

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“RIEGO Y FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE CLEMENTINA  
(*Citrus clementina* Hort. ex Tan. cv. Clemenules)  
EN EL VALLE DE ICA, PERÚ”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL  
PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERA AGRÓNOMA**

**ANDREA JESÚS SOLANO CAMPOS**

**LIMA – PERÚ  
2024**

## TSP Solano

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>10%</b>	<b>9%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.lamolina.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>4</b>	<b>www.scielo.sa.cr</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>idoc.pub</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>vdocuments.mx</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>es.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>www.inifapcirne.gob.mx</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>www.lenntech.es</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“RIEGO Y FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE CLEMENTINA  
(*Citrus clementina* Hort. ex Tan. cv. Clemenules)  
EN EL VALLE DE ICA, PERÚ”**

**ANDREA JESÚS SOLANO CAMPOS**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

---

Dr. Erick Espinoza Núñez  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Mg. Sc. Pedro Pablo Gutiérrez Vílchez  
**ASESOR**

---

Dr. Oscar Oswaldo Loli Figueroa  
**MIEMBRO**

---

Dra. Ruby Antonieta Vega Ravello  
**MIEMBRO**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mi padre, Ing. Manuel Solano y a mi madre María Antonia Campos, por su desprendimiento para inculcarme los valores que ayudaron a mi desarrollo personal y profesional.

A mis hermanos Manuel, Lucero e Isabel; por su amor, comprensión y apoyo incondicional.

A Juan Carlos, por ser mi compañero y mi soporte.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Mg. Sc Ruby Vega y Mg. Sc Pedro Pablo Gutiérrez, por su apoyo, tiempo y enseñanzas para el desarrollo de este trabajo y desarrollo profesional.

A mis amigos, que formaron parte de mi vida universitaria.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1	PROBLEMÁTICA .....	1
1.2	OBJETIVOS .....	2
1.2.1	Objetivo general .....	2
1.2.2	Objetivo específico.....	2
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1	GENERALIDADES DEL SISTEMA DE RIEGO .....	3
2.1.1	Riego por goteo .....	3
2.1.2	Agua de riego .....	3
2.1.3	Calidad de agua .....	4
2.2	FERTIRRIGACIÓN .....	7
2.2.1	Fertilizante.....	7
2.3	CULTIVO DE CLEMENTINA CULTIVAR CLEMENULES.....	10
2.3.1	Taxonomía.....	11
2.3.2	Morfología.....	11
2.3.3	Requerimientos edáficos y climáticos del cultivo.....	13
2.3.4	Patrones .....	14
2.3.5	Cultivo de Clementina en el Perú.....	15
2.3.6	Fenología del cultivo .....	15
2.3.7	Demanda hídrica .....	16
2.3.8	Requerimiento nutricional.....	16
<b>III.</b>	<b>DESARROLLO DEL TRABAJO .....</b>	<b>18</b>
3.1	DATOS GENERALES DEL FUNDO AGRÍCOLA .....	18
3.1.1	Ubicación Geográfica del Fundo Agrícola .....	18
3.2	CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL LUGAR DE TRABAJO.....	18

3.3	FENOLOGÍA .....	18
3.4	AGUA DE RIEGO .....	19
3.5	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO .....	21
3.6	SISTEMA DE RIEGO DEL LUGAR DE TRABAJO.....	21
3.6.1	Captación del agua .....	21
3.6.2	Almacenamiento .....	22
3.6.3	Traslado.....	22
3.7	PROGRAMACIÓN DE RIEGO .....	25
3.8	FERTIRRIGACIÓN.....	27
3.9	FERTILIZACIÓN AL SUELO .....	35
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>37</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>.....</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Peligro de salinidad de las aguas para riego .....	4
Tabla 2: Peligro de sodicidad del agua de riego .....	5
Tabla 3: Peligro de bicarbonatos en agua de riego.....	6
Tabla 4: Compatibilidad de fertilizantes .....	8
Tabla 5: Índice salino de fertilizantes .....	9
Tabla 6: Índice de acidez y alcalinidad de fertilizantes .....	10
Tabla 7: Análisis del agua del reservorio .....	20
Tabla 8: Características químicas de pozos del lugar de trabajo.....	21
Tabla 9: Características de las electrobombas .....	23
Tabla 10: El Kc según fenología.....	26
Tabla 11: Requerimiento hídrico según etapa fenológica para campos con edad de plantación mayor a 4 años. ....	27
Tabla 12: Cantidad de fertilizante en g/m <sup>3</sup> .....	30
Tabla 13: Unidades totales (kg/ha) de cada nutriente que se utilizan por etapa fenológica. ....	30
Tabla 14: Distribución diaria de la mezcla de fertilizantes durante el inicio de brotación hasta caída fisiológica.....	30
Tabla 15: Distribución diaria de la mezcla de fertilizantes durante el desarrollo de fruto y envero .....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Reactor de azufre .....	20
Figura 2: Electrobombas de Riego.....	23
Figura 3: Campo de cítricos con doble densidad (tres bolillos) .....	24
Figura 4: Gotero insertado.....	24
Figura 5: Número de frutos caídos por árbol por semana.....	27
Figura 6: Tanques de solución madre de 10000 litros. ....	28
Figura 7: Bombas de inyección, filtro y fertímetro. ....	28
Figura 8: Tanques de Premezcla .....	31
Figura 9: Gotero obturado .....	34
Figura 10: Aplicación de yeso agrícola .....	35
Figura 11: Aplicación de fertilizante granulado .....	36

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis de suelo del lugar del trabajo .....	44
Anexo 2: Análisis foliar.....	45

## RESUMEN

El presente trabajo describe el riego y fertilización del cultivo de Clementina cv Clemenules en el valle de Ica. Este cultivo se encuentra a una densidad de 520 y 832 plantas por hectárea, obteniendo rendimientos de 80 tn / ha – 140 tn / ha. Las plantas se encuentran injertadas sobre patrón *C. Volkameriano*, *citrumelo Swingle* y *citrange Carrizo*. El riego consistió en la reposición diaria, considerando la evapotranspiración y el kc según la fenología del cultivo. La evaluación de humedad es a través de calicatas y peso seco en estufa. La fertilización se realizó por concentración de fertilizante, es decir, los kilogramos del fertilizante dependen de los m<sup>3</sup> aplicados al suelo. Se separó el tipo de fertilizante según la fenología, y se inyectó realizando mezclas según su compatibilidad. Se verificó la correcta aplicación realizando controles en la llegada del fertilizante al campo según su conductividad y manejando el caudal de la bomba de inyección. Como complemento a la fertirrigación se detalló la labor de aplicación de fertilizante al suelo que contengan nitrógeno con inhibidor de nitrificación con el objetivo de mantener constante el aporte de nitrógeno en las etapas de mayor demanda. A demás, se mencionó las labores de mantenimiento del sistema de riego como el lavado de filtro, revisión de válvulas hidráulicas, purgado de manguera y revisión de goteros. Esto estuvo relacionado con la calidad del agua de riego. Asimismo, se evaluó la eficiencia de una adecuada elección de equipos de riego en relación con una correcta operación en campo.

**Palabras clave:** Clemenules, riego, fertirrigación.

## **ABSTRACT**

The present work describes the irrigation and fertilization of the Clementina cv Clemenules crop in the Ica valley. This crop is found at a density of 520 and 832 plants per hectare, obtaining yields of 80 tn/ha - 140 tn/ha. The plants are grafted on C. Volkamerian, citrumelo Swingle and citrange Carrizo rootstock. Irrigation consisted of daily replenishment, considering evapotranspiration and kc according to the phenology of the crop. Humidity evaluation is through test pits and oven dry weight. Fertilization was carried out by fertilizer concentration, that is, the kilograms of fertilizer depend on the m<sup>3</sup> applied to the soil. The type of fertilizer was separated according to phenology, and it was injected making mixtures according to its compatibility. The correct application was verified by carrying out controls on the arrival of the fertilizer to the field according to its conductivity and managing the flow rate of the injection pump. As a complement to fertigation, the work of applying fertilizer to the soil containing nitrogen with a nitrification inhibitor was detailed with the aim of maintaining a constant nitrogen supply in the stages of greatest demand. In addition, the maintenance tasks of the irrigation system were mentioned such as washing the filter, checking hydraulic valves, purging the hose and checking the drippers. This was related to the quality of irrigation water. Likewise, the efficiency of an adequate choice of irrigation equipment was evaluated in relation to correct field operation.

**Keywords:** Clemenules, irrigation, fertigation.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 PROBLEMÁTICA

El recurso hídrico es vital para el desarrollo animal y vegetal. Es por ello que el uso eficiente de dicho recurso es fundamental para un el crecimiento sostenible de los cultivos, más aún, en un medio donde el agua escasea. Zuñiga (2009) nos indica que el uso de técnicas de riego tecnificado nos permite la sostenibilidad en las producciones de pequeños y grandes agricultores, dándonos menores costos de producción e incrementando el rendimiento de las cosechas, esto gracias al uso eficiente del agua de riego.

Ayers y Westcott (1987) afirman que el uso eficiente del riego también debe considerarse la calidad del agua, dicha calidad está regida por diferentes parámetros físicos y químicos que intervienen directamente en la estrategia de riego que se plantea para el cultivo.

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2018), la región Ica aportó el 22 % de producción nacional de mandarinas, clasificación arancelaria que incluye a las clementinas. Siendo Ica una región donde el recurso hídrico es muy valorado debido a la escasez; esta producción se logró alcanzar gracias al uso eficiente del agua y a la tecnificación del riego. En este escenario previamente descrito, es menester usar racionalmente los recursos y las tecnologías. Por ello, en la actualidad se inclina a considerar variables que anteriormente no se tomaban en cuenta.

En el presente trabajo monográfico se dará a conocer el enfoque que permite el uso eficiente del agua, teniendo como base la información adquirida en los años de experiencia en el manejo del cultivo de Clemenules, donde se emplea el riego por goteo y se ha ido incorporando data del cultivo, del clima y análisis de agua y suelo, como herramientas para la estrategia de riego y fertilización.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

- Describir las principales labores realizadas en el área de fertirrigación en el cultivo de Clementina (*Citrus clementina* Hort. ex Tan. cv. Clemenules) bajo las condiciones del valle de Ica en Perú.

### **1.2.2 Objetivo específico**

- Describir las principales problemáticas en el área de fertirrigación del cultivo de Clementina (*Citrus clementina* Hort. ex Tan. cv. Clemenules) y las respectivas estrategias tomadas para lograr un uso eficiente de los recursos.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE RIEGO**

Según Santos *et al.* (2010) nos indican que el sistema de riego es la suma de los equipos y métodos que proveen la aplicación de agua a las parcelas de riego, siguiendo una metodología establecida, la cual abarca la captación del agua, su almacenamiento, traslado y su disposición a los regantes. Así mismo, se clasifican los métodos de riego como: riego de superficie, riego por aspersión, riego localizado y riego subterráneo.

#### **2.1.1 Riego por goteo**

Santos *et al.* (2010) nos indican que el riego por goteo es un riego a presión donde el agua es aplicada mediante pequeños orificios de forma gradual sobre la superficie de la parcela, donde se desarrollan las raíces del cultivo.

Además, Demin (2014) sostiene que este tipo de riego es de alta frecuencia y sirve para reponer el agua consumida por el cultivo en días previos. Este método forma un bulbo de humedad por debajo del emisor de las mangueras de riego. Por otro lado, los principales componentes del sistema de riego por goteo cumplen la función de otorgar energía al agua, filtrar, controlar presiones y caudales. El cabezal de riego usualmente está conformado por una electrobomba, la cual entrega la energía necesaria al agua para realizar el recorrido desde la fuente hasta el campo, el filtro y la unidad de fertilización.

#### **2.1.2 Agua de riego**

Ávila *et al.* (1996) nos indica que el agua de riego es el recurso hídrico de vital importancia para las plantas, esto es debido a que gracias a él se dan los procesos fisiológicos que garantizan el desarrollo del cultivo, además de ser el medio de difusión de los elementos en el suelo. La necesidad hídrica en cantidad y frecuencia depende de la interacción del cultivo y los factores ambientales, así como a la calidad del agua que utilizamos.

### 2.1.3 Calidad de agua

Bojórquez (2008) refiere que para tener éxito en la producción de un cultivo se debe tener disponibilidad y calidad de agua.

Por otro lado, Castellanos y Ojodeagua (2009) afirman que los parámetros químicos desde un aspecto agrícola y considerar el agua como apta para riego, son: la conductividad eléctrica, presencia de sodio, carbonatos, bicarbonatos, cloro, boro, hierro y manganeso. Además, el agua puede contener nutrientes como calcio, magnesio y sulfatos.

#### a. Salinidad

Según Ávila *et al.* (1996) en el agua se encuentran sales disueltas, en diferente concentración. Una manera indirecta de medir dicha concentración de sales es mediante la conductividad eléctrica; este parámetro se mide en mmho/cm (milimho por centímetro); sin embargo, pasó a denominarse Siemens (S) en el sistema internacional de unidades de medida. Siendo que 1 mmho/cm es equivalente a 1 dS/m (un milimho por centímetro equivale a un deciSiemens por metro).

Este parámetro es el resultado del total de los aniones como carbonato ( $\text{CO}_3^-$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^{2-}$ ), cloro ( $\text{Cl}^-$ ), y sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ); y los cationes calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ).

Las plantas están restringidas a absorber agua y si la presencia de sales es alta, esta será considerada como un factor limitante para la producción, dependiendo de la sensibilidad del cultivo regado.

En la Tabla 1 se aprecia cómo Richards (1954) describe los siguientes índices de salinidad de las aguas de riego.

**Tabla 1: Peligro de salinidad de las aguas para riego**

Índice de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	Riesgo de salinidad
C1	< 0.25	Bajo
C2	0.25 - 0.75	Medio
C3	0.75 - 2.25	Alto
C4	> 2.25	Muy Alto

Fuente: Richards (1954)

## b. Relación de adsorción de sodio (S.A.R.)

Según Ávila *et al.* (1996), el sodio no es un elemento esencial para los cultivos, sin embargo, su alto contenido de este en el agua de riego puede afectar la estructura del suelo. Este índice establece la actividad relativa de los iones de sodio en las relaciones de intercambio en el suelo. Como nos indican Ayers y Westcot (1994), el valor del S.A.R. es cuantificado por medio de la siguiente fórmula:

$$RAS = \frac{Na^+ (meq/l)}{\sqrt{\frac{Ca^{++} (meq/l) + Mg^{++} (meq/l)}{2}}}$$

Las diferentes aguas de riego pueden ser clasificadas según el SAR determinado, la Tabla 2 muestra dicha clasificación propuesta por Richards (1954).

**Tabla 2: Peligro de sodicidad del agua de riego**

Índice de sodio	Relación de adsorción de sodio	Riesgo de sodicidad
S1	0 a 10	Bajo
S2	10 a 18	Medio
S3	18 a 26	Alto
S4	>26	Muy Alto

**Fuente:** Richards (1954)

## c. Dureza

Según Parra *et al.* (2003), la dureza es una propiedad determinada por la concentración de minerales en una determinada cantidad de agua, dichos minerales son principalmente sales de calcio y magnesio, estas sales proceden de la disolución de rocas y minerales. La dureza en el agua es expresada como mg/L de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>).

Las aguas pueden ser clasificadas de acuerdo a su dureza, en referencia del contenido de sales de calcio y magnesio:

- Aguas blandas: < 60 mg/L
- Aguas ligeramente duras: (60-120) mg/L
- Aguas moderadamente duras: (120-180) mg/L
- Aguas duras: > 180 mg/L

El principal riesgo de las aguas duras es la aparición de precipitados resultantes de la reacción de las sales de Calcio y Magnesio con los elementos presentes en fertilizantes, causando obturaciones en el sistema de riego.

#### **d. Carbonatos y bicarbonatos**

Richards (1954), nos indica que el contenido de iones carbonatos y bicarbonatos provienen de rocas subterráneas donde se almacena el agua de riego, dichos iones pueden combinarse con calcio y magnesio formando precipitados de carbonato cálcico o carbonatos magnésicos, respectivamente, provocando la alcalinización y aumento del pH.

Los valores de carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua de riego pueden ser calculados mediante el índice RSC son las siglas en inglés de residual sodium carbonate (Carbonato sódico residual) se calcula con la siguiente fórmula:

$$RSC = (CO_3^- + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

El peligro de presencia de bicarbonato en el agua puede llegar a ser nulo, moderado o severo, esto se aprecia en la Tabla 3.

**Tabla 3: Peligro de bicarbonatos en agua de riego.**

<b>Presencia de bicarbonatos</b>	<b>Ninguno</b>	<b>Ligero a moderado</b>	<b>Severo</b>
(meq/L)	<1.5	1.5-7.5	>7.5
RSC	<1.25	1.25-2.5	>2.5

#### **e. pH del agua de riego**

Hurtado (2013), nos indica que el pH del agua es considerado como aceptable cuando se encuentra en el rango de 6.5 a 8.2; este indicador cataloga el grado de acidez y alcalinidad del agua, por lo que aguas, que se hallen fuera a este rango pueden producir problemas en cuanto la absorción de los nutrientes que toma la planta de la solución suelo.

## 2.2 FERTIRRIGACIÓN

Moya (2009), define la fertirrigación como un conjunto de técnicas que posibilita la aplicación simultánea de agua y fertilizantes vía sistema de riego; es decir se aprovecha los sistemas RLAF (Riegos Localizados de Alta Frecuencia) para suministrar los nutrientes requeridos por el cultivo. Mediante este método se suple las necesidades nutricionales de los cultivos, distribuyendo los nutrientes en las proporciones adecuadas para cada estadio fenológico; así mismo el agua y los nutrientes son localizados de manera óptima en la zona de absorción de las raíces, realizando un uso eficaz del agua y nutrientes.

### 2.2.1 Fertilizante

Según Guzmán y Rodríguez (2004) es un producto inorgánico o sal inerte, que aporta elementos esenciales para las plantas, y al reaccionar con el agua forman iones. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, más conocida como FAO (2002) afirma que al fertilizar el rendimiento será mayor, porque se aporta el nutriente que al suelo le está faltando. El crecimiento, desarrollo, y rendimiento se ve reducido si algún elemento esencial es escaso.

- **Características de los fertilizantes**

- a. **Características físicas**

- **Granulometría y consistencia del grano:** Según Varas y Riquelme (2002) la granulometría consiste en el tamaño del gránulo o partícula. Generalmente los fertilizantes son producidos a altas temperatura, a través de diferentes métodos como: tambor rotatorio, uso de tamiz tipo “ducha”, molienda y prensado. Los fertilizantes usados en sistema de riego o foliar debe ser homogéneos y de diámetros pequeños, que ayudan a la solubilidad, fijación y eficiencia del fertilizante,
    - **Higroscopicidad:** La higroscopicidad según Arévalo y Castellano (2009) es la capacidad de absorber humedad de su entorno, provocando la ruptura de la estructura física. Finalmente, al perder la humedad forma terrones en lugar de gránulos. Varas y Riquelme (2002) mencionan que la higroscopicidad se debe a tres factores: composición química, humedad relativa del aire y temperatura del almacenaje.

## b. Características químicas

- **Solubilidad:** La solubilidad según Hirzel (2009) es la capacidad del fertilizante de disolverse en un volumen de agua de riego. Según Guzmán y Rodríguez (2004) estará influenciado por dos factores: temperatura y calidad del agua. Altas temperaturas, mayor solubilidad. Además, Hirzel (2009) sostiene que al mezclar más de dos fertilizantes la solubilidad disminuye.
- **Compatibilidad:** Según Hirzel (2009) al disolver los fertilizantes se forman iones que luego reaccionan y precipitan, es decir, forman compuestos insolubles que tienen la capacidad de obstruir total o parcialmente los emisores o goteros. Las siguientes mezclas son incompatibles:
  - ✓ Fertilizantes cálcicos con fertilizantes sulfatados o fosfatados.
  - ✓ Fertilizantes magnésicos con fertilizantes fosfatados.
  - ✓ Microelementos en base de Zn y Fe no quelatados con fertilizantes fosfatados.

En la Tabla 4 se puede observar la compatibilidad entre diferentes fertilizantes.

**Tabla 4: Compatibilidad de fertilizantes**

Fertilizante	Urea	Nitrato de amonio	sulfato de amonio	Nitrato de calcio	Nitrato de magnesio	Fosfato monoamónico	Fosfato monopotásico	Nitrato de potasio	Sulfato de potasio	Cloruro de potasio	Ácido fosfórico	Ácido nítrico	Ácido sulfúrico	Sulfato de Fe, Cu, Mn, Zn	Quelato
Nitrato de amonio	C														
Sulfato de amonio	I	C													
Nitrato de calcio	C	C	I												
Nitrato de magnesio	C	C	C	C											
Fosfato monoamónico	C	C	C	I	I										
Fosfato monopotásico	C	C	C	I	I	C									
Nitrato de potasio	C	C	R	C	C	C	C								
Sulfato de potasio	C	C	R	I	I	C	C	C							
Cloruro de potasio	C	C	C	I	C	C	C	C	R						
Ácido fosfórico	C	C	C	I	I	C	C	C	C	C					
Ácido nítrico	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C				
Ácido sulfúrico	C	C	C	I	I	C	C	C	R	C	C	C			
Sulfato de Fe, Cu, Mn, Zn	C	C	C	I	I	I	C	C	R	C	C	C	C		
Quelato	C	C	C	R	R	R	C	C	C	C	R	I	C	C	
Sulfato de magnesio	C	C	C	I	I	I	C	C	R	C	C	C	C	C	C

C: compatible

R: se reduce la solubilidad

I: Incompatible

Fuente: Navarro (2014)

- **Índice de salinidad:** Navarro (2014), afirma que el índice salino es el incremento de la presión osmótica en la solución suelo al adicionar un fertilizante, y se expresa como el porcentaje que aumentaría con el mismo peso de nitrato sódico. En la Tabla 5 se muestra el índice de salinidad de algunos fertilizantes:

**Tabla 5: Índice salino de fertilizantes**

Fertilizante	Índice salino (IS)
Óxido de magnesio	1.7
Yeso	8.1
Superfosfato triple	10.1
Poli fosfato amónico	20
Fosfato monoamónico	26.7
Fosfato diamónico	29.2
Sulfato de potasio	42.6
Sulfato de potasio-magnesio	43.4
Sulfato de magnesio	44
Amoníaco anhidro	47.1
Tiosulfato de potasio	68
Nitrato de potasio	73.6
Urea	74.4
Sulfato de amonio	88.3
Nitrato de sodio	100
Nitrato de amonio	104
Cloruro de potasio	116.3

**Fuente:** California Fertilizer Association 1980 - Tomado de Burt, *et.al* 1998

- **Índice de acidez y alcalinidad:** Según Navarro (2014) estos parámetros serán encontrados al finalizar la reacción de los fertilizantes en el suelo. Según su estructura química generarán acidez, alcalinidad o neutralidad. Esto es expresado en base del peso del carbonato de calcio necesario para neutralizar la acidez o producir alcalinidad causada por la aplicación de 100 kg de fertilizante.

Además, Sierra (1992), afirma que realizar aplicaciones continuas de un fertilizante durante varios años provocará un cambio en el pH del suelo según la reacción ácida o alcalina del fertilizante. El efecto acidificante o alcalinizante de un fertilizante tiene una repercusión marcada si es que estos, son aplicados sucesivamente, tal como es el caso de un suelo en producción agrícola constante.

En la Tabla 6 se muestra el índice de acidez y alcalinidad de algunos fertilizantes:

**Tabla 6: Índice de acidez y alcalinidad de fertilizantes**

<b>Fertilizante</b>	<b>Índice de acidez</b>	<b>Índice de alcalinidad</b>
Nitrato de amonio	60	
Sulfato de amonio	110	
Amonio anhidro	148	
Nitrato calcio		21
Urea	80	
Fosfato monoamónico	58	
Fosfato monopotásico	55	
Nitrato potasio		23
Cloruro de potasio		Neutro
Sulfato de potasio		Neutro

**Fuente:** California Fertilizer Association 1980 - Tomado de Burt, et.al 1998

### **2.3 CULTIVO DE CLEMENTINA CULTIVAR CLEMENULES**

Agusti *et al.* (2003) afirman que el nombre de Clementina corresponde a un grupo de mandarinas, organizadas por criterios comerciales que morfológicos, originadas de *C. reticulata* Blanco por mutaciones espontáneas como resultado se tiene las variedades: Oronules, Esbal, Beatriz de anna, Oroval, Clemenules y Hernandina.

El cultivar Clemenules, fue originada en Nules en 1953; es de árbol grande y vigoroso, su fruto es de corteza ligeramente rugosa, fácil de pelar, posee alto contenido de zumo y no contiene semillas.

### 2.3.1 Taxonomía

División: Embriophyta Siphonogama

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotyledonae

Subclase: Rosidae

Orden: Geraniales

Familia: Rutaceae

Subfamilia: Aurantioideae

Según Agusti *et al.* (2003) en la clasificación de Swingle (1967) existen 65 especies, considerando 2 tribus, *Clausenae* y *Citreae*. La tribu *Citreae* fue dividida en 3 subtribus. *Citrinae*, contiene a *Fortunella*, *Poncirus* y *Citrus*. El género *Citrus* es considerado el de mayor importancia. Contiene 16 especies. Entre ellas se encuentran: *C. aurantifolia* (Christm.) Swing, *C. latifolia* L., *C. aurantium* L., *C. grandis* (L.) Osb, *C. limon* (L.) Burm., *C. paradisi* Macf., *C. sinensis* (L.) Osb. y *C. reticulata* Blanco. Sin embargo, según la clasificación de Tanaka (1977) existen 162 especies en el género *Citrus*, para algunas especies esto ha sido aceptado, tales como: *C. clementina* Hort. *ex* Tan, mandarino Clementina, *C. unshiu* Marc., mandarino Satsuma, *C. latifolia* Tan., lima ácida, y *C. reshni* Hort. *ex* Tanaka, mandarino Cleopatra. Actualmente, no existe una clasificación universal.

### 2.3.2 Morfología

Según Soler (1999), las Clemenules poseen un hábito de crecimiento abierto, y denso, no poseen espinas en las ramas. Presenta una floración generalmente uniforme y luego dos heterogéneas.

#### a. La Raíz

Agusti (2004) sostiene que los cítricos poseen abundantes pelos radiculares. Cuentan con una raíz principal que se bifurcan en raíces: finas y fibrosas, y en largas compactas. Estos dos tipos de raíces se caracterizan por explorar grandes zonas de suelo. Las raíces finas y fibrosas provienen de la raíz principal en el caso de árboles jóvenes, mientras que en árboles adultos provienen de raíces secundarias. Las raicillas pueden alcanzar diámetros menores a 0.5 mm.

## **b. Tallo**

Agusti (2004), afirma que en el tallo se encuentran las hojas, yemas, espinas. Las yemas axilares se encuentran cubiertas por escamas. Las yemas apicales y axilares, se componen de un meristemo conformado de primordios foliares. Un nudo estará compuesto, de una yema principal y yemas accesorias, y una espina. Una plantación joven presenta tallos con sección triangular con acanaladuras.

## **c. La hoja**

Según Soler (1999), posee hoja lanceolada, alargada, angosta y no coriácea. El ápice del limbo es agudo y con base sutilmente redondeada, con peciolo corto y no alado, unido con el limbo. Además, Agusti (2004) sostiene que las hojas poseen una nervadura central prominente que va hasta el ápice, luego se bifurcan en nervios primarios generando nuevas divisiones para formar una red reticulada.

## **d. La Flor**

Agusti *et al.* (2003) refieren que la flor es hermafrodita y se originan de las yemas axilares. El aparato sexual femenino está compuesto por el estigma, estilo y ovario. El estigma está receptivo durante 1 a 3 días antes de la anthesis y 6 a 8 días después. El estilo cuenta con mecanismos que interrumpen el desarrollo del tubo polínico, característica de las clementinas. Por otro lado, el aparato sexual masculino está conformado por 20 a 40 estambres que rodean el pistilo. Cada uno contiene un filamento que sostiene a una antera. Las Clementines poseen un polen viable, es partenocárpica y autoincompatible. Además, Zaragoza *et al.* (2011) afirman que poseen un cáliz con 5 sépalos, 5 pétalos blancos, y el nectario está ubicado debajo del ovario del gineceo.

## **e. El fruto**

Agusti *et al.* (2003), comentan que los frutos de los agrios es una baya llamada hesperidio. El pericarpio es la zona externa de los lóculos y se dividen en tres partes: exocarpo, es la parte más externa y visible de color verde, endocarpo, lo conforman los lóculos que estará constituido por las vesículas de zumo y mesocarpo o albedo, es el tejido blanco que se encuentra debajo del exocarpo. Finalmente, la corteza del fruto estará constituida por el exocarpo y mesocarpo.

Según el Instituto valenciano de investigaciones agraria, IVIA (s.f), el fruto de las Clementines pesa entre 95 a 105 gramos, su diámetro se encuentra entre 57 a 65 mm, su

forma es oblata, el espesor de su corteza es de 2 a 2.5 mm. El color del fruto es naranja intenso, con índice de color de 18, presentando un porcentaje de zumo de 47 a 55. No presenta semillas, sin embargo, con polinización cruzada puede presentarlas. La fructificación es alta, pero se puede adicionar aplicaciones para el cuajado.

### **2.3.3 Requerimientos edáficos y climáticos del cultivo**

#### **a. Temperatura**

Según Agusti *et al.* (2020), las temperaturas menores a 13°C generan el cambio de color, sin embargo, esto está relacionado con los pigmentos que se encuentran en la corteza. Los frutos de las mandarinas que están creciendo en altas temperaturas, poseen niveles altos de clorofila y son de color verde. No obstante, cuando la temperatura es menor a 15 °C, la clorofila se degrada y empieza la biosíntesis de los carotenoides. Además, Le Roux (2006) sostiene, que los cítricos cultivados con gran diferencial de temperatura entre día y noche, producirán fruta de color naranja brillante. Además, temperaturas diurnas mayores a 30°C producen fruta con altos niveles de clorofila y bajos en carotenoides, es decir, fruta de color verde a pesar de que las temperaturas nocturnas son bajas.

Ibacache (1998), afirma que cuando las temperaturas son mayores a 32°C el crecimiento de los brotes se detiene, sin embargo, cuando el suelo se encuentre con buen estado hídrico podrá soportar temperaturas altas.

#### **b. Humedad relativa**

Según Agusti (2020), los cítricos se adaptan a diferentes condiciones de humedad, como en zonas tropicales de humedad menores a 70 % de día y cercanos al 99 % de noche, y en zonas subtropicales, donde en algunos días la humedad relativa puede alcanzar un 0 %. La humedad es un factor importante en el cuajado y calidad de la fruta. Cambios violentos, influyen en la caída fisiológica durante la fase I. Por otro lado, en las mandarinas después de la variación de color su consistencia se debilita, este proceso se acelera por temperatura y humedad relativa alta.

Ibacache (1998), sostiene que en campos con plantaciones adultas la alta humedad relativa ayuda a la proliferación de hongos en los troncos y ramas, además, pueden verse afectados los frutos por el hongo *Penicillium*. Por otro lado, la humedad relativa y la transpiración se encuentran en relación inversa incrementando el requerimiento de agua de riego.

### c. Luminosidad

Agusti (2020) sostiene, que solo tendrán brotes vegetativos si durante esta fase tienen temperaturas altas sin relación con la duración del día, y los cítricos cultivados con temperaturas bajas si florecen en días cortos y largos. Además, existe una relación inversa entre el porcentaje de días nublados durante la floración y cuajado y el tamaño de la fruta. La fijación de CO<sub>2</sub>, intensidad y longitud de onda están vinculados con el contenido de SST y desarrollo vegetativo, respectivamente. Finalmente, la luz está relacionada con el color del fruto.

### d. Suelo

- **pH del suelo:** Ibacache (1998) sostiene que los suelos de los cítricos de preferencia deben ser de pH 6.5 – 7, estos valores proveen de una adecuada asimilación de los nutrientes que se incorporan en la fertilización.
- **Textura del suelo:** Ibacache (1998) señala que al cultivar en textura arenosa se debe tener en cuenta que retiene poca humedad, posee alto porcentaje de macroporos y por lo tanto buena aireación. En la textura franca, si existe un exceso de humedad habrá un mayor de peligro de asfixia radicular, por su alta capacidad de retención de humedad. Además, Beñatena y Anderson (1996) menciona que los cítricos se adaptan a diferentes tipos de suelos.

Ibacache (1998) menciona que los cítricos cultivados en textura arenosa presentan una mayor altura y sistema radicular muy desarrollado, su fruto presenta mayor calibre, cáscara muy fina y su madurez se adelanta. Por el contrario, en suelos de textura franca los árboles y frutos presentan un tamaño menor que el rango normal, la madurez es tardía y presenta menos jugo.

- **Salinidad:** Según Agusti (2020) cada uno de los iones presentan diferentes síntomas de toxicidad, así también, dispersan la estructura del suelo. Al incrementar el potencial osmótico, aumenta el gasto energético activo y, por lo tanto, se ve afectada el desarrollo fisiológico y la producción. Sin embargo, los patrones, especies y variedades presentan diferentes grados de tolerancia a la salinidad.

### 2.3.4 Patrones

González y Tullo (2019) afirman que con el objetivo de obtener frutos de mayor calidad y alta productividad se realizan combinaciones de variedad y patrones, sin embargo, se debe

tener consideración de las condiciones edafoclimáticas. La especie injertada sobre citrange Carrizo producirá una planta vigorosa, productiva, con alta calidad de fruta, sensible a la caliza activa y resistencia a la asfixia radicular. El portainjerto citrumelo Swingle puede ser considerado para diferentes tipos de suelos, sin embargo, tiene sensibilidad a la caliza. Finalmente, C. Volkameriano produce árboles vigorosos, altamente productivos, resistente a la caliza y asfixia radicular.

Zekri (1995) indica que los patrones tienen diferente capacidad para absorber el Fe, los menos eficientes son los naranjos trifoliados y sus híbridos *citrumelo Swingle (Poncirus trifoliata x Citrus paradisi L. Raf.)* y *citrange Carrizo (Poncirus trifoliata L. Raf. x Citrus sinensis L.)*.

### **2.3.5 Cultivo de Clementina en el Perú**

Según el Ministerio de agricultura y riego, MINAGRI, (2014) afirma que en el Perú existe una gran atención por las Clemenules. Esta variedad nos permite ingresar a ciertas ventanas en el mercado internacional, y competir incluso con países que tienen producciones limitadas. La gran dificultad del Perú como productor de cítricos es la obtención de color en la fruta, es por eso que se encuentra importando variedades españolas, y así seguir innovando en la producción de variedades tardías y tempranas.

Además, el Ministerio de comercio exterior y turismo (MINCETUR, 2018) afirma que en 2017 el Perú se consolidó en el primer puesto de América como exportador de Mandarina, Clementina y Tangelo, a países como EEUU, Canadá y Holanda; crecimiento que significó en un 30 %. Ica y Lima aportan el 93 % de las Clementinas y también Mandarinas exportadas. Este crecimiento ubicó al Perú en el séptimo lugar del mundo.

### **2.3.6 Fenología del cultivo**

Agustí (2004) afirma que las principales etapas fenológicas en los cítricos son las siguientes:

- a. Desarrollo de las yemas: Las yemas en reposo empiezan a hincharse para posteriormente abrirse, es en esta etapa en donde se pueden observar los primeros primordios florales.
- b. Desarrollo de las hojas: Las primeras hojas empiezan a emerger y separarse hasta lograr su tamaño final.
- c. Desarrollo de los brotes: Etapa en la cual se da el crecimiento y desarrollo de los brotes.

- d. Desarrollo de las flores: A partir de los primordios florales las flores, sin apertura, se hacen visibles en solitario o en inflorescencias.
- e. Floración: Se inicia con la apertura de las primeras flores, se considera iniciada esta etapa al tener un 10 % de flores abiertas y se considerará floración plena al tener el 50 % de flores abiertas. El final de esta fase está dado por la caída de todos los pétalos.
- f. Desarrollo del fruto: Esta etapa inicia con el crecimiento del ovario y la caída fisiológica de frutos jóvenes. El fin de esta fase se da cuando el fruto alcanza el 90 % de su tamaño final.
- g. Maduración del fruto: Las frutas inician la toma de color hasta obtener el color característico de cada cultivar. El fruto llega a alcanzar sus características organolépticas dando fin a esta etapa.
- h. Comienzo del reposo vegetativo: Las hojas más maduras empiezan a caer marcando la etapa de senescencia.

### **2.3.7 Demanda hídrica**

Núñez *et al.* (2017) comentan que la respuesta que tendrán al déficit hídrico está relacionada con la fenología del cultivo, y los efectos dependerán del momento, la duración, el estado fisiológico, calidad de agua, genotipo y el grado de estrés. Además, los patrones tienen diferente comportamiento ante el estrés hídrico, como es el caso del patrón lima 'Rangpur' que presenta un crecimiento radical acelerado y mantenimiento del "pool" de carbohidratos totales frente al citrumelo 'Swingle'.

Según Gonzáles-Altozano y Castel (2003) afirman que la fase fenológica más sensible al estrés hídrico es la floración y el cuajado, porque se ve afectada la producción por el aumento de la caída de frutos al continuar con el riego. Durante la fase de desarrollo de fruto II, un riego deficitario reducirá el tamaño de los frutos y es una de las causas de aparición de "Creasing". Por otro lado, durante la fase de crecimiento inicial, un riego deficitario no afecta la producción y ni al calibre del fruto.

### **2.3.8 Requerimiento nutricional**

Miranda-Lasprilla *et al.* (2020) señalan que la mandarina es exigente en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes como el hierro, cobre, manganeso y zinc.

Durante toda la campaña existe extracción de estos nutrientes, sin embargo, es mayor durante la etapa de floración y formación de fruto.

Además, Instituto de desarrollo agropecuario (INDAP, 1998) afirma que el Nitrógeno es el macronutriente encargado de la formación del área foliar. La deficiencia se muestra como amarillamiento en hojas maduras y la floración es abundante, sin embargo, la cuaja es escasa. Los frutos son de bajo calibre, cáscara delgada y de buena calidad. El exceso produce frutos con una menor calidad, con cáscara gruesa y bajo porcentaje de jugo. El máximo requerimiento es durante las fases de brotación, floración y desarrollo de frutos. En el verano la extracción es menor, sin embargo, se utiliza para completar el crecimiento de fruto y la formación de reservas para la siguiente campaña. El potasio es importante en el crecimiento, desarrollo y calidad de los frutos. Su deficiencia produce frutos pequeños con cáscara delgada. El exceso provoca frutos grandes con cáscara gruesa y con poco jugo de sabor ácido. Además, si los cítricos son cultivados en suelos de pH alcalino y alto contenido de carbonatos o cal activa pueden presentar síntomas de deficiencia de hierro y zinc. La deficiencia de hierro se observa en un amarillamiento entre las nervaduras de hojas jóvenes. Por otro lado, la deficiencia de zinc se observa con hojas pequeñas, amarillamiento desuniforme y entrenudos cortos. Estas carencias de micronutrientes pueden ser corregidas con aplicaciones foliares o aplicaciones al suelo de quelatos.

Ramirez (2021) afirma que el fósforo promueve un desarrollo de la raíz, participa en el metabolismo energético. Su deficiencia genera caída prematura de frutos, sistema radicular deficiente, cáscara gruesa y rugosa. El exceso acelera la etapa de maduración e induce deficiencias de zinc, cobre y manganeso. El calcio brinda rigidez en la pared celular, promueve el crecimiento normal y desarrollo de la raíz e influye en el cuajado de fruto, es decir, está relacionado con la producción. Su deficiencia produce frutos pequeños y deformes, corteza gruesa y separada de los gajos, la planta presentará una falta de masa radicular, en casos extremos puede haber defoliación. El exceso crea competencias con el potasio y magnesio. El magnesio es constituyente de la molécula de clorofila, su deficiencia genera una corteza gruesa y disminuye el cuajado. En las hojas maduras se observa manchas de color amarillo en forma “V”. El exceso induce deficiencias de fósforo, potasio y calcio.

### **III. DESARROLLO DEL TRABAJO**

#### **3.1 DATOS GENERALES DEL FUNDO AGRÍCOLA**

El fundo cuenta con una plantación de 140 ha de Clemenules de diferentes años de plantación y con densidad de 520 (densidad simple) y 832 (densidad doble) plantas por hectárea injertadas sobre patrón *C. Volkameriano*, *citrumelo Swingle* y *citrange Carrizo*.

Los lotes que cuentan con los portainjertos *citrumelo Swingle* y *citrange Carrizo* en época de brotación se observa la deficiencia de hierro, y se afirma las características que mencionan González y Tullo (2019) acerca de la sensibilidad a la caliza.

##### **3.1.1 Ubicación Geográfica del Fundo Agrícola**

Se encuentra ubicado en:

Departamento : Ica  
Provincia : Ica  
Distrito : Pachacútec

#### **3.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL LUGAR DE TRABAJO**

Según la data de la estación meteorológica del lugar de trabajo encontramos un clima templado - cálido y seco con una temperatura media en verano de 23.4 °C promedio y en invierno de 15.7 °C, las precipitaciones anuales acumulan 5 mm, siendo una zona de baja precipitación.

#### **3.3 FENOLOGÍA**

La fenología del cultivo en la zona de trabajo comprende:

- a. Etapa de brotación, desde el desarrollo de yemas hasta el desarrollo de las flores, esto ocurre normalmente en el mes de agosto.
- b. Etapa de floración, que refiere a la apertura floral, generalmente se da en la primera quincena del mes de setiembre.

- c. Etapa de cuajado, se encuentra dentro de la etapa de desarrollo de fruto la cual tiene ocurrencia en la segunda quincena del mes de setiembre.
- d. Etapa de caída fisiológica, abarca parte del desarrollo de fruto, esto acontece en los meses de octubre, noviembre y primera quincena de diciembre. Luego de la caída fisiológica, el fruto sigue su crecimiento y desarrollo desde la segunda quincena de diciembre, enero, febrero y marzo.
- e. Envero, ocurre en el mes de abril. Además, la cosecha no está dentro de las etapas fenológicas que describe Agustí (2004), esta puede ser considerada como una labor, la cual sucede en los meses de mayo y junio. Finalmente, la etapa de post cosecha es la etapa de comienzo de reposo vegetativo, la cual se da en el mes de julio.

### **3.4 AGUA DE RIEGO**

La mezcla de agua de pozos (Tabla 7) del fundo agrícola tiene un pH de 6.6 y conductividad eléctrica de 0.9 dS/m, según Richards (1954) es considerada agua con bajo riesgo de salinidad. La relación de adsorción de sodio es 1.3, según Richards (1954) el riesgo de sodicidad es bajo. Además, según Parra *et al.* (2003) es considerada como agua dura porque posee 537 ppm de CaCO<sub>3</sub>.

Con el objetivo de mejorar la calidad del agua se trabaja con reactores de azufre (Figura 1) para la acidificación del agua. Este proceso se basa en una reacción química del azufre (99.5 % pureza) con oxígeno y calor que produce anhídrido sulfuroso, y al tener contacto con el agua en un sistema de doble Venturi se obtiene ácido sulfuroso de pH 2, este es un ácido débil que no requiere de una manipulación especial. Esta agua ácida se mezcla con el agua de pozo y se obtiene agua de riego de un menor pH. Durante la campaña 2019 -2020 se trabajó con 4 reactores de azufre acidificando un total de 40 l/s, esto es un 30 % del caudal total de ingreso de agua de pozo, y se obtenía un pH de 6.8 en el agua de riego. Sin embargo, desde el periodo 2020 se incorporó dos reactores de azufre más que corresponden a 60 l/s, es decir, un 50 % del total, y se obtiene agua de riego de 6.6 de pH. En época de mayor demanda se usó 1.6 kg de azufre por hora por reactor, y en época de menor demanda se usó 0.9 kg de azufre por hora por reactor.

**Tabla 7: Análisis del agua del reservorio**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
pH		7.2
CE	dS/m	0.89
Calcio	meq / l	4.58
Magnesio	meq / l	1.76
Potasio	meq / l	0.09
Sodio	meq / l	2.32
Bicarbonato	meq / l	2.6
Carbonato	meq / l	0.01
Cloruro	meq / l	2.41
Nitratos	meq / l	0.29
Sulfatos	meq / l	3.64
SAR		1.3
Boro	mg / l	0.15
Zinc	mg / l	0.001
Cobre	mg / l	0.013
Manganeso	mg / l	0.010
Fierro	mg / l	0.22



**Figura 1: Reactor de azufre**

### 3.5 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

En el lugar de trabajo se realizó un análisis físico químico de suelo (Anexo 1) a una profundidad de 30 cm, estrato que concentra la mayor actividad radicular, y se obtuvieron los siguientes resultados:

- a. pH: es un suelo ligeramente alcalino con pH 7.65
- b. Conductividad eléctrica: posee una conductividad eléctrica de 0.778 dS/m en relación 1:1. se considera como un suelo no salino.
- c. Carbonatos: la presencia de carbonatos es menor a 0.5 %. Su nivel es bajo.
- d. Materia orgánica: contiene un 0.17 % de MO, corresponde a un nivel bajo de MO en la capa arable
- e. Textura: se observa una textura arenosa con un porcentaje de 95 % arena, 5 % arcilla y 0 % limo.

### 3.6 SISTEMA DE RIEGO DEL LUGAR DE TRABAJO

Se cuenta con sistema de riego por goteo, el cual se explica a continuación desde la captación, almacenamiento y distribución del agua.

#### 3.6.1 Captación del agua

El fundo agrícola, cuenta con 8 pozos, mostrados en la Tabla 8.

**Tabla 8: Características químicas de pozos del lugar de trabajo**

Nº Pozo	Caudal promedio l/s	CE dS/m	pH
Pozo 1	12.1	1.01	7.0
Pozo 2	28.1	0.92	7.2
Pozo 3	8.1	0.96	7.0
Pozo 4	30.1	1.10	7.1
Pozo 5	43.1	0.94	7.0
Pozo 6	7.1	1.07	7.2
Pozo 7	53.1	0.92	7.1
Pozo 8	14.1	0.96	7.1
<b>Total</b>	<b>195.82</b>		

### **3.6.2 Almacenamiento**

El agua de estos pozos (Tabla 8) es almacenada en un reservorio de 30 000 m<sup>3</sup> de capacidad. El volumen consumido es repuesto diariamente por los pozos. Sin embargo, si no se realiza la reposición el volumen del reservorio alcanzaría para 6 días distribuido en 140 ha, y en época de máxima demanda alcanzará para 5 días.

El control de algas se realiza con aplicaciones de sulfato de cobre en relación de 3 g/m<sup>3</sup> mensual. Esta aplicación se realiza al finalizar la reposición del día.

### **3.6.3 Traslado**

El proceso de traslado de agua inicia desde la succión del agua del reservorio que es impulsada hacia los turnos de riego. Este proceso varió en las últimas campañas con el objetivo de mejorar la eficiencia de la aplicación de la lámina de riego.

Durante la campaña 2019 - 2020, el agua de los pozos 1, 2, 3, 4, 7 (Tabla 8) llegaban al centro de control N° 1 y los pozos 5, 6, 8 (Tabla 8) al centro de control N° 2. En el primer caso, se hacía uso de 3 electrobombas de 30 Hp para irrigar 80 ha. En el segundo, 3 electrobombas de 25 Hp que regaban 60 ha. Sin embargo, el riego no era eficiente, porque no se podía ajustar al caudal necesario del turno de riego y controlar los m<sup>3</sup> reales irrigados.

A partir de la campaña 2020 - 2021, se incorporó en la caseta de riego 2 tuberías fijas de succión positiva. El flujo del agua fue distribuido en 9 electrobombas con potencias de 50 Hp, 40 Hp y 30 Hp (Figura 2). Además, se hace el uso de variadores de alta frecuencia con el fin de regular la frecuencia del voltaje del motor. Todos los manifold cuentan con una válvula de alivio de 3 pulgadas y 2 pulgadas, filtros de malla de 130 micrones y 120 mesh de 6 pulgadas, caudalímetro y una sostenedora de presión de 6 pulgadas, además, de retrolavado automático, que se encuentra programado para que sea encendido por un diferencial de presión de 2 bar o cada 4 horas. El agua del reservorio es rebombada a través de 9 electrobombas a los 8 campos.



**Figura 2: Electrobombas de Riego**

**Tabla 9: Características de las electrobombas**

<b>Electrobomba</b>	<b>Área de riego</b>	<b>Potencia del motor</b>	<b>Diámetro de impulsor (mm)</b>
Equipo 1-3	80.6 ha	40 Hp	151
Equipo 2	41.4 ha	50 Hp	169
Equipo 4	32.7 ha	40 Hp	169
Equipo 5	29.3 ha	40 Hp	169
Equipo 6	18.9 ha	30 Hp	158
Equipo 7	16.3 ha	30 Hp	158
Equipo 8	16.3 ha	30 Hp	158
Equipo 9	22.9 ha	40 Hp	158

En el campo se encuentran instaladas válvulas hidráulicas, las cuales gobiernan 2 hectáreas aproximadamente, dichas válvulas son de 2 pulgadas de diámetro; se regulan entre 1.4 a 1.8 bar de presión, lo que garantiza que en la línea de riego más alejada a la válvula se registre una presión de 1.0 bar y así lograr un caudal promedio de 2.3 l/h en cada gotero.

El campo cuenta con 2 mangueras de riego por línea de plantación. La manguera es de 16 mm de diámetro por 1.2 mm de espesor, los goteros son autocompensados con caudal

nominal de 2.3 l/h marca Katif (Figura 3). En la densidad de 520 plantas/ha, cada planta es regada por 8 goteros y su descarga es de 9.57 m<sup>3</sup>/ha. Por otro lado, los campos con densidad de 832 plantas/ha (Figura 4) tienen 3 mangueras de riego y 6 goteros por planta (4 goteros en las mangueras exteriores y 2 goteros en la manguera del medio), la descarga es 11.48 m<sup>3</sup>/ha. En ambos casos los goteros están distanciados a 1,0 m entre sí. Al iniciar el riego, los goteros descargan más de su caudal nominal hasta tener la presión adecuada, lo cual es tomado en cuenta al momento de realizar los monitoreos.

Finalmente, se observó en campo que los bulbos de humedad generado por los emisores de riego alcanzan un radio de 30 cm en suelo con menos del 25 % de humedad. Y en un suelo con porcentajes de humedad, superiores al 50 % los bulbos de humedad llegan a traslaparse a los 5 cm de profundidad.



**Figura 3: Campo de cítricos con doble densidad (tres bolillos)**



**Figura 4: Gotero insertado**

### 3.7 PROGRAMACIÓN DE RIEGO

Al inicio de la campaña se realizan 10 riegos hasta completar aproximadamente un aporte de 900 m<sup>3</sup>/ha, con el objetivo principal de lavar las sales del perfil del suelo además de humedecer la zona radicular y que el suelo llegue a capacidad de campo. Al inicio de la campaña agrícola se halló sectores con valores de hasta 2 dS/m de conductividad eléctrica del suelo, que, si bien los campos no son agostados, este incremento de conductividad es producto de las incorporaciones de fertilizante y la disminución del tiempo de riego en época de post cosecha. Los 900 m<sup>3</sup>/ha fueron establecidos como los necesarios para obtener un valor de conductividad de 0.9 dS/m en los primeros 70 cm de profundidad.

Cuando se completa el volumen de los riegos de lavado, se realizan dos métodos para verificar la humedad del suelo. La primera metodología de evaluación es a través de calicatas a 80 cm de profundidad por 2 m de largo, estas calicatas son hechas bajo la copa del árbol siguiendo la línea de la manguera de riego; se evalúa según un protocolo de determinación de humedad al tacto. Se identifica la textura del suelo y se asigna un valor porcentual de humedad según criterios subjetivos, que se fundamentan en los años de experiencia manejando el cultivo y son difundidos mediante capacitaciones al personal que evalúa. La segunda metodología, consiste en secar una muestra de suelo de 100 cm<sup>3</sup> para obtener el valor porcentual de contenido de agua. El proceso de secado se realiza en un horno eléctrico a 105 °C por 24 horas. Esta metodología fue validada con análisis en laboratorio. Los datos obtenidos con ambas metodologías son complementarios y nos dan el indicativo de la humedad para la toma de decisiones del criterio de riego. En ambas metodologías, las evaluaciones se realizan semanalmente.

Después de verificar que el volumen regado permitió que el suelo llegue a capacidad de campo, se empieza a reponer el consumo de agua de la planta diariamente según el coeficiente de cultivo (Kc, Tabla 10) y la evapotranspiración. La Tabla 10 fue propuesta por asesores externos al lugar de trabajo, calcularon estos valores según tensiómetros instalados en el campo en campañas anteriores, y se puede modificar de acuerdo a las evaluaciones de humedad. Cada valor corresponde según el patrón y la fenología del cultivo y según se extienda dicho periodo se calculará con el Kc correspondiente.

Para los patrones *citrumelo Swingle* y *citrange Carrizo* en la campaña 2020 – 2021 la etapa de floración se consideró Kc 0.85, cuajado Kc 0.9 y caída fisiológica Kc 0.85 (Tabla 10), a diferencia de la campaña 2021 – 2022, el coeficiente de cultivo en las etapas de floración,

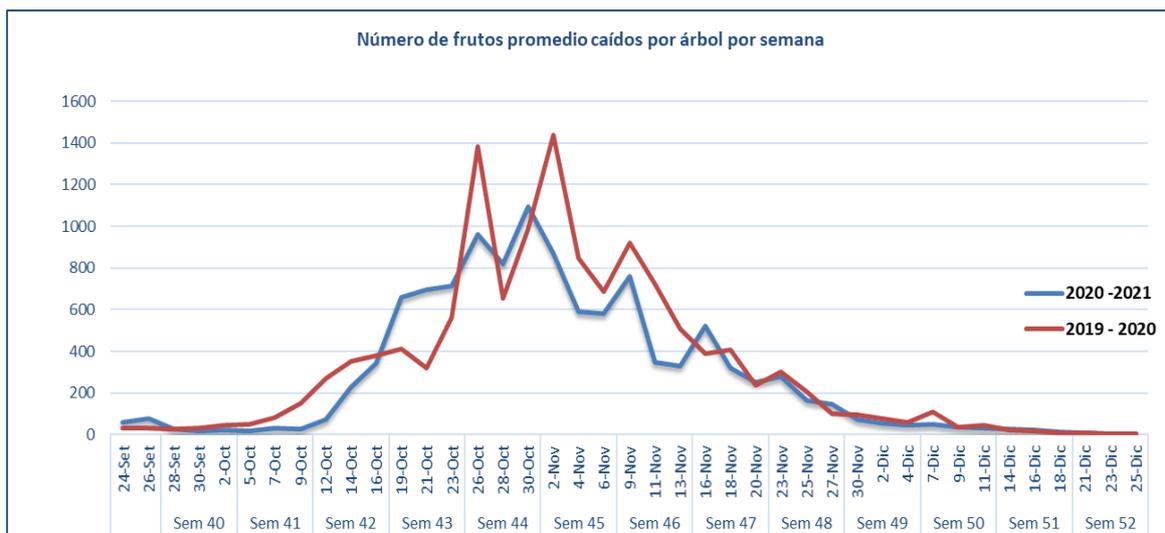
cuajado y caída fisiológica fue de 0.80, esta modificación se realizó porque durante la campaña 2020 – 2021, se hizo ensayos con diferentes Kc y no se obtuvo diferencias significativas en la producción.

**Tabla 10: El Kc según fenología**

Mes	Fenología	<i>Citrumelo y Carrizo</i>	<i>C. Volkameriano</i>
Agosto	Brotación	0.70	0.70
Setiembre	Floración	0.80	0.75
Setiembre	Cuajado	0.80	0.75
Octubre, Noviembre, Diciembre	Caída fisiológica	0.80	0.75
Diciembre, Enero, Febrero, Marzo	Desarrollo de fruto	0.85	0.80
Abril	Envero	0.70	0.65
Mayo, Junio	Cosecha	0.50	0.45
Julio	Post cosecha	0.20	0.15

El objetivo es que durante las etapas fenológicas de brotación, floración, cuajado, caída fisiológica y desarrollo de fruto el suelo se encuentre en capacidad de campo. Desde la etapa de envero se disminuye el coeficiente de cultivo, en la cosecha se inicia con Kc 0.50 y conforme se disminuye la cantidad de fruta en el árbol se disminuye el Kc hasta llegar a un Kc 0.20. La etapa más crítica donde los efectos del estrés hídrico son determinantes para el éxito o fracaso de la campaña es la caída fisiológica. Durante la campaña 2019 - 2020, se evidenció un aumento en la caída de frutos, esto ocurrió en los campos donde el riego fue deficiente (Figura 5). Por otro lado, en la campaña 2020 - 2021, la caída de frutos fue del 40 % que corresponde a valores normales registrados en el lugar de trabajo. Actualmente, se realizan evaluaciones del estado de humedad del suelo con calicatas y evaluación de peso seco en estufa de forma semanal para prevenir estrés hídrico.

En época de cosecha el suelo debe mantenerse por lo menos al 50 % de humedad y en post cosecha se debe llegar hasta un 40 %.



**Figura 5: Número de frutos caídos por árbol por semana**

Por campaña se utiliza entre 10 000 m<sup>3</sup>/ha a 11 500 m<sup>3</sup>/ha para campos productivos, con edad de plantación mayor a 4 años, según la etapa fenológica el volumen es distribuido como se observa en Tabla 11; mientras que, en campos de 3 años, los cuales recién inician su producción comercial solo se utiliza un aproximado de 7000 m<sup>3</sup>/ha.

**Tabla 11: Requerimiento hídrico según etapa fenológica para campos con edad de plantación mayor a 4 años.**

Fenología	m <sup>3</sup> / ha
Brotación	1500
Floración	700
Cuajado	400
Caída fisiológica	3100
Desarrollo de fruto	4100
Envero	900
Cosecha	600
Post cosecha	200

### 3.8 FERTIRRIGACIÓN

La sala de fertirrigación cuenta con 8 tanques de 10 000 litros (Figura 6), 2 tanque de pre mezcla de 2 500 litros, 2 bombas de succión del tanque de premezcla - tanque de solución madre, 8 electrobombas (Figura 7) de 1 - 1,5 Hp, de caudal máximo de 2050 l/h y caudal mínimo de 1000 l/h, y 8 fertímetros.



**Figura 6: Tanques de solución madre de 10000 litros.**



**Figura 7: Bombas de inyección, filtro y fertímetro.**

Desde la caseta de riego, la mezcla de fertilizante es llevada a través de una tubería de 1 pulgada o 2 pulgadas hasta el ingreso de cada campo, con el objetivo de disminuir el tiempo de llegada de fertilizante.

#### **a. Fertilizantes usados**

- Nitrato de amonio
- Nitrato de potasio
- Nitrato de calcio
- Nitrato de magnesio
- Fosfato monoamónico
- Sulfato de zinc
- Sulfato de amonio
- Sulfato de potasio
- Microelementos quelatados
- Ácidos húmicos

#### **b. Cantidad de fertilizantes a usar**

La fertilización es realizada por concentración, para esto se necesita saber los m<sup>3</sup> a reponer. Luego se multiplica por la concentración del fertilizante (Tabla 12) a aplicar y se obtienen los kilos a disolver. Para el caso de los micronutrientes y ácidos húmicos la dosis es por hectárea.

El programa de fertilización en unidades por nutriente es realizado según la etapa fenológica (Tabla 13) y se distribuye de forma diaria en kilogramos de fertilizante. Durante el inicio de brotación hasta caída fisiológica (Tabla 14): los diez primeros días se realiza la aplicación de nitrato de amonio y nitrato de potasio, o hasta que se cumpla la cantidad de fertilizante por hectárea a aplicar del mes. Luego se realizan 6 días de aplicaciones de nitrato de amonio y nitrato de calcio. Para las aplicaciones de fosfato monoamónico y nitrato de magnesio se realizan con sulfato de amonio. Los micronutrientes son aplicados en forma de quelato. En la época de desarrollo de fruto hasta envero se realiza una mayor aplicación del elemento potasio, se disminuye la aplicación del nitrógeno, esto se puede observar en la Tabla 15. Además, se suprime la aplicación de zinc cuando se inicia el cambio de color de la fruta.

**Tabla 12: Cantidad de fertilizante en g/m<sup>3</sup>**

<b>Fertilizante</b>	<b>Concentración (g/m<sup>3</sup>)</b>
Nitrato de amonio	85
Nitrato de potasio	100
Nitrato de magnesio	128
Nitrato de calcio	118
Fosfato monoamónico	115
Sulfato de zinc	80
Sulfato de amonio	22
Sulfato de potasio	87.2

**Tabla 13: Unidades totales (kg/ha) de cada nutriente que se utilizan por etapa fenológica.**

<b>Fenología</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>
Brotación	37	13	10	14	6
Floración	20	3	8	8	3
Cuajado	13	2	5	5	2
Caída fisiológica	95	18	51	26	10
Desarrollo de fruto	140	22	270	15	6
Envero			45		
Total	306	57	390	69	28

**Tabla 14: Distribución diaria de la mezcla de fertilizantes durante el inicio de brotación hasta caída fisiológica**

<b>Fertilizante</b>	<b>Duración</b>	<b>Concentración</b>
Nitrato de amonio + nitrato de potasio	10 días	1.07 meq NA + 1.7 meq NP
Nitrato de amonio + nitrato de calcio	6 días	1.07 meq NA+3.26 meq NCa
Sulfato de amonio + fosfato monoamónico	3 días	1.5 meq SA + 1 meq MAP
Sulfato de amonio + nitrato de magnesio	3 días	1.5 meq SA + 4.4 meq NMg
Nitrato de amonio + sulfato de Amonio + sulfato de zinc	4 días	1 meq NA + 3 meq SA + 1 meq SZN
Microelementos + ácidos húmicos	4 días	

**Tabla 15: Distribución diaria de la mezcla de fertilizantes durante el desarrollo de fruto y envero**

<b>Fertilizante</b>	<b>Duración</b>	<b>Concentración</b>
Nitrato de amonio + sulfato de potasio + sulfato de amonio	17 días	1 meq NA + 3 meq SOP +1 meq SA
Nitrato de amonio + nitrato de potasio	6 días	1 meq NA + 1.7 meq NP
Nitrato de amonio + sulfato de amonio + sulfato de zinc	4 días	1 meq NA + 1 meq SA + 1 meq SZN
Nitrato de amonio + fosfato monoamónico	3 días	1 meq NA + 1 meq MAP

**c. Procedimiento de la mezcla de fertilizante**

Las mezclas de los fertilizantes se realizan en un tanque de 2500 litros llamado tanque de premezcla. (Figura 8)



**Figura 8: Tanques de Premezcla**

Para preparar la solución madre de fertilizante de cada campo se realiza de la siguiente manera:

- Llenar con agua el tanque de premezcla de 2500 L con 1000 litros.
- Encender la bomba de recirculación.
- Incorporar los fertilizantes al tanque de premezcla según su solubilidad.
- Enrasar a 2000 litros, mantener la recirculación encendida por 10 minutos.
- Traspasar del tanque de premezcla al tanque de la solución madre
- Enrasar a 10 000 litros.
- Realizar la distribución del volumen total obtenido de forma proporcional para los diferentes turnos de riego en el mismo campo.

Durante la campaña 2019-2020, los kilos de fertilizante que correspondían al turno de riego eran disueltos treinta minutos antes de iniciar el riego en tanques de 1000 litros, es decir, se tenía que estar constantemente disolviendo. En el centro de control N° 1 se llegó a disolver 12 veces por día, porque abarcaba 3 campos y cada uno tiene 4 turnos de riego. En el centro de control N° 2, se disolvía 11 veces por día, ya que un campo tenía 3 turnos de riego y 4 campos con 2 turnos. Desde la campaña 2020-2021 solo se disuelve 8 veces en el día, una vez por cada campo, aumentando la eficiencia, calidad y control en la inyección del fertilizante en un 60 %, esto es calculado por la cantidad de disoluciones realizadas, ya que al hacerse menos disoluciones se disminuye las posibilidades de error operacional. Sin embargo, las disoluciones son diarias.

Según su compatibilidad se podrá obtener las siguientes soluciones madre.

- Nitrato de amonio y nitrato de potasio
- Nitrato de amonio y fosfato monoamónico
- Nitrato de amonio y nitrato de magnesio
- Nitrato de amonio y nitrato de calcio
- Nitrato de amonio, sulfato de zinc y nitrato de potasio
- Nitrato de amonio, sulfato de amonio y sulfato de potasio
- Nitrato de amonio, nitrato de potasio y nitrato de calcio
- Micronutrientes quelatados y ácidos húmicos.
- Sulfato de cobre

#### **d. Inyección de fertilizante al campo**

En la campaña 2019 – 2020, el volumen a inyectar era de acuerdo al tiempo de riego y se consideraba solo veinte minutos como tiempo para lavar el sistema. Cuando se realizaron las evaluaciones, se observó que al terminar de regar aún había fertilizante que no había terminado de salir por el gotero, esto causó una desuniformidad en el vigor entre los árboles más lejanos y los más cercanos a la válvula de riego.

Por otro lado, En la campaña 2020 – 2021, se consideró el tiempo de llegada del fertilizante de 40 minutos para los turnos más cercanos y para los turnos de riego más lejanos 50 minutos. Estos datos se obtuvieron al evaluar cada dos minutos la conductividad eléctrica de la solución fertirriego, se tuvo como base la conductividad eléctrica del agua de riego, comparando la hora de inicio de inyección desde la caseta de fertirriego y la hora de llegada al final del lineo más lejano.

Luego al tiempo de riego se debe restar los minutos de llegada del fertilizante al punto más lejano del turno de riego, este tiempo restante es considerado, el tiempo de fertilización. El objetivo principal es que durante todo este tiempo nos encontremos inyectando fertilizante y esto se logra a través del caudal de inyección idóneo. Para hallar el caudal de inyección, se debe realizar la siguiente operación:

$$\text{Caudal (l/h)} = \text{Volumen (litros)} / \text{Tiempo de fertilización(horas)}$$

El fertilizante que será inyectado se encuentra disuelto en el tanque de solución madre, este es distribuido proporcionalmente según el volumen a regar en cada turno de riego. El volumen de fertilizante disuelto, que es inyectado, se controla por medio del fertímetro; el control es de forma manual, tomando la última medición y añadiendo el volumen aplicado.

#### **e. Mantenimiento del sistema de riego**

El agua usada para riego, es alta en bicarbonatos. Por lo tanto, existe un mayor porcentaje de obturación de goteros por precipitaciones. Por campaña se realizan diversas labores de mantenimiento.

- **Purgado de mangueras:** El purgado se realiza de forma bimestral y consiste en la apertura de las líneas secundarias y laterales de riego con el turno de riego encendido. Se debe realizar máximo diez laterales por válvula por cinco minutos, para mantener la

presión del turno. Después de una instalación de tubería y reparación se debe realizar el purgado de las tuberías principales o secundarias.

- **Revisión de goteros:** De forma mensual se realiza el recorrido de las mangueras de riego, monitoreando los goteros. Si se detecta un gotero obstruido o con un caudal superior al nominal, se procede al cambio de goteros. Durante la campaña 2019 - 2020, el taponamiento de goteros fue 7 %, debido a residuos sólidos (arena). Desde la campaña 2020 - 2021, se realizó el cambio de filtro y se disminuyó a un 4 % de obturación de goteros.

El agua de riego al tener 537 ppm de  $\text{CaCO}_3$  es considerada como agua dura, como lo mencionan Parra *et al.* (2003), lo cual promueve la formación de precipitados de calcio y magnesio. Los goteros obstruidos (Figura 9) se sumergen en una solución con ácido fosfórico de pH 2 durante 10 minutos.



**Figura 9: Gotero obturado**

- **Lavado de filtros:** La caseta de riego cuenta con filtros de malla hidráulica autolimpiante marca YAMIT que realiza su lavado cada 4 horas y cuando existe un diferencial de presión mayor a 2 bares entre las presiones de entrada y salida del filtro. Además, de forma mensual se realiza la limpieza manual a la malla con detergente y agua a presión para retirar algas o residuos sólidos.
- **Mantenimiento de las válvulas de hidráulica de campo:** Se realiza la limpieza de todos los accesorios de las válvulas hidráulicas del campo de forma bimestral con detergente y se retiran los restos sólidos u orgánicos.

### 3.9 FERTILIZACIÓN AL SUELO

Al inicio de la campaña, antes del riego inicial se realiza la aplicación de 750 kg/ha de yeso agrícola; esta aplicación no obedece a algún criterio técnico agronómico, sino a una práctica común de la zona. El objetivo de esta aplicación es proveer calcio y azufre para que sea aprovechado por las raíces nuevas generadas por el inicio de la brotación. La segunda aplicación es de 375 kg/ha se realiza después de la caída fisiológica con el objetivo de aportar Ca al fruto.

La primera aplicación (Figura 10) se incorpora al suelo en la proyección de la copa del árbol, en un surco de profundidad de 15 cm y un distanciamiento de 15 cm por dentro de la manguera y la segunda aplicación se realiza por fuera de la manguera, esto se realiza con el objetivo de abarcar la mayor área radicular. Finalmente, dichos surcos son tapados inmediatamente después de la aplicación.



**Figura 10: Aplicación de yeso agrícola**

Por otro lado, se realizan aplicaciones de fertilizante nitrogenado (Figura 11) granulado que contiene una molécula inhibidora de nitrificación DMPP que actúa sobre las nitrosomas, que son las bacterias nitrificantes del suelo. Este fertilizante contiene un 26 % de nitrógeno, además evita la pérdida por lixiviación, y aporta el nitrógeno en forma amoniacal.

Durante la campaña 2019-2020, se realizaron tres aplicaciones (floración, desarrollo de fruto I y desarrollo de fruto II) con un total de 565 kg/ha, que equivalen a 147 unidades de

nitrógeno. A diferencia de la campaña 2020-2021 y 2021-2022 se realizaron aplicaciones con un total de 425 kg/ ha, equivalente a 111 unidades de nitrógeno, en dos aplicaciones (floración y desarrollo de fruto), esta disminución fue realizada con la finalidad de mejorar la toma de color del fruto, que no era considerado como un problema, sin embargo, al evidenciarse estos efectos positivos en la calidad del fruto, se tomó en cuenta en las campañas posteriores.

La forma de aplicación es en surcos de 15 cm de profundidad y a una distancia de 15 cm de la manguera en proyección de la copa del árbol, estos surcos son tapados posteriormente a la aplicación del fertilizante.



**Figura 11: Aplicación de fertilizante granulado**

Finalmente, se realiza análisis foliares una vez por campaña en el mes de marzo, en la época de desarrollo de fruto. Se obtiene una muestra representativa por cada 15 ha, diferenciando la edad de plantación y el portainjerto. Se toma la muestra en forma de zigzag y se evita los árboles enfermos. Las hojas muestreadas son las terminales de ramas sin frutos que corresponden a la quinta o sexta hoja bajo el ápice de crecimiento. Los resultados de estos análisis nos indican si la programación y ejecución del programa de fertirriego es el adecuado para una buena producción de la siguiente campaña. En el Anexo 2 se observa un análisis foliar que muestra niveles de macronutrientes y micronutrientes óptimo para dicha fenología.

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el manejo de fertirriego descrito en el lugar de trabajo podemos catalogar como ventajas, el uso oportuno y exacto del fertilizante mediante las inyecciones por concentración; asimismo, se cuida de no exceder la conductividad eléctrica inyectando los fertilizantes hasta una concentración adecuada. Esto puede ser corroborado con los análisis foliares que nos muestran niveles favorables de nutrientes y con los monitoreos de conductividad eléctrica en el suelo y en la solución fertirriego, cuyos valores se encuentran habitualmente en 1 dS/m para el suelo y 2 dS/m para la solución fertirriego. Este manejo nos permite obtener rendimientos de 90 Mg/ha.

Por otro lado, una desventaja que se observa, es un mayor costo de jornales para poder realizar el transporte, supervisión y ejecución de las inyecciones diarias.

## V. CONCLUSIONES

- La principal labor adicional en el riego y fertirrigación en el cultivo de Clementina (*Citrus clementina* Hort. ex Tan. cv. Clemenules) son las aplicaciones de fertilizantes al suelo que contengan nitrógeno con inhibidor de nitrificación con el fin de mantener constante el aporte de nitrógeno en las etapas de mayor demanda.
- La problemática principal en el riego y fertirrigación en el cultivo de Clementina (*Citrus clementina* Hort. ex Tan. cv. Clemenules) es consecuencia de la inadecuada elección de equipos de riego, la cual no permitirá una operación eficiente en la reposición diaria.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda la instalación de equipos de medición de humedad en el suelo, como tensiómetros o sondas de capacitancia, para tener mayor exactitud y complementar las evaluaciones de humedad al tacto y así hacer más objetivos el criterio de riego.
- Se recomienda realizar análisis foliares por fenología e instalación de lisímetros, para poder medir el efecto de la fertilización y mejorar la programación de inyección de fertilizantes.
- Se recomienda realizar una caracterización de suelo para poder reorganizar los turnos de riego según su textura, mejorando así el criterio de riego.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustí, M. (2004). Fruticultura. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 493 pp.
- Agusti, M., Mesejo, C. & Reig, C. (2020). Citricultura. Editorial Mundiprensa. 506 pp.
- Almela, V. (2003). Cuajado y desarrollo de los cítricos. Instituto agroforestal mediterráneo Universidad Politecnica Valencia.
- Arévalo, G. & Castellano, M. (2009). Manual de Fertilizantes y Enmiendas. [https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo\\_6\\_Manual\\_Fertilizantes\\_y\\_Enmiendas..pdf](https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo_6_Manual_Fertilizantes_y_Enmiendas..pdf)
- Ávila, R., Cabello, A., Ortiz, F., Lirola, J. & Martín, A. (1996). Agua, Riego y Fertirrigación. Dirección General de Investigación y Formación Agraria. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla.
- Ayers, R. S., Westcot, D. W. (1987). La calidad del agua para agricultura. Estudios FAO: Riegos y Drenajes nº 29. Roma: Re. FAO. 174p.
- Beñatena, H. & Anderson, C. (1996). Los cítricos. En: A. Fabiani. R. Mika. L. Larocca, C. Anderson. Manual para productores de naranja y mandarina de la región del río Uruguay. INTA. Argentina.
- Bojórquez, F. (2008). Parámetros de agua de riego. Productores de hortalizas. <http://www.hortalizas.com/irrigacion/parametros-de-agua-de-riego>.
- Burt, C., K. O'connor & T. Ruehr. (1998). Fertigation. Irrigation Training and Research Center. CPSU. San Luis Obispo CA. 295 p.
- Castellanos, R. & Ojodeagua J. (2009). Formulación de soluciones nutritivas. En J. Castellano (Ed.) Manual de producción de tomate en invernadero. INTAGRI. (pp. 131-156).

- Demin, P. (2014). Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones. Primera edición- San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina. INTA
- FAO. (2002). Los fertilizantes y sus usos. <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>
- González-Altozano, P. & Castel, J. (2003). Riego deficitario controlado en 'Clementina de Nules'. Efectos sobre la producción y la calidad de la fruta. *Spanish Journal of Agricultural Research* 1 (2), 81-92
- González, L. & Tullo, C. (2019). Guía técnica cultivo de cítricos. San Lorenzo – Paraguay.
- Guzmán, M & Rodríguez, D. (2004). Características de los fertilizantes para su uso en la fertirrigación. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/257416472>.
- Hirzel C. (2009). Principios básicos de fertirrigación. Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias N° 190.
- Hurtado, L. (2003). Manejo y conservación del suelo, fundamentos y prácticas. Programa nacional de manejo de cuencas hidrográficas y conservación de suelos.
- Ibacache, G. (1998) Manual de producción de cítricos. INIA. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/39598>
- Instituto de Desarrollo Agropecuario-Proyecto de desarrollo rural de comunidades campesinas y pequeños productores de IV región (1998). Manual de producción de cítricos. La Serena, Chile.
- Instituto valenciano de investigaciones agrarias. (s.f.) Clemenules. <https://ivia.gva.es/documents/161862582/161863628/CLEMENULES.pdf/59d59f89-4708-4dc6-9dbe-0ebcd81b23c7>
- Le Roux, S. (2006). Preharvest manipulation of rind pigments of Citrus spp. <https://core.ac.uk/download/pdf/37320852.pdf>
- Ministerio de comercio exterior y turismo. (23 de febrero de 2018). *Perú es el principal exportador de Mandarina, Clementina y Tangelo de América.* <https://www.mincetur.gob.pe/mincetur-peru-es-el-principal-exportador-de-mandarina-clementina-y-tangelo-en-america/>

- Ministerio de agricultura y riego. (2014). La mandarina peruana. <https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe/index.php/analisis-economicos/estudios/2014/20-la-mandarina-peruana/file>
- Moya, J. A. (2009). Riego localizado y fertirrigación. Ediciones Mundi-Prensa.
- Navarro, G. (2014). Fertilizantes: química y acción. España. Ediciones Mundi-Prensa. 229p
- Núñez-Vázquez, M., Dell'Amico-Rodríguez, J., Pérez-Hernández, M., & Betancourt-Grandal, M. (2017). Estrés hídrico y salino en cítricos. Estrategias para la reducción de daños. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 65-74. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362017000400004&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000400004&lng=es&tlng=es).
- Parra, M.A., Fernández-Escobar, R., Navarro, C. & Arquero, O. (2003). Los suelos y la fertilización del olivar cultivado en zonas calcáreas. Ediciones Mundi-Prensa.
- Nutrición y fertilización de cítricos. (2021). En F. Ramirez (Comp.), Fertilización de suelo y cultivos. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Richards, L. (1954). Diagnóstico y mejora de suelos salinos y alcalinos. Departamento de agricultura de los estados unidos. EEUU.
- Santos, L., Valero, J., Picornell, M., & Tarjuelo, J. (2010). El riego y sus tecnologías. Centro regional de estudios del agua. España.
- Sierra, C. (1992). Características físicas y químicas de algunos fertilizantes. Instituto de investigaciones agropecuarias. Boletín técnico N° 189. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/39239/NR22919.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Soler, J. (1999). Reconocimiento de variedades de cítricos en campo. [https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/7048/1999\\_Soler\\_Reconocimiento.pdf?sequence=1](https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/7048/1999_Soler_Reconocimiento.pdf?sequence=1)
- Varas B. & Riquelme, J. (2002) Propiedades físicas de los fertilizantes y su uso en máquinas fertilizadoras. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/5944>

- Zaragoza, S., Pina, J., Ángeles, M., Navarro, L., Medina, A., Soler, G. & Chomé, P. (2011). Las variedades de cítricos. El material vegetal y el registro de variedades comerciales de España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 49 P.
- Zekri, M. (1995). Nutritional deficiencies in citrus trees: iron, zinc and manganese. Citrus Industry 76: 16- 17.
- Zuñiga, J. (2009). El programa de subsectorial de irrigaciones y la tecnificación del riego en el Perú. Ministerio de agricultura del Perú. <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/418/1/Riego%20tecnificado.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1: Análisis de suelo del lugar del trabajo

#### FERTILIDAD FÍSICA

* Clase Textural	Arenosa
* Arcilla	0,00 %
* Limo	5,00 %
* Arena	95,0 %

#### Riesgo de Compactación



#### FERTILIDAD

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método
* Materia Orgánica Oxidable	< 0,170	%		1,20		2,00		Combustión
* Nitrógeno Total	< 155	mg/kg		1 000		1 500		
* Fósforo Disponible Olsen	35,6	mg/kg		20,0		40,0		Olsen
* Caliza Activa	< 0,5	% CaCO <sub>3</sub>		2		4		Oxalato Amónico 0,1
* Calcio Disponible	2,87	meq/100 g		8,00		14,0		Ac NH <sub>4</sub>
* Magnesio Disponible	0,418	meq/100 g		1,50		2,50		Ac NH <sub>4</sub>
* Potasio Disponible	0,52	meq/100 g		0,50		0,80		Ac NH <sub>4</sub>
* Sodio Disponible	0,22	meq/100 g		0,25		0,75		Ac NH <sub>4</sub>
pH (Extracto 1/1)	7,65	Unidades de pH						Extrac 1/1
Cond. Eléctrica (Ext 1/1)	778	μS/cm a 20° C						Extrac 1/1
* Suma de Bases Disponible	4,03	meq/100 g						

#### MICROELEMENTOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método
* Boro	1,04	mg/kg		0,60		1,00		Extrac Acuosa
* Hierro (DTPA)	< 4,00	mg/kg		4,00		10,0		DTPA
* Manganeso (DTPA)	< 1,00	mg/kg		1,00		5,00		DTPA
* Cobre (DTPA)	3	mg/kg		0,4		1		DTPA
* Zinc (DTPA)	1,63	mg/kg		1,00		2,00		DTPA

#### COMPLEJO DE CAMBIO

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método
* Calcio Cambio	2,87	meq/100 g		8,00		14,0		Ac NH <sub>4</sub>
* Magnesio de Cambio	0,41	meq/100 g		1,50		2,50		Ac NH <sub>4</sub>
* Potasio Cambio	0,47	meq/100 g		0,50		0,80		Ac NH <sub>4</sub>
* Sodio Cambio	< 0,05	meq/100 g		0,25		0,50		Ac NH <sub>4</sub>
* Aluminio de Cambio	< 0,01	meq/100 g		0,50		1,0		Ac NH <sub>4</sub>
* CIC Efectiva	4	meq/100 g		5		10		
* Bases de Cambio	3,75	meq/100 g						Ac NH <sub>4</sub>

## Anexo 2: Análisis foliar



### INFORME DE ENSAYOS FOLIAR

FECHA DE MUESTREO: 18/03/2022

CULTIVO: CLEMENULES  
ESTADO FENOLÓGICO: DESARROLLO FRUTA II

