



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

Efecto de la aplicación de una nueva estrategia de
abonado sobre la productividad del mandarina
'Clemenules' (*Citrus reticulata* Blanco)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

AUTOR/A: Cruselles Lores, Salvador

Tutor/a: Juan Ferrer, Mariano

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y
del Medio Natural

**EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE UNA NUEVA
ESTRATEGIA DE ABONADO SOBRE LA
PRODUCTIVIDAD DEL MANDARINO 'CLEMNULES'
(*CITRUS RETICULATA* BLANCO)**

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor/a: Salvador Cruselles Lores

Tutor/a: Mariano Juan Ferrer

Curso académico 2023-2024

Valencia, septiembre 2024

Título: Efecto de la aplicación de una nueva estrategia de abonado sobre la productividad del mandarino 'Clemenules' (*Citrus reticulata* Blanco).

RESUMEN

El trabajo práctico se desarrolló en una parcela de tres hectáreas de mandarinos 'Clemenules'. Esta finca está ubicada en el término municipal de Benicarló, en la provincia de Castellón. Asimismo, cabe destacar que pertenece a la cooperativa Benihort.

Los árboles, en todas las campañas, presentaron una baja productividad como consecuencia de un cuajado deficiente.

Con el fin de dar respuesta a esta problemática se buscó el incremento del cuajado de flores, y aumentar la productividad respecto a los obtenidos en años anteriores en la misma parcela. Para conseguir el objetivo de este TFG se diseñó una estrategia de fertirrigación distinta a la utilizada por la cooperativa, a base de Five TT®, abonado con macroelementos (N, P y K) y microelementos (Fe, Zn y Mn).

La finalidad del experimento consistió en aumentar la productividad, mejorando el estado nutricional de los árboles en la época de floración, realizando una preparación del botón floral, consiguiendo que el árbol tenga reservas nutricionales suficientes para llevar a cabo una correcta floración. Y en el momento del cuajado se buscó una parada en la brotación del árbol consiguiendo disminuir la competencia brote vegetativo-inflorescencia, obteniendo un mayor cuajado y unos calibres más homogéneos.

Palabras clave: Five TT, floración, cuajado, fertirrigación, productividad.

Title: Effect of the application of a new fertilization strategy on the productivity of the mandarin 'Clemenules' (*Citrus reticulata* Blanco).

ABSTRACT

The practical work was carried out on a three-hectare plot of 'Clemenules' mandarin trees. This farm is located in the municipality of Benicarló, in the province of Castellón. Likewise, it should be noted that it belongs to the Benihort cooperative.

The trees, in all campaigns, presented low productivity as a consequence of poor fruit set.

In order to respond to this problem, we sought to increase flower set and increase productivity compared to those obtained in previous years on the same plot. To achieve the objective of this TFG, a fertigation strategy different from that used by the cooperative was designed, based on Five TT ®, fertilized with macroelements (N, P and K) and microelements (Fe, Zn and Mn).

The purpose of the experiment was to increase productivity, improving the nutritional status of the trees during the flowering season, preparing the flower bud, ensuring that the tree has sufficient nutritional reserves to carry out correct flowering. And at the time of fruit set, a stop was sought in the sprouting of the tree, managing to reduce the vegetative shoot-inflorescence competition, obtaining greater fruit set and more homogeneous calibers.

Key words: Five TT, flowering, fruit set, fertigation, productivity.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermana por apoyarme en todo día a día.

A mi pareja por ayudarme en todas las dudas y enseñarme a superar los momentos de agobio.

Al profesor Mariano por su dedicación y ayuda tanto en lo académico como en lo personal para poder llevar a cabo este TFG.

A la cooperativa Benihort y en especial a Javier Rillo y a José Juan por pensar en mí y por su ayuda y dedicación para poder llevar a cabo este trabajo.

A la empresa TNF Carbocalidad por dejarme probar sus productos libremente y por su ayuda constante.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. La variedad de mandarina ‘Clemenules’	1
1.2. Los principales nutrientes utilizados en el abonado del mandarina ‘Clemenules’ ...	2
1.2.1. Nitrógeno.	2
1.2.2. Fósforo.	4
1.2.3. Potasio.	4
1.2.4. Urea técnica.	5
1.2.5. Five TT.	7
1.2.6. Sulfato amónico.	8
1.2.7. Microelementos (Fe, Zn y Mn).	8
1.3. El abonado del mandarina ‘Clemenules’ en función de su estado fenológico.	10
2. OBJETIVOS	12
3. MATERIAL Y MÉTODOS	13
3.1. Material vegetal.....	13
3.2. Tratamientos.....	13
3.3. Toma de datos.	16
3.3.1. Determinación del tipo de brotación y cuantificación del cuajado.	16
3.3.2. Determinación de la clorofila en hoja.	17
3.3.3. Análisis foliar.	18
3.3.4. Determinación del calibre de los frutos.....	18
3.3.5. Determinación de la cosecha.	19
3.4. Análisis estadístico.	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1. Efecto de los tratamientos sobre la brotación.	21
4.2. Efecto de los tratamientos sobre el cuajado del fruto.	22
4.3. Efecto de los tratamientos sobre la cantidad de clorofila en las hojas.....	23
4.4. Efecto de los tratamientos sobre la cantidad de nutrientes presentes en las hojas.	25
4.5. Efecto de los tratamientos sobre el tamaño del fruto.....	26
4.6. Efecto de los tratamientos sobre la cosecha.....	27
4.7. Costes de abonado en función del tratamiento.	28
4.8. Ingresos por tratamiento.....	29
5. CONCLUSIONES	30
6. BIBLIOGRAFÍA	31

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Frutos de mandarina 'Clemenules'</i>	1
<i>Figura 2. Envase comercial de Five TT.</i>	7
<i>Figura 3. Imagen de la parcela en la que se ha llevado a cabo el estudio.</i>	13
<i>Figura 4. Tipos de brotes presentes en el mandarino 'Clemenules'.</i>	16
<i>Figura 5. Muestra de hojas representativa de cada tipo de abonado.</i>	17
<i>Figura 6. Medidor de unidades SPAD.</i>	17
<i>Figura 7. Muestra de hojas en el interior de un sobre para su análisis.</i>	18
<i>Figura 8. Calibrador digital Vodlbov utilizado para medir el diámetro de los frutos.</i>	19
<i>Figura 9. Palots utilizados para la recolección de la mandarina 'Clemenules'.</i>	19
<i>Figura 10. Influencia del tipo de abonado sobre el tipo de brote.</i>	21
<i>Figura 11. Influencia del plan de abonado sobre el cuajado de los frutos.</i>	22
<i>Figura 12. Efecto de los tratamientos sobre la cantidad de clorofila de las hojas.</i>	24
<i>Figura 13. Efecto de los tratamientos sobre el tamaño del fruto.</i>	26
<i>Figura 14. Efecto de los tratamientos sobre la distribución de calibres de los frutos.</i>	27

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Contenido de N total en los distintos órganos y en el total de las plantas correspondientes a las distribuciones estacionales del N aplicado (A, B y C) en los principales momentos fenológicos en el ensayo de absorción.....</i>	<i>3</i>
<i>Tabla 2. Principales carencias presentes en citricultura ecológica en la zona mediterránea, y forma de contrarrestarlas.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 3. Principales carencias presentes en citricultura ecológica en la zona mediterránea, y forma de contrarrestarlas.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 4. Guía para el diagnóstico foliar en mandarino.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 5. Necesidades nutritivas anuales de los cítricos</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 6. Dosis, tipo de abono y distribución del tratamiento 2 (Abonado tradicional)...</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 7. Dosis de riego y su distribución.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 8. Dosis, tipo de abono y distribución para la preparación de la floración hasta la preantesis del botón floral.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 9. Dosis, tipo de abono y distribución del abonado Five TT.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 10. Dosis, tipo de abono, y su distribución con la finalidad de evitar la competencia entre órganos en desarrollo.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 11. Resultados en las analíticas de hojas para cada tratamiento.</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 12. Efecto de los tratamientos sobre la cosecha.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 13. Ingresos en función del tratamiento.....</i>	<i>29</i>

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La variedad de mandarina ‘Clemenules’.

Las clementinas forman parte de un grupo de mandarinas, clasificadas principalmente por motivos comerciales más que botánicos. Son frutos de tamaño pequeño a mediano, que surgieron a partir de mutaciones espontáneas entre sí, y su origen inicial proviene del mandarino común (*Citrus reticulata* Blanco) (Agustí et al., 2020).



Figura 1. Frutos de mandarina ‘Clemenules’.

La variedad de mandarinas ‘Clemenules’ se originó a partir de una mutación espontánea de clementina fina, que apareció en la localidad de Nules (Castellón). El árbol presenta un vigor medio y puede presentar algunos nudos multiyema. La floración se presenta escalonada en el tiempo al igual que su maduración, lo que hace recomendable su recolección en varios pases. El polen posee alto poder germinativo. La variedad tiene un comportamiento partenocarpico y autoincompatible. Los frutos presentan una forma oblata, con un peso comprendido entre (95-105 g), un diámetro entre (57-65 mm) y un porcentaje de zumo entre el 47% y el 55%. El periodo óptimo de recolección está comprendido, en nuestras condiciones climáticas, entre el 1 de noviembre y el 15 de enero.

1.2. Los principales nutrientes utilizados en el abonado del mandarino ‘Clemenules’.

1.2.1. Nitrógeno

La fertilización con nitrógeno es la que más influye sobre el crecimiento foliar, el crecimiento vigoroso de los brotes, la producción, el rendimiento y calidad en los cítricos (Yara, 2024a). Debe tenerse muy presente el ciclo fenológico de la especie, los estados óptimos para su aplicación y coincidiendo con la mayor demanda de nitrógeno para su correcta utilización en cada tratamiento.

Las mandarinas en España requieren de un importante aporte de nitrógeno en diferentes etapas de su ciclo fenológico. El abonado de los clementinos suele comenzar a principios de la primavera, coincidiendo con el inicio del nuevo ciclo vegetativo. En esta etapa se realiza un aporte mayor de nitrógeno, que ayuda al crecimiento de nuevas hojas y flores. Con el avance de la primavera y el inicio del verano, cuando la fruta se está formando, la aplicación de nitrógeno se reduce y aumenta la aplicación de potasio (Sembralia, 2023). Por lo tanto, el mayor aporte de nitrógeno se realiza en la primavera y se reduce durante el verano.

En un estudio realizado por Martínez (2010), se puede evidenciar con más detalle, cómo se distribuye el contenido en N total (mg) en cada órgano, así como en el conjunto de la planta (tabla 1). Los árboles fueron incrementando progresivamente su contenido en N a causa del desarrollo de nuevos tejidos. El contenido de N únicamente descendió en los órganos más jóvenes, asociado a la abscisión de estructuras reproductivas y en las hojas viejas debido a su senescencia. Todos los demás órganos incrementaron su contenido neto en N entre el inicio y el final del ciclo, independientemente de la distribución de N (Martínez, 2010).

Tabla 1. Contenido de N total¹ en los distintos órganos y en el total de las plantas correspondientes a las distribuciones estacionales del N aplicado (A, B y C)² en los principales momentos fenológicos en el ensayo de absorción (Martínez, 2010).

Órgano/Planta	FLORACIÓN (MAYO)				CUAJADO (JUNIO)			
	A	B	C	ANOVA ^x	A	B	C	ANOVA
Fruto					179	228	235	NS (0,572)
Cáliz + pedúnculo					16	22	25	NS (0,165)
Total flor/fruto	837 ^w b ^v	1.025a	1.196a	* (0,037)	195	250	260	NS (0,518)
Hojas primavera	1.170	1.138	1.364	NS (0,573)	1.515	1.645	1.514	NS (0,836)
Ramas primavera	280	304	324	NS (0,632)	257	303	345	NS (0,337)
Hojas viejas	3.076	3.169	3.505	NS (0,861)	2.941	3.065	3.691	NS (0,497)
Ramas viejas c/h ^u	757	884	890	NS (0,437)	960	1.053	1.304	NS (0,152)
Ramas viejas s/h ^t	541	481	593	NS (0,692)	664	526	626	NS (0,174)
Ramas viejas	1.298	1.365	1.483	NS (0,700)	1.624	1.579	1.930	NS (0,254)
Tronco	1.194	1.017	992	NS (0,475)	1.297	1.180	1.282	NS (0,694)
Raíz fibrosa	2.529	2.482	2.563	NS (0,942)	2.804	2.868	2.785	NS (0,970)
Raíz gruesa	2.830	2.979	3.185	NS (0,682)	2.748	2.870	3.185	NS (0,380)
PLANTA	13.214	13.479	14.612	NS (0,728)	13.381	13.760	14.992	NS (0,573)
Joven caído ^s	2.038a	1.887a	1.206b	** (0,014)	3.264	3.340	2.791	NS (0,531)
Hojas viejas caídas	262	226	253	NS (0,804)	350	454	478	NS (0,225)
TOTAL PLANTA	15.514	15.592	16.071	NS (0,950)	16.995	17.554	18.261	NS (0,817)

Órgano/Planta	FINAL CAÍDA FISIOLÓGICA (JULIO)				MADUREZ FRUTO (ENERO)			
	A	B	C	ANOVA	A	B	C	ANOVA
Fruto	436	515	627	NS (0,225)	3.411	2.392	3.516	NS (0,227)
Cáliz + pedúnculo	8	10	13	NS (0,131)	15	11	18	NS (0,097)
Total fruto	444	525	640	NS (0,211)	3.426	2.403	3.534	NS (0,226)
Hojas otoño					515	385	369	NS (0,741)
Hojas verano	1.515a	2.060a	667b	** (0,005)	4.555a	3.753b	3.117b	* (0,248)
Hojas primavera	1.308b	1.263b	2.705a	* (0,054)	1.602	2.548	2.230	NS (0,239)
Hojas jóvenes	2.823	3.323	3.372	NS (0,342)	6.672a	6.686a	5.716b	* (0,038)
Ramas otoño					121	95	94	NS (0,877)
Ramas verano	115	115	55	NS (0,290)	590a	537a	320b	* (0,048)
Ramas primavera	352b	297b	634a	* (0,027)	467	561	536	NS (0,736)
Ramas jóvenes	467b	412b	689a	* (0,036)	1.178	1.193	950	NS (0,375)
Hojas viejas	3.186	3.037	3.474	NS (0,647)	2.338	2.702	2.674	NS (0,634)
Ramas viejas c/h	903c	1.190b	1.458a	*** (0,001)	1.464	1.899	1.467	NS (0,271)
Ramas viejas s/h	751	889	1.020	NS (0,128)	1.485a	1.330ab	898b	* (0,050)
Ramas viejas	1.654c	2.079b	2.478a	** (0,005)	2.949ab	3.229a	2.365b	* (0,048)
Tronco	1.090	1.257	1.259	NS (0,469)	1.598a	1.509ab	1.245b	* (0,042)
Raíz fibrosa	3.171b	3.126b	3.929a	* (0,026)	4.616	5.177	4.911	NS (0,616)
Raíz gruesa	3.196	3.243	3.589	NS (0,616)	4.319	3.687	3.374	NS (0,147)
PLANTA	16.031b	17.002b	19.430a	* (0,027)	27.096a	26.586ab	24.769b	* (0,032)
Joven caído	3.583	3.915	3.372	NS (0,631)	3.789	3.567	3.219	NS (0,719)
Hojas viejas caídas	357b	487a	526a	* (0,046)	357	486	480	NS (0,182)
TOTAL PLANTA	19.971b	21.404a	23.328a	* (0,048)	31.242	30.639	28.468	NS (0,227)

²: Contenido en N (mg) = concentración N órgano (%) x peso seco órgano (mg) ¹: Distribuciones estacionales A, B y C: aporte del 25, 50 y 75%, respectivamente, del total de la dosis de N desde marzo hasta julio y el 75, 50 y 25% restante hasta final octubre. ^x: ANOVA, diferencias significativas para P≤0,05 (*); P≤0,01 (**); P≤0,001 (***) y no significativas para P>0,05 (NS); entre paréntesis se indica el P-valor. ^w: Cada valor es la media de 3 árboles. ^v: Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,05) según el test LSD-Fisher. ^u: Ramas del ciclo anterior con hojas. ^t: Ramas del ciclo anterior sin hojas. ^s: Incluye botón floral, pétalos, cáliz y frutos abortados caídos.

¹ Contenido en N (mg) = concentración N órgano (%) x peso seco órgano (mg).

² Distribuciones estacionales A, B y C: Aporte del 25, 50 y 75%, respectivamente, del total de la dosis de N desde marzo hasta julio y el 75, 50 y 25% restante hasta el final de octubre.

El nitrógeno es un nutriente esencial para las plantas, pero su exceso es perjudicial tanto en la calidad de la cosecha y en la planta, como en el medio ambiente. Además, el exceso de N también puede causar pérdidas económicas, incrementar la vulnerabilidad a algunas fisiopatías y plagas o aumentar los daños que causan la sequía o las heladas debido a que, un exceso de este nutriente disminuye el grosor de la pared celular (Wild, 1992).

Por lo tanto, es esencial manejar de una forma correcta el N en la citricultura para asegurar la producción de mandarinas que presenten una elevada calidad y al mismo tiempo ayudar a la protección del medio ambiente.

1.2.2. Fósforo

El fósforo es fundamental para los cítricos ya que forma parte de metabolitos cruciales como lo son los nucleótidos, ácidos nucleicos, fosfolípidos, fosfatos de azúcares y ciertas coenzimas (Agustí et al., 2020).

La cantidad que los cítricos absorben de fósforo es pequeña, pero es de una gran importancia, ya que este elemento participa en el proceso de la transformación de la energía en la fotosíntesis. Este elemento además es importante en los cítricos para conseguir la obtención de un correcto sistema radicular, además de una correcta floración (Herogra, 2023).

La absorción del fósforo en los cítricos se reduce significativamente en los suelos altamente calcáreos que presentan un pH elevado, debido a que el fósforo soluble se transforma en insoluble (Bohórquez et al., 2008).

Una falta de fósforo repercute en una reducción de flores que, a su vez, repercutirá en una reducción notable de la cosecha, siendo las hojas pequeñas y opacas. El fruto es áspero, rugoso y de cáscara gruesa, con una elevada acidez y un contenido reducido de azúcares. De igual manera que ocurre con el déficit de nitrógeno, el fruto tiende a caer precozmente (Valarezo et al., 2014).

1.2.3. Potasio

El potasio es crucial en las fases posteriores a la floración, en el desarrollo y la maduración de los frutos. En esta última etapa, es esencial para obtener frutos más dulces, jugosos y con una uniformidad de tamaño y color. Además, ayuda a los cítricos a mitigar los efectos de condiciones climáticas adversa (Herogra, 2023).

El potasio puede quedar atrapado en suelos que presenten un elevado contenido de arcilla, formándose un fuerte complejo de intercambio que limita su disponibilidad en la solución nutritiva del suelo (Bohórquez et al., 2008).

Una deficiencia de potasio se manifiesta en hojas de menor tamaño, caída de hojas, frutos más pequeños, cáscaras más delgadas y caída precoz de los frutos. También aumenta la sensibilidad del cultivo a la sequía (Herogra, 2023).

1.2.4. Urea técnica

La urea es uno de los fertilizantes más concentrados con un contenido en nitrógeno del (46%) y actualmente, es el fertilizante con un menor precio de mercado. Este fertilizante se encuentra en distintos formatos, ya sea como urea perlada o granulada. La urea perlada se utiliza para fertirrigación y la urea granulada, para aplicarse directamente en el suelo. Una de sus principales características es que presenta una elevada solubilidad, por tanto, frecuentemente se utiliza en formulaciones líquidas y en la fertirrigación, por medio del riego localizado. Se clasifica como fuente amoniacal, por tanto, tiene el efecto de acidificar el suelo (Sierra, 2010).

Desventajas y limitaciones agronómicas de la fertilización con urea.

1. La urea al ser apolar, en riego por goteo, se desplaza en dirección hacia la periferia del bulbo húmedo, disminuyendo de forma notable su eficiencia consecuentemente.
2. Produce un fuerte cambio en el pH del suelo, inicialmente lo aumenta y después lo disminuye.
3. Durante su proceso de hidrólisis genera una elevada concentración de amonio.
4. La elevada concentración de amonio tiene un efecto directo en la absorción de cationes, sobre todo de potasio. De tal modo, este efecto depende de la dosis de urea que se aplique; en dosis altas, se sugiere acompañarla con potasio. El efecto citado es más importante en riego localizado.
5. La urea no resulta recomendable en suelos calcáreos.
6. Una vez aplicada superficialmente debe incorporarse al suelo a la mayor brevedad posible.
7. La aplicación foliar de una solución de urea superiores al 1 %, puede producir fitotoxicidad por Biuret (producto resultante de la síntesis de la urea).

Ventajas agronómicas de la fertilización con urea

1. Tiene un bajo costo por unidad de nitrógeno.
2. Al presentar una alta concentración de nutrientes por unidad de masa se reducen los costes de transporte.
3. Al ser un fertilizante de reacción ácida, se recomienda para suelos neutros a levemente alcalinos.
4. No aumenta la salinidad del agua (Sierra, 2010).

El resumen de la utilización de macro y micronutrientes para un adecuado desarrollo del cultivo de cítricos podemos verlo a continuación en la tabla 2 y 3 (Domínguez, 2010).

Tabla 2. Principales carencias presentes en citricultura ecológica en la zona mediterránea, y forma de contrarrestarlas. (Los porcentajes entre paréntesis indican la riqueza en el elemento aportado; S.C. = síntoma de carencias) (Domínguez, 2010).

NUTRIENTE	FORMA DE FERTILIZAR	OBSERVACIONES
<p>Nitrógeno (N) S.c.: amarilleo general, reducción del vigor, exceso de caída de flores y frutos, quedando pequeños, baja producción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Abonos verdes con leguminosas. Géneros como <i>Trifolium</i>, <i>Medicago</i>, <i>Vicia</i>, etc., incorporan entre 25-100 kg N/ha y año de media. - Añadir purín de ortigas, residuos de pescado (4-10%) o tortas oleaginosas al compost o estiércol. - Guano (13 %). - Estiércoles (contenidos entre el 1-5% sobre la materia seca). Gallinaza, purín de cerdo, y otros están prohibidos si provienen de granja. - Abonos orgánicos de diferentes materias orgánicas ricas en nutrientes, sólidos o líquidos (con N entre el 6 y el 12%). 	<ul style="list-style-type: none"> - Las hierbas silvestres y abonos verdes pueden acumular N en sus órganos de reserva, impidiendo así su lixiviación. - Añadir al compost los residuos de purín y gallinaza, hasta rebajar la C/N a 25-30. - Observar en las materias orgánicas, además de su % en N, su ritmo de mineralización. - Tener en cuenta los restos de poda (~50 kg N/ha) y el contenido en nitratos del agua. - Conviene alternar materias orgánicas ricas en humus (alto contenido en MO), con otras ricas en N, o realizar aportaciones mixtas.
<p>Fósforo (P₂O₅) S.c.: menor floración, corteza fruto gruesa, separación de gajos del centro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fosfatos calcinados o Fosfal (33%), en tierras básicas. - Fosfatos naturales (25%) y cretas fosfatadas (7-9%), en ácidas. - Escorias Thomas (17%), en ácidas o neutras. - Harina de huesos (22%), en ácidas. - Residuos pescado (3%). - Abonos orgánicos con contenidos en P₂O₅ hasta del 10%, o soluciones minerales naturales enriquecidas (con P₂O₅ de más del 30%). 	<ul style="list-style-type: none"> - Con la M.O. y las micorrizas de las plantas se moviliza mejor. - La harina de huesos tiene alto porcentaje en calcio. - Los componentes fosforados orgánicos (de ácidos nucleicos, fosfolípidos, fosfohumatos, etc.), necesitan un tiempo de mineralización, por lo que no estarán inmediatamente disponibles. Pero a medio plazo serán asimilables para las plantas.
<p>Potasio (K₂O) S.c.: calibres pequeños, piel fina, poco dulzor y coloración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Algas (1-3%). - Rocas silíceas (2-12%). - Patenkali (30%). - Vinaza (30%). - Cenizas (10-20%). - Abonos orgánicos complejos o compuestos de diferentes materias orgánicas ricas en nutrientes (con contenidos en K₂O entre el 6 y el 9%). 	<ul style="list-style-type: none"> - La ceniza, puesto que lleva carbonato cálcico, mejor tierra ácida o neutra.
<p>Magnesio (MgO) S.c.: hojas con amarilleo en punta de flecha (V invertida).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Calizas dolomíticas (18%) y magnesita (60%), en tierra ácida. - Algas (3-8%), en ácidas. - Patenkali (8%), kieserita (20-27%) y eponita (16%), en tierras básicas. - Rocas silíceas (2-7%). 	<ul style="list-style-type: none"> - Según necesidades: eponita a 200 kg/ha, mezclado en el estiércol (o bien, 0,5-1 kg/árbol). Rocas silíceas: 300-2000 kg/ha. - Foliar: 0,2-0,5% (p/v).
<p>Calcio (CaO) S.c.: hojas con ápice romo, achaparramiento, nervio central amarillo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Rocas calcáreas (50%), dolomita (30%), fosfal (40%), escorias (50%), o salinos con yeso (33%) - Algas calcáreas: lithothamne (40-50%), maerl (más impurezas); llevan Mg y oligoelementos. 	<ul style="list-style-type: none"> - La cal viva (100%), varía bruscamente el pH. - En nuestros suelos y aguas suele abundar. - Abono foliar: algas a 30-50 kg/ha.

Tabla 3. Principales carencias presentes en citricultura ecológica en la zona mediterránea, y forma de contrarrestarlas. (Los porcentajes entre paréntesis indican la riqueza en el elemento aportado; S.C. = síntoma de carencias) (Domínguez, 2010).

MICRONUTRIENTE	FORMA DE FERTILIZAR	CANTIDADES
<p>Hierro (Fe) S.c.: hojas con color amarillo y nervios verdes, brotes poco vigorosos.</p>	<p>Extractos de algas con oligoelementos. Sulfato ferroso o férrico (19 y 23%), fritas (40%).</p>	<p>Mediante adventicias (avena, agret, ...) y las micorrizas se movilizan y absorben mejor los oligoelementos. 10 a 25 kg/t de estiércol en sulfato ferroso (5 kg/árbol). Foliar: 0,1 %.</p>
<p>Cinc (Zn) S.c.: amarilleo en la zona de los nervios 2^{os}, el resto verde, hojas estrechas y puntiagudas, entrenudos cortos, desecación.</p>	<p>Extractos de algas con oligoelementos. Sulfatos (36%), óxidos (80%), carbonatos (52%).</p>	<p>20-400 g/árbol, en sulfato. Foliar: 0,1-0,2%.</p>
<p>Manganeso (Mn) S.c.: amarillo entre nervios de hojas jóvenes, tamaño normal.</p>	<p>Extractos de algas con oligoelementos. Sulfatos (24%), óxidos (70%), carbonatos (31%).</p>	<p>Foliar 0,4%, en inicio de brotación.</p>
<p>Cobre (Cu) S.c.: brotes blandos en forma de S, floraciones exageradas, manchas de goma en frutos, hojas grandes muy verdes.</p>	<p>Extractos de algas con oligoelementos. Sulfatos (30%), óxidos (85%), subproductos cerámicos (45%).</p>	<p>100-500 g/árbol Foliar: 0,3% con oxiclورو.</p>

1.2.5. Five TT

El Five TT es un abono inorgánico simple a base de Hierro (Fe). Se usa este producto al ser un poderoso translocador tanto del exterior al interior de las hojas y frutos, como de las membranas intercelulares, de gran poder complejante tanto de macro como de microelementos. El producto es, además, un potente acidificante utilizado con la finalidad de corregir el pH básico de la solución para aplicarlo foliarmente, asimismo se consigue potenciar la eficacia de otros elementos o principios activos, evitando de este modo la inactivación que causa la alcalinidad del agua, llegando a neutralizar las sales que se encuentran presentes las cuales no son deseadas y evitando así cualquier tipo de interferencia (Castro, 2023).



Figura 2. Envase comercial de Five TT.

1.2.6. Sulfato amónico

La totalidad del nitrógeno que presenta este fertilizante se encuentra en forma amoniacal. Aunque es asimilable por la planta, es preferible que sea absorbido en forma nítrica.

El comportamiento que presenta en suelo es bueno, porque al presentar carga positiva, se queda fijado en el complejo arcillo-húmico y no se llega a lixiviar a capas profundas (como sí ocurre cuando se encuentra en la forma nítrica).

Los microorganismos nitrificantes como *Nitrobacter* y *Nitrosomonas* facilitan su transformación a la forma nítrica. El sulfato amónico, al ser de reacción ácida, se emplea para la acidificación de suelos con un pH alcalino y una elevada presencia de calcio y magnesio no solubles (DFGRUPO, 2022).

1.2.7. Microelementos (Fe, Zn y Mn)

La combinación del nitrógeno y del potasio junto con la aplicación de micro y macroelementos nos favorece el poder evitar enfermedades y obtener plantas que sean tolerantes a estas (Pincay, 2016), en un estudio práctico que se realizó de forma consecutiva se explica que la utilización de fertilizante edáfico y foliar en los tratamientos con análisis de suelo aumentó los rendimientos (Moyano, 2017).

- Hierro (Fe).

El hierro se considera un microelemento esencial para el correcto desarrollo fisiológico de las plantas, ya que interviene en la formación del pigmento clorofílico y es parte estructural del primer aceptor de electrones, la ferredoxina. El hierro es un componente de la ferredoxina y los citocromos, sustancias que transportan electrones y son esenciales tanto para la fotosíntesis como para la respiración (Quiñones et al., 2010).

Se puede asimilar en forma ferrosa (Fe^{2+}) y también en forma orgánica. El contenido del hierro en los tejidos vegetales varía entre 20 y 250 mg/kg de materia seca.

Además, este elemento se encuentra involucrado en los procesos de respiración de las plantas y contribuye a la formación de las proteínas. Es necesario para la clorofila, fotosíntesis, respiración, etc. La carencia del hierro provoca desequilibrios graves en la planta (Esquivel, 2009).

En los árboles que presentan carencias de Fe se reduce su producción a causa de la disminución del porcentaje de cuajado y, por tanto, reduciendo tanto el número de frutos como la calidad de estos (Tagliavini et al., 2002; Pestana et al., 2003).

En los mandarinos 'Clemenules' que presentan elevados niveles de deficiencia de Fe, las mandarinas pueden presentar un menor calibre, la piel más suave y falta de coloración externa. Comúnmente el flavedo adquiere una tonalidad amarillenta, sin llegar a conseguir las tonalidades anaranjadas-rojizas de los frutos comerciales. Además, la falta de hierro reduce la cantidad de sólidos solubles presentes en el zumo (Legaz et al., 2016).

- Zinc (Zn).

El Zn es un elemento imprescindible en la producción de la mandarina. La deficiencia de Zn es una de las más comunes en este cultivo y puede aparecer en una gran cantidad de tipos de suelos. Esta condición está estrechamente ligada a la ineficacia que presentan los patrones más utilizados para la absorción de este elemento. Para la síntesis de algunas hormonas como las auxinas, y para la síntesis de proteínas, el Zn resulta un elemento primordial (Molina, 2020).

La deficiencia de Zn produce una reducción del rendimiento y la calidad de los frutos (Almendros et al., 2008). Los síntomas del déficit de Zn aparecen en las hojas nuevas ya que este elemento es inmóvil en el interior de la planta. Se observa la deficiencia ya que las hojas presentan clorosis entre los haces vasculares, pero el haz vascular central y los haces vasculares laterales presentan un color verde. Las hojas son pequeñas, estrechas y puntiagudas. Los brotes jóvenes toman forma de roseta. En casos en los cuales la deficiencia es muy severa, se produce la reducción del tamaño de la planta (Molina, 2020).

Comúnmente los daños debidos a la deficiencia de Zn se confunden a otras causas, como la deficiencia de N o P, o el estrés hídrico (Almendros et al., 2008). Los síntomas de carencia de Zn en hojas de mandarino 'Clemenules', cuando está es muy acusada, se pueden confundir con los de carencia de manganeso (Mn).

- Manganeso (Mn).

El manganeso juega un papel esencial en la fotosíntesis, la eficiencia del uso de nitrógeno, el metabolismo de proteínas y la activación de enzimas (Yara, 2024b). El efecto del manganeso en las diferentes etapas del desarrollo del cultivo de cítricos resulta muy importante. Primero durante el cuajado, donde es necesario para mantener la producción y calidad. En la etapa de crecimiento y maduración del fruto, es importante para mantener la correcta producción de los frutos y en la post cosecha, se puede requerir en las brotaciones nuevas.

El déficit de manganeso se puede observar en hojas jóvenes, apareciendo en estas un color amarillo moteado. Las nervaduras mantienen la tonalidad verde, mientras que la zona comprendida entre los haces vasculares de la hoja tiene color verde claro a amarillo. Pueden observarse puntos blancos en la zona intervenal en casos de deficiencias muy extremas. Lo más común es la aplicación foliar de Mn con Zn, para superar sus deficiencias. Existe una importante interacción entre Mn y Fe, es decir, las plantas que presenten deficiencias de Mn presentarán elevados valores de Fe y viceversa (Yara, 2024b).

1.3. El abonado del mandarina ‘Clemenules’ en función de su estado fenológico.

La nutrición según el estado fenológico se basa en distintas técnicas, utilizando análisis de suelo, foliares y del agua de riego, además de otras mediciones, para poder llegar a conseguir en nuestra explotación los máximos rendimientos posibles manteniendo una buena calidad en la fruta.

Para poder conseguir un adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo de cítricos, es primordial tener un plan de fertilización según el estado fenológico del arbolado, para evitar pérdidas y conseguir un fruto que presente las características principales para su comercialización. Por este motivo, se tiene que priorizar el suministro de N y K, debido a que los resultados de investigaciones realizadas a lo largo de todo el mundo han encontrado que estos nutrientes son los que más afectan tanto al rendimiento, como a la calidad de la fruta (Molina, 2020).

Para tener una referencia de la cantidad de elementos necesarios según análisis foliar, podemos recurrir a la tabla 4, en donde podemos tener una guía para el diagnóstico foliar en mandarina.

Tabla 4. Guía para el diagnóstico foliar en mandarina (Molina, 2020).

Elemento	Rango Deficiente	Bajo	Optimo	Alto	Exceso
N %	2.2	2.2-2.3	2.4-2.6	2.7-2.8	2.8
P %	0.09	0.09-0.11	0.12-0.15	0.17-0.29	0.3
K %	0.4	0.4-0.7	0.7-1.1	1.1-2.0	2.4
Ca %	1.5	1.5-2.9	3.0-5.5	5.6-5.9	7.0
Mg %	0.15	0.15-0.25	0.26-0.6	0.7-1.1	1.2
S %	0.14	0.14-0.19	0.2-0.3	0.4-0.5	0.5
B mg/kg	21	21-30	31-100	101-260	260
Fe mg/kg	35	35-59	60-100	130-200	250
Mn mg/kg	16	16-24	25-200	300-500	1000
Zn mg/kg	16	16-24	25-100	110-200	300
Cu mg/kg	3.6	3.6-4.9	5-15	17-22	100

La tabla 5 muestra los valores promedios del consumo anual de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg) y hierro (Fe) en plantas de cítricos de distintas edades, junto con los porcentajes de nutrientes que las hojas del año anterior aportan a través de sus reservas. Las diferencias que existen entre los dos valores representan las necesidades nutritivas anuales netas de los nutrientes (Legaz, 1997).

Tabla 5. Necesidades nutritivas anuales de los cítricos (Legaz, 1997).

Nutriente	Edad (años)		
	Plantón (2)	En desarrollo (6)	Adulto (>12)
Nutriente	Consumo en el desarrollo de nuevos órganos y en el crecimiento de órganos viejos (g/árbol)		
N	6,8	210	667
P	0,8	18	53
K	3,6	121	347
Mg	1,4	46	135
Fe	0,04	1,1	3,4
Nutriente	Consumo cubierto por las reservas de las hojas viejas (%)		
N	25	32	32
P	12	16	17
K	22	28	29
Mg	24	30	30
Fe	--	--	--
Nutriente	Necesidades anuales netas (g/árbol)		
N	5,1	142	453
P	0,7	15	44
K	2,8	87	246
Mg	1	32	95
Fe	0,04	1,1	3,4

2. OBJETIVOS

El trabajo busca mejorar la calidad de la floración en el mandarino 'Clemenules' para conseguir un mayor cuajado de frutos y una mayor homogeneidad de los mismos, mediante la adición del producto Five TT a un abonado tradicional.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Material vegetal.

Los estudios se llevaron a cabo en una plantación con una superficie de 3 ha de mandarina 'Clemenules' denominada "El Puig", situada en el término municipal de Benicarló (Castellón). El marco de plantación es de 6 x 4 m, lo que supone un total de 416 árboles/ha.

La parcela presenta un arbolado homogéneo con un buen estado fitosanitario en la que se ha realizado una poda ligera. El riego de la parcela se realiza mediante un sistema de goteo.



Figura 3. Imagen de la parcela en la que se ha llevado a cabo el estudio.

3.2. Tratamientos.

Los experimentos se llevaron a cabo durante la campaña 2022/23.

El método de abonado que se utilizó a lo largo del estudio es el sistema de fertirrigación donde se realiza la fertilización junto con el agua de riego localizado.

El diseño experimental consta de 3 tratamientos, con una superficie de 1 ha cada uno (416 árboles/tratamiento) divididos en 4 repeticiones de 104 árboles cada una, en total 416 árboles por tratamiento (1 ha).

Se realizaron los siguientes tratamientos:

1. Control
2. Abonado tradicional
3. Five TT

En el tratamiento 1 (Control) no se aportó ningún tipo de abonado desde septiembre 2022 hasta noviembre de 2023 (después de la recolección).

En el tratamiento 2 (Abonado tradicional), recomendación de la cooperativa agrícola Benihort (Benicarló) de la que depende la explotación, se aportó mediante fertirrigación a base de NPK y microelementos según el plan de fertilización presentado en la tabla 6.

Tabla 6. Dosis, tipo de abono y distribución del tratamiento 2 (Abonado tradicional).

DOSIS DE ABONADO (L/mes) o (kg/mes)										
	Nov./ Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Total (L/año o kg/año)
TT Amónico 10% (p/v) (1)	-	120	180	180	240	240	120	120	0	1200 (L/año)
CTT PK AMINO (p/v) (2)	-	50	120	180	180	230	230	120	60	1170 (L/año)
GREENEST Fe Zn Mn (p/p) (3)	-	0	2	4	0	4	0	2	0	12 (kg/año)

(1) Nitrato amónico 10%

(2) NPK (0-4-10)

(3) Hierro soluble en agua (5.33%), Fe-EDDHA (3.7%), Mn-EDTA (1% w/w) Y Zn-EDTA (0.5%).

Las dosis de riego utilizadas se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Dosis de riego y su distribución.

DOSIS DE RIEGO (L/árbol/día)											
ENER O	FEBRER O	MARZ O	ABRI L	MAY O	JUNI O	JULI O	AGOST O	SEPT .	OCT .	NOV .	DIC .
14	16	28	37	41	54	65	69	42	27	16	14

En el tratamiento 3 (Five TT) consistió en la aportación de una solución nutritiva denominada "Five TT" junto a otros fertilizantes, según el plan de abonado de la tabla 8, 9 y 10.

Tabla 8. Dosis, tipo de abono y distribución para la preparación de la floración hasta la preantesis del botón floral (Fuente: adaptado de la empresa TNF Carbocalidad) .

SEMAN A	NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ENERO		
	UREA (kg/ha)	Five TT (L/ha)	Sulfato Amónico (kg/ha)	UREA (kg/ha)	Five TT (L/ha)	Sulfato Amónico o (kg/ha)	UREA (kg/ha)	Five TT (L/ha)	Sulfato Amónico (kg/ha)
1	8	1	-	8	0.5	-	8	0.5	-
2	8	0.5	-	8	0.5	-	8	0.5	-
3	8	0.5	-	8	0.5	-	8	0.5	-
4	-	0.5	12	-	0.5	12	-	0.5	12
SE AÑADIÓ JUNTO A LA UREA 2.5 L/ha DE ÁC. FOSFÓRICO EN DICIEMBRE Y REPITIÓ EL MISMO PROCEDIMIENTO EN ENERO.									
NÚNCA SE AÑADIÓ JUNTO AL SULFATO AMÓNICO.									

Tabla 9. Dosis, tipo de abono y distribución del abonado Five TT.

	DOSIS DE ABONADO (L/mes) o (kg/mes)									
	Nov./Feb.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Total (L/año o kg/año)
TT Amónico 10% (p/v) (1)	-	25	30	30	45	45	25	25	0	225
CTT PK AMINO (p/v) (2)	-	50	120	180	180	230	230	120	60	1170
GREENEST Fe Zn Mn (p/p) (3)	-	-	1	4	0	4	0	1	0	10
Five TT (p/v)	-	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	14

1) Nitrato amónico 10%.

(2) NPK (0-3-10).

(3) Hierro soluble en agua (5.33%), Fe-EDDHA (3.7%), Mn-EDTA (1% w/w) Y Zn-EDTA (0.5%).

Además, con el fin de evitar la competencia entre órganos en desarrollo y poder favorecer un mejor cuajado, se aportó un abonado complementario (Tabla 10).

Tabla 10. Dosis, tipo de abono, y su distribución con la finalidad de evitar la competencia entre órganos en desarrollo (datos proporcionados por la empresa TNF Carbocalidad).

	Urea (kg/ha)	Sulfato amónico (kg/ha)	Five TT (L/ha)
6/05	10	-	0.5
13/05	10	-	0.5
20/05	10	-	0.5
27/05	-	12	0.5

Para poder ajustar los niveles de nitrógeno se tuvo en cuenta la cantidad de nitratos aportados mediante en agua de riego (95.4 UF NO₃).

3.3. Toma de datos.

3.3.1. Determinación del tipo de brotación y cuantificación del cuajado.

De los 416 árboles por tratamiento se eligieron al azar ocho, es decir, dos árboles por bloque. En los árboles, plantados en filas con orientación norte/sur, se marcó una rama con una media de 150 flores en la cara este y otra en la cara oeste, es decir, un total de 16 ramas por tratamiento. En cada rama se contó la brotación, clasificando los brotes en vegetativos, campaneros, mixtos, flores solitarias y ramilletes de flor (Figura 4).

Una vez finalizada la época de cuajado se contaron los frutos de las mismas ramas marcadas para determinar el cuajado.

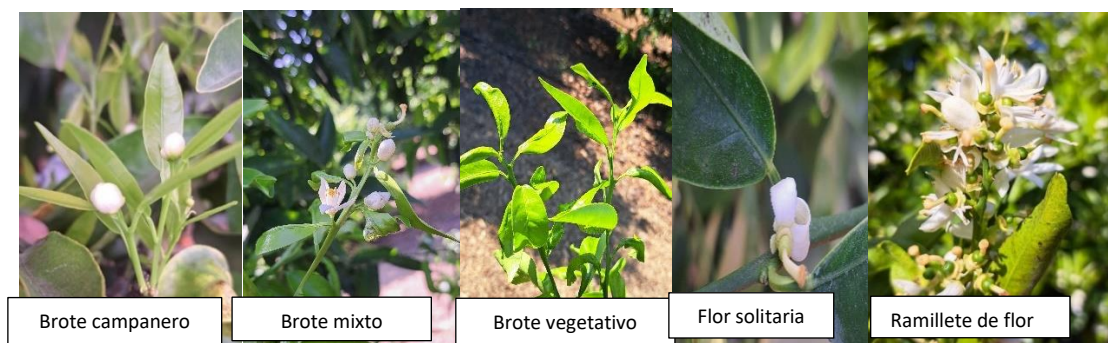


Figura 4. Tipos de brotes presentes en el mandarino 'Clemenules'.

3.3.2. Determinación de la clorofila en hoja.

Para determinar la clorofila en las hojas, se utilizó un sistema de medición indirecta de la misma, a través de las unidades SPAD.

Las unidades SPAD, se determinaron en 20 árboles por tratamiento distribuidos en 4 bloques de 5 árboles elegidos al azar. Se tomaron 10 hojas por árbol al azar (19/05/2023), alrededor de la copa, con un total de 200 hojas por tratamiento. Las hojas adultas elegidas procedían de brotes de primavera, sin frutos. A continuación, en el laboratorio mediante un medidor de unidades SPAD se obtuvieron dos mediciones por hoja.



Figura 5. Muestra de hojas representativa de cada tipo de abonado.



Figura 6. Medidor de unidades SPAD.

3.3.3. Análisis foliar.

Para realizar el análisis foliar (04/10/23), se tomaron un total de 400 hojas por tratamiento, distribuidas en 20 árboles elegidos aleatoriamente. De cada árbol se tomaron 20 hojas pertenecientes a la brotación de primavera, sin frutos. Estas hojas se depositaron en un sobre de papel y se mandaron de forma inmediata a un laboratorio homologado para su análisis.



Figura 7. Muestra de hojas en el interior de un sobre para su análisis.

3.3.4. Determinación del calibre de los frutos.

Para la determinación del calibre de los frutos se seleccionaron un total de 5 árboles por bloque. Es decir, 20 árboles por tratamiento.

Con la ayuda de un calibrador digital Voclbov, con una precisión: ± 0.03 mm, se midieron los diámetros de 10 frutos por árbol elegidos al azar en toda la copa del árbol. Es decir, un total de 200 frutos por tratamiento.

El seguimiento del tamaño de los frutos se llevó a cabo durante los meses de septiembre, octubre y noviembre (1 y 15 septiembre, 15 octubre y 2 de noviembre), una vez que el abonado realizado podía haber dado resultados.



Figura 8. Calibrador digital Vodlbov utilizado para medir el diámetro de los frutos.

3.3.5. Determinación de la cosecha.

Se pesó la cosecha de cada tratamiento, separada por bloques, para determinar la cuantía de esta. Para ello se utilizó una báscula para camiones marca Hispano Europa de Pesaje S. A. modelo Hispa.



Figura 9. Palots utilizados para la recolección de la mandarina 'Clemenules'.

3.4. Análisis estadístico.

El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo mediante el programa *Statgraphics Centurion XVIII*, efectuándose, con la finalidad de evaluar diferencias existentes entre las muestras, un análisis de la varianza (ANOVA), para un nivel de significación del 95 %. A los valores porcentuales se les aplicó la transformación arcoseno \sqrt{x} .

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de los tratamientos sobre la brotación.

La utilización de las estrategias de abonado permitió encontrar importantes diferencias en los tipos de brotes que desarrollaron los mandarinos 'Clemenules'.

En el tratamiento 1 (Control) se observó una baja cantidad de brotes campaneros (14.2%), brotes mixtos (4 %) y brotes vegetativos (2.1%), frente a una mayor presencia de flores solitarias (57.8%) y ramilletes de flor (22%) (Figura 10).

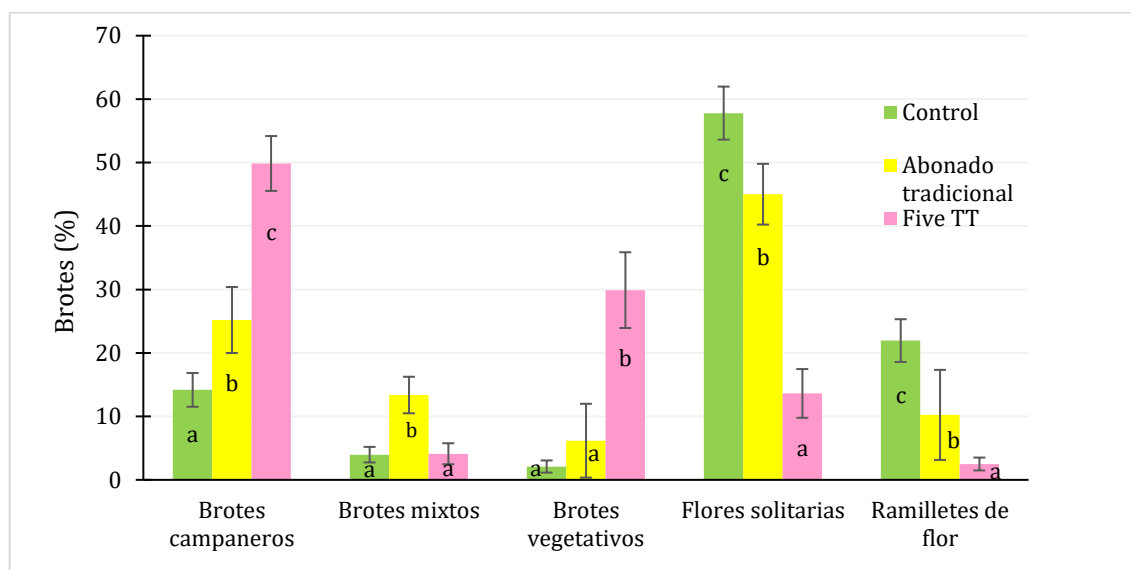


Figura 10. Influencia del tipo de abonado sobre el tipo de brote.

En el tratamiento 2 (Abonado tradicional) incrementó de forma significativa el número de brotes fructíferos con hojas, campaneros (25.2%), brotes mixtos (13.4%), flores solitarias (45%) y de ramilletes de flor (10.2%), además de los brotes vegetativos (6.2%) (Figura 10).

En el tratamiento 3 (Five TT), con respecto al control aumentó de forma significativa el número de brotes campaneros (49.9%) y brotes vegetativos (30%), disminuyendo el número de brotes mixtos (4.1%), flores solitarias (13.6%) y de ramilletes de flor (2.5%) (Figura 10).

Este hecho nos da una idea, de que tanto la floración, como el cuajado de los frutos son dos procesos estrechamente dependientes a una buena fertilización, sobre todo de macroelementos como es el caso del nitrógeno y del fósforo. Generalmente, en el caso de aparecer una deficiencia de fósforo, la floración resultará escasa, los frutos tendrán un mayor calibre, pero presentarán menos porcentaje de zumo (Quiñones et al., 2010).

La aplicación Five TT es una fuente importante de hierro, y esta fertilización con hierro (en forma de quelato) es esencial para prevenir efectos negativos como la clorosis férrica y mantener el correcto desarrollo de los brotes.

La falta tanto de número como del tamaño final de los frutos, así como del contenido en sólidos solubles totales de su zumo, son efectos negativos que repercuten en la cantidad y en la calidad de la cosecha, los cuales se derivan de esta deficiencia de hierro (Agustí et al., 2020).

4.2. Efecto de los tratamientos sobre el cuajado del fruto.

Mediante la puesta en práctica del tratamiento 3 (Five TT), se observa una mayor cantidad de brotaciones con hojas, lo cual repercute directamente en un importante aumento en el cuajado de los frutos respecto a los otros tratamientos.

La relación entre la intensidad de floración y el cuajado es aplicable a todas las especies y variedades. Se realizaron experimentos con el tangor 'Ellendale' en España y Uruguay, y estos indican una disminución de flores cuajadas cuando la floración presenta una mayor intensidad (Gravina et al., 1996).

El tratamiento 1 (Control) fue el que mayor número de flores solitarias y ramilletes de flor presentó (Figura 10), por lo tanto, el porcentaje de cuajado fue bajo (1.9%) (Figura 11).

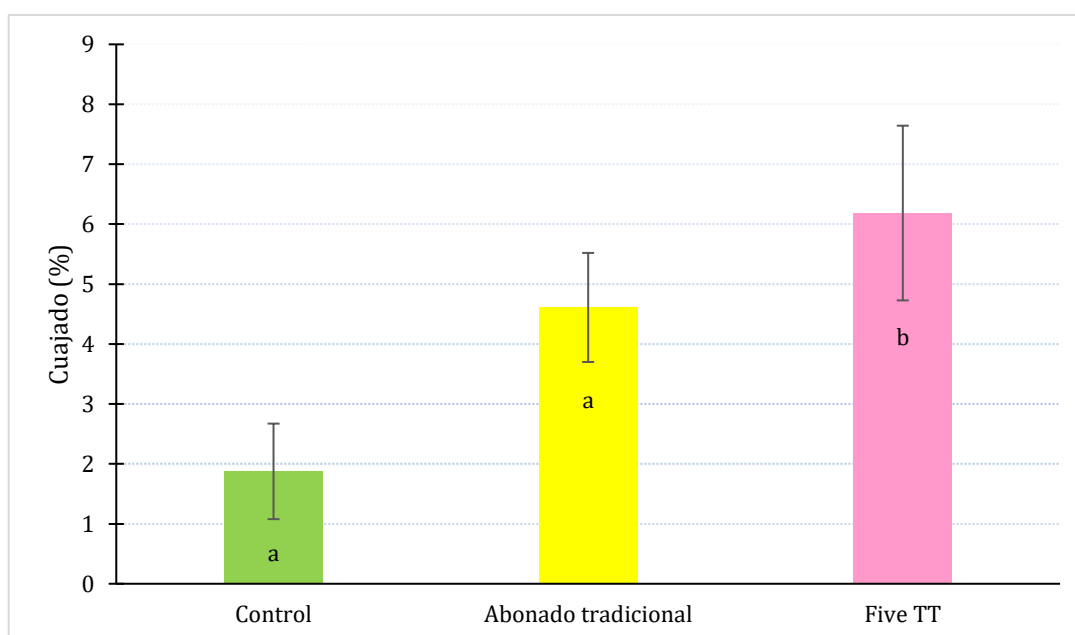


Figura 11. Influencia del plan de abonado sobre el cuajado de los frutos.

El tratamiento 2 (Abonado tradicional) presentó un mayor número de brotaciones fructíferas con hojas (campaneras y mixtas), reduciéndose el número de brotaciones sin hojas (flores solitarias y ramilletes de flor) (Figura 10), mejorando el cuajado de los frutos (4.2 %) en más del 100 % respecto del control (Figura 11).

En el tratamiento 3 (Five TT) se obtuvieron mejores resultados respecto a los demás tratamientos, incrementando en gran medida el número de brotaciones campaneras y reduciéndose significativamente el número de flores solitarias y de ramilletes de flor (Figura 10). El porcentaje de frutos cuajados (6.2%) supero en más del 200 % al control y en más del 50 % al abonado tradicional (Figura 11).

Se estudió, en plantas adultas del tangor 'Ortanique' (*Citrus sinensis* L.Osb. x *Citrus reticulata* B.I), la influencia que tiene el tipo de brote en el cuajado del fruto. Observando todos los tipos de brotes, se llegó a la conclusión que los que presentaron un mayor cuajado fueron los brotes con hojas y una sola flor (39.2%), seguidos de los brotes con hojas con flores (16.8%), los brotes sin hojas con una flor (9.9%) y, por último, los brotes sin hojas con flores (7.2%), siendo los brotes sin hojas los que presentaron un menor porcentaje de cuajado (Da Cunha y Gravina, 2006).

4.3. Efecto de los tratamientos sobre la cantidad de clorofila en las hojas.

Entre los métodos que existen para realizar la medición de la clorofila, la cuantificación de las unidades SPAD es el más utilizado debido a su simplicidad y, además presenta una elevada correlación con el contenido real de clorofila presente en las hojas. Podría considerarse, como el medio más simple, rápido y no dañino para poder diagnosticar el estado nutricional de los cítricos en correspondencia con el nitrógeno (Intrigliolo et al., 2000).

La aplicación de nitrógeno afecta directamente a la lectura del SPAD. La lectura SPAD, el contenido de nitrógeno y la producción de materia seca presentan una elevada relación. Para evaluar el estado nutricional en términos de contenido de nitrógeno en portainjertos de limón, se recomienda utilizar el método indirecto de medición de la clorofila (De Mello y do Vale, 2008).

Los resultados obtenidos en unidades SPAD en la medición de las hojas en el tratamiento 3 (Five TT) (35.6) presentaron diferencias significativas con respecto a los obtenidos en el tratamiento 1 (Control) (28.6) y tratamiento 2 (Abonado tradicional) (29.6) (Figura 12).

La cantidad de clorofila es una herramienta importante en la producción agrícola actual, para evaluar el estado nutricional de las plantas. De este modo, según la medición en campo de los diferentes tratamientos, podemos observar que el mayor porcentaje de clorofila corresponde al abonado con Five TT (Figura 12) superando al tratamiento 1 (Control) y al tratamiento 2 (Abonado tradicional) en más del 20% de unidades SPAD.

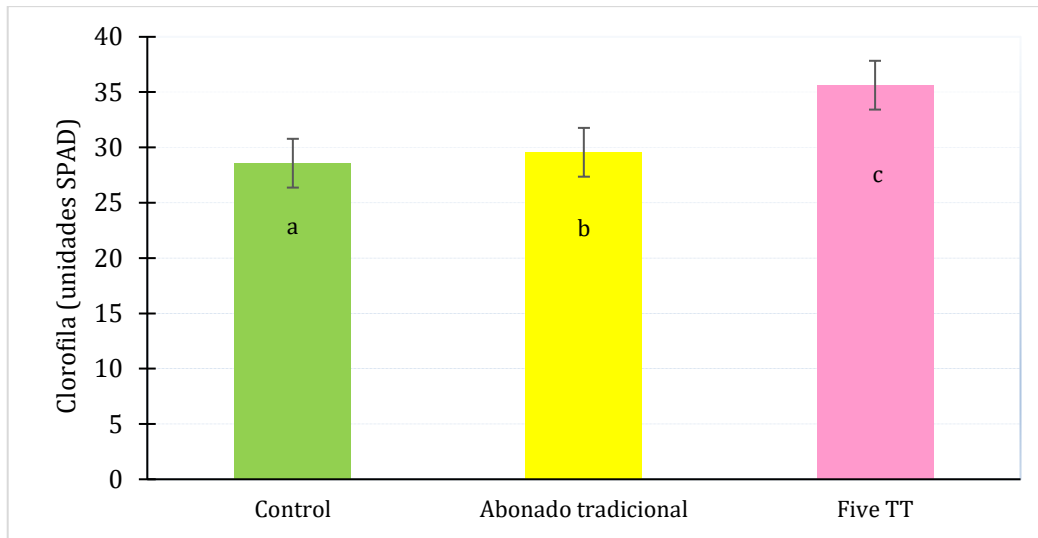


Figura 12. Efecto de los tratamientos sobre la cantidad de clorofila de las hojas.

Esto puede deberse a que Five TT, presenta una alta concentración de Magnesio (tabla 11), el cual desempeña un papel importante como átomo central de la molécula de clorofila, permitiendo un adecuado desarrollo foliar. Debido a la movilidad que presenta este elemento en la planta, las hojas que presentan síntomas de su deficiencia son las más viejas (Agustí et al., 2020).

4.4. Efecto de los tratamientos sobre la cantidad de nutrientes presentes en las hojas.

En la tabla 11 se observa que existen diferencias en la cantidad de nutrientes presentes en las hojas de los distintos tratamientos.

El tratamiento 1 (Control), presentó en nitrógeno (1.66%), fósforo (0.09%), potasio (0.63%), calcio (3.97%) y magnesio (0.25%), solamente mejorando tratamiento 2 (Abonado tradicional) en el calcio y en ningún caso al tratamiento 3 (Five TT) (Tabla 11).

El tratamiento 2 (Abonado tradicional), presentó en nitrógeno (2.07%), fósforo (0.12%), potasio (0.97%), calcio (3.86%) y magnesio (0.27%), mejorando en todos sus resultados, excepto en el calcio al tratamiento 1 (Control) (Tabla 11).

Las hojas procedentes del tratamiento 3 (Five TT) tienen una mayor cantidad de nitrógeno (2.32%), potasio (1%), calcio (4.95%) y magnesio (0.36%) que los demás tratamientos, teniendo la misma cantidad de fósforo (0.12%) que el tratamiento 2 (Abonado tradicional) (Tabla 11).

Tabla 11. Resultados en las analíticas de hojas para cada tratamiento.

	Control	Abonado tradicional	Five TT
Nitrógeno (%)	1.66	2.07	2.32
Fósforo (%)	0.09	0.12	0.12
Potasio (%)	0.63	0.97	1
Calcio (%)	3.97	3.86	4.95
Magnesio (%)	0.25	0.27	0.36

4.5. Efecto de los tratamientos sobre el tamaño del fruto.

En la figura 13 se observa que hay diferencias significativas entre el tamaño del fruto de los distintos tratamientos. Los frutos procedentes del tratamiento 3 (Five TT) tienen mayor tamaño que los del tratamiento 2 (Abonado tradicional) y estos, a su vez, mayor tamaño que los del tratamiento 1 (Control) (Figura 13).

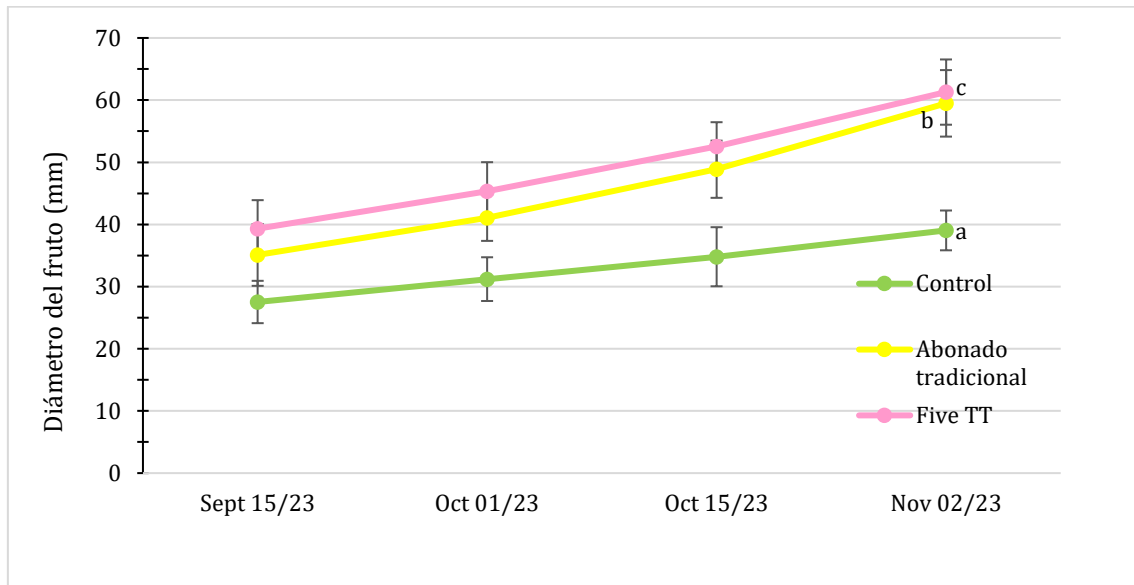


Figura 13. Efecto de los tratamientos sobre el tamaño del fruto.

Este aspecto es importante, ya que el mercado, ha sido el responsable de establecer los calibres para cada variedad y como norma general los mercados demandan calibres comprendidos en los rangos preestablecidos para cada tipo de variedad. Por ejemplo, en el caso de las clementinas no se permite la comercialización de los frutos con un diámetro menor de 35 mm, siendo estos destinados a la industria del zumo y no a la comercialización en fresco (Agustí et al., 2020).

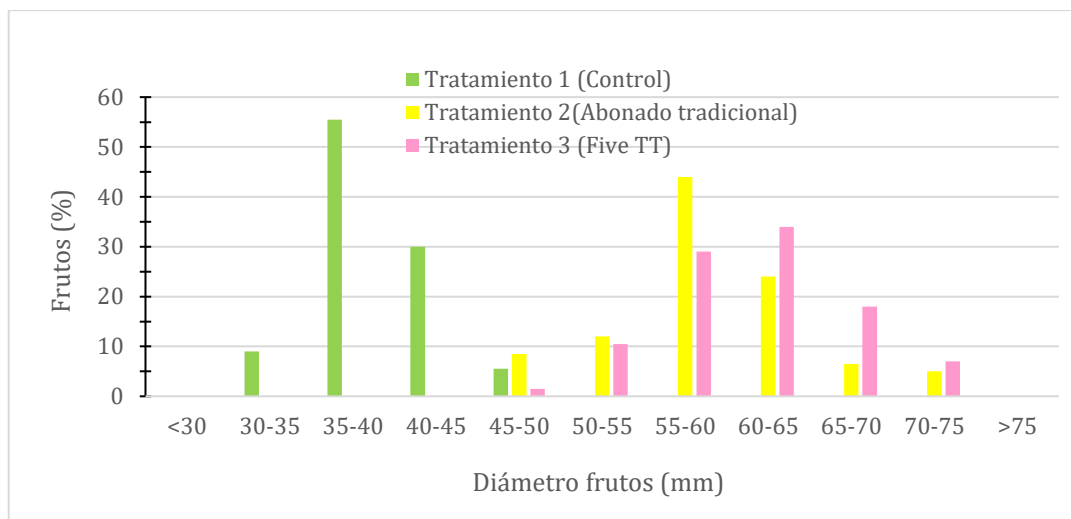


Figura 14. Efecto de los tratamientos sobre la distribución de calibres de los frutos.

La distribución de calibres del tratamiento 3 (Five TT) está desplazada hacia calibres mayores (hacia la derecha de la figura) que la distribución de calibres del tratamiento 2 (Abonado tradicional) y esta es mayor que la distribución de calibres del tratamiento control (Figura 14).

4.6. Efecto de los tratamientos sobre la cosecha.

La recolección se llevó a cabo en dos fechas distintas como es habitual en esta variedad al tener la floración escalonada. En el primer pase de recolección pudimos observar importantes diferencias. En los árboles control se recolectaron un total de 16779.5 kg en la primera cosecha, es decir un 76.5% de la cosecha total y en el segundo pase se recolectaron 5163.1 kg, es decir un 23.5% (Tabla 12).

En los árboles con abonado tradicional (tratamiento 2), se recolectaron 19595.7 kg, en la primera cosecha, es decir un 59,7% del total y en el segundo pase se recolectaron 13238.9 kg, es decir un 40.3% (Tabla 12).

En árboles abonados con Five TT (tratamiento 3) se recolectaron 16351.7 kg, en la primera cosecha, es decir un 41.2 % de la cosecha total y en el segundo pase se recolectaron 23317.6 kg, es decir un 58.8%.

Los datos de la tabla 12 muestran como en el abonado Five TT es el que más retrasa la maduración, con respecto a los árboles control y árboles con abonado tradicional.

La aplicación de nitratos antes de la maduración produce un retraso en la pérdida de clorofilas y modifica tanto la composición como el contenido total de carotenoides en el flavedo de los frutos, al reprimir la expresión natural de las enzimas PaO y PSY (Alós et al., 2006).

Con respecto a la producción de los árboles de cada tratamiento, se observan importantes diferencias en relación con cada tipo de abono. En los árboles control (tratamiento 1) se

obtuvieron un total de 21942.6 kg/ha, es decir 52.7 kg/árbol, siendo este el tratamiento con un menor rendimiento. Los árboles con abonado tradicional (tratamiento 2) produjeron un total de 32834.6 kg/ha, es decir 78.9 kg/árbol, superando en gran medida la producción de los árboles control y la que mayor productividad obtuvo incrementando los kilogramos respecto a todos los tratamientos fueron los árboles abonados con Five TT, en los cuales, se obtuvieron un total de 39669.3 kg/ha, es decir 95.4 kg/árbol (Tabla 12).

Tabla 12. Efecto de los tratamientos sobre la cosecha

	1er PASE		2º PASE		COSECHA	
	kg	%	kg	%	kg/árbol	kg/ha
Tratamiento 1 (Control)	16779.5 a	76.5 c	5163.1 a	23.5 a	52.7 a	21942.6 a
Tratamiento 2 (Abonado tradicional)	19595.7 b	59.7 b	13238.9 b	40.3 b	78.9 b	32834.6 b
Tratamiento 3 (Five TT)	16351.7 a	41.2 a	23317.6 c	58.8 c	95.4 c	39669.3 c

La producción del tratamiento 3 de abonado con Five TT superó en más de 6.5 t/ha al tratamiento de abonado tradicional (Tabla 12). Esto supone un aumento en la producción de mandarina 'Clemenules' en más de un 20% (tabla 12).

4.7. Costes de abonado en función del tratamiento.

Respecto al coste del abonado se observan diferencias que, aunque son importantes, deben ser estudiados en relación con la producción y la calidad de la fruta destinada a la comercialización.

En el tratamiento 1 (Control) al no utilizarse ningún abono su coste fue de 0 €, mientras que en el tratamiento 2 (Abonado tradicional) y tratamiento 3 (Five TT) su coste fue de 925.5 €/ha y 1396.5 €/ha, respectivamente (Figura 15). El tratamiento 3 (Five TT) supuso un coste adicional de 471 €/ha respecto del tratamiento 2 (Abonado tradicional) (Figura 15).

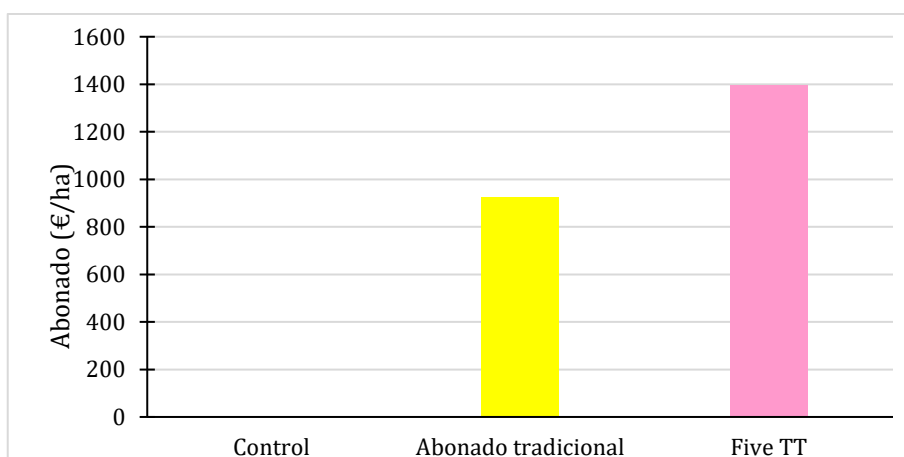


Figura 15. Costes del abonado en función del tratamiento.

4.8. Ingresos por tratamiento.

Respecto a las diferencias existentes entre el coste de los distintos tipos de abonado (Figura 15), debemos tener en cuenta los ingresos que cada tipo de tratamiento aporta, para así conocer la rentabilidad.

En el tratamiento 1 (Control) los ingresos fueron de 8557.6 €/ha, mientras que en el tratamiento 2 (Abonado tradicional) y tratamiento 3 (Five TT) los ingresos fueron de 22327.5 €/ha y 27768.4 €/ha (Figura 8). El tratamiento 3 (Five TT) supuso un beneficio adicional de 5440.9 €/ha respecto del tratamiento 2 (Abonado tradicional) (Tabla 13).

Tabla 13. Ingresos en función del tratamiento.

	kg/ha	€/kg	€/ha
Control	21942.5	0.39	8557.6
Abonado tradicional	32834.6	0.68	22327.5
Five TT	39669.2	0.7	27768.4

5. CONCLUSIONES.

1. La estrategia de abonado a base de Five TT y complementada con otros fertilizantes, aumentó de forma significativa el número de brotes con hojas en el mandarino 'Clemenules' con respecto al abonado tradicional.
2. El cuajado del fruto aumentó de forma significativa con la estrategia de abonado a base de Five TT, complementada con otros fertilizantes al aumentar el número de brotes campaneros con respecto al abonado tradicional.
3. La cantidad de clorofila, medida en unidades SPAD, aumentó de forma significativa en las hojas del mandarino 'Clemenules' abonados con Five TT y complementada con otros fertilizantes.
4. El calibre de los frutos de mandarino 'Clemenules' fue mayor cuando se abonó con la estrategia de abonado a base de Five TT, desplazando su distribución hacia calibres mayores.
5. Las hojas de los mandarinos 'Clemenules' abonados con Five TT y otros fertilizantes tienen una mayor concentración de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio, que las procedentes del abonado tradicional.
6. La estrategia de abonado a base de Five TT, al aumentar el número de frutos cuajados y el calibre, aumentó la cosecha final.
7. La estrategia de abonado a base de Five TT, supuso un incremento de los costes de producción, pero muy inferior al incremento de ingresos obtenidos con su aplicación.

6. BIBLIOGRAFÍA

Agustí, M., Mesejo, C. y Reig, C. (2020). *Citricultura* (3ª edición). Editorial Mundi-Prensa, Madrid, 506.

Almendros, P., Rico, I., López-Valdivia, M. y Álvarez, J. (2008). Deficiencia de Zn en los cultivos y correctores de carencia del micronutriente. *Vida rural*, 12-15.

Alós, E., Cercós, M., Rodrigo, M. J., Zacarías, L. y Talón, M. (2006). Regulation of color break in citrus fruits. Changes in pigment profiling and gene expression induced by gibberellins and nitrate, two ripening retardants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(13): 4888-4895.

Bohórquez, M., Ruiz Baena, N. y Gavilán, G. (2008). Fertirrigación con nitrógeno, fósforo y potasio en cítricos. *Revista agropecuaria, IFAPA*, 316-320.

Castro, H. C. (2023). Nutrición y Acción Fenológica. *FIVEA*, Fisionutrición vegetal avanzada, 2-20.

Da Cunha, M. y Gravina, A. (2006). Shoot type influence on fruit set and fruit growth of tanger ortanique. *Agrociencia Uruguay*, 10(1): 37-46.
<https://doi.org/10.31285/AGRO.10.938>

De Mello, R. y do Vale, D. W. (2008). Nitrogen, phosphorus, and potassium in spad readings in rangpur lime rootstock. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 38(4): 227.

DFGrupo. (2022, 7 junio). *Sulfato amónico, uno de los nitrogenados más prácticos de utilizar*. DFGRUPO. <https://www.dfgrupo.com/sulfato-amonico-uno-de-los-nitrogenados-mas-practicos-de-utilizar/>

Domínguez, A. (2010). Manual de agricultura ecológica. En: *Guía de Agricultura ecológica de cítricos*, 35-113. València: Federación de Cooperativas Agrarias de la Comunidad Valenciana.

Esquivel, G. (2009). Importancia del hierro (Fe) en la agricultura. *DROKASA PERU*, 1.

Gravina, A., Rabiza, H., Juan, M., Almela, V. y Agustí, M. (1996). Flowering-fruiting interrelationships in 'Ellendale' tangor under the growing conditions of Spain and Uruguay. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 2: 1081-1085.

Herogra. (2023, 12 enero). Herogra. <https://herograespeciales.com/cultivos/citricos/#:~:text=La%20cantidad%20de%20f%C3%B3foro%20absorbido,y%20ayudar%20a%20la%20floraci%C3%B3n>

Intrigliolo, F., Giuffrida, A., Rapisarda, P., Calabretta, M. y Roccuzzo, G. (2000). SPAD as an indicator of nitrogen status in Citrus. In *Proceeding of the IXth international citrus congress, Orlando, FL*, 665-667.

Legaz, F. (1997). Determinación de la dosificación de abonado en los cítricos. *Actas de Horticultura*, 19: 285-293.

Legaz, F., Quiñones, A., Forner, M. A., Martínez, B. y Martínez, M. R. (2016). Regulación de los mecanismos de absorción del Fe en cítricos en función de diferentes genotipos y su disponibilidad en el medio de cultivo. *Levante Agrícola: Revista internacional de cítricos*, 431: 76-83.

Martínez, B. (2010). Estudio de la absorción y translocación del nitrógeno en cítricos en función del aporte estacional del abono nitrogenado, mediante la técnica de dilución isotópica. *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. Departamento de Producción Vegetal*. PA, 107.

Molina, E. (2020). Nutrición y fertilización de la naranja. *Informaciones agronómicas - centro de investigaciones agronómicas Costa Rica*, 5-7.

Moyano, O. (2017). *Fertilización edáfica con N, K₂O y foliar con Hierro y Zinc, en el cultivo de frejol Caupí INIAP 463*. Universidad de Guayaquil, Facultad de ciencias agrarias. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.

Pestana, M., David, M., de Varennes, A., Abadía, J. y Araújo, E. (2003) Responses of "Newhall" Orange trees to iron deficiency in hydroponics: effects on leaf chlorophyll, photosynthetic efficiency, and root ferric chelate reductase activity. *Journal of plant Nutrition*, 24: 1606-1620.

Pincay, F. V. J. (2016). *Estudio de fertilización edáfica y foliar en tres variedades de frejol caupí (Vigna Unguiculata) L. Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Agrarias. Guayaquil-Ecuador: Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero. Obtenido de [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/13826/1/Pincay% 20Franco% 20Victor, 2](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/13826/1/Pincay%20Franco%20Victor,2).*

Quiñones, A., Martínez, B., Primo-Millo, E. y Legaz, F. (2010). Abonado de los cítricos. En: *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*, 193-204. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Sembralia, C. (2023, 29 mayo). Plan de fertilización mandarina: garantizando una cosecha abundante y saludable. *Sembralia*. <https://sembralia.com/blogs/blog/plan-fertilizacion-mandarina>

Sierra, C. (2010). *La urea: características, ventajas y desventajas de esta fuente nitrogenada* [en línea]. La Serena, Chile: Informativo INIA Intihuasi. no. 35. Disponible En: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/4514>.

Tagliavini, M., Rombolà, A. D., Brüggemann, W., López-Millán, A. F., Abadía, J., Marangoni, B. y Moog, P. R. (2002). Biochemical responses to iron deficiency in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Tree Physiology*, 22(12): 869-875.

Valarezo, M. A., Valarezo, O., Mendoza, A. y Álvarez, H. A. (2014). *Guía técnica sobre el manejo de los cítricos en el Litoral ecuatoriano*. Portoviejo, EC: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa Nacional de Fruticultura, 79.

Wild, A. (1992). Elementos nutritivos en el suelo: Nitrógeno. En: *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Madrid. Mundi prensa, 687-732.

Yara. (2024a, 18 enero). *Deficiencia de nitrógeno en naranja*. <https://www.yara.es/nutricion-vegetal/citricos/deficiencias-citricos/nitrogeno-naranja/>

Yara. (2024b, 20 enero). *Manganeso en la producción de cítricos*. <https://www.yara.es/nutricion-vegetal/citricos/manganeso-citricos/>

Anexo I. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Este trabajo está relacionado con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, ya que presenta una conexión directa con la sostenibilidad agrícola.

A. En la siguiente tabla se indica el grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

	Alto	Medio	Bajo	No procede
ODS 1. Fin de la pobreza		X		
ODS 2. Hambre cero		X		
ODS 3. Salud y bienestar			X	
ODS 4. Educación de calidad			X	
ODS 5. Igualdad de género				X
ODS 6. Agua limpia y saneamiento			X	
ODS 7. Energía asequible y no contaminante				X
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico	X			
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras		X		
ODS 10. Reducción de las desigualdades				X
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles			X	
ODS 12. Producción y consumo responsables	X			
ODS 13. Acción por el clima	X			
ODS 14. Vida submarina			X	
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres	X			
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas				X
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.			X	

B. A continuación, se detallan las principales relaciones entre el efecto de la aplicación de una nueva estrategia de abonado sobre la productividad del mandarino 'Clemenules' y los ODS:

- **ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico:** si se mejora la productividad de la explotación agrícola, se puede generar más empleo en el sector agrícola y contribuir al crecimiento económico.
- **ODS 12. Producción y consumo responsables:** ya que el uso de una estrategia de fertirrigación más eficiente busca mejorar el consumo de agua y fertilizantes, por lo que se promueven prácticas agrícolas más sostenibles y que reducen el impacto ambiental.
- **ODS 13. Acción por el clima:** si se busca una estrategia de fertirrigación más eficiente y optimizar la producción, se puede reducir el impacto ambiental de la agricultura y contribuir a la adaptación del cambio climático.
- **ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres:** si se mejora el estado nutricional de los árboles optimizando la floración y su posterior cuajado, se puede contribuir a la conservación de la variedad 'Clemenules'.

En conclusión, este trabajo busca abordar desafíos relacionados con la agricultura sostenible, la gestión eficiente de recursos y la adaptación al cambio climático, alineándose así con varios ODS de la Agenda 2030.