelo por un proceso de oxidación en medio ácido.

El procedimiento es el siguiente: se pesa 1g de tierra fina en un recipiente de porcelana y se vierte a un Matraz de Erlenmeyer de 250ml, se añade 5ml de dicromato potásico 1N, se agita la mezcla y se añade 10ml de ácido sulfúrico concentrado. Se mezcla de nuevo los componentes agitando el matraz y se deja enfriar. Añadir 50ml de agua

destilada y a continuación, 4 o 5 gotas de indicador complejo ferroso, valorar con sulfato ferroso 0,5N hasta que el color cambie de un tono rojizo a verde oscuro.

### **Carbonatos**

El carbón inorgánico se encuentra en los suelos en forma de carbonatos y principalmente como carbonatos poco solubles de elementos alcalinotérreos, siendo el  $\text{CaCO}_3$  (calcita), el más abundante de todos. Principalmente le sigue la dolomita  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  que se encuentra en suelos formados sobre dolomías. En menor presencia en los suelos se presenta el isómero de la calcita, llamado aragonito y el  $\text{MgCO}_3$  (magnesita).

Para el siguiente análisis se pesó 0,5g de suelo fino, se trasladó a un Matraz de Erlenmeyer en éste se introduce un tubo de vidrio con 5 ml de HCl 1:1. Se inclina el Matraz agitando la mezcla para que reaccione el suelo con el ácido clorhídrico, a continuación, se mide el nivel de la columna manométrica pasados unos 30s. De esta forma conseguimos determinar el  $\text{CaCO}_3$  que tiene el suelo. Para esta medición se utilizó el Calcímetro de Bernard.

### **Extracto de pasta saturada:**

#### **pH**

Se determinó por medio del pH-metro. En este procedimiento se pesan 6g de la muestra de suelo en una balanza de precisión en un recipiente de vidrio. A continuación, se añaden 36ml de agua destilada y se lleva a agitación durante 2 horas. Pasado este tiempo se realiza la medición.

#### **Conductividad eléctrica (CE)**

Fue determinado de la misma forma que el pH, pero a diferencia de este la medición se realizó con un conductímetro.

### **C.I.C Capacidad de Intercambio Catiónico**

El cambio iónico y la hidratabilidad se pueden decir que son los procesos más importantes en la naturaleza después de la fotosíntesis, ya que estos dos procesos constituyen en el almacenamiento de nutrientes del suelo. La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en un suelo, es la cantidad total de cationes sobre su complejo adsorbente, a un determinado pH. Es una propiedad que depende de su composición química, principalmente del contenido y naturaleza de la materia orgánica y de la arcilla.

La CIC se encuentra en el complejo adsorbente del suelo al que los iones de la solución se unen por fenómenos físicos de superficie, principalmente por adsorción. Los elementos químicos del suelo consiguen ocupar distintos compartimentos:

- a) En la fase sólida (inmovilizados en la red cristalina, en compuestos orgánicos o en aluminosilicatos amorfos).
- b) En la fase líquida (disueltos en la solución del suelo). El agua de este sistema pertenece al agua capilar y gravitacional del suelo, y es donde se disuelven sustancias minerales solubles procedentes de la hidrólisis de los minerales primarios, la meteorización o de la propia mineralización. Los iones que se encuentran en la solución del suelo están hidratados, rodeados por un número determinado de moléculas de agua. La hidratación causa un efecto importante en la movilidad de los iones, ya que aumenta cuantiosamente su radio iónico. Los elementos que están presentes en la fase líquida pueden ser perdidos o transportados por lavado.
- c) En la interface sólido-líquido. En este caso, los elementos presentes están localizados en la superficie de las partículas (adsorbidos) y en su área de influencia, de forma que se encuentran en íntimo contacto con la solución. La adsorción es la asociación de una partícula (un átomo, molécula o ion) a la superficie de un sólido.

Este parámetro tiene como objetivo determinar la cantidad total de cationes metálicos cambiables que se encuentran adsorbidos en las partículas coloidales del suelo, tanto en las orgánicas como en las inorgánicas.

A un pH determinado (pH: 8,2) se trata de desplazar los cationes metálicos adsorbidos suplantándolos por  $\text{Na}^+$  mediante lavados continuos del suelo con solución tampón (pH= 8,2) de  $\text{NaCl}$  0,1N y  $\text{NaCH}_3\text{CO}_2$  0,4N en etanol al 60 %. El  $\text{Na}^+$  adsorbido y los iones en solución son desplazados a continuación por sucesivos lavados del suelo con una solución de  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  0,5N. El líquido que ha resultado de estos lavados obtendrá la cantidad de  $\text{Na}^+$  que desplazó los cationes metálicos cambiables y el  $\text{Na}^+$  del líquido que el suelo presentaba ocluido al finalizar el último lavado con la solución tamponada. Estas fracciones pueden resultar determinando la concentración de  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$  en la solución tamponada y en el líquido obtenido resultante de los lavados con  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  0,5N. (Rhoades, 1982).

## **Determinación de las bases de cambio**

La determinación de las bases de cambio se ha realizado mediante la utilización de acetato amónico 1 N a pH 7 para su desplazamiento. El procedimiento de este método se basa en el desplazamiento de las bases de cambio mediante una solución de acetato amónico a pH 7, seguidamente se valoran los cationes desplazados mediante métodos químicos o físicos.

Se pesan 4g de suelo. La muestra de suelo se coloca en un tubo de centrifuga y se añade 33ml de acetato amónico 1 N a pH 7. Agitar durante 5 minutos en el agitador mecánico con el tubo previamente tapado. Se recoge el líquido sobrenadante en un matraz aforado de 100ml, repetir la operación tres veces.

Seguidamente se filtra el contenido del matraz sobre la base de un recipiente para la determinación de cationes por absorción atómica.

Debido a que normalmente la concentración de cationes en la solución suele ser mayor que la existente en los patrones empleados, es recomendable y necesario preparar soluciones 1:10 y 1: 100 a partir de la solución extraída.

## **Porcentaje de saturación de bases**

La saturación por bases (V) está basada en el porcentaje de cationes básicos sobre al valor de la CIC total (Capacidad de Intercambio Catiónico), esto es:

*Ecuación 1. Formula del porcentaje de saturación de bases.*

$$V\% = \frac{(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+})}{CIC\ total}$$

Hace referencia a la cantidad de sedes para cationes intercambiables que contiene el suelo, ya que el resto hasta el valor de la CIC total estará ocupada prácticamente por hidrogeniones (H<sup>+</sup>). Es por esto que la saturación por bases presenta un valor menor en suelos ácidos y cercana a 100 o del 100% en suelos básicos.

Cuanto mayor valor presente el grado de saturación más probabilidades presentara el suelo para retener cationes.

En la que los iones se expresan en la unidad de miliequivalentes por litro (meq/L).

## **Extracto de saturación**

En el análisis se determinaron los parámetros del extracto de saturación de pH, C.E, Cloruros, la Relación de adsorción de sodio y los cationes  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ .

Se pesan 250g de la muestra de suelo en un vaso de precipitado, se va añadiendo agua destilada hasta que finalmente la muestra alcance la saturación. A continuación, se deja reposar la muestra durante 24 horas, tapando la boca del vaso con papel para evitar que se endurezca la pasta. Transferir la pasta del suelo saturado por el embudo Büchner, utilizando un papel de filtro en el embudo y aplicar el vacío, seguidamente, traspasar el líquido extraído a un frasco de 50ml.

Finalmente, se determinan los iones en el Espectrofotómetro de Llama y de Absorción Atómica.

**Carbonatos.** La cantidad de carbonatos se determinó en el calcímetro de Bernard. El método consiste en tomar 0,5g de suelo previamente pulverizadas en un crisol de porcelana, y se mezcla con 0,2ml de solución hidrociorhídrica 1:1 (50% de ácido clorhídrico y 50% de agua destilada) en un Erlenmeyer. El contenido de  $\text{CaCO}_3$  fue determinado a través de la diferencia entre el volumen de  $\text{CO}_2$  observado antes y después de introducir la muestra.

**Cationes.** Para la determinación de los cationes el análisis se realiza a partir de una solución 1:40. Siendo un proceso similar al realizado con el pH y conductividad eléctrica. Se pesa 1g de la muestra de suelo en una balanza de precisión y se añaden 40mL de agua destilada. Las soluciones se dejan en reposo durante un periodo de 24 horas tapadas con un papel para evitar contaminación entre muestras. Estas muestras se filtran y de cada extracto se recogen 2ml de muestra, seguidamente se colocan en tubos pequeños de plástico, añadiéndoles posteriormente 8 mL de agua destilada. Las soluciones son depositadas en la nevera hasta el día de análisis para obtener la determinación de los cationes.

### 3. Resultados y discusión: Análisis de las propiedades del suelo

#### **Textura**

La textura que presenta un suelo nos indica el porcentaje en limo, arcilla y arena y del mismo, conjuntamente va unida a la retención de nutrientes, así como a la capacidad de retención hídrica. El tamaño de cada una de las partículas es arena (2-0,05mm), limo (0,05mm-0,02mm) y arcilla (<0,02mm).

Todas las muestras de suelo analizadas presentan una base franca. De acuerdo con los resultados obtenidos de la Tabla 4, se observa que la muestra 2 en comparación con el

resto de las muestras fue la que presentó un mayor descenso en porcentaje de arcilla, seguida de la muestra 1, que además presentó un aumento notorio en porcentaje de arena, este aumento del porcentaje de arena y disminución del porcentaje de arcilla hace que el suelo retenga menos humedad y por consiguiente disminuya su fertilidad. De forma general este incremento de los porcentajes de las fracciones mayores se presenta en el campo de riego por goteo localizando la muestra 1 en el mismo gotero y la muestra 2 en el halo de salinidad.

Tabla 4. Datos de la textura de las muestras de suelo.

Muestra	Textura			Clase Textural
	Arcilla%	limo%	Arena%	
1	26	8	66	Franco arcillo arenoso
2	20	12	68	Franco arcillo arenoso
3	24	22	54	Franco arcillo arenoso
4	34	28	38	Franco arcilloso

## Color

El color nos indica a inicialmente las propiedades que presenta el suelo, a causa de los contenidos de materia orgánica y a óxidos de hierro que puedan presentar (Torrent, 1998).

Las muestras analizadas presentaron un bajo contenido en materia orgánica, se observa en la Tabla 5, que el suelo de la muestra 4 al cual pertenece la zona de estudio de riego a manta o por superficie presentó una tonalidad de color marrón rojizo, sin embargo, las demás muestras 1, 2, 3, las cuales, pertenecen a la zona de estudio de riego por goteo presentan tonalidades de color rojo, debido a las diferentes zonas de muestreo.

Tabla 5. Datos del color de las muestras de suelo.

Muestra	Matiz brillo / saturación	Nombre	Matiz brillo / saturación	Nombre
	(suelo seco)		(suelo húmedo)	
1	2.5YR 5/8	rojo	2.5YR 3/6	rojo oscuro
2	2.5YR 5/8	rojo	2.5YR 3/6	rojo oscuro
3	2.5YR 4/8	rojo oscuro	2.5YR 3/6	rojo oscuro
4	5YR 6/3	marrón rojizo claro	5YR 4/3	marrón rojizo

## pH

Los valores de pH obtenidos en las cuatro muestras de suelo no presentan un cambio considerable, presentan valores semejantes. Sin embargo, se puede apreciar en la Tabla 6, un ligero ascenso del pH a medida que nos vamos alejando del punto del gotero, siendo este, la muestra 1 que pertenece a la zona de riego por goteo, presentando un mayor pH la muestra 4 que pertenece a la zona de muestreo de riego a manta o por superficie. La muestra 1 y 2 presentan un valor moderadamente básico del pH. Por otro lado, las muestras 3 y 4 presentan un valor ligeramente alcalino del pH.

Tabla 6. Datos del pH de las muestras de suelo.

Muestra	1	2	3	4
pH	8,08	8,15	8,54	8,62

## Conductividad eléctrica (Prueba previa de salinidad)

La concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo se mide mediante la Conductividad eléctrica (CE). Esta es la medida de la capacidad que presenta un material para conducir la corriente eléctrica, el valor será más alto cuanto más fácil se mueve la corriente eléctrica a través de este.

Los iones que se presentan en mayor proporción en la solución del suelo suelen ser los cationes magnesio, sodio y los aniones cloruro y sulfato. El origen primario de los iones en la solución del suelo es el de la meteorización de los minerales, también, la presencia en grandes cantidades se debe a la acumulación producida por aportes de otras zonas, o como en este caso por la aportación de sales a causa de la fertirrigación.

En la Tabla7, se observa que los valores de conductividad eléctrica de las muestras no presentan salinidad en general, excepto en la muestra 2 presenta un valor cercano a ligeramente salino, según la clasificación de Cross, (1983).

Tabla 7. Datos de la conductividad eléctrica de las muestras de suelo.

Muestra	1	2	3	4
CE (dS/m)	0,16	0,33	0,07	0,13

## Densidad aparente y porosidad

La densidad aparente se define como la masa de suelo seco dividida por el volumen de suelo determinado. A partir de este cálculo junto con el valor de la densidad real ( $2,5 \text{ g/cm}^3$ ) se obtiene la porosidad, la cual, relaciona el volumen de huecos y el volumen total de una muestra de suelos.

Se puede observar en la tabla 8, que los valores tanto de densidad aparente como de porosidad presentan unos resultados semejantes entre ellos.

La densidad aparente se puede relacionar también con la clase textural del suelo, ya que cuanto mayor sea el valor la densidad aparente, mayor tamaño presentara el suelo, por lo tanto, una menor porosidad. Los valores de la densidad aparente presentan unos valores normales para un suelo de cultivo de naranjos y por consiguiente la porosidad también es buena, con estas condiciones el enraizamiento se vera favorecido y también la infiltración del agua al suelo.

Tabla 8. Datos de la densidad aparente y porosidad de las muestras de suelo.

Muestra	1	2	3	4
Densida $\text{g/cm}^3$	1,28	1,46	1,35	1,34
Porosidad%	48,9	41,69	45,81	46,47

## Materia orgánica

La materia orgánica es un elemento fundamental para la estabilidad de los suelos, y para el mantenimiento de las propiedades químicas y físicas. Según el método de clasificación del método seguido de Walkley-Black (1935) en la Tabla 9, se puede observar como las muestras 1 y 2 presentan un contenido muy bajo en materia orgánica mientras que las muestras 3 y 4 presentan un contenido bajo en materia orgánica. (Rioja, 2002).

Tabla 9. Datos de la materia orgánica de las muestras de suelo.

Muestra	1	2	3	4
% M O	0,77	0,51	0,92	1,08

## Carbonatos

Un suelo es calizo a partir de un 10% de contenido en carbonatos, presentando exceso de caliza cuando el valor es superior el 20% (Yanez, 1989).

De acuerdo a los porcentajes de carbonato cálcico obtenidos en las diferentes muestras de suelo, podemos ver en la Tabla 10, que las muestras de suelo analizadas en el campo de riego por goteo presentan muy baja concentración de carbonatos < 10% en todas las muestras, lo cual indica que los suelos analizados son poco carbonatados. Sin embargo, la zona de estudio del campo de riego a manta al cual pertenece la muestra 4 presenta un valor mayor al 20% lo cual indica un valor alto en carbonato cálcico.

Tabla 10. Datos de los carbonatos de las muestras de suelo.

Muestra	1	2	3	4
% CaCO <sub>3</sub> en 100g de suelo seco	4,77	5,55	7,98	29,11

### Extracto de pasta saturada

Los resultados obtenidos del extracto de saturación indican se puede ver en la Tabla 11, en la cual la conductividad eléctrica es relativamente baja, presentando valores inferiores a < 2dS/m lo que indica que no se producirán efectos por salinidad, excepto en la muestra 2 con un valor de 2,60dS/m presentando un valor ligeramente salinos como se puede apreciar en el apartado anterior de la Tabla 8, Este valor incrementado es debido a la aportación de sales causada por la fertirrigación. También se observa que los valores más altos de Cl<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> y Ca<sup>+2</sup>, sean de dicha muestra.

Esos valores tan elevados de sodio junto a los cloruros están indicando que la fertirrigación está aportando un exceso de sales, especialmente, de cloruro sódico. Como es sabido el catión sodio es un desagregante o que altera la estructura del suelo, por lo que, presentará a más largo plazo una disminución de la calidad física del suelo y esta salinidad también afectará negativamente en la productividad del naranjo, desfavoreciendo el rendimiento en el fruto.

Tabla 11. Datos del extracto de la pasta saturada de las muestras de suelo.

Muestras	(Mg) meq/L	(Ca)meq/L	(K)meq/L	(Na)meq/L	(Cl) meq/L	pH	(CE) dS/m
1	0,08	2,76	0,53	2,48	1,69	7,65	0,95
2	0,16	7,00	0,82	2,72	4	7,37	2,60
3	0,25	1,45	0,18	0,72	0,62	7,71	0,36
4	0,33	2,57	0,16	2,37	1,72	7,67	0,79

## Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La capacidad de intercambio catiónico de un suelo se define como la capacidad máxima de un suelo de retener cierto número de miliequivalentes de cationes metálicos. El concepto de cambio catiónico en un suelo es un indicador de su fertilidad, aunque un valor alto de cationes no asegura la presencia de alta concentración de nutrientes, pues algunos sitios de cambio están ocupados por  $Al^{+3}$ ,  $H^+$ , o por otros nutrientes no esenciales.

El método consiste en el desplazamiento de los cationes del complejo de cambio, a partir de una solución de una sal con pH regulado, eliminando el exceso de sal por lavado con un disolvente exento de electrolitos y desplazamiento del catión saturante con otra sal, además con pH regulado, y valoración de la concentración del catión desplazado, para la determinación de la CIC se siguió el método de Rhoades, (1982).

Como se observa en la Tabla 12 las muestras 1, 2 y 4, debido a que están comprendidas entre los valores entre 6-12 (cmolc/Kg) presentan unos valores muy bajos mientras que la muestra 3 presenta un valor bajo. (Rioja, 2002)

Tabla 12. Datos de la capacidad de intercambio catiónico de las muestras de suelo.

Muestra	1	2	3	4
CIC (cmolc/Kg)	8,78	8,75	12,2	10,98

## Bases de cambio

Según la clasificación de Rioja, (2002) en la Tabla 13 se puede observar como el resultado de la saturación en bases de sodio y magnesio presentan unos valores normales. Sin embargo, el potasio presenta un valor alto en las muestras 1 y 2 a causa de la fertirrigación ya que las muestras 3 y 4 presentan unos valores normales. Por otro lado, el resultado en la saturación de bases en calcio nos presenta unos valores superiores al 100% según Porta et al (2003) y al ser suelos saturados en calcio, se debe ajustar de nuevo el contenido de la saturación de las bases de cambio, para que en la saturación en bases se obtenga un valor del 100%.

Tabla 13. Datos de las bases de cambio de las muestras de suelo.

Muestra	Na (cmol+/Kg)	K (cmol+/Kg)	Mg (cmol+/Kg)	Ca (cmol+/Kg)	% saturación en base
1	0,89	1,02	1,53	5,32	100
2	0,93	0,91	1,49	5,36	100
3	0,56	0,75	1,43	9,44	100
4	0,75	0,61	1,79	7,82	100

## 4. CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas presentan similitudes y diferencias edafológicas en relación a las propiedades fisicoquímicas de suelo de las muestras obtenidas de nuestra zona de estudio:

En relación con las propiedades físicas del suelo, la textura presenta gran similitud ya que las dos zonas de estudio presentan una textura franca, las muestras 1, 2 y 3 presentan una textura franco arcillo arenosa y la muestra 4 presenta una textura franco-arcillosa. Esto es debido a que las muestras 1, 2 y 3 presentan un porcentaje más elevado en arenas, mientras que la muestra 4, presenta un porcentaje más elevado en el contenido de arcilla y de limos. Por otro lado, la densidad aparente y la porosidad también presentan valores similares entre las dos zonas del estudio acordes con la clase textural que presentan.

Respecto a las propiedades químicas del suelo, el resultado de la saturación en bases presenta unos valores normales de magnesio, sodio y potasio, exceptuando este último en las muestras 1 y 2 que presentan un valor alto, esto es debido al efecto que causa la fertirrigación. Por otro lado, el resultado en la saturación de bases del calcio nos da valores superiores al 100%, por lo tanto, al ser suelos calcáreos saturados en calcio se ajusta de nuevo el contenido en bases de cambio para obtener un valor del 100% en la saturación en bases.

La conductividad eléctrica de la pasta saturada presenta valores bajos inferiores a 2dS/m, lo que indica que no se producirán efectos por salinidad, excepto la muestra 2, con un valor de 2,60dS/m presentando un valor ligeramente salino. Esta elevación es debida a la aportación de sales producida por la fertirrigación. Por ello también, presentan los valores más elevados de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  de dicha muestra. Estos valores tan elevados de los cloruros y de sodio están indicando que la fertirrigación está aportando un exceso de sales, especialmente de cloruro sódico. Esta salinidad afectara en el futuro negativamente a la productividad del naranjo, desfavoreciendo el rendimiento.

Si en un futuro se alcanzan valores superiores a 4dS/m de conductividad eléctrica, indicaría un medio demasiado salino para este tipo de cultivos. Por ello, en zonas del sur de Alicante y de la provincia de Murcia ya se están realizando de uno a dos riegos a manta anuales en los campos de riego por goteo, para realizar un lavado del suelo debido a la concentración de sales.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

Bresler, E., McNeal, B.L. & Carter, D.L. (1982). Saline and Sodic Soils. Principles-Dynamics-Modeling. Ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 236 pp.

Cross, G., & J. Anil (1983). Markov Random Field Texture Models, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v.5 n.1, p.25-39, January 1983.

Forteza, J., Rubio, J.L., Gimeno, E.(1995) Catalogo de suelos de la Comunidad Valenciana. Ed. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació 199pp.

Globalbioclimatics. (5 de Marzo de 2017). globalbioclimatics.org. Obtenido de <http://www.globalbioclimatics.org/pdf/es-alzir.pdf>

IGME (1973). Mapa geológico de Alzira (Hoja 770). Recuperado de: <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50Hoja.aspx?Id=770&language=es>

IGME (1974). Mapa geológico de Navarrés (Hoja 769). Recuperado de: <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50Hoja.aspx?Id=769&language=es>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría general de alimentación. Dirección de política alimentaria (Madrid, 1994). Tomo III. Métodos oficiales de análisis

Porta, J., López-Acevedo, M., & Poch, R.M. (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa, 929 pp. ESP, 2003.

Porta, J., López-Acevedo, M., & Poch, R.M. (2008). Introducción a la Edafología: Uso y protección del suelo. Ediciones Mundi-Prensa, 451 pp. Madrid, 2008.

Rhoades, J. D. (1982). Cation exchange capacity. Methods of soils analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodssoilan2). 149-157.

Rioja, A. (2002). Apuntes de Fitotecnia General. E.U.I.T.A., Ciudad Real.

Walkley, A. (1935). An examination of methods for determining organic carbon and nitrogen in soils. J. Agric. Sci. 25:598-609.

Yanez, J. (1989). Análisis de suelos y su interpretación. Horticultura 49:75-89.

[http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/Geo50/memorias/d7\\_PS50/Memoria770\\_PS50.pdf](http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/Geo50/memorias/d7_PS50/Memoria770_PS50.pdf)

<https://www.jardineriakuka.com/naranjos/1045-naranjo-navelina.html>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Naranja>

<https://www.naranjasche.com/entrenaranjos/historia-de-la-naranja.html>

<https://www.dolsolcitrus.com/2017/04/25/curioso-origen-navelina/>

<http://www.naranjasconsabor.com/blog/labores-del-campo-el-riego-manta/>

<http://aflisa.es/historia-del-riego-por-goteo/>

[https://www.ecured.cu/Riego\\_por\\_Goteo](https://www.ecured.cu/Riego_por_Goteo)

<https://www.fertirrigacion.com/sistemas-de-riego-en-espana/>

<http://www.monografias.com/trabajos58/riego-goteo-fertirrigacion/riego-goteo-fertirrigacion.shtml>

<https://www.fertirrigacion.com/que-es-la-fertirrigacion/>

[http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1994\\_10-11.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_10-11.pdf)

<http://crtollos.com/>

<https://educalingo.com/es/dic->

[http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema6/6\\_5cla-carnosos.htm](http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema6/6_5cla-carnosos.htm)