

**Universidad Nacional del Nordeste  
Facultad de Ciencias Agrarias**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Efecto de la Dolomita nanoparticulada en Naranjo dulce *Citrus sinensis L. Osb. Var. 'Salustiana'* en Santa Rosa, Concepción, Corrientes, Argentina.

Modalidad: Tesina.

Alumno: Benítez, Lucas Miguel Ángel.

Docente Asesor: Ing. Agr. (M.Sc.) Chabbal, Marco Daniel.

Corrientes 2023

## Resumen

La provincia de Corrientes cuenta con una superficie citrícola en producción de veintiséis mil hectáreas con una producción de 643 mil toneladas, de las cuales 352.056 toneladas corresponden a las naranjas. Conocer acerca de los requerimientos de los elementos minerales de las plantas en las condiciones locales, es un requisito necesario para un diagnóstico y efectuar recomendaciones a fin de obtener cosechas elevadas y de buena calidad. La fertilización compensa las extracciones de elementos minerales del suelo que las plantas llevan a cabo durante su desarrollo, y suple los nutrientes ausentes en el mismo. Por tal motivo el objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos del uso de dolomita formulada como un producto nanoparticulado líquido de alta pureza, sobre el pH del suelo, el crecimiento de raíces, la producción, el contenido de nutrientes foliares y calidad de fruta de naranja *Citrus sinensis* L. Osb. var. 'Salustiana'. El material de estudio que se utilizó fue Naranjo dulce *Citrus sinensis* L.Osb. var. 'Salustiana', injertada sobre Lima de Rangpur, *Citrus limonia* L. Osb. Implantado en el año 2009 sobre un suelo arenoso. El diseño experimental utilizado fue en Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones y cuatro plantas por parcela experimental, tomándose como plantas útiles las dos centrales. El ensayo se realizó en la campaña 2018-2019 en el Establecimiento Doña Sara, perteneciente al Ing. Agr. Guillermo Vaccaro, ubicado en la Localidad de Santa Rosa, departamento de Concepción, provincia de Corrientes, Argentina. Se encontraron diferencias significativas en el contenido foliar de N, P y Ca. El pH se elevó a niveles satisfactorios, cabe resaltar el hecho de que en las parcelas con aplicaciones foliares de MIST-Ca/Mg®, tratamientos T2 y T3, se hayan encontrados valores más elevado que en las aplicaciones al suelo, tratamientos T4, T5 y T6. En los análisis de calidad de frutas representados en la Tabla 9, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en las variables Peso de frutos, Diámetro y Ratios. Aunque si presentan diferencias en %Jugo, °Brix y Acidez. Sin embargo no se encontraron diferencias en cosecha considerando que presentan el mismo efecto el MIST-Ca/Mg® que la dolomita convencional.

## **INDICE GENERAL**

1- INTRODUCCION Y ANTECEDENTES .....	5
1.1- Producción citrícola.....	5
1.2- Nutrición mineral .....	5
1.3- Sobre el Calcio.....	6
1.4- Sobre el Magnesio .....	7
1.5- Nanotecnología.....	8
2- OBJETIVO GENERAL .....	9
2.1- objetivos específicos .....	9
3-HIPOTESIS DE TRABAJO.....	9
4- MATERIALES Y METODOS.....	10
4.1 Precipitaciones registradas.....	15
5- RESULTADOS Y DISCUSION .....	15
5.1 Análisis foliares.....	15
5.2 Medición del pH del suelo.....	17
5.3 Crecimiento de Raíz.....	18
5.4 Productividad .....	19
5.5 Calidad de fruta.....	20
6- CONCLUSION.....	21
7-BIBLIOGRAFIA.....	22

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tratamientos (indicados como T1, T2, T3, T4, T5 y T6), forma de aplicación (Aplicado al suelo o foliar), momento de aplicación (mes año) y dosis en Kilogramos por planta (kg.Pta $^{-1}$ ) y Litros por hectárea (L.ha $^{-1}$ ). ....	9
<b>Tabla 2.</b> Se presentan las precipitaciones en mm registradas durante los meses de la campaña (mes y Año).....	15
<b>TABLA 3.</b> Interpretación de los análisis foliares de macronutrientes en los cítricos. Niveles nutritivos estndar (%) peso seco).....	16
<b>TABLA 4.</b> Resultados determinados por el Test de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) de los análisis foliares por tratamientos y Nutriente (Nitrogeno N; Fosforo P; Potasio K; Calcio Ca y Magnesio Mg) en porcentaje (%). Coeficiente de Variación (C.V).....	16
<b>TABLA 5.</b> ANÁLISIS FOLIARES OBTENIDOS POR ALEGR GIL. Resultados determinados por el Test de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) de los análisis foliares por tratamientos y Nutriente (Nitrógeno N; Fosforo P; Potasio K; Calcio Ca y Magnesio Mg) en porcentaje (%). Coeficiente de Variación (C.V).....	17
<b>TABLA 6.</b> Resultados determinados por el Test de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) de los análisis de pH por tratamientos y fechas de análisis. Coeficiente de Variación (C.V.).....	18
<b>TABLA 7.</b> Resultados determinados por el Test de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) de crecimiento de raíz expresada en gramos (g) por tratamientos y punto cardinal de donde se extrajo la muestra (Noreste N.E.; Sureste S.E.; Suroeste S.O.; Noroeste N.O.y Promedios en gramos (g). Coeficiente de Variación (C.V.).....	19
<b>TABLA 8.</b> Resultados determinados por el Test de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) de productividad por tratamientos y Cantidad de frutas cosechadas de Naranja cv. 'Salustiana' para mercado en kg.PI-1, los resultados son los promedios de dos plantas. Coeficiente de variación (C.V.).....	19
<b>TABLA 9.</b> Resultados determinados por el Test de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) de Calidad de Frutas por tratamiento (Trat.) para las variables de Peso de Fruta en gramos (gr), Diámetros en milímetros (mm), Contenido de Jugo en porcentaje (%), Solidos Solubles Totales en Grados Brix ( $^{\circ}$ Brix), Acidez en porcentaje (%) y Ratios (R). coeficiente de variación(C.V.).....	20

## **1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES**

### **1.1- Producción citrícola**

En la Argentina se produjeron alrededor de 5.243.501 toneladas de fruta en 2021 entre variedades de cítricos, frutos de pepita (manzana, peras, etc.), de carozo (durazno, ciruelos, pelones y cerezas), berries (arándanos, frutillas y frambuesas) y uvas de mesa. La citricultura se destaca como la principal actividad frutícola en Argentina. Respecto a la producción mundial, Argentina ocupó el 8<sup>vo</sup> lugar con 3.565.001 de toneladas que significó 3,76% (Federcitrus, 2022).

En la Argentina pueden distinguirse dos regiones productoras de citrus: el NEA (noreste argentino) con 35,13% de la producción nacional y el NOA (noroeste argentino) con el 64,87%. Los citrus dulces “naranjas, mandarinas y pomelos” se producen principalmente en el NEA, (en las provincias de Entre Ríos, Corrientes, Misiones) y en la provincia de Buenos Aires. Las provincias del NOA son también productoras de citrus dulces, especialmente Jujuy y Salta. Por otra parte, Tucumán también integrante del NOA, tiene una muy escasa producción de dulces, pero concentra cerca del 90 % del limón del país. En 2020 la provincia de Corrientes produjo un total de 643.056 de toneladas de cítricos, correspondiendo 352.042 toneladas a la producción de naranjas (Federcitrus, 2022).

### **1.2- Nutrición Mineral**

Para el estudio de la nutrición mineral es necesario tener en cuenta la situación de cada monte frutal y analizarlo como un agroecosistema de producción integrado por diversos factores. Los principales factores del monte frutal, podemos mencionar la combinación del portainjerto y la variedad, la edad del monte y su densidad de plantación, el tipo de suelo y su fertilidad, la poda y conducción de los árboles, las condiciones climáticas reinantes entre otras. Cada factor debe ser interpretado en conjunto con el resto, la integración de los mismos nos permitiría ser más asertivos en las recomendaciones del manejo nutricional. Para poder diagnosticar correctamente un monte frutal, es necesario conocer la fisiología de la planta, el rol

de los nutrientes, el requerimiento de la especie, la oferta de nutrientes. Los requerimientos nutricionales de los frutales varían a lo largo del ciclo de crecimiento; cuando se desarrolla la copa, cuando los frutos cuajan y crecen. Si bien en un principio se necesita de todos los minerales, la cantidad requerida es diferente según cada estado fenológico. El diagnóstico nutricional es una etapa fundamental dentro de un programa de fertilización (Sánchez, 1999)

El objetivo de la fertilización es compensar las extracciones de elementos minerales del suelo que las plantas llevan a cabo durante su desarrollo, o ciclo vegetativo y suplir los nutrientes que no están en cantidades suficientes para cubrir la demanda del cultivo. Por lo tanto, consiste en incrementar la fertilidad natural de los suelos para aumentar la producción y la calidad de los productos de las plantas cultivadas en ellos (Agustí, 2003).

### **1.3- Sobre el Calcio (Ca)**

Dentro de los nutrientes necesarios, el Ca es un elemento esencial para el desarrollo de todas las plantas, ellas se benefician de este elemento directamente, asimilándolo, e indirectamente, por su influencia sobre el suelo (Del Rivero, 1968).

Una de sus principales funciones en la planta es la de actuar como agente cementante para mantener las células unidas, formando parte, principalmente como pectato cálcico, de la lámina intermedia de las paredes celulares. El Ca se encuentra relacionado con la actividad de los meristemas y es muy importante para el desarrollo y funcionamiento de las raíces (Del Rivero, 1968). Tiene influencia en la regulación de los sistemas enzimáticos y la actividad de fitohormonas y aumenta la resistencia de los tejidos a patógenos, incrementando la vida útil pos cosecha y calidad nutricional (Yfran et al., 2017). La mayor parte de su actividad en la planta se debe a su capacidad de coordinación, ya que es capaz de establecer uniones estables entre moléculas, predominantemente en la pared celular y en el plasmalema (Agustí, 2003). En general, este nutriente tiene marcada influencia en el desarrollo celular, en el crecimiento de raíces, como así también mejora y adelanta la maduración de los frutos. Su distribución en la planta es la siguiente: 14% en hojas, 60% en tronco y ramas y el restante 26% en las raíces (Amorós Castañer, 2003).

Los síntomas más característicos de la deficiencia de Ca en cítricos son: reducción del desarrollo, pérdidas de vigor, desecación de las puntas de las ramas y defoliaciones. En los casos más graves, y como consecuencia de reducción de desarrollo radicular y pudrición de la barbada, aparece un amarillamiento de las hojas y una clorosis del nervio central. El rendimiento de la cosecha y el tamaño de los frutos pueden verse ligeramente reducidos en condiciones de deficiencia de este nutriente (Del Rivero, 1968).

El Ca se encuentra en el suelo formando parte de diversos compuestos, como sulfatos, fosfatos, silicatos, carbonatos, etc. El Ca se pierde fácilmente por lixiviación, y en los suelos en que no se encuentra en la debida cantidad, como en los arenosos, generalmente, se debe recurrir a enmiendas dolomíticas, o con yeso, según el pH del suelo, con el fin de reponer este elemento (Del Rivero, 1968).

#### **1.4- Sobre el Magnesio (Mg)**

Otro elemento importante en la nutrición vegetal es el Mg, el cual asume un papel importante en la vida de la planta porque entra a formar parte como un constituyente metálico de excepción de la molécula de clorofila, el pigmento característico de las plantas verdes, para cuya formación es esencial (Del Rivero, 1968). El Mg también actúa como activador enzimático, facilitando la unión de las dos subunidades de los ribosomas, organelos responsables de la síntesis proteica (Agustí 2003). Además, este nutriente interviene en el transporte de fosforo (P) en la planta, bajo la forma de fosfato de magnesio, que se transloca en ella mucho mejor que el fosfato cálcico (Amorós Castañer, 2003).

La carencia del Mg en cítricos se manifiesta por una clorosis en las hojas viejas, debido a la movilidad de dicho elemento dentro de la planta. Dicha clorosis se presenta en los bordes de las hojas, y también se observa un amarillamiento entre nervaduras secundarias de las hojas. El síntoma más común es una clorosis en forma de V invertida (Amorós Castañer, 2003). Es frecuente encontrarla durante el otoño invierno, cuando el fruto ya ha madurado o tras la cosecha. El origen de la carencia puede ser múltiple, como por ejemplo, un antagonismo con el Ca, y sobre todo, con potasio (K), en algunos casos se puede deber a pérdidas por lixiviación, que pueden

llegar a ser importantes (Agustí, 2003). La deficiencia de Mg provoca defoliación prematura, reducción del desarrollo radicular, disminución de la cosecha, menor resistencia al frío, frutos de menor tamaño, con una corteza más delgada y fina, con menor contenido de azúcares, acidez total y vitamina C (Agustí, 2003).

Las pérdidas de Mg por lixiviación dependen de la naturaleza del suelo, de las lluvias, el riego, la reacción del suelo y la adición de productos que afecten a la solubilidad de este elemento, o desplacen al adsorbido por el complejo coloidal de suelo (Del Rivero, 1968).

### **1.5- Sobre Nanotecnología**

Los materiales nanoestructurados normalmente consisten en partículas de menos de 100 nm (nanómetros) de diámetro. Debido a su tamaño, estos materiales tienen propiedades que son diferentes de los materiales micrométricos o de mayor tamaño (De la Torre Sánchez, 2016).

Esto, además de una buena nutrición en los cultivos, brinda una mejor eficiencia en el uso de los fertilizantes, reduciendo las lixiviaciones y otras formas de pérdida de fertilizantes con la consiguiente reducción de costos (INTAGRI S.C, 2018).

Considerando el tamaño de las rutas de acceso y absorción nutrimental de la planta (simplasto, apoplasto y vía foliar), se pueden suponer algunas ventajas de aplicar nano-fertilizantes, como una mayor facilidad de absorción por la planta. Actualmente ya se han diseñado nanopartículas (NP) como un componente de los fertilizantes destinados a aumentar la eficiencia en su uso, haciéndolos del mismo tamaño que los poros de la raíz y las hojas. Recientemente se demostró que nanotubos de carbono pudieron penetrar semillas de tomate, también se demostró que NP de óxido de zinc penetraron en el tejido radical. Esto sugiere que se puede aprovechar la nanotecnología para mejorar la nutrición vegetal. Considerando la alta superficie de contacto en relación con el volumen ocupado, la efectividad de los nano-fertilizantes sobrepasa a los más novedosos fertilizantes recubiertos convencionales, en los cuales se ha visto poca mejora en los últimos diez años. (INTAGRI S.C, 2018)

En un trabajo realizado por Kuo-Hsun Hua *et al.* (2015) afirman que hasta el momento las publicaciones de investigaciones sobre el CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (dolomita) nanoparticulado, en la protección y nutrición de las plantas son escasas. En sus investigaciones compararon los efectos del carbonato de nano-calcio y carbonato de calcio coloidal y encontraron que los tratamientos con carbonato de nano-calcio fueron mejores para aumentar el contenido de Ca cuando se rocía en hojas de Tankan, *Citrus tankan* Hayata, en comparación con Ca coloidal.

## **2. OBJETIVO GENERAL:**

Evaluar los efectos del uso de dolomita presentada como un producto nanoparticulado líquido de alta pureza en el cultivo de Naranjo dulce, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck Var. 'Salustiana', en la localidad de Santa Rosa, Corrientes, Argentina.

### **2.1. Objetivos específicos:**

Evaluar los efectos de la aplicación de dolomita en forma de nanopartículas, vía foliar y en suelo sobre el pH del suelo.

Evaluar los efectos de la aplicación de dolomita en forma de nanopartículas, vía foliar y en suelo, en distintas dosis sobre el crecimiento de raíces.

Evaluar los efectos de la aplicación de dolomita en forma de nanopartículas, vía foliar y en suelo en distintas dosis sobre el contenido de nutrientes foliares del cultivo.

Evaluar los efectos de la aplicación de dolomita en forma de nanopartículas, vía foliar y en suelo en distintas dosis sobre la producción del cultivo.

## **3. HIPÓTESIS DE TRABAJO:**

Es posible aumentar el crecimiento de las raíces y el rendimiento del cultivo mediante el agregado de diferentes dosis de dolomita en forma de nanomoleculas, aplicado vía foliar y al suelo en plantas de Naranjo dulce, *Citrus sinensis* L. Osbeck Var. 'Salustiana', en la localidad de Santa Rosa, Corrientes, Argentina.

#### **4. MATERIALES Y MÉTODOS:**

El ensayo se realizó en la campaña 2018-2019 en el Establecimiento Doña Sara, perteneciente al Ing. Agr. Guillermo Vaccaro, ubicado en la Localidad de Santa Rosa, departamento de Concepción, provincia de Corrientes, Argentina.

El material experimental fue plantas de Naranjo dulce, *Citrus sinensis* L. Osb. Var. 'Salustiana', injertada sobre Lima de Rangpur, *Citrus Limonia* L. Osb. El lote fue implantado en el año 2009 y tiene una densidad de plantación de 408 plantas ha<sup>-1</sup>, con un marco de plantación de 7 m entre líneos y 3,5 m entre plantas.

El diseño experimental utilizado fue en Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones y cuatro plantas por parcela experimental, tomándose como plantas útiles las dos centrales. Los tratamientos están descriptos en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Tratamientos (indicados como T1, T2, T3, T4, T5 y T6), forma de aplicación (Aplicado al suelo o foliar), momento de aplicación (mes año) y dosis en Kilogramos por planta (kg.Pta<sup>-1</sup>) y Litros por hectárea (L.ha<sup>-1</sup>).

Tratamientos	Forma de aplicación	Momentos de aplicación	Dosis
T1	Suelo	Agosto (2018) y marzo (2019)	2 kg.Pta <sup>-1</sup> de CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
T2	Foliar	Agosto (2018) y marzo (2019)	2 L.ha <sup>-1</sup> de MIST-Ca/Mg®.
T3	Foliar	Agosto (2018) y marzo (2019)	4 L.ha <sup>-1</sup> de MIST-Ca/Mg®.
T4	Suelo	Agosto (2018) y marzo (2019)	2 L.ha <sup>-1</sup> de MIST-Ca/Mg®.
T5	Suelo	Agosto (2018) y marzo (2019)	4 L.ha <sup>-1</sup> de MIST-Ca/Mg®.
T6	Suelo	Agosto y noviembre (2018) y marzo (2019)	4 L.ha <sup>-1</sup> de MIST-Ca/Mg®.

Los productos que se aplicaron son Dolomita CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> convencional en polvo y MIST-Ca/Mg® que es una fuente de nanopartículas de dolomita de alta pureza, y se presenta en una emulsión floable. Contiene 9,80% Ca y 5,90% Mg.

En el tratamiento T1, Testigo, se agregó 2 kg Pta.<sup>-1</sup> de Dolomita convencional (50% en agosto del 2018 y 50% en marzo del 2019).

Todas las plantas del ensayo fueron fertilizadas, con un fertilizante compuesto 15-6-15-6, que aporta un 15% (N) - 6% (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) -15% (K<sub>2</sub>O) - 6% (MgO), cuya

aplicación fue a razón de 2 kg por planta (50% en marzo y 50% en Setiembre de cada año en experimentación).

Las aplicaciones de los tratamientos fueron realizadas en tres momentos como se describió en la Tabla 1, registrando fecha, hora en que se realizó la aplicación, condiciones ambientales y estadio fisiológico del cultivo, las mismas se describen a continuación:

**-1er. Aplicación.** (1er. 50% dosis anual)

Día: 14 de Agosto de 2018.

Hora: 09 a 11,00 hs.

Temperatura: 24° C.

Humedad Relativa: 60%.

Aplicación de Dolomita: Tratamiento T1 (Testigos) en dosis de 1 kg.Pta<sup>-1</sup> Dolomita

Humedad de suelo: Muy buena.

Volumen de soluciones:

Aplicaciones foliares fue mediante motomochila de espalda a razón de 1,7 L.Pta.<sup>-1</sup> a los Tratamientos T2 y T3.

Aplicación al suelo fue mediante Mochila de Espalda con botalón de doble picos (Pastillas Abanico Plano 80-0.2) distanciados a 50 centímetros, a los Tratamientos T4, T5 y T6.

Volumen de agua: En la aplicación al suelo fue de 230 L. ha<sup>-1</sup>.

Estado fisiológico de cultivo: Pre floración.

**-2da. Aplicación.** (2do. 33% dosis anual)

Día: 30 de noviembre de 2018. Se aplicó únicamente en el Tratamiento T6.

Hora: 09:00 hs.

Temperatura: 29° C.

Humedad Relativa: 45%.

Humedad de suelo: Buena.

Aplicación al suelo fue mediante Mochila de Espalda con botalón de doble picos (Pastillas Abanico Plano 80-0.2) distanciados a 50 centímetros, a los Tratamientos T6.

Volumen de agua: En la aplicación al suelo fue de 230 L. ha<sup>-1</sup>.

Estado fisiológico de cultivo: crecimiento de fruto.

**-3ra. Aplicación. (2do. 50% dosis anual)**

Día: 28 de marzo de 2019.

Hora: 09:00 hs.

Temperatura: 28° C.

Humedad Relativa: 55%.

Aplicación de Dolomita: En parcelas Testigos: 1kg. Pta<sup>-1</sup>.

Humedad de suelo: Muy buena.

Volumen de soluciones:

Aplicaciones foliares, Tratamientos N°2 y 3: 1,8 L.Pta.<sup>-1</sup>. (motomochila de espalda)

Aplicaciones de suelo, Tratamientos N°4 y 5): Mochila de espalda, para aplicación de herbicidas, picos Nº 80-02.

Volumen de agua: 230 L.ha<sup>-1</sup>.

Antes de las aplicaciones, se realizó muestreo de suelo para determinación de pH en cada parcela en estudio.

Estado fenológico: Tamaño de frutos 55 mm de diámetro.

Las aplicaciones foliares en los diferentes momentos fueron mediante Motomochila de espalda marca Stihl modelo Sr 540

### **Análisis de las variables evaluadas**

Las variables que se determinaron en este estudio fueron las siguientes:

**- Crecimiento de raíces:** Para la determinación de esta variable se extrajeron muestras de volúmenes de suelo, en el mes de marzo del año 2019 a través del método del muestreador tubular, utilizando un muestreador en forma de tubo que se introduce en el suelo hasta los 15 cm de profundidad, para obtener una

muestra cilíndrica de volumen conocido (Doran & Mielke, 1984), en cada parcela experimental a vuelo de copa, en cuatro puntos cardinales, noreste (NE), noroeste (NO), sureste (SE) y suroeste (SO) a efectos de determinar crecimiento de raíces, separándola del suelo por medio de lavado con agua. Se utilizó la técnica de peso seco, que consiste en exponer las muestras a temperaturas entre 60° C a 80° C durante aproximadamente 48 o 72 horas hasta lograr peso constante, luego se procedió a pesar cada muestra con balanza digital de precisión 0,001 g (Fernández y Johnston, 1986).

**-Contenido de nutrientes en hojas:** el análisis de nutrientes se realizó sobre muestras hojas de ramas fructíferas tomadas el 22-03-2019, pertenecientes a la brotación de primavera. Los muestreos se hicieron en cada parcela experimental, en otoño (marzo del año 2019), momento en el cual los elementos se encuentran estabilizados, de manera que las hojas tenían alrededor de 7 meses de edad (Chapman y Pratt, 1973; Cohen, 1983, Agustí, 2003; Legaz *et al*, 1993; Prause, 2001, Sozzi, 2007).

En estas muestras se determinaron el contenido de los siguientes elementos N (nitrógeno), P (fósforo), K (potasio), Ca (calcio) y Mg (magnesio), las que se secaron en estufa hasta peso constante y se molieron en molinillo tipo Willey de malla 20, determinándose las concentraciones de los citados nutrientes por métodos volumétricos y espectrofotométricos (Kalra, 1998).

- N: Determinado por el método de Kjeldhal.
- P: El método utilizado fue por espectrometría de absorción molecular con molibdato de amonio y ácido ascórbico como reductor (Método Murphy-Riley).
- K: Obtenido por fotometría de llama.
- Calcio y Magnesio: La metodología para la determinación de estos elementos fue por complexometría con EDTA.

**- pH:** Con el fin de analizar el efecto de los tratamientos sobre el pH se extrajeron muestras de suelo hasta los 5 cm de profundidad (en zona de raíces)

de cada parcela a vuelo de copa en tres momentos, la primera toma de muestra fue el día 25-04-2018, la segunda el 18-10-2018 y la tercera 05-06-2019. Las mediciones se efectuaron con potenciómetro (Dewis y Freitas, 1970).

**-Producción:** La cosecha se realizó en dos momentos, la primera que fue el 24-04-19 y se recolectó las frutas con destino al mercado fresco con calibre de diámetro ecuatorial de entre 55 y 70 mm, la segunda cosecha también con destino al mercado fresco fue el 18-05-2019, despojando frutas con calibre de diámetro ecuatorial entre 55 y 70 mm.

Se midió el rendimiento en kilogramos de fruta por planta ( $\text{kg.PI}^{-1}$ ), cosechando las parcelas útiles.

**-Calidad de frutas:** Previo a la primera cosecha se tomaron muestras de 15 frutas de cada parcela experimental al azar de los cuatro puntos cardinales de las plantas en estudio. Se determinaron los siguientes parámetros de calidad externa e interna de frutas:

- Diámetro ecuatorial (DE) en mm: Mediante la utilización de un calibre electrónico digital con escala 0,00 mm se midió el diámetro ecuatorial de cada fruta.
- Contenido de jugo (CJ) en porcentaje (%): Se determinó primeramente el peso de las muestras con el uso de una balanza y luego se procedió a la extracción del jugo de las frutas con el uso de un exprimidor eléctrico, dichos jugos fueron colocados en una probeta para medir su volumen (mL de jugo). Los resultados fueron expresados en forma porcentual según la ecuación: contenido de jugo (%) = [Volumen (mL)/ Peso (g)]\*100.
- Acidez (Ac): Se midió por titulación volumétrica del jugo. Se utilizó hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N, con fenolftaleína como indicador y expresando el resultado como mg de ácido cítrico en 10 mL de jugo (Primo Yúfera y Carrasco Dorrein, 1973)
- Sólidos Solubles Totales (SST): expresados en °Brix, con la utilización de un refractómetro analógico (AOAC, 2006a).

- Ratio (R): Se determinó como el cociente entre SST/ Acidez.

El análisis de los resultados obtenidos, se realizó mediante el ANOVA análisis de varianza con un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$  y posterior Test de comparación de medias, Duncan. Se utilizó el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2022).

Las precipitaciones que fueron registradas por mes durante el tiempo que duro la experiencia fueron registrados en el Establecimiento Ayuí, Colonia Tabaí, Corrientes, a 15 km del ensayo (Tabla 2).

**Tabla 2.** Se presentan las precipitaciones en mm registradas durante los meses de la campaña (mes y Año).

Momento (Mes y Año)	Precipitación (mm)
Agosto 2018	68
Setiembre 2018	91
Octubre 2018	53
Noviembre 2018	450
Diciembre 2018	350
Enero 2019	336
Febrero 2019	76
Marzo 2019	171
Abril 2019	228
Mayo 2019	165

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1 Análisis foliar

En la Tabla 3 se presenta los valores de los contenidos de Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), con sus concentraciones y niveles (Deficiente, Bajo, Optimo, Alto y Exeso). Valores tenidos en cuenta para realizar el diagnóstico nutricional del cultivo de Naranja.

**TABLA 3.** Interpretación de los análisis foliares de macronutrientes en los cítricos. Niveles nutritivos estándar (% peso seco).

Elemento	Deficiente	Bajo	Optimo	Alto	Exceso
N	< 2,30	2,30-2,50	2,51-2,80	2,81-3,00	> 3,00
P	< 0,10	0,10-0,12	0,13-0,16	0,17-0,20	> 0,20
K	< 0,5	0,50-0,70	0,71-1,00	1,01-1,30	> 1,30
Ca	<1,6	1,60-2,90	3,00-5,00	5,10-6,50	> 6,50
Mg	< 0,15	0,15-0,24	0,25-0,45	0,46-0,90	> 0,90

Fuente: Agustí 2003.

Los resultados obtenidos en los análisis foliares se muestran en la Tabla cuatro, estos pueden considerarse como óptimos para todos los elementos analizados. Conforme al Test de Duncan ( $\alpha= 0,05$ ) se encontraron diferencias significativas en N, P y Ca. Sin embargo, en los elementos K y Mg no se encontraron diferencias significativas.

**TABLA 4.** Resultados determinados por el Test de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) de los análisis foliares por tratamientos y Nutriente (Nitrogeno N; Fosforo P; Potasio K; Calcio Ca y Magnesio Mg) en porcentaje (%). Coeficiente de Variación (C.V.).

Tratam.	N	P	K	Ca	Mg
<b>T1</b>	2,40 a	0,09 a	1,40 a	3,96 ab	0,54 a
<b>T2</b>	2,58 a	0,11 ab	1,62 a	3,66 a	0,75 a
<b>T3</b>	3,70 b	0,13 b	1,38 a	3,91 a	0,65 a
<b>T4</b>	2,80 a	0,12 ab	1,51 a	3,97 ab	0,70 a
<b>T5</b>	2,14 a	0,12 ab	1,37 a	4,26 b	0,70 a
<b>T6</b>	2,20 a	0,11 ab	1,58 a	3,63 b	0,65 a
<b>C.V.</b>	<b>19,8</b>	<b>15,6</b>	<b>26,0</b>	<b>9,3</b>	<b>27,0</b>

Letras iguales: sin diferencias estadísticas significativas.

En N, en todos los tratamientos en estudio se registraron como muy buenos valores, se puede destacar el tratamiento 3, que se diferencia significativamente del resto de los tratamientos.

En los valores hallados para P se encontraron diferencias estadísticas significativas en el tratamiento 3 superior al testigo el cual se encuentra en un rango deficiente, aunque este no alcanzo a diferenciarse significativamente del resto los tratamientos 4 y 5 están dentro de un óptimo aceptables.

En K, los niveles encontrados pueden considerarse dentro del rango muy satisfactorio, con tenores que oscilaron entre 1,37 y 1,62%.

En Ca y Mg, observamos excelentes niveles para ambos elementos, se puede destacar al tratamiento T5 respecto al Ca que si bien no se diferenció significativamente del tratamiento T1 y T4 si lo hizo del tratamiento T2 y T3. El tratamiento T6 presenta una particularidad ya que no se diferencia significativamente del tratamiento T1 y T4 pero si con los tratamientos T2 y T3, arrojando un valor ligeramente inferior, atribuyendo esto a que es el primer año del tratamiento T6.

Los resultados encontrados en este trabajo, para la variables de análisis foliar son un tanto superiores a los obtenidos por Alegre Gil (2018), en su trabajo final de graduación.

Según Chapman (1961) y Moreira *et al.* (1982), los rangos de suficiencia satisfactorios para especies cítricas, basados en brotes de ramas fructíferas de 4 a 10 meses de edad y expresados como porcentaje de materia seca son: N: 2,20-2,70 %; P: 0,12-0,18 %; K: 1,00-1,70%; Ca: 3,0-6,0; Mg: 0,30-0,60.

**TABLA 5. ANÁLISIS FOLIARES OBTENIDOS POR ALEGR GIL.** Resultados determinados por el Test de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) de los análisis foliares por tratamientos y Nutriente (Nitrógeno N; Fosforo P; Potasio K; Calcio Ca y Magnesio Mg) en porcentaje (%). Coeficiente de Variación (C.V).

Tratam.	N	P	K	Ca	Mg
T1	2,01 a	0,12 a	1,21 a	3,38 a	0,25 a
T2	2,24 a b	0,11 a	1,14 a	3,51 a	0,30 a
T3	2,49 b	0,11 a	1,29 a	3,33 a	0,29 a
T4	2,37 b	0,11 a	1,40 a	3,51 a	0,37 a
T5	2,49 b	0,11 a	1,30 a	3,67 a	0,36 a
C.V.	<b>9,7</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>9,6</b>	<b>17</b>

Letras iguales: sin diferencias estadísticas significativas.

## 5.2 Medición del pH del suelo

Como se puede observar en la Tabla 5, el pH del suelo en junio del 2019 se encontraban, en la mayoría de los tratamientos en estudio con valores que pueden considerarse óptimos para los cítricos, en los tratamientos, tanto vía foliar como a suelo, el pH se elevó a niveles satisfactorios, cabe resaltar el hecho de que en las

parcelas con aplicaciones foliares de MIST-Ca/Mg®, tratamientos T2 y T3, se hayan encontrados valores más elevado que en las aplicaciones al suelo, tratamientos T4 , T5 y T6.

**TABLA 6.** Resultados determinados por el Test de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) de los análisis de pH por tratamientos y fechas de análisis. Coeficiente de Variación (C.V.)

Tratamientos	pH suelo 25-04-18	pH suelo 24-10-18	pH suelo 17-06-19
<b>1. Testigo</b>	5,20 a	6,45 a	6,09 bcd
<b>2. Mist. Ca - Mg Aplic. Fol. 2 l. ha<sup>-1</sup></b>	5,16 a	6,08 ab	6,20 d
<b>3. Mist. Ca - Mg Aplic. Fol. 4 l. ha<sup>-1</sup></b>	5,60 a	5,98 b	6,17 cd
<b>4. Mist. Ca - Mg Aplic. Suelo 2 l. ha<sup>-1</sup></b>	5,45 a	5,89 b	6,00 abc
<b>5. Mist. Ca - Mg Aplic. Suelo 4 l. ha<sup>-1</sup></b>	5,52 a	5,79 b	5,86 a
<b>6. Mist Ca - Mg Aplic. Suelo 4 l. ha<sup>-1</sup> (3plic.)</b>		5,96 b	5,97 ab
<b>C.V.</b>	<b>6,9</b>	<b>6,0</b>	<b>1,94</b>

Letras iguales: Sin diferencias estadísticas significativas.

Esto es de real importancia si se tiene en cuenta que luego de las aplicaciones de otoño, durante los meses de abril y mayo, se produjeron intensas lluvias que podrían haber bajado los valores de pH.

### 5.3 Crecimiento de Raíz

Como es sabido, entre tantas funciones que cumple Ca en los vegetales, este elemento induce a los mismos a incrementar el sistema radicular, de acuerdo con el Test de Duncan solamente se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en el sector NE, que en el hemisferio sur de nuestro planeta, es tal vez, el sector más activo de las plantas, en especial, para los frutales; en este sector, el tratamiento en el que se registró mayor cantidad de raíces, fue el T3, con 4 L.ha<sup>-1</sup> en aplicación foliar encontrándose 2,37 g., aunque no se diferenció significativamente del T4 y T6; en los demás sectores no se encontraron diferencias entre tratamientos, al igual que en el análisis de promedios. Ver Tabla 7.

**TABLA 7.** Resultados determinados por el Test de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) de crecimiento de raíz expresada en gramos (g) por tratamientos y punto cardinal de donde se extrajo la muestra (Noreste N.E.; Sureste S.E.; Suroeste S.O.; Noroeste N.O.y Promedios en gramos (g). Coeficiente de Variación (C.V.)

Tratamientos	N.E.	S.E.	S.O.	N.O.	Promedios
<b>1. Testigo</b>	0,87 a	1,41 a	0,85 a	1,28 a	1,10 a
<b>2. Mist. Ca-Mg Aplic. Fol. 2 l.ha<sup>-1</sup></b>	0,89 a	0,70 a	0,67 a	0,90 a	0,79 a
<b>3. Mist. Ca-Mg Aplic. Fol. 4 l.ha<sup>-1</sup></b>	2,37 b	1,41 a	0,60 a	1,16 a	1,39 a
<b>4. Mist. Ca-Mg Aplic. Suelo 2 l.ha<sup>-1</sup></b>	1,04 ab	1,25 a	0,75 a	1,06 a	1,03 a
<b>5. Mist. Ca-Mg Aplic. Suelo 4 l. ha<sup>-1</sup></b>	0,98 a	0,81 a	1,83 a	0,69 a	0,96 a
<b>6. Mist. Ca-Mg Aplic. Suelo 4 l. ha<sup>-1</sup> (3plic.)</b>	1,27 ab	1,34 a	0,60 a	0,67 a	0,97 a
<b>C.V.</b>	<b>59,0</b>	<b>39,0</b>	<b>56,0</b>	<b>57,0</b>	<b>31,0</b>

Letras iguales: Sin diferencias estadísticas significativas.

Es el primer año que se realiza esta medición, se podrá ver durante la siguiente campaña, como evoluciona el sistema radicular.

#### 5.4 Productividad

Del Análisis de los resultados obtenidos en la cosecha realizada en la Tabla 8, se puede apreciar rendimientos que variaron entre 79,4 y 109,2 kg por planta, sin diferencias estadísticas entre tratamientos y equivalentes a 32 y 45 Tn de frutas por hectárea respectivamente, rendimientos que pueden considerarse óptimos, si se comparan con las medias obtenidas en la región citrícola correntina, que está alrededor de 25 a 30 T.ha<sup>-1</sup>, según los datos publicados por FEDERCITRUS (2022), en el último boletín de la actividad citrícola argentina.

**TABLA 8.** Resultados determinados por el Test de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) de productividad por tratamientos y Cantidad de frutas cosechadas de Naranja cv. 'Salustiana' para mercado en kg.PI-1, los resultados son los promedios de dos plantas. Coeficiente de variación (C.V.).

Tratamientos	(kg)
<b>1. Testigo</b>	79,4 a
<b>2. MIST Ca -Mg. Apic. Foliar ( 2 l. ha<sup>-1</sup>)</b>	105,7 a
<b>3. MIST Ca -Mg. Aplic. Foliar ( 4 l. ha<sup>-1</sup>)</b>	95,6 a

<b>4. MIST Ca –Mg. Aplic. Suelo ( 2 l. ha<sup>-1</sup>)</b>	101,7 a
<b>5. MIST Ca –Mg. Aplic. Suelo ( 4 l. ha<sup>-1</sup>)</b>	109,2 a
<b>6. MIST Ca –Mg. 3 Aplic.Suelo ( 4 l. ha<sup>-1</sup>)</b>	81,7 a
<b>C.V.</b>	<b>21,9</b>

Letras iguales: Sin diferencias estadísticas significativas.

## 5.5 Calidad de frutas

En los análisis de calidad de frutas representados en la Tabla 9, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en las variables Peso de frutos, Diámetro y Ratios. Aunque si presentan diferencias en %Jugo, °Brix y Acidez.

**TABLA 9.** Resultados determinados por el Test de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) de Calidad de Frutas por tratamiento (Trat.) para las variables de Peso de Fruta en gramos (gr), Diámetros en milímetros (mm), Contenido de Jugo en porcentaje (%), Solidos Solubles Totales en Grados Brix (°Brix), Acidez en porcentaje (%) y Ratios (R). coeficiente de variación(C.V.)

Tratam.	Peso frutos(gr)	Diámetro	% Jugo	° Brix	Acidez	Ratios
T1	182,7 a	71,6 a	48,1ab	9,95ab	1,18 ab	8,5 a
T2	186,6 a	72,4 a	46,8ab	10,6 b	1,15 ab	9,3 a
T3	189,0 a	72,1 a	46,9ab	10,3 b	1,11 a	9,4 a
T4	201,5 a	73,3 a	50,8 b	9,1 a	1,12 a	8,2 a
T5	191,6 a	73,0 a	48,8ab	10,1 b	1,13 a	9,1 a
T6	178,9 a	71,4 a	44,2 a	10,7 b	1,29 b	8,3 a
C.V.	8,3	2,7	6,0	5,8	9,2	9,3

Letras iguales: Sin diferencias estadísticas significativas.

En Porcentaje de jugo, se destaca lo obtenido para el tratamiento T4: 50,8% porcentaje realmente alto, de igual manera, solo superó significativamente al tratamiento T6.

En Grados Brix, las concentraciones de sólidos solubles totales registradas, pueden tomarse como normales, aunque algo baja para el tratamiento T4, que no se diferenció significativamente de los testigos.

En Acidez de jugo, los valores determinados podrían catalogarse como algo altos, tal vez, por la cosecha llevada a cabo en un momento relativamente temprano,

podría mencionarse al tratamiento T6, con una acidez de jugo de 1,29, ligeramente alta y diferente significativamente de los tratamientos T1 y T2.

Los valores determinados en las diferentes variables deben considerarse como normales para la especie y variedad en experimentación, según las normas de comercialización (Reglamento de ejecución de la Unión Europea 543/2011; Resolución-145-1983-SAGPyA).

## **6. CONCLUSION**

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta experiencia se puede concluir lo siguiente:

- El crecimiento de raíces no experimentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, excepto para el sector NE en el tratamiento 3, diferenciándose significativamente del testigo.
- El contenido de nutrientes foliares se encontró dentro de los niveles óptimos para un correcto comportamiento fisiológico de las plantas.
- El rendimiento no experimentó diferencias significativas entre los tratamientos.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Agustí, M. 2003. Citricultura, 2<sup>a</sup> Edición. Ed. Mundi Prensa. ISBN: 84-8476-158-4. Madrid, España. 422 pp.
2. Amorós Castañer M. 2003. Producción de Agrios, 3<sup>a</sup> Edicion. Ed. Mundi Prensa. ISBN: 84-8476-170-3. Madrid, España. 352 pp.
3. Alegre Gil, N. D., (2019). "Efecto de la dolomita en forma de nanomolécula en naranjo dulce *Citrus sinensis* L. Osb. var. 'salustiana' en Corrientes, Argentina.
4. AOAC, 2006a. Método 983.17. Official Methods of Analysis of AOAC International. 2006. 18th Edition, 2005. Revision 1. Horwtiz Ed. ISBN :0-935584-773. Chap 37: pp 7, 11.
5. Chapman, H.D. 1961. The status of present criteria for the diagnosis of nutrient conditions in citrus. In: Plant analysis and fertilizer problems. W. Reuther Ed. USA.
6. Chapman, H., Pratt, P. 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Editorial Terillas. México. 195 pp.
7. Cohen, A. 1983. Fertilización de los Cítricos. Instituto Internacional de la Potasa. Boletín IIP n° 4. Berna, Suiza. 48 pp.
8. De la Torre Sánchez, R. G. 2016. Instituto de Investigaciones en Materiales-UNAM. Mundo Nano, Vol. 9, No. 16. Disponible en [www.mundonano.unam.mx](http://www.mundonano.unam.mx)
9. Del Rivero J. M. 1968. Los Estados de Carencia en los Cítricos, 2<sup>a</sup> Edicion. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 510 pp.
10. Dewis, J. y Freitas, F. (1970) Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. Boletín de Suelos de la FAO 10. FAO, Roma.
11. Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C.W. Robledo. 2017. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
12. Escobar, E.; Ligier, H.; Melgar, R.; Matteio, H.; Vallejos, O. 1996. Mapa de suelos de la provincia de Corrientes 1:500.000. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Corrientes. Disponible en: <http://www.geointa.inta.gob.ar/2016/09/23/suelos-de-la-provincia-de-corrientes-1500-000/>

13. FEDERCITRUS, boletín 2022. Consulta: 20 de mayo de 2023. Disponible en: <https://www.federcitrus.org/wp-content/uploads/2022/07/Actividad-Citricola-2022.pdf>
14. Fernández, G. y Johnston, M. (1986), Fisiología vegetal experimental, San José, Costa Rica, Servicio editorial iica.
15. HARRINGTON, J., J. MEXAL, J. FISHER. Volume isplacement provides a quick and accurate way to quantify new root production. Tree Planters' Notes. 1994. Nº 3, p. 121-124.
16. INTAGRI S.C. Boletín 2018. La Nanotecnología en la Nutrición Vegetal. Consulta : 14 del noviembre de 2018. Disponible en: [www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-nanotecnologia-en-la-nutricion-vegetal](http://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-nanotecnologia-en-la-nutricion-vegetal).
17. Kalra, P.Y. 1998. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. CRC Press. USA. 300 págs.
18. Kuo-Hsun Hua, Hsiang-Chuan Wang, Ren-Shih Chung, and Ju-Chun Hsu. 2015. Calcium carbonate nanoparticles can enhance plant nutrition and insect pest tolerance. J. Pestic. Sci. 40(4), 208–213. DOI: 101584/jpestics.D15-025.
19. Sánchez Enrique E. 1999. Nutrición Mineral de Frutales de Pepita y Carozo. 1ª Edicion. Ed. INTA, Estacion Experimental Alto Valle de Rio Negro, Macrorregion Patagonia Norte. ISBN: 987-521-010-2 Rio Negro, Argentina. 196 pp.
20. Legaz, F; M.D. Serna; P. Ferrer; V. Cebolla y E. Primo Millo. 1993. Análisis de hojas, suelos y aguas para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. IVIA. SITA. Valencia España. 10 pp.
21. Palacios, J. 2005. Citricultura. Ed Alfa Beta S. A. Tucumán. 513 pp. ISBN: 987-43-8326-7.
22. Prause, J. 2001. Análisis de suelos, técnicas de muestreo de suelos, aguas y plantas.
23. E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrién.- 1973. Vol. I: Suelos y fertilizantes
24. Sozzi, Gabriel Oscar, ed., [et al.]. Arboles frutales : ecofisiología cultivo y aprovechamiento. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires, 2006-2007. 405 pp.
25. María de las M. Yfran, (2017). `` FERTILIZACIÓN FOLIAR CON POTASIO,

CALCIO Y BORO. INCIDENCIA SOBRE LA NUTRICIÓN Y CALIDAD DE FRUTOS  
EN MANDARINO ‘ NOVA ’