



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
-FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS-

“EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL
DE PLANTACIONES DE FRUTILLA (*Fragaria x
ananassa* Duch.) EN CORRIENTES”.

MODALIDAD TESINA

Autor:

Behr, Jorge Emanuel

Director:

Ing. Agr. (Dr.) Stahringer, Nicolás Ignacio

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	1
ÍNDICE DE CUADROS.....	3
ÍNDICE DE ANEXOS.....	5
RESUMEN.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS.....	11
3. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	12
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
4.1. Lugar de estudio.....	17
4.2. Variedades: características generales, implantación y procedencia.....	17
4.3. Marco de plantación y densidad.....	18
4.4. Manejo del cultivo.....	18
4.5. Metodología de muestreo.....	21
4.6. Procesamiento de muestras y parámetros a evaluar.....	21
4.7. Interpretaciones de los análisis de suelos realizados.....	21
4.8. Distribución de valores obtenidos para las variables en estudio.....	26
4.9. Comparación de fertilidades originales y actuales.....	26
5. RESULTADOS Y DISCUSION.....	27
6. CONCLUSIONES.....	45
7. BIBLIOGRAFIA.....	46
8. ANEXO I.....	52
9. ANEXO II.....	55
10. ANEXO III.....	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de la producción de frutilla en el mundo. Datos del año 2000 al 2014 (Fuente: FAO 2017).....	7
Figura 2. Participación de las principales zonas de producción de frutilla en Argentina (Fuente: Corporación del Mercado Central de Buenos Aires, Octubre 2019).....	9
Figura 3. Regiones de estudio donde se llevó a cabo la toma de muestras.....	17
Figura 4. Metodología de muestreo en <i>zig-zag</i> empleada para la toma de muestras de suelo.....	21
Figura 5. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles adecuados, próximos al límite y superior al límite de CE.....	27
Figura 6. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles óptimos, altos y bajos de pH.....	28
Figura 7. Porcentaje de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles bajos y muy bajos de MO.....	28
Figura 8. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles pobremente provistos y muy pobremente provistos de N total.....	29
Figura 9. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles muy bajos, bajos, medios, medio altos y altos de P.....	29
Figura 10. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con valores altos, valores medios y valores bajos de K^+	30
Figura 11. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles bajos y medios de Ca^{2+}	30
Figura 12. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles bajos, medios y altos de Mg^{2+}	31
Figura 13. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles altos, bajos y adecuados de $(Ca^{2+} + Mg^{2+})/K^+$	32
Figura 14. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles bajos y adecuados de Ca^{2+}/Mg^{2+}	32
Figura 15. Porcentaje de lotes analizados en Corrientes con niveles bajos de K^+/Mg^{2+}	33
Figura 16. Porcentaje de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles bajos de Na^+	33

Figura 17. Distribución de valores de CE en lotes muestreados en Corrientes.....	34
Figura 18. Distribución de valores de pH en lotes muestreados en Corrientes.....	35
Figura 19. Distribución de valores de MO en lotes muestreados en Corrientes.....	35
Figura 20. Distribución de valores de N teórico en lotes muestreados en Corrientes.....	36
Figura 21. Distribución de valores de P Bray-1 en lotes muestreados en Corrientes.....	37
Figura 22. Distribución de valores de Ca^{2+} y Mg^{2+} en lotes muestreados en Corrientes.....	38
Figura 23. Distribución de valores de K^{+} en lotes muestreados en Corrientes.....	38
Figura 24. Distribución de valores de Na^{+} en lotes muestreados en Corrientes.....	39
Figura 25. Distribución de valores de $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/\text{K}^{+}$ en lotes muestreados en Corrientes.....	39
Figura 26. Distribución de valores de $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ en lotes muestreados en Corrientes.....	40
Figura 27. Distribución de valores de $\text{K}^{+}/\text{Mg}^{2+}$ en lotes muestreados en Corrientes.....	40

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características generales de las variedades utilizadas en los establecimientos muestreados.....	17
Cuadro 2. Manejo del cultivo de frutilla realizado por los productores de los establecimientos muestreados en Corrientes.....	19
Cuadro 3. Interpretación de CE en pasta saturada (dS/m) para el cultivo de frutilla.....	22
Cuadro 4. Interpretación de pH (1:2,5) para el cultivo de frutilla en suelos arenosos.....	22
Cuadro 5. Interpretación de MO (%) para el cultivo de frutilla en suelos arenosos.....	23
Cuadro 6. Categorías de interpretación de N total para todo tipo de suelos.....	23
Cuadro 7. Interpretación de P Bray-1 (ppm) para el cultivo de frutilla en suelos arenosos.....	23
Cuadro 8. Interpretación de K^+ (ppm) para el cultivo de frutilla en suelos arenosos.....	24
Cuadro 9. Interpretación de Ca^{2+} (ppm) para el cultivo de frutilla en suelos arenosos.....	24
Cuadro 10. Interpretación de Mg^{2+} (ppm) para el cultivo de frutilla en suelos arenosos.....	24
Cuadro 11. Interpretación de la relación nutricional $(Ca^{2+} + Mg^{2+})/K^+$ para todo tipo de suelos.....	25
Cuadro 12. Interpretación de la relación nutricional Ca^{2+}/Mg^{2+} para todo tipo de suelos.....	25
Cuadro 13. Interpretación de la relación nutricional K^+/Mg^{2+} para todo tipo de suelos.....	25
Cuadro 14. Interpretación de Na^+ (cmol _c /kg) para el cultivo de frutilla en suelos franco arenosos.....	25
Cuadro 15. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 1 ubicado en B° Ponce (Corrientes Capital) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Ensenada Grande”.....	41
Cuadro 16. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 2 localizado en Paraje Desmochado (Bella Vista) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Carolina”.....	41

Cuadro 17. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 3 localizado en Paraje Desmochado (Bella Vista) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Carolina”.....	41
Cuadro 18. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 4 localizado en Paraje Desmochado (Bella Vista) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Desmochado”.....	42
Cuadro 19. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 5 localizado en Paraje Desmochado (Bella Vista) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Carolina”.....	42
Cuadro 20. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 6 localizado en Las Lomas (Bella Vista) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Paraje Batará”.....	43
Cuadro 21. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 7 localizado en B° Ponce (Corrientes Capital) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Ensenada Grande”.....	43
Cuadro 22. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 8 localizado en B° Ponce (Corrientes Capital) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Ensenada Grande”.....	43
Cuadro 23. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 10 localizado en Paraje Desmochado (Bella Vista) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Carolina”.....	44

INDICE DE ANEXO

Anexo I. Valores de referencia para la interpretación de análisis de suelos para el cultivo de frutilla en Corrientes.....	53
Anexo II. Interpretación de análisis de suelos de lotes muestreados en Corrientes.....	56
Anexo III. Ejemplo de cálculo de dosis de encalado.....	59

RESUMEN

La frutilla es uno de los cultivos más sensibles a la salinidad, observándose pérdidas de rendimiento con conductividades eléctricas (CE) del sustrato mayores de 1 dS/m. En la provincia de Corrientes no hay registros de diagnósticos de fertilidad de suelos cultivados con frutilla, ni de posibles limitantes para el desarrollo de este cultivo como salinidad. Por lo tanto, no existen esquemas concretos de fertilización debido a la gran problemática que conlleva la planificación del mismo, debiendo prestar especial atención a los valores de CE manifestados por el uso de fertilizantes. El objetivo de este trabajo es realizar un estudio detallado de diagnóstico de la fertilidad de suelos cultivados con frutilla ubicados en distintos establecimientos de productores de Corrientes bajo diferentes sistemas de manejo, que permitirán ver cuáles son los nutrientes que están en exceso, cuales en déficit y cuales en niveles adecuados. Los lotes evaluados fueron implantados con las variedades “Camino Real”, “Early Brite”, “Fronteras”, “Petaluma” y “Benicia”. El 60% de los lotes evaluados presentan niveles altos de CE, originado por el uso en demasía de fertilizantes de base y vía fertirriego; el 52% y el 8% de los lotes muestreados presentan niveles bajos y niveles altos de pH respectivamente, pudiendo de esta manera interferir en la disponibilidad de nutrientes y por lo tanto en la absorción de los mismos por parte del cultivo; el 100% de los lotes muestreados presentan niveles bajos de materia orgánica (MO), característico de los suelos arenosos de la provincia y debido al tipo de labranza utilizada; el 68% de los lotes presentan niveles altos de fósforo (P), debido al uso de enmiendas orgánicas y fertilizaciones de base; el 36% de los lotes muestreados presentan niveles bajos de potasio (K^+), elemento de gran importancia que interfiere en algunos parámetros de calidad como color, aroma y sabor; el 88% de los lotes muestreados presentan niveles bajos de calcio (Ca^{2+}), elemento de vital importancia en la vida post-cosecha del fruto; el 100% de los lotes muestreados presentan niveles altos de Na^+ , pudiendo interferir en la absorción de Ca^{2+} y K^+ ; el 24% y el 4% de los lotes muestreados presentaron niveles bajos y niveles altos de Mg^{2+} respectivamente, elemento central de la molécula de clorofila, activador de varias enzimas. Los principales parámetros a tener en cuenta en el cultivo de frutilla en la provincia de Corrientes, a excepción del K^+ , se encuentran por debajo de los niveles recomendados pudiendo de esta manera generar pérdidas de rendimiento y un aumento en la diferencia de rendimiento promedio provincial con respecto al rendimiento promedio nacional.

PALABRAS CLAVE: conductividad eléctrica, rendimiento, fertilización.

INTRODUCCIÓN

La frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch) es un híbrido octoploide, producto de la cruce entre *F. virginiana* D. proveniente de sotobosques y *F. chiloensis* L. originaria de playas y ambientes luminosos. Pertenece a la familia Rosaceae y subfamilia Rosoideae (Darrow, 1966, USDA, 2006; Agüero, 2002). Especies progenitoras de ambientes tan disímiles le confieren alta variabilidad y capacidad de adaptación (Larson, 1994), lo que ha permitido que se extienda el cultivo por diversos países. Sin embargo, son sólo 11 los países responsables de más del 80 % de la producción: China, Estados Unidos, España, Turquía, México, Corea del Sur, Polonia, Egipto, Japón, Italia y Alemania (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008), en su mayoría en zonas de clima templado a cálido.

El área cultivada con frutilla en el mundo es de aproximadamente 250.000 hectáreas, y la producción para el año 2013 fue superior a 7,5 millones de toneladas, y son China Continental y Estados Unidos los principales productores mundiales, pudiendo este último alcanzar rendimientos promedios de 56.585 kg ha⁻¹ (FAO, 2017). La mayoría de las especies comerciales están distribuidas principalmente en las zonas cálidas del hemisferio norte (Bonet, 2010) y son Asia y América del Norte los principales productores, como muestra los datos de la figura 1 (FAO, 2017).

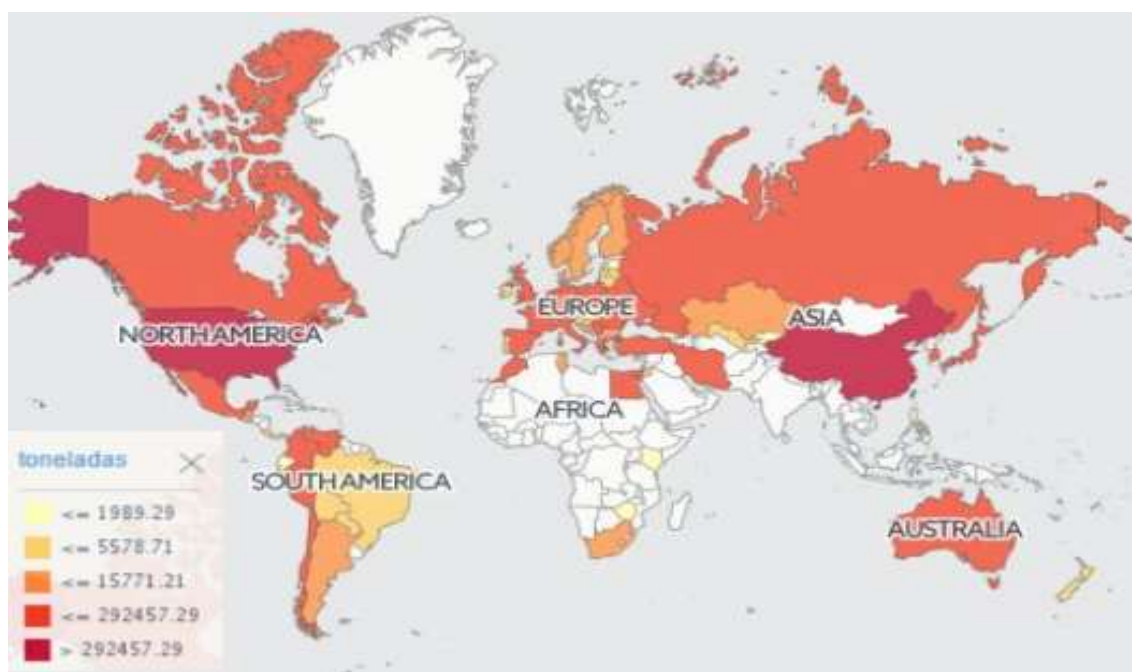


Figura 1. Distribución de la producción de frutilla en el mundo. Datos del año 2000 al 2014 (Fuente: FAO 2017).

De acuerdo a datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación y la Corporación del Mercado Central de Buenos Aires (Noviembre, 2019), a nivel mundial, Argentina figura en el puesto N° 34 como productor de frutilla y ocupa el puesto N° 17

como exportador. En total se estima que la superficie cultivada actualmente en nuestro país es de aproximadamente 1.500 hectáreas con un total de 45.000 - 50.000 toneladas año⁻¹, lo que hace a un rendimiento nacional promedio de 30 - 33 toneladas ha⁻¹, siendo las principales zonas de producción, las que se detallan a continuación:

Santa Fe

Posee un total de 345 hectáreas (Coronda posee el 85% y es reconocida como la “capital Argentina de la frutilla” y en la zona costa el porcentaje restante). Se cosecha la fruta en invierno y primavera, y cuenta con un buen nivel tecnológico. Actualmente se está tratando de incorporar cultivos sin suelo para aumentar la producción por unidad de superficie al tiempo que se reduce el uso de agroquímicos y se facilita la tarea de cosecha. Los frutos frescos (alrededor del 60%) se destinan a las ciudades de Rosario, Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires, mientras que en la zona de la costa se localizan las agroindustrias dedicadas a su transformación.

Buenos Aires

Posee un total de 550 hectáreas (70% en el área metropolitana, es decir Pilar, Exaltación de la Cruz y Zarate, La Plata, Florencio Varela y Berazategui, y el resto en la costa atlántica, especialmente en Mar del Plata). La fruta de la zona metropolitana se cosecha en primavera y se destina a los mercados de la Capital Federal, mientras que en la costa se cosecha desde la primavera hasta el otoño abasteciendo a todo el territorio nacional y en parte a la exportación.

Corrientes

Posee un total de 72 hectáreas. Se cosecha durante el invierno (primicia) con destino al mercado de Buenos Aires y el resto se cosecha en primavera con destino a todo el país.

Neuquén

Posee un total de 59 hectáreas en el departamento de Confluencia, donde se cuenta con capacidad de congelado y fábricas de dulces artesanales; además, cabe mencionar que en la localidad de Plottier existe la posibilidad de producción de plantines. La cosecha (primavera y otoño) se destina en su mayoría a abastecer el mercado local del Alto Valle de Río Negro y Neuquén. Adicionalmente en la zona sur (El Bolsón, El Manso, Mallín Ahogado, Lago Puelo y El Hoyo) se registran 25 hectáreas destinadas a la producción orgánica y también encontramos fábricas de dulces artesanales.

Tucumán

Posee un total de 343 hectáreas en el Departamento de Lules, Alberdi, Monteros, Famaillá y Tafí del Valle. La producción invernal se vende en Buenos Aires, Mendoza y Córdoba; hacia fines del invierno se abastecen mercados regionales y locales, pero aproximadamente el 70% de la producción se destina a productos congelados.

Jujuy y Salta

Posee un total de 90 hectáreas. En la primera provincia la producción se concentra en el Valle de los Pericos, Departamento de El Carmen, mientras que en Salta, en el Valle de Lerma. En Jujuy la producción es invierno-primaveral, mientras que en Salta es primavera-verano. La fruta se comercializa 100 % en fresco, los principales destinos son Salta (Capital, Orán y Tartagal), Mendoza y el mercado local.

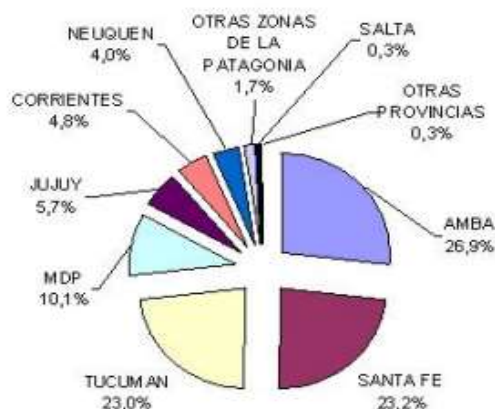


Figura 2. Participación de las principales zonas de producción de frutilla en Argentina (Fuente: Corporación del Mercado Central de Buenos Aires, Octubre 2019).

Según la Corporación del Mercado Central de Buenos Aires, los polos frutilleros más importantes del país se localizan en la zona de Coronda (provincia de Santa Fe), Lules (provincia de Tucumán), área metropolitana de Buenos Aires (provincia de Buenos Aires) y Mar del Plata (provincia de Buenos Aires).

El consumo de frutilla, en Argentina, se concentra en su mayoría en los meses de Septiembre-Octubre y depende en buena medida del precio relativo de la fruta disponible en cada estación, rondando 1 kg año⁻¹ habitante⁻¹. A nivel mundial el mayor consumo se registra en los mayores países productores y exportadores de frutillas como son los Estados Unidos (3,6 kg año⁻¹ habitante⁻¹) seguidos por los países europeos (1,6 kg año⁻¹ habitante⁻¹) mientras que en países asiáticos, como son Corea y China, el escaso consumo actual (2,6 g año⁻¹ habitante⁻¹) se espera se incremente fuertemente como consecuencia de los cambios de hábitos de consumo (tendencia hacia una dieta más saludable), a la mayor concentración de la población en los centros urbanos y a su mayor poder adquisitivo (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Noviembre 2019). En Argentina, aproximadamente el 60% de la fruta se consume fresca y el 40% se procesa (Argentina.gob.ar, 2018).

En la Provincia de Corrientes, los principales departamentos productores son: Bella Vista, Lavalle y Goya que suman el 82 % de la superficie provincial (Ministerio de Producción de Corrientes; 2012 y 2016) (N. A. Molina & Pacheco, 2016). Una de las principales debilidades que conlleva el cultivo de frutilla en la región, además de plagas, enfermedades, escasa mano de obra, entre otros, es la poca información disponible con respecto a las demandas nutricionales del cultivo. Cardeñoso et al. (2014) destacan que el buen manejo de la nutrición mineral es esencial para el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo de fresa, ya que influye tanto en la calidad como en el rendimiento.

En la provincia de Corrientes no hay registros de diagnósticos de fertilidad de suelos cultivados con frutilla, ni de posibles limitantes para el desarrollo de este cultivo como salinidad. Por lo tanto, no existen esquemas concretos de fertilización debido a la gran problemática que conlleva la planificación del mismo, debiendo prestar especial atención a los valores de CE manifestados por el uso de fertilizantes. El objetivo de este trabajo es realizar un estudio detallado de diagnóstico de la fertilidad. A su vez, cabe destacar que la frutilla es uno de los cultivos más sensibles a la salinidad, observándose pérdidas de rendimiento con conductividades eléctricas del substrato (CE) mayores de 1 dS/m (Larson, 1994). Este es un aspecto clave a tener en cuenta para la adopción correcta de esquemas de fertilización de base y/o fertirriego ya que fertilizar a más de lo que realmente requiere el cultivo puede llevar a un aumento de la CE por encima del valor límite adecuado (1 dS/m), lo que trae aparejado mermas en el rendimiento de elevada importancia económica. Además, en Corrientes la frutilla se cultiva en suelos arenosos en los cuales ocurre mayor lixiviación de nutrientes, que si son aplicados en exceso no se aprovechan por el cultivo y consecuentemente terminan descendiendo en el perfil hasta las napas freáticas.

De esta manera, se percibe la importancia de ajustar correctamente las dosis de fertilizantes para el cultivo de frutilla, ya que bajas dosis pueden limitar el rendimiento y altas dosis aumentan los costos de producción, resultan tóxicas para la planta reduciendo su productividad e incluso pueden contaminar el ambiente (Cadahía-López et al., 2005; Peres et al., 2010).

OBJETIVOS

Objetivo general:

Realizar un diagnóstico de la fertilidad de suelos en los cuales se cultiva frutilla en distintos establecimientos de productores referentes de la Provincia de Corrientes.

Objetivos específicos:

Determinar el porcentaje de lotes que poseen valores adecuados, e inadecuados, de CE, pH y MO;

Determinar los porcentajes de lotes, clasificados de acuerdo a sus niveles de fertilidad, para N_t , P, K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} , buscando destacar cuales están en exceso, en déficit y en niveles adecuados, y como esto influye sobre la producción del cultivo;

Determinar los porcentajes de lotes con niveles altos, adecuados y bajos para las relaciones entre cationes intercambiables;

Evaluar los niveles de disponibilidad de Na^+ en los suelos bajo estudio;

Utilizar estadística descriptiva para ver cómo se distribuyen los datos de las diferentes variables en estudio;

Comparar fertilidades originales y actuales de los lotes de producción de frutilla en Corrientes;

Destacar cuales son los nutrientes sobre los que se debería trabajar con mayor énfasis en esquemas de fertilización de frutilla en Corrientes con base en el diagnóstico surgido de este trabajo.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La fertilización de la frutilla es una de las principales prácticas responsables del aumento de la productividad, la calidad y la conservación post-cosecha. Algunos aspectos generales a considerar según FILGUEIRA (2003) son que, el uso de nitrógeno (N) y fósforo (P) aumenta significativamente la productividad de la frutilla, incluso en suelos considerados fértiles, y que el potasio (K^+) es el macronutriente que más favorece el perfeccionamiento en la calidad de la frutilla.

La colocación de fertilizantes es fundamental en las plantaciones de fresas debido a la sensibilidad del cultivo a la salinidad. El contacto directo de la raíz con las aplicaciones de fertilizantes atrofiará o matará las plantas de frutilla. Las formulaciones de fertilizantes varían en su efecto sobre la salinidad del suelo porque varios tipos de fertilizantes, formulaciones y mezclas tienen diferentes valores de solubilidad. La mayoría de los fertilizantes nitrogenados y potásicos son muy solubles y tienen altos índices de sal (es decir, se disuelven rápidamente y tienen un impacto inmediato en la salinidad de la solución del suelo). Los fertilizantes con índices de sal más altos tienen más probabilidades de causar problemas generales de salinidad y atrofiar o quemar las plantas si se colocan cerca del sistema de raíces de la planta en cantidades altas. La mayoría de los fertilizantes fosfatados son menos solubles y tienen índices de sal bajos. Un fertilizante con un índice de sal bajo se disuelve más lentamente y generalmente es más seguro colocarlo cerca de las raíces de las plantas. Los materiales de bajo índice de sal tienen un impacto inmediato menor en la salinidad general del suelo (Haifa Group).

La absorción de nutrientes del cultivo de frutilla está condicionada por factores ambientales (temperatura, fotoperiodo, humedad), edáficos (contenido de agua, pH y CE, interacciones entre elementos), culturales (densidad de plantación, desinfección de suelos, armado de camellones, acolchado plástico) y genéticos (May y Pritts, 1990). Los nutrientes son absorbidos por la planta en forma iónica: el N como NO_3^- o NH_4^+ , el P como $H_2PO_4^-$ (por procesos activos), el K como K^+ , el Ca como Ca^{+2} (por procesos pasivos) y el Mg como Mg^{+2} (Hochmuth et al., 2010). Estos iones, en especial K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} , pueden competir e interactuar en frutilla (San Bautista et al., 2009).

La importancia de cada nutriente se destaca a continuación:

Nitrógeno (N)

El N es el más importante macronutriente a nivel mundial, tanto en el uso de fertilizantes como en el contenido de los cultivos y las cosechas. En la planta, se reduce a la forma amoniacal y se combina en las cadenas orgánicas, formando ácido glutámico, que a su vez se incluye en más de un centenar de diferentes aminoácidos. De estos, cerca de 20 se utilizan en la formación de proteínas. Las proteínas participan, como enzimas, en los procesos metabólicos de la planta, teniendo así una función más estructural. Además, el N participa de la composición de la molécula de clorofila (Rajj, 1991). Malavolta (2006) observa que, en la formación de la cosecha, el N es el mayor responsable de la producción de yemas vegetativas y reproductivas. La cantidad relativa de N en las plantas está relacionada con la cantidad de proteínas y carbohidratos almacenados (Marschner, 1995). La deficiencia de N puede atrofiar el

crecimiento. Las hojas, especialmente las más bajas, se volverán de color verde claro o incluso amarillo, una condición llamada clorosis (Zibilske, 2017).

Fósforo (P)

Aunque el P se clasifica como un macronutriente primario y es de gran importancia en la fertilización, sus contenidos en las plantas son mucho más bajos que los de N y K^+ . Se absorbe, preferentemente, como $H_2PO_4^-$. Después de la absorción, el P es casi inmediatamente incorporado en compuestos orgánicos (Raij, 1991). Este autor también destacó que el P participa de un gran número de compuestos que son esenciales en diversos procesos metabólicos en la planta. El elemento está presente, también, en los procesos de transferencia de energía. Su aprovisionamiento adecuado, desde el inicio del desarrollo vegetal, es importante para la formación de los primordios de las partes reproductivas. Según Malavolta (2006), la participación del P en la producción está relacionada con la aceleración en la formación de las raíces. La deficiencia de P puede ocasionar crecimiento lento, raíz escasa, pigmentación púrpura en hojas viejas y reducción de floración (Gomez Merino & Trejo Téllez, 2014).

Potasio (K^+)

Se sabe que la absorción de K por parte de la frutilla tiene el 60% de sus necesidades realizadas en un período de cinco semanas después de la floración. Sin embargo, la absorción de ese nutriente no depende solamente de su disponibilidad en torno a las raíces, sino también de su concentración, porque hay un límite para la suma de los cationes que pueden ser absorbidos simultáneamente por la planta (Raij, 1991).

La mayor parte del K^+ es absorbida por las plantas durante la fase de crecimiento vegetativo. Las altas tasas de absorción implican una fuerte competencia con la absorción de otros cationes. El K^+ es absorbido como ión K^+ por las plantas y el nutriente se mantiene en esa forma, siendo el nutriente más importante en la fisiología vegetal. No forman parte de compuestos específicos, la función del K^+ no es estructural. Se destaca el papel de activador de funciones enzimáticas y del mantenimiento de la turgencia de las células (Raij, 1991). El K^+ es el gran constructor de la calidad (sabor, color, aroma, etc.) y su deficiencia afecta significativamente la producción de las plantas (Joiner et al., 1983). La función del K^+ en la formación de la cosecha está relacionada con mayor vegetación y aumento en el contenido de carbohidratos, grasas y almacenamiento de proteínas. Además, promueve el almacenamiento de azúcares y almidón, tiene efecto en el crecimiento de las raíces y aumenta la eficiencia de utilización del agua (Malavolta, 2006). La deficiencia de K^+ se observa en hojas viejas, las cuales presentan amarillamiento y quemaduras en los márgenes y puntas, defoliación, disminuye resistencia a enfermedades, ocasiona menor peso y tamaño de frutos, disminuye rendimiento y calidad.

Calcio (Ca^{2+})

El Ca^{2+} es un nutriente consumido en cantidades muy variadas, en diferentes cultivos (Raij, 1991). Es esencial para mantener la integridad estructural y funcional de las membranas y de la pared celular. En su deficiencia las membranas permiten la fuga del contenido citoplasmático, la composición celular es comprometida y queda afectada la conexión del Ca^{++} con la pectina de la pared celular. El efecto del Ca^{++} es muy diversificado en el crecimiento y en el desarrollo vegetal, pudiendo retrasar la maduración y la senescencia, mejorar la calidad de los frutos (consistencia, vida post cosecha, etc.), alterar la fotosíntesis y otros procesos como la división celular y movimientos citoplasmáticos (Malavolta, 2006). La deficiencia de Ca^{++} puede observarse como quemaduras en el extremo de hojas nuevas, deformación de puntos de crecimiento, reducción de crecimiento, raíz escasa y frutos blandos (esto es perjudicial para la vida de post-cosecha).

Magnesio (Mg^{2+})

Las exigencias de Mg^{2+} por los cultivos son relativamente modestas y una de sus funciones más importantes es ser el elemento central de la molécula de clorofila (Raij, 1991). El Mg^{2+} también es activador de varias enzimas. Casi todas las enzimas fosforilativas dependen de la presencia de Mg^{2+} . Por otro lado, la absorción de H_2PO_4^- es máxima en su presencia y en su ausencia la fijación de CO_2 es inhibida (Malavolta, 2006). La deficiencia de Mg^{2+} puede observarse en hojas viejas como pequeñas manchas púrpura-rojizas entre las nervaduras inicialmente en el margen de los folíolos, extendiéndose hasta la nervadura central, incluso toda la hoja puede tomar esta coloración. Luego aparecen manchas necróticas en los bordes de las hojas (Rodas, 2008).

Azufre (S)

El S participa de dos aminoácidos esenciales, la cistina y la metionina y su deficiencia interrumpe la síntesis de proteínas (Raij, 1991). Los principales aspectos de la formación de la cosecha relacionados con el S son: absorción iónica (membranas), vegetación y fructificación (proteínas y fotosíntesis), formación de aceites, grasas, azúcar y aumento en la fijación biológica de nitrógeno (Malavolta, 2006).

Boro (B)

Hay algunas funciones atribuidas al B, como cambios en algunas reacciones metabólicas y una relación entre la pared celular y la nutrición con este elemento (hasta el 90% del boro de la célula está en su pared). Participa de otras funciones, tales como fotosíntesis y transporte de carbohidratos. Cabe resaltar la absorción y transporte de agua y nutrientes, mayor vegetación, fijación biológica de N, protección contra enfermedades y aumento en la calidad. Marschner (1995) cita que el B tiene un papel importante en el crecimiento del tubo polínico. La deficiencia de B puede observarse en hojas nuevas las cuales se arrugan, se produce amarillamiento internerval, quemaduras en el extremo de los folíolos, reducción del crecimiento y deformación de frutos. Según Malavolta (2006), el B es el rompecabezas de los fisiólogos, pues su papel exacto en el crecimiento es todavía materia para discusión.

Cobre (Cu)

Las principales funciones del Cu en las plantas son la enzimática y de estructura. El Cu participa de varios procesos vitales a la planta, como fotosíntesis, respiración, regulación hormonal, fijación de nitrógeno (efecto indirecto) y metabolismo de compuestos secundarios. Los papeles principales del Cu en el proceso de formación de la cosecha son el crecimiento y la producción, resistencia a enfermedades, estructura del grano de polen y maduración uniforme (Malavolta, 2006).

Hierro (Fe)

El Fe es un importante constituyente o activador de enzimas y posee también función estructural y participa de importantes procesos, entre los cuales están la fotosíntesis, respiración, la fijación biológica de nitrógeno, asimilación de nitrógeno y azufre, síntesis de lignina y suberina y metabolismo de auxina (Malavolta, 2006). La deficiencia de Fe puede observarse como un amarillamiento internerval en hojas nuevas, las venas permanecen verdes al inicio, luego la hoja se torna de color blanquecino abarcando también las venas y en estados avanzados se producen quemaduras del borde de los folíolos.

Manganeso (Mn)

El Mn es activador de diversas enzimas y participa de síntesis (carbohidratos, grasas, proteínas, productos secundarios), entre otros procesos, tales como, absorción iónica, fotosíntesis, respiración, control hormonal y resistencia a enfermedades (E. Molina, 1993).

Zinc (Zn)

El Zn, además de presentar función estructural, es constituyente o activador de enzimas, participa en el proceso de la fotosíntesis, respiración, síntesis de proteínas y almidón, en el control hormonal y resistencia a enfermedades (Malavolta, 2006). La deficiencia de Zn puede observarse como un amarillamiento internerval en hojas nuevas, reducción crecimiento, peso y tamaño de los frutos.

Encalado

La frutilla es especialmente exigente en cuanto a las condiciones físicas y químicas del suelo. Se adapta mejor a suelos de textura media, con alta fertilidad y contenido adecuado de materia orgánica. El rango de pH 5,3 a 6,2 es el más favorable (Filgueira, 2003). Childers (2003) sugiere que el pH ideal para la frutilla debe permanecer en torno a 6,0. Si es necesario el encalado, se debe elevar la saturación por bases al 70%, utilizando calcáreo dolomítico, de preferencia, y sólo cuando la saturación indicada en el análisis sea inferior al 60%, o el pH sea menor que 5,2. El encalado es importante, sin embargo, según Filgueira (2003) aplicado en exceso puede reducir el tamaño de plantas y frutos. Según Ronque (1998), la corrección del suelo es una práctica indispensable (en los casos citados anteriormente) en la explotación racional del cultivo de frutilla, debido a las exigencias del cultivo en términos de condiciones del suelo y de eficiencia de los fertilizantes. El encalado adecuado es una de las prácticas que más proporciona beneficios, siendo una combinación favorable de varios efectos,

entre los cuales se destacan: elevación del pH; suministro de Ca y Mg; disminución o eliminación de los efectos tóxicos del Al, Mn y Fe; disminución de la fijación de P; aumento de la disponibilidad de N, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, S y MO en el suelo y aumento de la actividad microbiana.

Salinidad

Una de las restricciones claves para la producción de frutilla es el alto nivel de salinidad, que a menudo se encuentra en suelos en regiones áridas y semiáridas y en agua de riego. La selección de cultivares tolerantes a la salinidad puede ser un enfoque eficaz para prevenir la reducción de rendimiento y calidad (Niu, Masabni, Sun, Gu, & Wallace, 2015). La alta concentración de sales en el suelo puede interferir en el crecimiento de las plantas en virtud de los efectos osmóticos y de la toxicidad de iones específicos presentes en elevadas cantidades en la solución del suelo (Freire et al., 2003). Las recomendaciones de fertilización para producción invernal de frutilla son generales para los cultivares utilizados y van de: 155-190 N, 0-70 P, 0-140 K, 0-40 Ca y 0-20 Mg, en kg/ha (Esmel et al., 2004; Cadahía López et al., 2005; Tagliavini et al., 2005; Peres et al., 2010). Entre cultivares, existen diferencias en la dinámica de absorción de nutrientes (Tagliavini et al., 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El estudio se llevó a cabo en la provincia de Corrientes, Argentina, en los departamentos de Bella Vista, Corrientes Capital y San Cosme.



Figura 3. Regiones de estudio donde se llevó a cabo la toma de muestras.

Variedades: características generales, implantación y procedencia

Los lotes evaluados fueron implantados con las variedades “Camino Real”, “Earlibrite”, “Fronteras”, “Petaluma” y “Benicia”. La implantación se realizó a partir de la segunda quincena del mes de abril hasta los primeros días del mes de mayo del año 2019. Los plantines utilizados por los distintos establecimientos fueron obtenidos a partir de plantas madres cultivadas y propagadas en el sur y en el oeste del país, más precisamente en las provincias de Chubut, Neuquén y Mendoza.

Cuadro 1. Características generales de las variedades utilizadas en los establecimientos muestreados.

Variedad	Precocidad	Fotoperiodo	Aspecto General
Camino Real	Tardía	Días cortos	Plantas pequeñas y compactas
Earlibrite	Temprana	Días cortos	Plantas de vigor medio
Fronteras	Intermedia	Días cortos	Plantas grandes y vigorosas
Petaluma	Intermedia	Días cortos	Plantas moderadamente vigorosa
Benicia	Temprana	Días cortos	Plantas de vigor medio

Marco de plantación y densidad

El marco de plantación utilizado generalmente es de tipo “tres bolillos”, con dos hileras de plantas en cada camellón, con un distanciamiento entre plantas de 32 cm y entre hileras de 25 cm, lo cual representa una densidad aproximada de 55.000 plantas/ha.

Manejo del cultivo

Se consideraron un total de 11 establecimientos distribuidos en los departamentos nombrados anteriormente (Figura 3) y en cada uno de ellos se tomaron muestras de suelo para cada variedad/lote cultivado. Para caracterizar el manejo utilizado en cada uno de los establecimientos muestreados se realizó un relevamiento detallado de los cultivos y prácticas agronómicas realizadas por cada productor (Cuadro 2).

Cuadro 2. Manejo del cultivo de frutilla realizado por los productores (en la campaña que se realizó el muestreo) de los establecimientos muestreados en Corrientes.

Productor N°	Fertilizantes utilizados	Cantidad (kg/ha/año)	Cultivo antecesor	Comentarios
1**	Superfosfato triple de calcio ¹	400	Trigo/sorgo	Lotes con cultivos hortícolas hace más de 10 años.
	K ₂ SO ₄ -2MgSO ₄ ²	500		
	CaSO ₄	1000		
	Cama de pollo ³	12000		
2	Superfosfato triple de calcio	250	Frutilla	Lotes con 5 años de frutilla. Casualmente se implantan pasturas.
	Estiercol vacuno ⁴	25000		
3	Superfosfato triple de calcio	250	Pastura natural y ganadería	El lote poseía frutilla 5 años atrás. Casualmente se implantan pasturas.
	Ca(NO ₃) ₂ ⁵	25		
	K ₂ SO ₄ ⁶	25		
	Estiercol vacuno	25000		
4	Estiercol vacuno		Frutilla	Abonado mediante el encierre de ganado en los lotes destinados al cultivo de frutilla (no se cuenta con la información de la cantidad de estiércol/ha). En años anteriores el lote poseía pastura natural combinada con ganadería.
	Superfosfato triple de calcio	250		
	Fosfato diamónico ⁷	150		
5	Estiercol vacuno	42000	Pastura natural y ganadería	El fosfato diamónico lo aplica solo en el líneo. No realiza desinfección de suelo.

	Fosfato diamónico	300		
	Nutrire Plus	14		
	Medra	20		
6	Fosfato diamónico	400	Frutilla	Rotación con cultivos de hoja (acelga, lechuga, achicoria, etc).
	Ca(OH) ₂	200		
7	Cloruro de potasio ⁸	515	Frutilla	Aplicó cama de pollo a razón de 10 baldes de 20 L por lomo. Frutilla sobre frutilla todos los años, no desarma los lomos.
	Superfosfato triple de calcio	260		
	Cama de pollo			
8	Cama de pollo	8000	Frutilla	Lote con 4 años de frutilla, no desarma los lomos. Anteriormente cultivado con sandia, zapallito, etc.
	Superfosfato triple de calcio	400		
	K ₂ SO ₄ -2MgSO ₄	600		
9	Cama de pollo	8000	Frutilla	Alguna vez, los lotes se destinaron para cultivos de hoja (lechuga, acelga, etc).
	Superfosfato triple de calcio	400		
	K ₂ SO ₄ -2MgSO ₄	600		
10	Macro Sorb	9	Pastura natural y ganadería	No realiza desinfección de suelo, fertilización de base ni abonado con estiércol de ningún tipo.
	Yogen N°3	18		

Índices salinos*: 1=10; 2=22; 5=61; 6=46; 7=34; 8=116

CE (dS/m): 3=2,3; 4=2

*Los números citados para los índices salinos y CE (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8) hacen referencia a los fertilizantes utilizados por los productores.

*El índice de salinidad de un fertilizante es la relación del aumento de la presión osmótica de la solución del suelo, producida por un fertilizante, y la producida por la misma cantidad de nitrato de sodio, basado en 100.

**El productor N°1 cuenta con dos establecimientos.

Metodología de muestreo

Las muestras compuestas de suelo se obtuvieron a partir de 50 muestras simples (piques), las cuales fueron extraídas por medio de barreno y mezcladas para luego ser cuarteadas con el objetivo de obtener una muestra compuesta para cada lote/variedad de aproximadamente 1 kg. Esta cantidad de submuestras es la recomendada por Torres Duggan (2020) principalmente si entre las variables a analizar se encuentra el P, debido a la gran variabilidad espacial que este nutriente presenta. Las muestras compuestas obtenidas posteriores al proceso de cuarteo fueron colocadas en bolsas plásticas con sus correspondientes etiquetas de identidad. Los piques fueron realizados de 0-20 cm de profundidad, recolectadas del camellón entre planta y planta y al azar, siguiendo un muestreo en zig-zag como se puede observar en la figura 4.

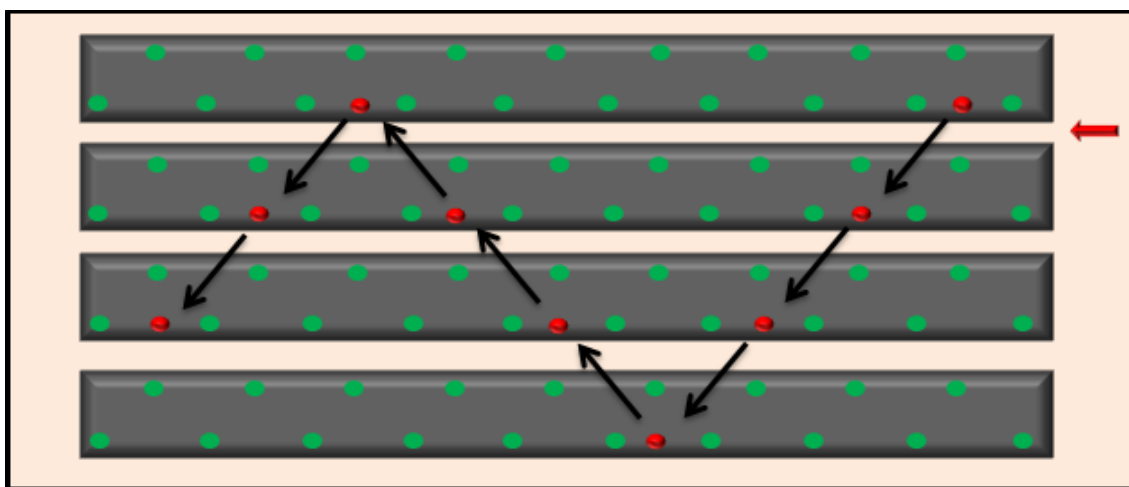


Figura 4. Metodología de muestreo en zig-zag empleada para la toma de muestras de suelo (círculos en verde corresponden a plantas y círculos en rojo a piques tomados para obtener la muestra compuesta de suelo).

Procesamiento de muestras y parámetros a evaluar

Las muestras de suelo fueron llevadas al Laboratorio de la Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos de la FCA-UNNE, donde fueron puestas a secar sobre papel diario a temperatura ambiente durante una semana aproximadamente. Posterior al secado, se procedió a la molienda y al tamizado de las mismas, utilizando tamices Nº10 con un distanciamiento entre mallas de 2 mm. Las muestras obtenidas posterior al proceso de molienda y tamizado fueron colocadas en bolsas plásticas con sus respectivas etiquetas para luego ser sometidas a análisis de rutina: CE, pH, MO, nitrógeno total (N_t), P, K^+ , Ca^{2+} , magnesio (Mg^{2+}), relaciones nutricionales (Ca^{2+}/Mg^{2+} ; K^+/Mg^{2+} , $Ca^{2+}+Mg^{2+}/K^+$) y sodio (Na^+) intercambiable.

Interpretaciones de los análisis de suelos realizados

La interpretación de los diferentes parámetros analizados fue realizada en base a diversas fuentes consultadas. En el ANEXO I fueron agrupados los cuadros con todos los valores de referencia para la interpretación de análisis de suelos destinados a la producción de frutilla en Corrientes, con el objetivo de facilitar una guía para técnicos y productores que ayude al diagnóstico de la fertilidad de suelos destinados a este

cultivo. A continuación, se detallan los valores que deben ser considerados para la interpretación de cada variable del suelo y las fuentes a partir de las cuales fueron obtenidos:

CE

Según Kirschbaum et al, 2008 la CE del suelo no debe ser superior a 0,9-1 dS/m.

Por su parte, Larson (1994) destaca el valor de 1 dS/m como límite por encima del cual la producción comienza a ser comprometida. A partir de estas referencias, se decidió adoptar la siguiente clasificación:

Cuadro 3. Categorías de interpretación de CE en pasta saturada (dS/m) para el cultivo de frutilla en suelos arenosos.

< 0,9	Adecuado
≥ 0,9 y < 1,0	Próximo al límite
≥ 1,0	Superior al límite

Fuentes: Larson, 1994; Kirschbaum et al, 2008.

pH

Según Haifa Group¹, 2020 (<https://www.haifa-group.com/crop-guide/vegetables/strawberry-fertilizer/crop-guide-strawberry-1>) para el cultivo de frutilla en suelos arenosos lo ideal es un pH próximo de 6,5 y en general, sin distinción de clases texturales, entre 5,3 - 6,5.

Kirschbaum et al. (2008) recomiendan valores de 6,0 - 6,5 como pH ideal para frutilla.

A su vez, en un material facilitado por el Ing. Agr. (Dr.) Kirschbaum Santiago (comunicación personal) menciona como pH del suelo muy satisfactorio para frutilla, valores entre 5,5 - 6,5.

A partir de estas 3 referencias se decidió adoptar la siguiente clasificación:

Cuadro 4. Categorías de interpretación de pH en agua (1:2,5) para el cultivo de frutilla en suelos arenosos.

< 5,5	Bajo
5,5 - 6,0	Adecuado
>6,0 - ≤6,5	Optimo
>6,5	Alto

Fuentes: Haifa Group (2020); Kirschbaum et al. (2008); Kirschbaum (comunicación personal).

¹ Haifa Group es una corporación multinacional y un proveedor líder mundial de nutrición vegetal de especialidad con sede en Israel. Desarrolla, produce y suministra una amplia gama de fertilizantes especiales utilizados en cultivos de alto valor en más de 100 países a través de 16 filiales repartidas por todo el mundo.

MO

Como en Corrientes se cultiva frutilla en suelos arenosos, se optó por colocar únicamente los valores de referencia para interpretar contenido de MO para esta clase textural de suelos según Melgar & Díaz-Zorita, 2008.

Cuadro 5. Categorías de interpretación de MO (%) para el cultivo de frutilla en suelos arenosos.

<1	Muy Bajo
1 – 2	Bajo
2 – 3,5	Medio
>3,5	Alto

Fuente: Melgar & Díaz-Zorita (2008).

N total

Hecho con base en la interpretación de rangos de valores para todo tipo de suelos. Este parámetro fue estimado a partir de los valores de MO, razón por la cual representa un valor de N teórico.

Cuadro 6. Categorías de interpretación de N total para todo tipo de suelos.

<0,040	Muy Pobremente Provisto
0,041 – 0,070	Pobremente Provisto
0,071 – 0,130	Medianamente Provisto
0,131 – 0,210	Bien Provisto
>0,210	Muy Bien Provisto

Fuente: Morales (comunicación personal)

P Bray-1

Considerando como nivel crítico para frutilla el valor de 30 ppm (P Bray-1), recomendado en el material brindado por Kirschbaum (comunicación personal), se definieron las siguientes categorías de interpretación:

Cuadro 7. Categorías de interpretación de P Bray-1 (ppm) para el cultivo de frutilla en suelos arenosos.

< 10,1	Muy Bajo
10,1 – 20	Bajo
20,1 – 30	Medio
30,1 – 40	Medio Alto
> 40,1	Alto

Fuente: Kirschbaum (comunicación personal).

K⁺

En Corrientes se cultiva frutilla en suelos arenosos, considerando que estos suelos tienen una CIC en el rango de 5 - 10 cmol_c/kg, se recomienda utilizar los valores de referencia de K⁺ (ppm) para suelos con este rango de CIC según Melgar & Díaz-Zorita, 2008.

Cuadro 8. Categorías de interpretación de K^+ (ppm) para el cultivo de frutilla en suelos arenosos.

	Rangos de CIC (meq/100 g ó cmol _c /kg)			
	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15
	ppm ó mg/kg de K^+			
Bajo	< 60	< 80	< 120	< 160
Medio	60 - 120	80 - 160	120 - 250	160 - 300
Alto	> 120	> 160	> 250	> 300

Fuente: Melgar & Díaz-Zorita (2008).

Observación: K^+ extraído con acetato de amonio 1N a pH 7. Para pasar estos valores a cmol_c/kg dividir por 391. Recordar que para los suelos arenosos de Corrientes utilizar la columna de 5 – 10 cmol_c/kg.

Ca^{2+}

Según Bundy (2004), citado por Vázquez y Pagani (2015) los niveles óptimos de Ca^{2+} (ppm) para suelos arenosos entre 400 y 600 ppm (2 – 4 cmol_c/kg). A partir de estos valores se definieron las siguientes categorías de interpretación.

Cuadro 9. Categorías de interpretación de Ca^{2+} (ppm) para el cultivo de frutilla en suelos arenosos.

<400	Bajo
400 – 600	Medio
>600	Alto

Fuente: Bundy (2004) citado por Vázquez y Pagani (2015).

Observación: Ca^{2+} extraído con acetato de amonio 1N a pH 7. Para pasar estos valores a cmol_c/kg dividir por 200.

Mg^{2+}

Siguiendo la misma lógica explicada para K^+ , se recomienda utilizar la columna correspondiente al rango de CIC de 5 – 10 cmol_c/kg, del cuadro 10, para la interpretación de Mg^{2+} en suelos arenosos de Corrientes donde se produce frutilla.

Cuadro 10. Categorías de interpretación de Mg^{2+} (ppm) para el cultivo de frutilla en suelos arenosos.

	Rangos de CIC (meq/100 g ó cmol _c /kg)			
	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15
	ppm ó mg/kg de Mg^{++}			
Bajo	< 50	< 100	< 125	< 150
Medio	50 - 75	100 - 125	125 - 150	150 - 200
Alto	> 75	> 125	> 150	> 200

Fuente: Melgar & Díaz-Zorita (2008).

Observación: Mg^{2+} extraído con acetato de amonio 1N a pH 7. Para pasar estos valores a cmol_c/kg dividir por 121.



Hecho con base en la interpretación de relaciones nutricionales para todo tipo de suelos.

Cuadro 11. Categorías de interpretación de la relación nutricional $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/\text{K}^{+}$.

< 7 - 11/1	Bajo
7 - 11/1	Óptimo
> 7 - 11/1	Alto

Fuente: Vázquez & Pagani (2015).



Hecho con base en la interpretación de relaciones nutricionales para todo tipo de suelos.

Cuadro 12. Categorías de interpretación de la relación nutricional $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$.

< 3 - 15/1	Bajo
3 - 15/1	Óptimo
> 3 - 15/1	Alto

Fuente: Vázquez & Pagani (2015).



Hecho con base en la interpretación de relaciones nutricionales para todo tipo de suelos.

Cuadro 13. Categorías de interpretación de la relación nutricional $\text{K}^{+}/\text{Mg}^{2+}$.

< 0,8 - 1,6/1	Bajo
0,8 - 1,6/1	Óptimo
> 0,8 - 1,6/1	Alto

Fuente: Vázquez & Pagani (2015).



Según el boletín del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) de Chile, el Na^{+} intercambiable en suelos franco arenosos en el cultivo de frutilla debe ser menor a 0,3 cmol/kg.

Cuadro 14. Interpretación de Na^{+} (cmol/kg) para el cultivo de frutilla.

<0,3	Adecuado
≥0,3	Alto

Fuente: Morales, C. (2017). Boletín INIA N°17.

Distribución de los valores obtenidos para las variables en estudio

Los resultados obtenidos para las distintas variables determinadas en los análisis de suelos fueron analizados mediante estadística descriptiva, teniendo en cuenta la distribución de los mismos. Para ello se utilizaron gráficos de tipo “Box Plot” creados con el software “InfoStat” versión 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018). Estos gráficos expresan valores máximos y mínimos, percentiles (25 y 75), mediana, valor promedio y atípico de cada parámetro considerado en este trabajo. Esto nos permite organizar y describir al conjunto de datos obtenidos con el propósito de facilitar su uso y lectura.

Comparación de fertilidades originales y actuales

Se analizó la variación de algunos parámetros del suelo como ser pH, MO, N total, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ , las cuales fueron variando a través del tiempo y con las diferentes prácticas de manejo utilizadas por cada productor en su establecimiento. Esta variación pudo corroborarse mediante la comparación de fertilidades originales y actuales. Las primeras fueron obtenidas de cartas del suelo proporcionadas por Visor GeoINTA (escala 1:500.000), y las segundas obtenidas a partir de la toma de muestras de suelo y análisis de la mismas como parte del presente trabajo. Los establecimientos muestreados abarcan cuatro series de suelos (Desmochado, Carolina, Batará y Ensenada Grande).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Interpretaciones de los análisis de suelos realizados

CE

El 60% de los lotes evaluados presentaron niveles superiores al límite, el 16% niveles próximos al límite y el 24% niveles adecuados de CE (Figura 5). Las plantas de frutilla expuestas a valores altos de salinidad responden con una reducción en el crecimiento vegetativo expresado en términos de peso fresco y seco de la planta, número de estolones, área foliar, altura de planta, longitud de la raíz principal y número de hojas, además reducen el contenido de ácidos orgánicos en los frutos. Sin embargo, la respuesta de las plantas de frutilla al efecto de la salinidad es una consecuencia de la tolerancia de los diferentes cultivares (Kepenek et al., 2000). Enmiendas orgánicas utilizados en los establecimientos muestreados como por ejemplo “cama de pollo” y “estiércol vacuno” presentan CE de 2,3 y 2 dS/m respectivamente (Barbazan et al, 2011). Fertilizantes inorgánicos también utilizados por diferentes productores, como “SPT de Ca”, “ $K_2SO_4-2MgSO_4$ ”, “ $Ca(NO_3)_2$ ”, “ K_2SO_4 ”, “FDA”, “KCl” presentan índices salinos de 10, 22, 61, 46, 34, 116 respectivamente (Haun, 2014; Borges, 2011). Los niveles altos encontrados en más de la mitad de las muestras analizadas pueden deberse al uso de estos fertilizantes y enmiendas.

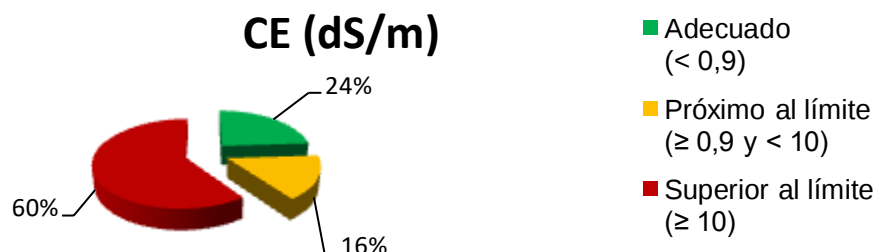


Figura 5. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles superiores al límite, próximos al límite y adecuados de CE (entre paréntesis el rango de valores encontrado en cada categoría).

pH

El 52% de los lotes muestreados presentaron niveles bajos, el 40% presentaron niveles óptimos y el 8% presentaron niveles altos de pH (Figura 6). La absorción de nutrientes podría verse afectada en aquellos lotes con niveles altos y bajos de este parámetro, siendo que la mayoría de los elementos requeridos por el cultivo de frutilla se encuentran más disponibles en rangos de pH de 5,3 - 6,2 (Filgueira, 2003). Según Scarlato (2017), el pH del suelo fue la primera variable explicativa de la variabilidad en brechas de rendimiento relativo de los cultivos con alta cobertura de suelo.

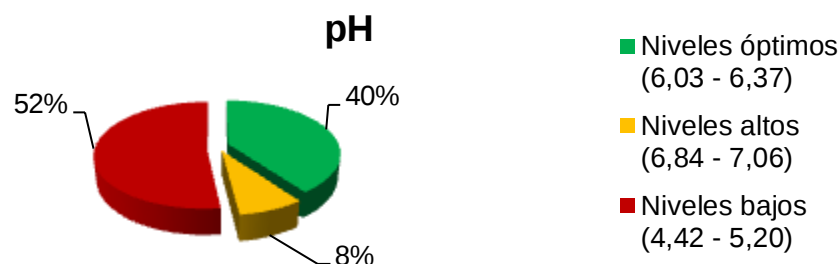


Figura 6. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles óptimos, altos y bajos de pH (entre paréntesis el rango de valores encontrado en cada categoría).

MO

El 92% de los lotes muestreados presentan contenidos muy bajos y el 8% presenta contenidos bajos de MO y ninguno con contenidos medios ni altos de MO (Figura 7). Un suelo sin materia orgánica carece de energía, buena estructuración, presencia de cargas negativas dependientes de pH y actividad microbiana, que juntos le imparten al suelo la dinámica de un proceso físico, químico y biológico (Trinidad-Santos et al., 2016). El cultivo de frutilla en Corrientes se caracteriza, en su mayoría, por la implementación de labranza de tipo convencional en suelos arenosos. La mayor mineralización bajo labranza convencional sería consecuencia de la exposición al oxígeno de microagregados del suelo y de los microorganismos por acción de las labranzas. Posteriormente, este efecto desaparecería, ya que después de algunos años bajo este tipo de labranza, quedarían en el suelo las fracciones de MO más recalcitrantes y difíciles de mineralizar. La intensificación de la agricultura convencional conduce a la degradación y reducción de la fertilidad de los suelos (Videla et al., 2005). La inclusión de pasturas en la rotación recompone las propiedades del suelo afectadas por los cultivos, produciendo un incremento en los componentes orgánicos del suelo debido a la gran producción aérea y de biomasa de raíces, al aumento en la biomasa microbiana y a la intensa producción de agentes cementantes que favorecen la estructuración (Haynes et al., 1991). Con base en lo mencionado anteriormente sería aconsejable incorporar más pasturas en las rotaciones de cultivos.

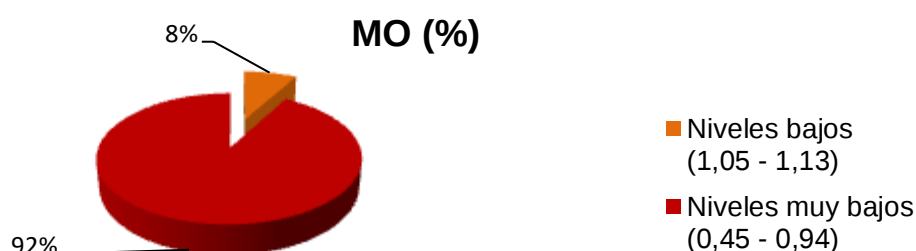


Figura 7. Porcentaje de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles bajos y muy bajos de MO (entre paréntesis el rango de valores encontrado en cada categoría).

N total (N_t)

El 76% de los lotes muestreados están muy pobremente provistos y el 24% está pobremente provisto de N total (Figura 8). Este parámetro guarda relación directa con

el contenido de MO debido a que es estimado a partir de la misma, teniendo en cuenta que corresponde al 5% de esta última.

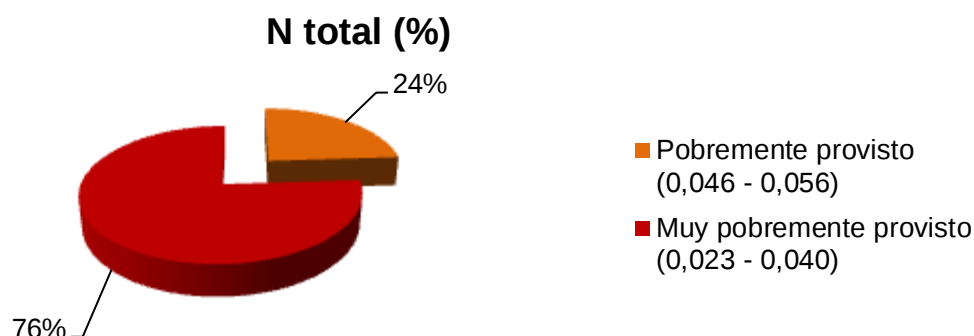


Figura 8. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes pobremente provistos y muy pobremente provistos de N total (entre paréntesis el rango de valores encontrado en cada categoría).

P

El 48% de los lotes muestreados presentaron niveles altos, el 20% niveles medio altos, el 16% niveles medios, el 4% niveles bajos y el 12% niveles muy bajos de P (Figura 9). Contrario a lo que se esperaría en relación a valores de P Bray 1 para suelos arenosos de Corrientes, el 88 % de los lotes muestreados presentaron valores por encima de 14 ppm. Los niveles altos de este parámetro se observaron generalmente en lotes donde los productores aplican grandes cantidades de enmiendas orgánicas como ser cama de pollo (como puede observarse en los lotes 1, 2, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 18, 19, 20 y 21 correspondiente al cuadro 1 del anexo II). Cabe destacar que la cama de pollo contiene aproximadamente 13,4 g P/kg de acuerdo a Barbazán et al. (2011). Además el uso de fertilizantes inorgánicos con altos contenidos de este elemento (como por ejemplo “SPT de Ca^{2+} ” con 48% de P_2O_5 y “FDA” con 46% de P_2O_5) favorecen al incremento en los niveles de este parámetro.

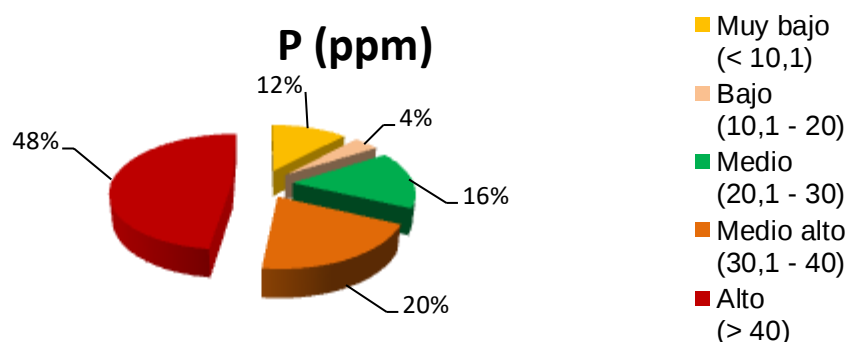


Figura 9. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles altos, medio altos, medios, bajos y muy bajos de P (entre paréntesis el rango de valores encontrado en cada categoría).

K+

El 56% de los lotes muestreados presentan niveles medios, el 20% niveles bajos y el 24% niveles altos de K^+ (Figura 10). Este elemento es de vital importancia en algunos

parámetros de calidad del fruto como el color, sabor y aroma (Joiner et al., 1983). Niveles medios de este parámetro pueden observarse en los lotes 1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 22, 23 y 24 correspondiente al cuadro 1 del anexo II. Dichos lotes realizan fertilizaciones con productos orgánicos e inorgánicos que contienen el elemento en cuestión dentro de su composición química (como por ejemplo “K₂SO₄” con 51% de K₂O, “KCl” con 60% de K₂O, “K₂SO₄-2MgSO₄” con 22% de K₂O y “cama de pollo” con 9.3 gramos de K⁺ por cada kilogramo de fertilizante aplicado).

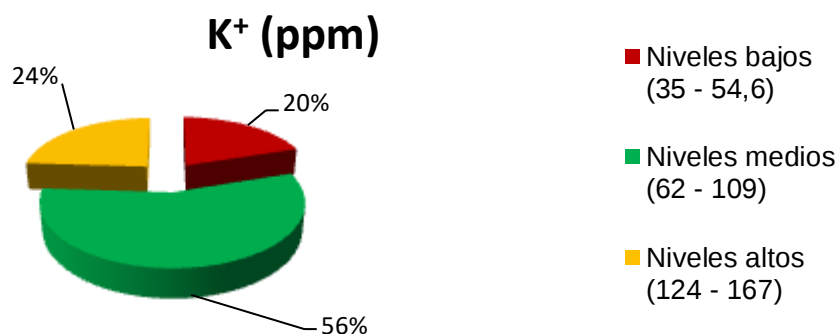


Figura 10. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles altos, medios y bajos de K⁺ (entre paréntesis el rango de valores encontrado en cada categoría).

Ca²⁺

El 68% de los lotes muestreados presentan niveles bajos, el 20% niveles medios y el 12% niveles altos de Ca⁺⁺ (Figura 11). Este nutriente es esencial para mantener la integridad estructural y funcional de las membranas y de la pared celular. En su deficiencia las membranas permiten la fuga del contenido citoplasmático y la composición celular es comprometida. El efecto del Ca es muy diversificado en el crecimiento y en el desarrollo vegetal, pudiendo retrasar la maduración y la senescencia, mejorar la calidad de los frutos (consistencia, vida post-cosecha, etc.), alterar la fotosíntesis y otros procesos como la división celular y movimientos citoplasmáticos (Malavolta, 2006). Los lotes que presentaron contenidos bajos de Ca²⁺ no incluyen fertilizaciones cálcicas en su plan de manejo (lotes 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 22, 23, 24 y 25 correspondiente al cuadro 1 del anexo II). Si bien algunos establecimientos hacen uso de fertilizantes con Ca, por lo observado en el presente estudio, no se está aplicando este nutriente en cantidades suficientes.

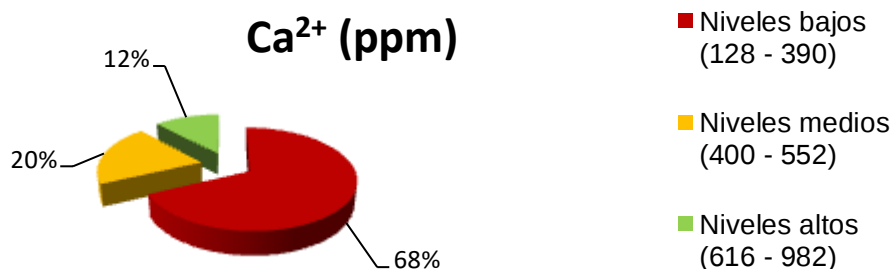


Figura 11. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles bajos,

medios y altos de Ca^{2+} (entre paréntesis el rango de valores encontrado en cada categoría).

Mg^{2+}

El 32% de los lotes muestreados presentaron niveles medios, el 24% niveles bajos y el 44% niveles altos de Mg^{2+} (Figura 12). Las exigencias de Mg por los cultivos son relativamente modestas y una de sus funciones más importantes es ser el elemento central de la molécula de clorofila (Raij, 1991). El Mg también es activador de varias enzimas. Casi todas las enzimas fosforilativas dependen de la presencia de Mg^{2+} . Por otro lado, la absorción de H_2PO_4^- es máxima en su presencia y en su ausencia la fijación de CO_2 es inhibida (Malavolta, 2006).

Los niveles medios y altos pueden estar influenciados por el uso de fertilizantes orgánicos como el estiércol vacuno y cama de pollo que poseen aproximadamente 3 y 3,8 g Mg/kg respectivamente según Barboza et, al. (2011). Estos niveles pueden observarse en los lotes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 25 correspondiente al cuadro 1 del anexo II.

Además, el uso de fertilizantes químicos que en su composición contienen este elemento (por ejemplo $\text{K}_2\text{SO}_4 - 2\text{MgSO}_4$, el cual posee aproximadamente 11% de este elemento) favorecen pueden haber contribuido al incremento de la concentración de este nutriente en el suelo.

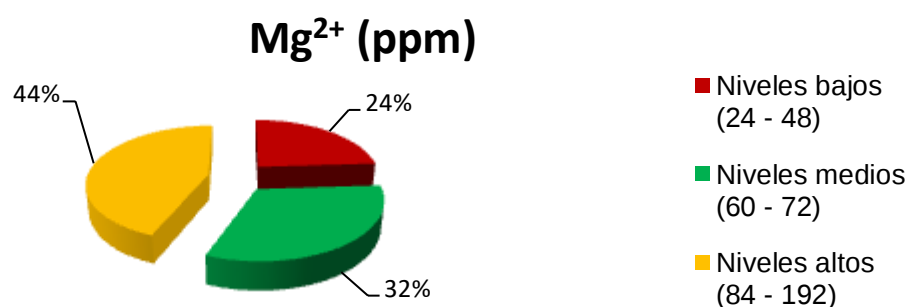


Figura 12. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles bajos, medios y altos de Mg^{2+} (entre paréntesis el rango de valores encontrado en cada categoría).

Interacciones entre cationes intercambiables

Se dice que el complejo de cambio está equilibrado cuando la proporción del mismo se encuentra en los siguientes valores:

Ca: 60 a 70 %; Mg: 10 a 25%; K: 5 a 15% y Na: < 5%

Las alteraciones en estos porcentajes modifican las relaciones entre los nutrientes $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$, $\text{K}^+/\text{Mg}^{2+}$, $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}+\text{K}^+/\text{Na}^+$, y generan algún tipo de interacción como ser antagonismos, bloqueo o inhibición, precipitación mutua y sinergismo (Bonadeo & Moreno, 2017).

En los establecimientos muestreados de productores de Corrientes, las relaciones entre cationes intercambiables tenidas en cuenta fueron las correspondientes con las figuras 13, 14 y 15, arrojando los siguientes valores:

El 60% de los lotes muestreados presentaron niveles adecuados, el 28% presentaron niveles altos y el 12% presentaron niveles bajos de $(Ca^{2+}+Mg^{2+})/K^{+}$. Niveles altos indicarían posible deficiencia relativa del elemento que está en el denominador (K) en relación a los otros elementos.

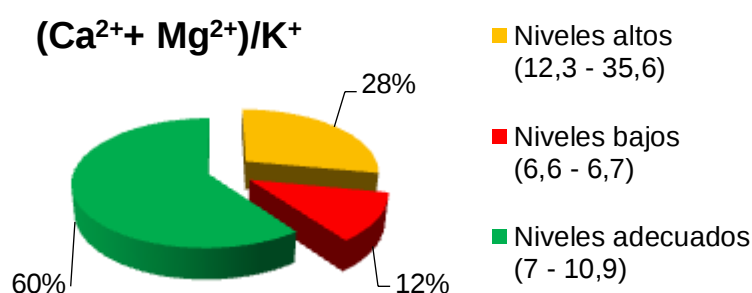


Figura 13. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles altos, bajos y adecuados de $(Ca^{2+} + Mg^{2+})/K^{+}$ (entre paréntesis el rango de valores encontrado en cada categoría).

El 52% de los lotes muestreados presentaron niveles bajos y el 48% presentaron niveles adecuado de Ca^{2+}/Mg^{2+} . Niveles bajos indicarían posible deficiencia relativa del elemento que está en el numerador (Ca) en relación al otro elemento.

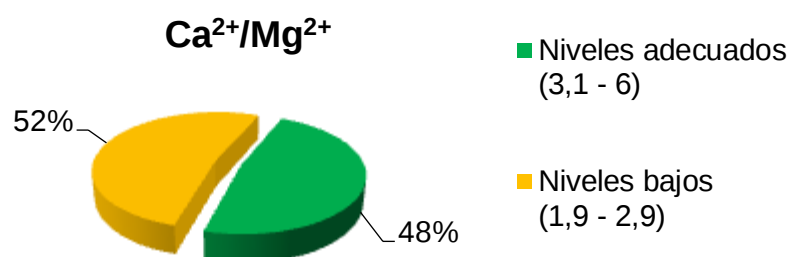


Figura 14. Porcentajes de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles bajos y adecuados de Ca^{2+}/Mg^{2+} (entre paréntesis el rango de valores encontrado en cada categoría).

El 100% de los lotes muestreados presentaron niveles bajos de K^{+}/Mg^{2+} . Niveles bajos indicarían posible deficiencia relativa del elemento que está en el numerador (K) en relación al otro elemento.

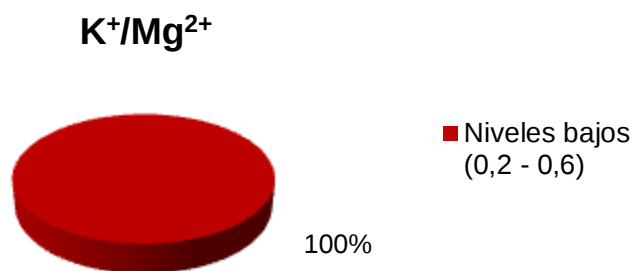


Figura 15. Porcentaje de lotes analizados en Corrientes con niveles bajos de K⁺/Mg²⁺ (entre paréntesis el rango de valores encontrado en cada categoría).

Na⁺

El 100% de los lotes muestreados presentaron niveles altos de Na⁺ (Figura 16). Si los iones de Na están presentes en cantidades excesivas en la solución del suelo, pueden ser tóxicos para las plantas de frutilla. Los iones de Na excesivos derivados de sales con alto contenido de este elemento, presentes en la solución del suelo pueden competir con los iones de Ca por los sitios de unión a la membrana. Esto no solo reduce la absorción de Ca por parte del cultivo, sino que también reduce el transporte y la movilidad del mismo a las regiones de crecimiento dentro de la planta, pudiendo afectar la calidad de los órganos vegetativos y reproductivos. Se producen efectos similares en el contexto de la absorción de K. Se ha demostrado que las deficiencias de K se deben al exceso de Na en numerosos cultivos de hortalizas (Haifa Group). Así, los valores bajos que se encontraron en general para K⁺, las relaciones que indican posibles deficiencias relativas de este elemento en relación a los cationes intercambiables Ca²⁺ y Mg²⁺, así como los elevados niveles de Na⁺ encontrados, pueden estar comprometiendo la absorción de K⁺ por parte de los cultivos de los lotes evaluados.

Los niveles altos de este elemento pueden ser debidos al uso de productos químicos como Metam Sodio, con contenidos de 41 – 52% de Na, utilizado durante el proceso de desinfección de suelo en algunos establecimientos. Las alternativas para desinfección de suelos recomendadas por el INTA (EEA Monte Vera, Santa Fe) son el uso de Metam K⁺, Metam NH₄⁺ y Dicloropropeno + Cloropicrina.

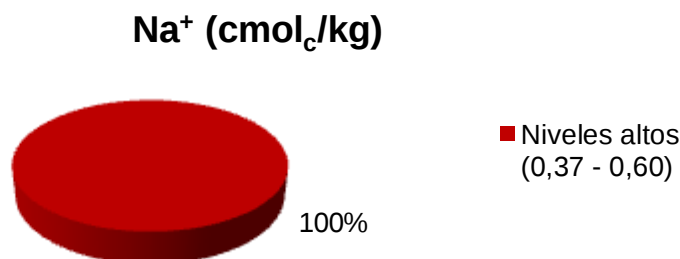


Figura 16. Porcentaje de lotes de frutilla analizados en Corrientes con niveles bajos de Na⁺ (entre paréntesis el rango de valores encontrado en cada categoría).

Distribución de valores de lotes muestreados

CE

El valor mínimo y máximo para la variable CE fueron de 0,50 y 2,25 dS/m respectivamente. Por otro lado, el 50% de los valores se encuentran entre 0,88 – 1,21 dS/m, es decir que la mitad de la población muestreada estuvo entre un 12 % por debajo y un 21 % por encima del valor límite de CE recomendado para el cultivo (Cuadro 3). El 25% se encuentra por debajo o es igual a 0,88 dS/m (valores adecuados), que serían los lotes que se encuentran en mejores condiciones para esta variable. A su vez, el 50% de las muestras analizadas presentaron valores que se encuentran por encima de 1,12 dS/m y el 25% se encuentra por encima de 1,21 dS/m (valores inadecuados) (Figura 17). Los datos se concentran en la parte superior del Q_2 , por lo tanto se puede decir que la distribución de estos dentro de la caja es de tipo asimétrica negativa.

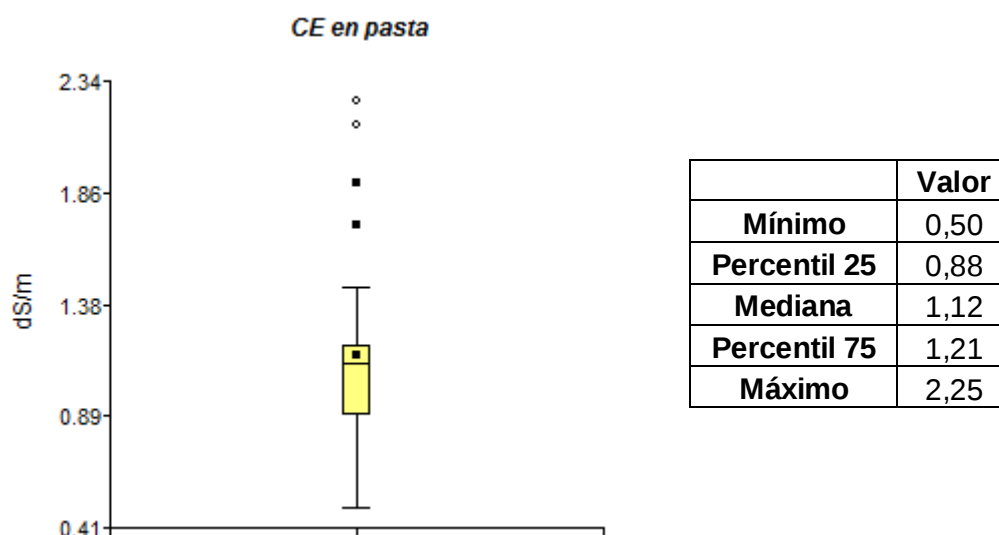


Figura 17. Distribución de valores de CE en lotes muestreados en Corrientes.

pH

El valor mínimo y máximo para la variable pH fueron de 4,42 y 7,06 respectivamente. Por otro lado, el 50% de los valores se encuentra entre 4,93 – 6,16. Así, de las muestras analizadas, el 25% se encuentra por debajo o es igual a 4,93 y el 50% se encuentra por debajo o es igual a 5,2 (valores muy bajos para este cultivo). La mediana (5,2) estuvo por debajo del valor límite inferior de pH considerado como óptimo para el cultivo (5,5) (Figura 18). Por otro lado, el promedio (5,57) se encuentra por encima del valor óptimo para el cultivo. Los datos se encuentran concentrados en la parte inferior del Q_2 , por lo tanto la distribución de estos dentro de la caja es de tipo asimétrica positiva.

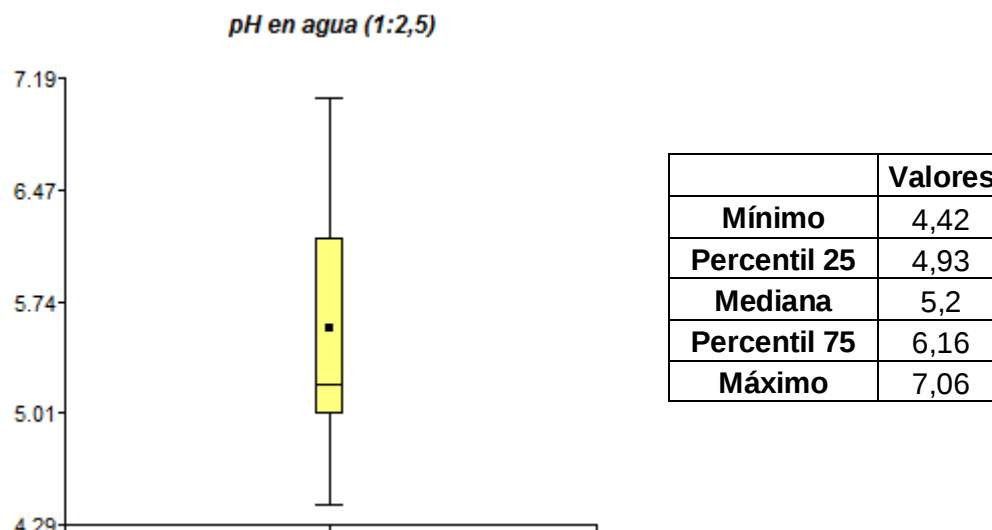


Figura 18. Distribución de valores de pH en lotes muestreados en Corrientes.

MO

El valor mínimo y máximo para la variable MO fueron de 0,45 y 1,13 % respectivamente. Por otro lado, el 50% de los valores se encuentra entre 0,60 – 0,80 %; el 25% se encuentra por debajo o es igual a 0,60%; el 50% se encuentra por debajo o es igual a 0,73% y el 75% se encuentra por debajo o es igual a 0,80%. Los datos se encuentran concentrados en la parte superior del Q₂, por lo tanto la distribución de estos dentro de la caja es de tipo asimétrica negativa (Figura 19).

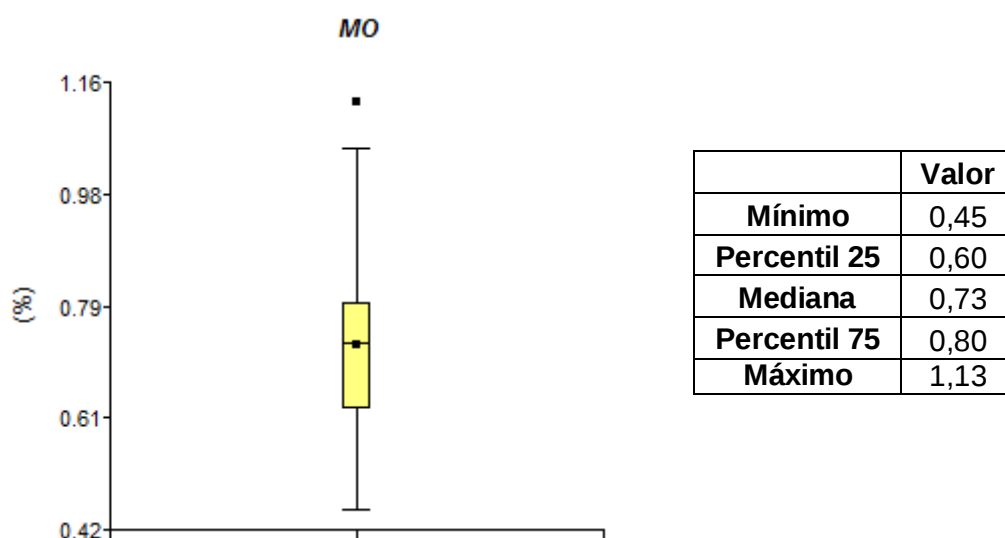


Figura 19. Distribución de valores de MO en lotes muestreados en Corrientes.

N total

El valor mínimo y máximo para la variable N total fueron de 0,0227 y 0,0565 % respectivamente. Por otro lado, el 50% de los valores 0,0302 – 0,0402 %; el 25% se encuentra por debajo o es igual a 0,0302 % y el 25% se encuentra por encima o es

igual a 0,80 %. Los datos se concentran en la parte superior de la mediana, por lo tanto la distribución de estos dentro de la caja es de tipo asimétrica negativa (Figura 20).

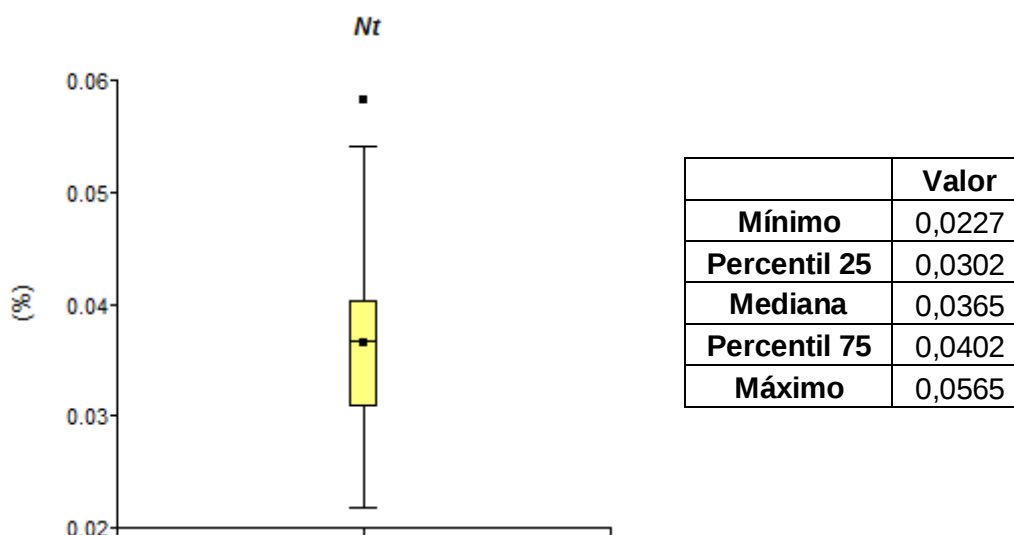


Figura 20. Distribución de valores de N total en lotes muestreados en Corrientes.

P

El valor mínimo y máximo para la variable P fueron de 7,8 y 245,4 ppm respectivamente, realmente una gran amplitud de valores, más aun considerando que son en suelos arenosos. Por otro lado, el 50% de los valores se encuentran entre 29,2 – 130,7 ppm. Teniendo en cuenta que el nivel crítico de P Bray 1 para frutilla es 30 ppm (Kirschbaum, comunicación personal), el 50 % de las muestras analizadas superan ese valor. Esto permite plantear la posibilidad para hacer ensayos con omisión de P en varios de los lotes muestreados para proponer inversiones hacia otros nutrientes que están siendo requeridos en mayor medida que el P (por ejemplo: K y Ca). Además, el 25 % de las muestras analizadas presenta valores que superan en más de 3 veces el límite de 40 ppm considerado para entrar en la categoría alto (Cuadro 7), lo cual quizás esté generando un antagonismo con el Zn. Finalmente, como se observa en la figura 21, los datos se concentran en la parte inferior del Q_2 , por lo tanto, la distribución de estos dentro de la caja es de tipo asimétrica positiva.

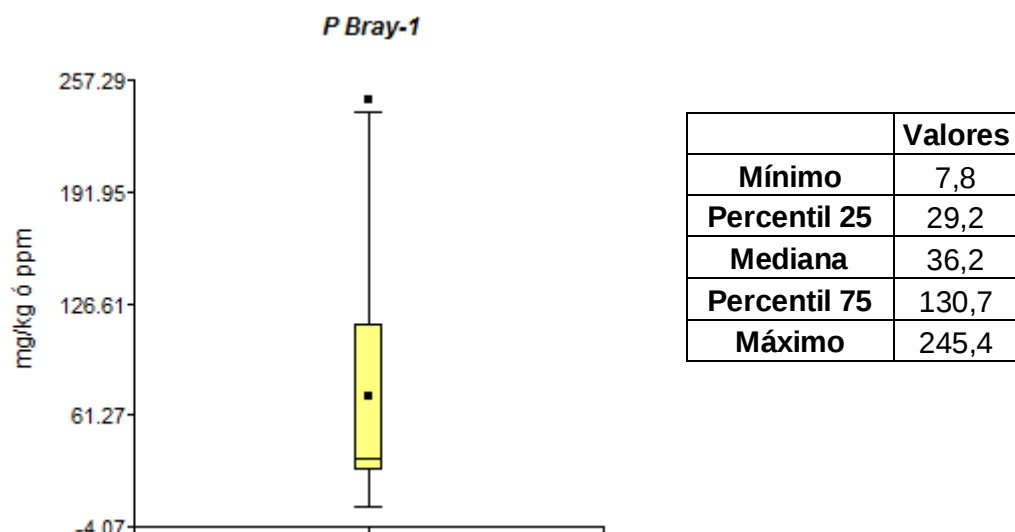


Figura 21. Distribución de valores de P Bray-1 en lotes muestreados en Corrientes.

Ca²⁺ y Mg²⁺

El valor mínimo y máximo para la variable Ca²⁺ fueron de 128 y 982 ppm. El 50% de los valores se encuentran entre 226 – 404 ppm; el 25% de los valores se encuentra por debajo o es igual a 226 ppm; el 50% de los valores se encuentra por debajo o es igual a 322 ppm y el 75% de los valores se encuentra por debajo o es igual a 404 ppm. Por otro lado el valor mínimo y máximo para la variable Mg²⁺ fueron de 24 y 192 ppm. El 50% de los valores se encuentran entre 54 – 90 ppm; el 25% de los valores se encuentra por debajo o es igual a 54 ppm; el 50% se encuentra por debajo o es igual a 72 ppm y el 75% de los valores se encuentra por debajo o es igual a 90 ppm. Los datos se concentran en la parte superior del Q₂ para ambas variables, por lo tanto la distribución de estos dentro de las cajas es de tipo asimétrica positiva (Figura 22).

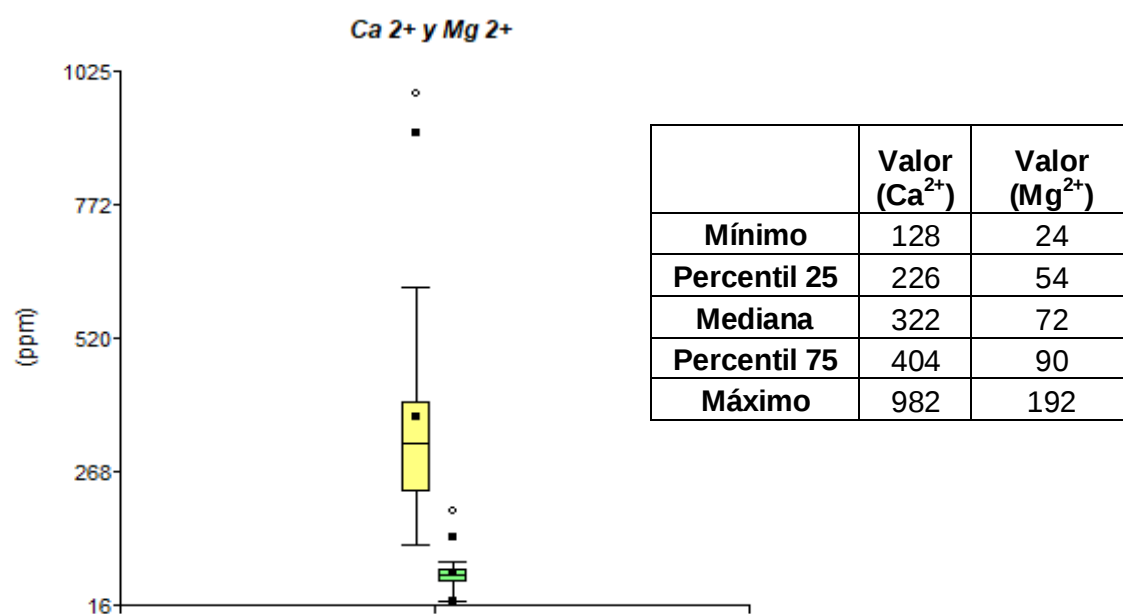


Figura 22. Distribución de valores de Ca^{2+} y Mg^{2+} en lotes muestreados en Corrientes.

K^+

El valor mínimo y máximo para la variable K^+ fue de 35,10 y 167,70 ppm respectivamente. Por otro lado el 50% de los valores se encuentra entre 66,3 – 117 ppm; el 25% se encuentra por debajo o es igual a 66,3 ppm; el 50% se encuentra por debajo o es igual a 93,6 ppm; el 75% se encuentra por debajo o es igual a 117 ppm. Los datos se concentran en la parte superior del Q_2 , por lo tanto la distribución de estos dentro de las cajas es de tipo asimétrica negativa (Figura 23).

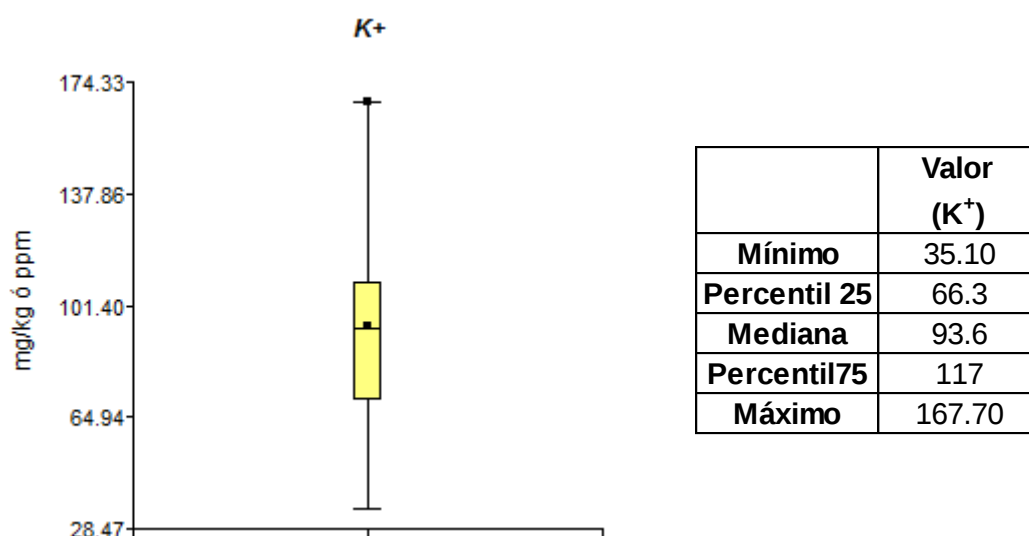


Figura 23. Distribución de valores de K^+ en lotes muestreados en Corrientes.

Na^+

El valor mínimo y máximo para las variable Na^+ fue de 0,37 cmol_e/kg y 0,60 cmol_e/kg respectivamente. Por otro lado el 50% de los valores se encuentra entre 0,39 – 0,47 cmol_e/kg ; el 25% se encuentra por debajo o es igual a 0,39 cmol_e/kg ; el 50% se encuentra por debajo o es igual a 0,43 cmol_e/kg ; el 75% se encuentra por debajo o es igual a 0,47 cmol_e/kg . Los datos se concentran en la parte superior del Q_2 , por lo tanto la distribución de estos dentro de las cajas es de tipo asimétrica negativa (Figura 24).

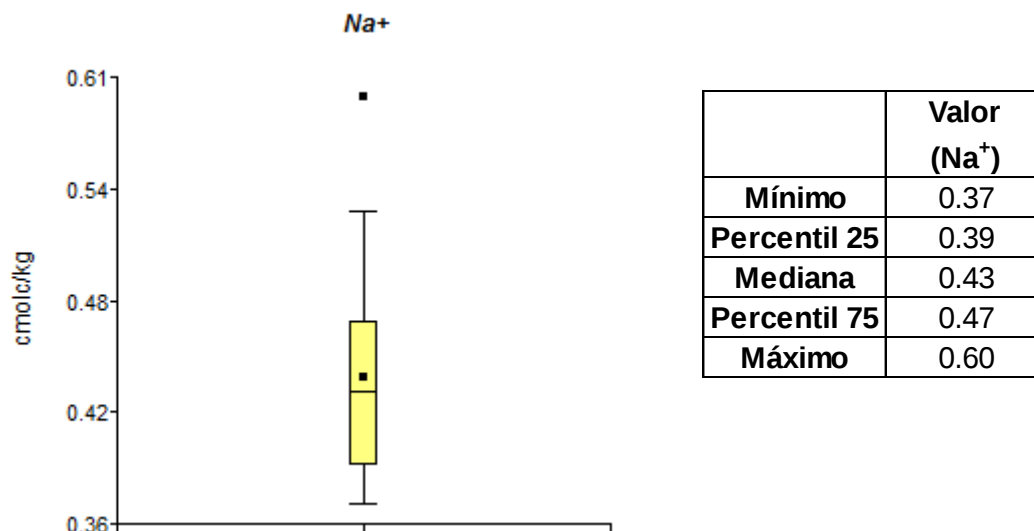


Figura 24. Distribución de valores de Na⁺ en lotes muestreados en Corrientes.

Relaciones entre cationes intercambiables

Los valores mínimos y máximos para la variable $(Ca^{2+} + Mg^{2+})/K^{+}$ fueron de 6,6 y 35,6 respectivamente. Por otro lado el 50% de los valores se encuentra entre 7,39 - 12,57; el 25% se encuentra por debajo o es igual a 7,39; el 50% se encuentra por debajo o es igual a 8,98 y el 75% se encuentra por debajo o es igual a 12,57. Los datos se concentran en la parte inferior del Q₂, por lo tanto se puede decir que la distribución de estos dentro de la caja es de tipo asimétrica positiva (Figura 25).

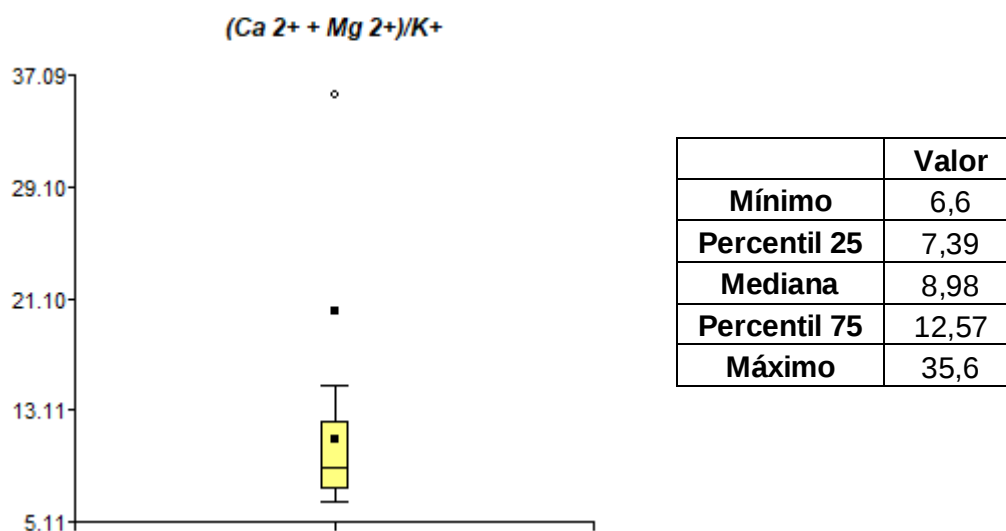


Figura 25. Distribución de valores de $(Ca^{2+} + Mg^{2+})/K^{+}$ en lotes muestreados en Corrientes.

Los valores mínimos y máximos para la variable Ca^{2+}/Mg^{2+} fueron de 1,9 y 6 respectivamente. Por otro lado el 50% de los valores se encuentra entre 2,24 – 3,48; el 25% se encuentra por debajo o es igual a 2,24; el 50% se encuentra por debajo o es igual a 2,87 y el 75% se encuentra por debajo o es igual a 3,48. Los datos se

concentran en la parte inferior del Q_2 , por lo tanto se puede decir que la distribución de estos dentro de la caja es de tipo asimétrica positiva (Figura 26).

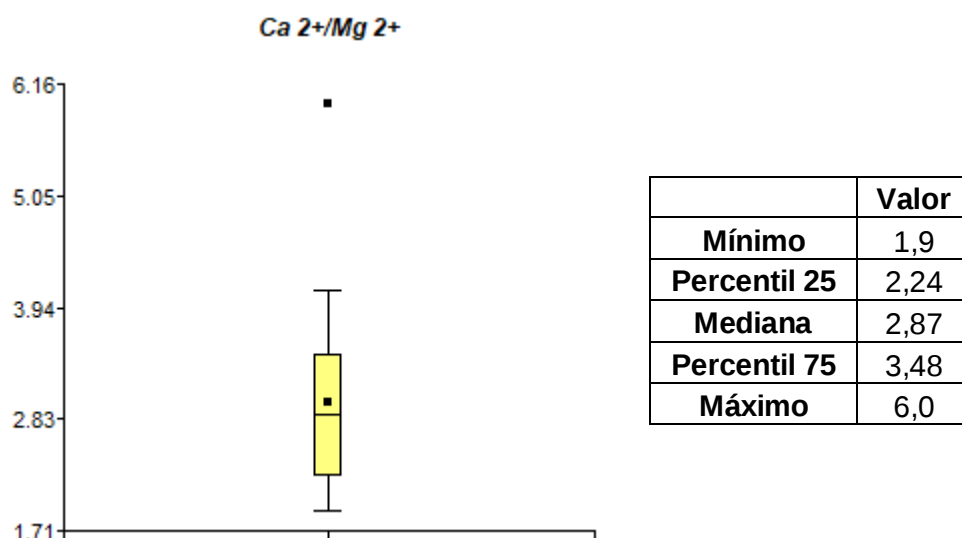


Figura 26. Distribución de valores de Ca^{2+}/Mg^{2+} en lotes muestreados en Corrientes.

Los valores mínimos y máximos para la variable K^+/Mg^{2+} fueron de 0,2 y 0,6 respectivamente. Por otro lado el 50% de los valores se encuentra entre 0,34 – 0,47; el 25% se encuentra por debajo o es igual a 0,34; el 50% se encuentra por debajo o es igual a 0,40 y el 75% se encuentra por debajo o es igual a 0,6. Los datos se encuentran concentrados en la parte inferior del Q_2 , por lo tanto la distribución de estos dentro de la caja es de tipo asimétrica positiva (Figura 27).

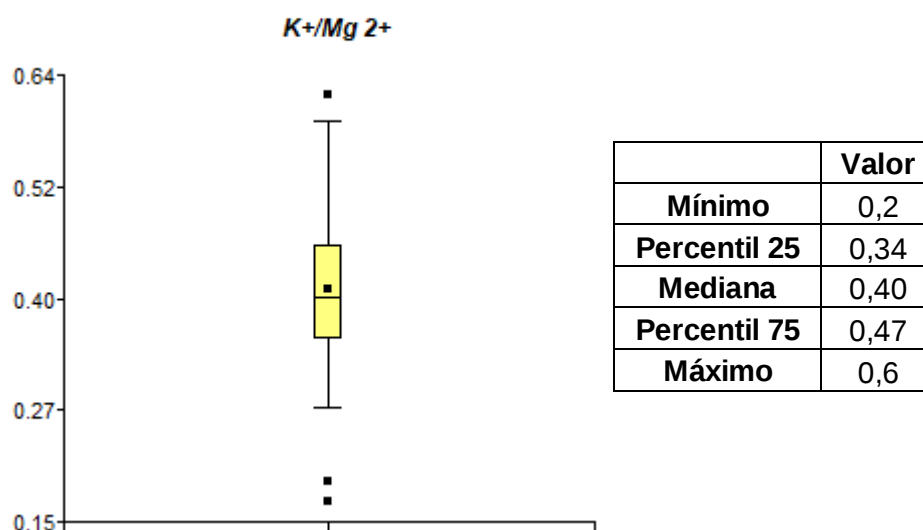


Figura 27. Distribución de valores de K^+/Mg^{2+} en lotes muestreados en Corrientes.

Comparación de fertilidades originales y actuales

Se realizó la comparación entre fertilidades originales (cuadros de series de suelo) y actuales de los 10 productores relevados.

Productor 1 y 9: serie de suelo “Ensenada Grande”.

Cuadro 15. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 1 ubicado en B° Ponce (Corrientes Capital) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Ensenada Grande”.²

PRODUCTOR N°	FERTILIDAD ORIGINAL	VALOR	FERTILIDAD ACTUAL	VALOR	VARIACIÓN
1	pH	7,3	pH	6,37	-0,93
Serie: Ensenada Grande	Materia orgánica (%)	0,24	Materia orgánica (%)	0,56	0,32
	Nitrógeno Total (%)	0,012	Nitrógeno Total (%)	0,028	0,016
	Calcio (cmolc/kg)	0,1	Calcio (cmolc/kg)	1,95	1,85
	Magnesio (cmolc/kg)	0,1	Magnesio (cmolc/kg)	0,78	0,68
	Sodio (cmolc/kg)	0,3	Sodio (cmolc/kg)	0,47	0,17
	Potasio (cmolc/kg)	0,14	Potasio (cmolc/kg)	0,14	0

Se observa una acidificación del suelo, sin embargo el pH aún está dentro de valores óptimos. La MO posee un valor actual que es más de 2 veces el valor original. El Ca^{2+} y el Mg^{2+} se han elevado muchísimo en relación a los valores originales, estando cercanos a valores adecuados para el cultivo; en cuanto que el K^+ se ha mantenido igual a un valor original para esta serie de suelo.

Productor 2: serie de suelo “Carolina”.

Cuadro 16. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 2 localizado en Paraje Desmochado (Bella Vista) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Carolina”.

PRODUCTOR N°	FERTILIDAD ORIGINAL	VALOR	FERTILIDAD ACTUAL	VALOR	VARIACIÓN
2	pH	5,3	pH	4,95	-0,35
Serie: Carolina	Materia orgánica (%)	1,45	Materia orgánica (%)	0,62	-0,83
	Nitrógeno Total (%)	0,08	Nitrógeno Total (%)	0,031	-0,049
	Calcio (cmolc/kg)	7,1	Calcio (cmolc/kg)	1,13	-5,97
	Magnesio (cmolc/kg)	1,2	Magnesio (cmolc/kg)	0,42	-0,78
	Sodio (cmolc/kg)	0,1	Sodio (cmolc/kg)	0,38	0,28
	Potasio (cmolc/kg)	0,3	Potasio (cmolc/kg)	0,18	-0,12

Se observa una acidificación del suelo, encontrándose los valores de pH fuera del rango óptimo para el cultivo. El contenido de MO disminuyó a más de la mitad. Se aprecia una merma en los niveles de Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ , siendo notablemente marcada en el primero y encontrándose los valores actuales de los 3 fuera de los niveles adecuados.

² El productor N° 1 posee dos establecimientos. Uno de ellos localizado en B° Ponce y el otro en B° Alta Gracia. Este último no se corresponde con ninguna serie de suelo, figurando en la carta de suelos como “Miscelaneos”, es decir, zonas que no fueron mapeadas aún. La situación se repite para el productor N° 9, el cual posee su establecimiento localizado en B° Alta Gracia.

Productor 3: serie de suelo “Carolina”.

Cuadro 17. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 3 localizado en Paraje Desmochado (Bella Vista) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Carolina”.

PRODUCTOR N°	FERTILIDAD ORIGINAL	VALOR	FERTILIDAD ACTUAL	VALOR	VARIACIÓN
3	pH	5,3	pH	4,9	-0,4
Serie: Carolina	Materia orgánica (%)	1,45	Materia orgánica (%)	0,7	-0,75
	Nitrógeno Total (%)	0,08	Nitrógeno Total (%)	0,035	-0,045
	Calcio (cmolc/kg)	7,1	Calcio (cmolc/kg)	1,33	-5,77
	Magnesio (cmolc/kg)	1,2	Magnesio (cmolc/kg)	0,76	-0,44
	Sodio (cmolc/kg)	0,1	Sodio (cmolc/kg)	0,49	0,39
	Potasio (cmolc/kg)	0,3	Potasio (cmolc/kg)	0,24	-0,06

Se observa una acidificación del suelo, encontrándose los valores de pH fuera del rango óptimo para el cultivo. El contenido de MO disminuyó a casi la mitad. Marcada disminución de Ca^{2+} , encontrándose su valor actual casi seis veces por debajo del valor original. Si bien se observa una disminución de Mg^{2+} y K^+ , el valor del primero se encuentra dentro del rango adecuado.

Productor 4: serie de suelo “Desmochado”.

Cuadro 18. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 4 localizado en Paraje Desmochado (Bella Vista) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Desmochado”.

PRODUCTOR N°	FERTILIDAD ORIGINAL	VALOR	FERTILIDAD ACTUAL	VALOR	VARIACIÓN
4	pH	5,7	pH	4,63	-1,07
Serie: Desmochado	Materia orgánica (%)	1,12	Materia orgánica (%)	0,53	-0,59
	Nitrógeno Total (%)	0,08	Nitrógeno Total (%)	0,027	-0,053
	Calcio (cmolc/kg)	3	Calcio (cmolc/kg)	0,82	-2,18
	Magnesio (cmolc/kg)	0,8	Magnesio (cmolc/kg)	0,25	-0,55
	Sodio (cmolc/kg)	0,1	Sodio (cmolc/kg)	0,42	0,32
	Potasio (cmolc/kg)	0,3	Potasio (cmolc/kg)	0,13	-0,17

Se observa acidificación de suelos, encontrándose los valores de pH fuera del rango óptimo. El contenido de MO disminuyó a más de la mitad. Los contenidos de Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ también se encuentran disminuidos y fuera de los valores apropiados para el cultivo.

Productor 5: serie de suelo “Carolina”.

Cuadro 19. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 5 localizado en Paraje Desmochado (Bella Vista) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Carolina”.

PRODUCTOR N°	FERTILIDAD ORIGINAL	VALOR	FERTILIDAD ACTUAL	VALOR	VARIACIÓN
5	pH	5,3	pH	6,09	0,79
Serie: Carolina	Materia orgánica (%)	1,45	Materia orgánica (%)	0,8	-0,65
	Nitrógeno Total (%)	0,08	Nitrógeno Total (%)	0,04	-0,04
	Calcio (cmolc/kg)	7,1	Calcio (cmolc/kg)	1,87	-5,23
	Magnesio (cmolc/kg)	1,2	Magnesio (cmolc/kg)	0,7	-0,5
	Sodio (cmolc/kg)	0,1	Sodio (cmolc/kg)	0,41	0,31
	Potasio (cmolc/kg)	0,3	Potasio (cmolc/kg)	0,33	0,03

Se observa alcalinización del suelo, encontrándose el valor actual dentro del rango óptimo para el cultivo. Descenso del contenido de MO y Mg^{2+} a casi la mitad y marcada caída del Ca^{2+} . Los valores de K^+ se mantienen estables con un leve aumento del mismo respecto a los valores originales.

Productor 6: serie de suelo “Paraje Batará”.

Cuadro 20. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 6 localizado en Las Lomas (Bella Vista) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Paraje Batará”.

PRODUCTOR N°	FERTILIDAD ORIGINAL	VALOR	FERTILIDAD ACTUAL	VALOR	VARIACIÓN
6	pH	6,2	pH	6,18	-0,02
Serie: Paraje Batará	Materia orgánica (%)	0,38	Materia orgánica (%)	0,73	0,35
	Nitrógeno Total (%)	0,02	Nitrógeno Total (%)	0,037	0,017
	Calcio (cmolc/kg)	0,6	Calcio (cmolc/kg)	1,92	1,32
	Magnesio (cmolc/kg)	0,2	Magnesio (cmolc/kg)	0,7	0,5
	Sodio (cmolc/kg)	0,06	Sodio (cmolc/kg)	0,53	0,47
	Potasio (cmolc/kg)	0,05	Potasio (cmolc/kg)	0,25	0,2

No se observa una variación significativa en los valores del pH, encontrándose este parámetro dentro del rango adecuado para el cultivo. El contenido de MO se incrementó a casi el doble, pero aun así no se encuentra dentro de los niveles recomendados. Notable incremento en la cantidad de Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ , siendo este último el único catión que se encuentra dentro de las cantidades adecuadas.

Productor 7: serie de suelo “Ensenada Grande”.

Cuadro 21. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor N° 7 localizado en B° Ponce (Corrientes Capital) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Ensenada Grande”.

PRODUCTOR Nº	FERTILIDAD ORIGINAL	VALOR	FERTILIDAD ACTUAL	VALOR	VARIACIÓN
7	pH	7,3	pH	6,15	-1,15
Serie: Ensenada Grande	Materia orgánica (%)	0,24	Materia orgánica (%)	0,74	0,5
	Nitrógeno Total (%)	0,012	Nitrógeno Total (%)	0,037	0,025
	Calcio (cmolc/kg)	0,1	Calcio (cmolc/kg)	2	1,9
	Magnesio (cmolc/kg)	0,1	Magnesio (cmolc/kg)	0,57	0,47
	Sodio (cmolc/kg)	0,3	Sodio (cmolc/kg)	0,44	0,14
	Potasio (cmolc/kg)	0,14	Potasio (cmolc/kg)	0,18	0,04

Se observa disminución del pH, colocándolo dentro de los valores recomendados para este parámetro. Si bien el valor actual de MO triplica al valor original, no se encuentra dentro de los valores adecuados para el cultivo. Notable incremento en los niveles de Ca^{2+} y Mg^{2+} , no así de K^+ . Si bien los valores actuales de estos últimos parámetros son mayores con respecto a los valores originales, ninguno se encuentra dentro de lo recomendado.

Productor 8: serie de suelo “Ensenada grande”.

Cuadro 22. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor Nº 8 localizado en Bº Ponce (Corrientes Capital) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Ensenada Grande”.

PRODUCTOR Nº	FERTILIDAD ORIGINAL	VALOR	FERTILIDAD ACTUAL	VALOR	VARIACIÓN
8	pH	7,3	pH	7,06	-0,24
Serie: Ensenada grande	Materia orgánica (%)	0,24	Materia orgánica (%)	0,67	0,43
	Nitrógeno Total (%)	0,012	Nitrógeno Total (%)	0,034	0,022
	Calcio (cmolc/kg)	0,1	Calcio (cmolc/kg)	2,76	2,66
	Magnesio (cmolc/kg)	0,1	Magnesio (cmolc/kg)	0,46	0,36
	Sodio (cmolc/kg)	0,3	Sodio (cmolc/kg)	0,38	0,08
	Potasio (cmolc/kg)	0,14	Potasio (cmolc/kg)	0,09	-0,05

Se observa una leve disminución del pH, sin embargo el valor actual se encuentra por encima del valor recomendado pudiendo afectar la absorción de nutrientes por parte del cultivo. El contenido de MO se incrementó a más del doble. Notable aumento en los niveles de Ca^{2+} encontrándose su valor actual muy próximo a los valores recomendados. Por otro lado se observa un marcado descenso en los niveles de K^+ .

Productor 10: serie de suelo “Carolina”.

Cuadro 23. Variación de la fertilidad original y actual del establecimiento perteneciente al productor Nº 10 localizado en Paraje Desmochado (Bella Vista) que se corresponde con la serie de suelo denominada “Carolina”.

PRODUCTOR Nº	FERTILIDAD ORIGINAL	VALOR	FERTILIDAD ACTUAL	VALOR	VARIACIÓN
10	pH	5,3	pH	5,06	-0,24
Serie: Carolina	Materia orgánica (%)	1,45	Materia orgánica (%)	0,89	-0,56
	Nitrógeno Total (%)	0,08	Nitrógeno Total (%)	0,044	-0,036
	Calcio (cmolc/kg)	7,1	Calcio (cmolc/kg)	1,36	-5,74
	Magnesio (cmolc/kg)	1,2	Magnesio (cmolc/kg)	0,6	-0,6
	Sodio (cmolc/kg)	0,1	Sodio (cmolc/kg)	0,44	0,34
	Potasio (cmolc/kg)	0,3	Potasio (cmolc/kg)	0,24	-0,06

Se observa acidificación del suelo encontrándose los valores actuales de pH por fuera del rango recomendado para el cultivo. El contenido de MO disminuyó a casi la mitad. Si bien los niveles de Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ han disminuido, se aprecia una notable merma en el contenido del primero donde su valor ha descendido más de 5 veces.

CONCLUSIONES

El manejo actual de los lotes estudiados ha provocado que el 60% de los mismos presenten valores de CE que generan pérdidas de rendimientos en el cultivo de frutilla. Esto puede estar condicionando el rendimiento actual en la provincia de Corrientes la cual posee un rendimiento promedio de 27 t/ha, siendo este aproximadamente 6 t/ha inferior al rendimiento promedio nacional.

El 52% de los lotes que fueron muestreados presentaron niveles bajos de pH. De esta manera, la absorción de nutrientes por parte del cultivo puede estar siendo afectada de manera considerable, impactando de manera directa en los rendimientos esperados. Una manera de hacer frente a esta problemática es realizando aplicaciones de calcáreo dolomítico como se ha planteado en el ejemplo del Anexo III.

La falta de incorporación de gramíneas en la mayoría de los sistemas de manejo adoptados, en ambientes de suelos arenosos y con laboreo convencional, ha generado una pérdida gradual de la MO provocando que el 92% de los lotes estudiados presenten niveles muy bajos de este parámetro, afectando no solamente el desarrollo del cultivo, sino también a nuestro recurso de mayor valor, el suelo. En general, la inclusión de gramíneas en la rotación mejora el balance de C del suelo, tanto por la cantidad como por la calidad de los residuos y por permitir una mayor cobertura del suelo (García, 2003).

El 56% de los lotes que fueron estudiados presentaron niveles medios de K^+ , un parámetro de elevada importancia que toma un papel fundamental en la calidad de los frutos (color, aroma y sabor).

El 68% de los lotes muestreados arrojaron niveles bajos de Ca^{2+} , elemento que determina la vida postcosecha de los frutos puesto que forma parte de los principales componentes de la pared celular.

De acuerdo al análisis realizado de cada parámetro evaluado en el trabajo, podemos decir que la CE, pH, MO, K^+ y Ca^{2+} son las principales variables a tener en cuenta en el cultivo de frutilla en la provincia de Corrientes. Estas son las que en gran medida van a condicionar el estado nutricional del cultivo, la obtención de mayores rendimientos y la disminución de la brecha de rendimiento, la absorción de nutrientes, la calidad de los frutos (color, aroma y sabor) y el aumento de la vida postcosecha de los mismos.

De esta manera, los principales parámetros a tener en cuenta en el cultivo de frutilla en la provincia de Corrientes, a excepción del K^+ , se encuentran mayoritariamente por debajo de los niveles recomendados pudiendo de esta manera generar pérdidas de rendimiento y aumento en la brecha de rendimiento, con respecto a los potenciales que se podrían lograr con el cultivo de frutilla en la provincia de Corrientes.

BIBLIOGRAFÍA

- AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, 2015. *La variedad de fresa "Fronteras"*. Recuperado de <https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=19048> Consultado el: 14/09/2020.
- AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES, UNIVERSITY OF CALIFORNIA , 2015. *La variedad de fresa "Petaluma"*. Recuperado de <https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=19071> Consultado el: 14/09/2020.
- AGÜERO, J. J. (2002). *Bases nutricionales del cultivo de frutilla* (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires).
- BARBAZÁN, M., DEL PINO, A., MOLTINI, C., HERNÁNDEZ, J., & RODRÍGUEZ, J. (2011). Caracterización de materiales orgánicos aplicados en sistemas agrícolas intensivos de Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 15(1), 82-92.
- BAUTISTA, A. S., LOPEZ-GALARZA, S., MARTINEZ, A., PASCUAL, B., & MAROTO, J. V. (2009). Influence of cation proportions of the nutrient solution on tipburn incidence in strawberry plants. *Journal of plant nutrition*, 32(9), 1527-1539.
- BICKERS, C., 2007. Tissue sampling makes for better strawberries. Sowtheast Farm Press. Penton Business Media. Recuperado de <http://southeastfarmpress.com/vegetablestobacco/100907-strawberry-sampling/>. Consultado el: 14/10/2020.
- BONADEO, E., & MORENO, I. (2017). El sistema suelo-plantaprinicipios generales. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- BONET, G. J. (2010). Desarrollo y Caracterización de herramientas genómicas en *Fragaria* diploide para la mejora del cultivo de fresa (Doctoral dissertation, PhD thesis, Universidad Autonoma de Barcelona. Barcelona, Spain).
- BORGES, A. L., & SILVA, D. J. (2011). Fertilizantes para fertirrigação. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Capítulo em livro científico (ALICE).
- BUNDY, L. G. 2004. Corn fertilization. University of Wisconsin-Madison and University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension. Cooperative Extension Publishing. 12 p.
- CADAHÍA-LÓPEZ, C., SEGURA-PÉREZ, M.L., MASSAGUR-RODRIGUEZ, A., 2005. Fertirrigación de cultivos hortícolas. In: Cadahía López, C. (Ed.), *Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. Mundi-Prensa, Madrid, pp. 411-424.
- CARDEÑOSA, V., MEDRANO, E., LORENZO, P., SÁNCHEZ-GUERRERO, M. C., CUEVAS, F., PRADAS, I., & MORENO-ROJAS, J. M. (2015). Effects of salinity

and nitrogen supply on the quality and health-related compounds of strawberry fruits (Fragaria x ananassa cv. Primoris). Journal of the Science of Food and Agriculture, 95(14), 2924-2930.

CHILDERS, N. F. Nutrient Deficiencies in Strawberry. In: CHILDERS NF (ed). The strawberry: a book for growers, others. Gainesville: University of Florida. p. 126-129, 2003.

CORPORACIÓN DEL MERCADO CENTRAL DE BUENOS AIRES (2019). *Boletín de Frutas y Hortalizas* N° 99. Recuperado de <http://www.mercadocentral.gob.ar/sites/default/files/docs/boletin-INTA-CMCBA-99-frutilla.pdf> Consultado el: 24/11/2020.

DARROW, GM (1966). La fresa. Historia, cría y fisiología. *La fresa. Historia, cría y fisiología*.

DI RIENZO JA; F, CASANOVES, MG, BALZARINI; L, GONZALEZ; M, TABLADA & ROBLEDO CW. 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>. Noviembre 2020

ESMEL, CE, DUVAL, JR Y SARGENT, SA (2004). La influencia del tiosulfato de calcio en el rendimiento y la calidad poscosecha de la fresa de 'Sweet Charlie'. En *proc. Fla. Estado Hort. Soc* (Vol. 117, págs. 48-51).

EUROSEMILLAS, 2020. *Variedad Benicia: principales características*. Recuperado de <http://www.eurosemillas.com/es/variedades/fresa/item/29-benicia.html> Consultado el: 29/11/2020.

EUROSEMILLAS, 2020. *Variedad Camino Real: principales características*. Recuperado de <http://www.eurosemillas.com/es/variedades/fresa/item/3-camino-real.html> Consultado el: 29/11/2020.

FAO.2017.FAOSTAT Agricultural Statistics Database. Recuperado de <http://www.fao.org/home/en/> Consultado el: 28/11/2020.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2003. 402p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2008. FAOSTAT. Recuperado de <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> Consultado el: 5/11/2020.

FREIRE, M. B. G. S. et al. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 45-52, 2003.

- GARCÍA, F. O. (2003). Agricultura sustentable y materia orgánica del suelo: siembra directa, rotaciones y fertilidad. In *Congreso nacional de la ciencia del suelo. INPOFOS. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.*
- HAIFA GROUP, 2020. *Crop Guide: Growing Strawberries*. Recuperado de <https://www.haifa-group.com/crop-guide/vegetables/strawberry-fertilizer/crop-guide-growing-strawberry>. Consultado el: 19/11/2020.
- HAIFA GROUP, 2020. *Crop Guide: Special Sensitivities of Strawberries*. Recuperado de <https://www.haifa-group.com/crop-guide/vegetables/strawberry-fertilizer/crop-guide-strawberry-0>. Consultado el: 19/11/2020.
- HAIFA GROUP, 2020. *Crop guide: Mineral Nutrition of Strawberries*. Recuperado de <https://www.haifa-group.com/crop-guide/vegetables/strawberry-fertilizer/crop-guide-strawberry-1>. Consultado el: 28/11/2020.
- HAUN, W. (2014). Índice salino (IS) de los fertilizantes: su influencia en semillas y plantas. Tiger Tech, boletín informativo trimestral. Tiger-Sul University. Recuperado de <https://www.tigersul.com/wp-content/uploads/2020/07/INDICE-SALINO-DE-LOS-FERTILIZANTES-Y-TIGER-90-Salt-Index.pdf>. Consultado el: 25/11/2020.
- HAYNES, RJ; RS SWIFT & RC STEPHEN. 1991. Influence of mixed cropping rotations (pasture-arable) on organic matter content, water stable aggregation and clod porosity in a group of soils. *Soil Tillage Res.* 19: 77-87.
- HOCHMUTH, G., ALBREGTS, E., 2003. Fertilization of strawberries in Florida. Florida Cooperative Extension Service CIR1141, 1-6.
- HOCHMUTH, G.J., MAYNARD, D.N., VAVRINA, C., HANLON, E.A., SIMONNE, E.H., 2010. Plant tissue analysis and interpretation for vegetable crops in Florida. Florida Cooperative Extension Service HS 964, 1-55.
- JOINER, J. N.; POOLE, R. T.; CONOVER, C. A. Nutrition and fertilization of ornamental greenhouse crops. *Horticultural Reviews*, New York, v. 5, p. 366-403, 1983.
- KEPENEK, K., & KOYUNCU, F. (2000, November). Studies on the salt tolerance of some strawberry cultivars under glasshouse. In *International Symposium on Techniques to Control Salination for Horticultural Productivity* 573 (pp. 297-304).
- LARSON, K. D. (1994). Strawberry. In; Schaffer, B. and Andersen, PC (Eds.) *Handbook of environmental physiology. Vol I. Temperate crops.*
- MALAVOLTA, E., & PAULO, S. (2006). Relación entre el fósforo y el zinc. *Informaciones Agropecuarias*, 63, 12-13.
- MARIA DEL HUERTO SORDO (INTA MONTE VERA, 2016). *Frutillas cuidadas por expertos*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Ur3my8Y7i->

[I&list=PLiLdnLqfvJvPJPbw9SI1YHhJzibnw9R &ab_channel=EduardoTedesco.](#)
Consultado el: 15/10/2020.

- MARSCHNER, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd. *Edn. Academic Pres.*
- MAY, GM, Y PRITTS, MP (1993). Componentes de rendimiento de la influencia del fósforo, el zinc y el boro en la fresa de Arnoldlow. *Revista de la Sociedad Americana de Ciencia Hortícola* , 118 (1), 43-49.
- MAY, G. M., PRITTS, M. P., & KELLY, M. J. (1994). Seasonal patterns of growth and tissue nutrient content in strawberries. *Journal of plant nutrition*, 17(7), 1149-1162.
- MELGAR, R., DÍAZ ZORITA, M. (2008). La Fertilización de Cultivos y Pasturas. Edición INTA. Tabla 4, Pagina 59.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN (2019). *Cadena de Frutillas – Resumen*. Recuperado de http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Cadenas%20de%20Valor%20de%20Alimentos%20y%20Bebidas/informes/Resumen_Cadena_frutillas_NOVIEMBRE_2019.pdf. Consultado el 23/11/2020.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN (2008). *La Argentina es el tercer país productor de frutillas de Sudamérica*. Buenos Aires: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/noticias/la-argentina-es-el-tercer-pais-productor-de-frutillas-de-sudamerica>. Consultado el: 29/11/2020.
- MORALES, C. (2017). Manual de manejo agronómico de la frutilla. *Santiago: Instituto de Desarrollo Agropecuario – Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N°17*.
- MOLINA, E., SALAS, R., & CASTRO, A. (1993). Curva de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler) en Alajuela. *Agronomía Costarricense*, 17(1), 67-73.
- MOLINA, N. A., & PACHECO, R. M. (2016). Análisis económico de la producción de frutilla bajo tres tecnologías de protección en Corrientes.
- PASSOS, FRANCISCO A; TRANI, PAULO E. Fresa enclada y fertilización. *Campinas, SP: Campinas Agronomic Institute* , 2013.
- PERES, N.A., PRICE, J.F., STALL, W.M., CHANDLER, C.K., OLSON, S.M., TAYLOR, T.G., SMITH, S.A., SIMONNE, E.H., 2010. Strawberry production in Florida. Florida Cooperative Extension Service HS736, 379-386.
- RAIJ, B. VAN. Fertilidade do solo e adubacao. Sao Paulo: Agronomica Ceres; Piracicaba: POTAFOS, 1981.142 p.

- RIBEIRO, A.C., GUIMARAES, P.T., ÁLVAREZ, V.H., 1999. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.
- RODAS, C. L. (2008). Deficiências nutricionais no morangueiro: caracterização de sintomas visuais, produção e nutrição mineral.
- RONQUE, E. R. V. A cultura do morangueiro: Revisão e prática. Curitiba: EMATER–Paraná, 206p. 1998.
- SCARLATO, M., GIMÉNEZ, G., LENZI, A., BORGES, A., BENTANCUR, Ó., & DOGLIOTTI, S. (2017). Análisis y jerarquización de factores determinantes de las brechas de rendimiento del cultivo de frutilla en el sur del Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 21(1), 43-57.
- SISTEMA NACIONAL DE VIGILANCIA Y MONITOREO. *Fragaria x ananassa*. Recuperado de <https://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/fragaria-ananassa>. Consultado el: 29/11/2020.
- STAHRRINGER, N., DALURZO, H. 2020. Interpretación general de resultados de análisis de suelos. Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos, FCA-UNNE.
- STRAND, L.L., 1994. Integrated pest management for strawberries. Publ. 3351. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Berkeley.
- SUN, Y., NIU, G., WALLACE, R., MASABNI, J., & GU, M. (2015). Relative salt tolerance of seven strawberry cultivars. *Horticulturae*, 1(1), 27-43.
- TAGLIAVINI, M., BALDI, E., LUCCHI, P., ANTONELLI, M., SORRENTI, G., BARUZZI, G., & FAEDI, W. (2005). Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria* × *Ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. *European Journal of Agronomy*, 23(1), 15-25.
- TORRES DUGGAN, M. (2019). Claves para realizar un correcto muestreo de suelos. VIII Jornada de actualización y capacitación SAMLA-PROINSA 2019: “Continuando con la mejora analítica”.
- TREJO-TÉLLEZ, LI, Y GÓMEZ-MERINO, FC (2014). Manejo de nutrientes en fresa: Efectos sobre el rendimiento, la calidad y la salud de las plantas. *Fresas: cultivo, propiedades antioxidantes y beneficios para la salud, primera edición*. Nova Science Publishers, Inc , 239-267.
- TRINIDAD-SANTOS, A., & VELASCO-VELASCO, J. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*, 9(8), 52-58.
- VÁZQUEZ M. & A. PAGANI. 2015. Calcio y Magnesio. Manejo de fertilización y enmiendas. En: Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Echeverría H. & F. García. Ediciones INTA. Argentina. 904 p.

VIDELA, C., PAZOS, A., TRIVELIN, P. C., ECHEVERRÍA, H. E., & STUDDERT, G. A. (2005). Mineralización bruta de nitrógeno bajo labranza convencional, siembra directa y pastura. *Ciencia del suelo*, 23(2), 133-144.

ANEXO I

Valores de referencia para la interpretación de análisis de suelos para el cultivo de frutilla en Corrientes

CE en pasta saturada (dS/m o mmho/cm)	
< 0,9	Adecuado
≥ 0,9 y < 1,0	Próximo al límite
≥ 1,0	Superior al límite
Fuente: Larson, 1994; Kirschbaum et al., 2008.	

pH en agua (1:2,5)	
< 5,5	Bajo
5,5 - 6,0	Adecuado
>6,0 - ≤6,5	Óptimo
>6,5	Alto
Fuentes: Haifa Group, 2020; Kirschbaum et al., 2008; Kirschbaum (comunicación personal).	
Observación: valores entre 5,5 - 6,5 son los ideales.	

Materia Orgánica (%)	
<1	Muy Bajo
1 - 2	Bajo
2 - 3,5	Medio
>3,5	Alto
Fuente: Melgar & Quintero, 2008.	
Observación: los valores mencionados se corresponden con suelos arenosos.	

Sodio (Na ⁺) (cmol _e /kg)	
<0,3	Adecuado
≥0,3	Alto
Fuente: Boletín INIA, edición Nº 17, 2017.	

Calcio (Ca ²⁺) (ppm)	
<400	Bajo
400 - 600	Medio
>600	Alto
Fuente: Bundy (2004) citado por Vázquez y Pagani (2015).	
Observación: extraído con acetato de amonio 1N a pH 7. Para pasar estos valores a cmol _e /kg dividir por 200.	

Fósforo (P) (ppm ó mg/kg)	
< 10,1	Muy Bajo
10,1 - 20	Bajo
20,1 - 30	Medio
30,1 - 40	Medio Alto
> 40,1	Alto
Fuente: Kirschbaum (comunicación personal).	
Observación: el método utilizado fue Bray-1	

	Potasio (K ⁺)			
	Rangos de CIC (meq/100 g ó cmol _e /kg)			
Nivel	<5	5 - 10	10 -15	>15
	ppm ó mg/kg de K ⁺			
Bajo	< 60	< 80	< 120	< 160
Medio	60 - 120	80 - 160	120 - 250	160 - 300
Alto	> 120	> 160	> 250	> 300
Fuente: Melgar & Quintero, 2008.				
Observación: extraído con acetato de amonio 1N a pH 7. Para pasar valores de ppm ó mg/kg a cmol _e /kg se divide por 390. Para suelos arenosos considerar una CIC de 5 - 10 meq/100 g ó cmol _e /kg.				

Continuación de Interpretación de análisis de suelos para el cultivo de frutilla en Corrientes.

	Magnesio (Mg^{2+})			
	Rangos de CIC (meq/100 g ó cmol./kg)			
Nivel	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15
	ppm ó mg/kg de Mg^{2+}			
Bajo	< 50	< 100	< 125	< 150
Medio	50 - 75	100 - 125	125 - 150	150 - 200
Alto	> 75	> 125	> 150	> 200
Fuente: Melgar & Quintero, 2008.				
Observación: extraído con acetato de amonio 1N a pH 7. Para pasar valores de ppm ó mg/kg a cmol./kg a se divide por 120. Para suelos arenosos considerar una CIC de 5 - 10 meq/100 g ó cmol./kg.				

Relación $Ca^{2+} + Mg^{2+}/K^+$	
< 7 - 11/1	Bajo
7 - 11/1	Óptimo
> 7 - 11/1	Alto
Fuente: Vázquez & Pagani, 2015.	

Relación Ca^{2+}/Mg^{2+}	
< 3 - 15/1	Bajo
3 - 15/1	Óptimo
> 3 - 15/1	Alto
Fuente: Vázquez & Pagani, 2015.	

Relación K^+/Mg^{2+}	
< 0,8 - 1,6/1	Bajo
0,8 - 1,6/1	Óptimo
> 0,8 - 1,6/1	Alto
Fuente: Vázquez & Pagani, 2015.	

N total	
< 0,040	Muy Pobrementemente Provisto
0,041 - 0,070	Pobrementemente Provisto
0,071 - 0,130	Medianamente Provisto
0,131 - 0,210	Bien Provisto
> 0,210	Muy Bien Provisto
Fuente: Morales (comunicación personal)	

ANEXO II

Cuadro 1. Interpretación de análisis de suelos de lotes muestreados en Corrientes.

Lote N°	Variedad	Localidad	pH en agua (1:2,5)	Interpretación pH	CE en pasta (dS/m)	Interpretación CE	P Bray-1 (mg/kg)	Interpretación P Bray-1	MO (%)	Interpretación MO	Nt (%)	Interpretación Nt	Ca ²⁺ (ppm)	Interpretación Ca ²⁺	Mg ²⁺ (ppm)	Interpretación Mg ²⁺	K ⁺ (ppm)	Interpretación K ⁺
1	Frontera	Corrientes Capital (Alta Gracia)	6.09	Optimo	0.85	Adecuado	167.7	Alto	0.69	Muy Bajo	0.03	Muy Pobremente Provisto	616.00	Alto	96.0	Alto	124.80	Alto
2	Early Brite	Corrientes Capital (Alta Gracia)	6.1	Optimo	0.9	Proximo al limite	161.0	Alto	0.59	Muy Bajo	0.03	Muy Pobremente Provisto	518.00	Medio	72.0	Medio	97.50	Medio
3	Camino Real	Corrientes Capital (Alta Gracia)	6.26	Optimo	1.9	Superior al limite	146.8	Alto	0.92	Muy Bajo	0.05	Pobremente Provisto	908.00	Alto	144.0	Alto	156.00	Alto
4	Camino Real	Corrientes Capital (B° Ponce)	6.37	Optimo	1.15	Superior al limite	114.5	Alto	0.56	Muy Bajo	0.03	Muy Pobremente Provisto	390.00	Bajo	96.0	Alto	54.60	Bajo
5	Camino Real	Bella Vista (Desmochado)	4.64	Bajo	1.72	Superior al limite	48.2	Alto	0.73	Muy Bajo	0.04	Muy Pobremente Provisto	212.00	Bajo	60.0	Medio	93.60	Medio
6	Petaluma	Bella Vista (Desmochado)	5.09	Bajo	1.22	Superior al limite	29.2	Medio	0.62	Muy Bajo	0.03	Muy Pobremente Provisto	246.00	Bajo	60.0	Medio	70.20	Bajo
7	Early Brite	Bella Vista (Desmochado)	5.15	Bajo	0.62	Adecuado	32.1	Medio Alto	0.51	Muy Bajo	0.03	Muy Pobremente Provisto	220.00	Bajo	36.0	Bajo	62.40	Medio
8	Early Brite (N)	Bella Vista (Desmochado)	5.04	Bajo	1.05	Superior al limite	29.2	Medio	0.76	Muy Bajo	0.04	Muy Pobremente Provisto	314.00	Bajo	84.0	Alto	93.60	Medio
9	Early Brite (M)	Bella Vista (Desmochado)	5	Bajo	1.12	Superior al limite	30.2	Medio Alto	0.72	Muy Bajo	0.04	Muy Pobremente Provisto	258.00	Bajo	48.0	Bajo	93.60	Medio
10	Camino Real	Bella Vista (Desmochado)	4.74	Bajo	2.25	Superior al limite	14.0	Bajo	0.64	Muy Bajo	0.03	Muy Pobremente Provisto	228.00	Bajo	72.0	Medio	101.40	Medio
11	Camino Real	Bella Vista (Desmochado)	4.62	Bajo	1.2	Superior al limite	53.9	Alto	0.53	Muy Bajo	0.03	Muy Pobremente Provisto	152.00	Bajo	36.0	Bajo	54.60	Bajo
12	Benicia	Bella Vista (Desmochado)	4.86	Bajo	0.7	Adecuado	44.4	Alto	0.62	Muy Bajo	0.03	Muy Pobremente Provisto	212.00	Bajo	36.0	Bajo	54.60	Bajo
13	Petaluma	Bella Vista (Desmochado)	4.42	Bajo	0.85	Adecuado	57.7	Alto	0.45	Muy Bajo	0.02	Muy Pobremente Provisto	128.00	Bajo	24.0	Bajo	42.90	Bajo
14	Camino Real	Bella Vista (Desmochado)	6.06	Optimo	2.15	Superior al limite	29.8	Medio	0.80	Muy Bajo	0.04	Muy Pobremente Provisto	400.00	Medio	84.0	Alto	140.40	Alto
15	Petaluma	Bella Vista (Desmochado)	6.17	Optimo	1.2	Superior al limite	36.2	Medio Alto	0.92	Muy Bajo	0.05	Pobremente Provisto	408.00	Medio	84.0	Alto	140.40	Alto
16	Benicia	Bella Vista (Desmochado)	6.13	Optimo	0.92	Proximo al limite	35.2	Medio Alto	0.76	Muy Bajo	0.04	Muy Pobremente Provisto	352.00	Bajo	72.0	Medio	109.20	Medio
17	Frontera	Bella Vista (Desmochado)	6.03	Optimo	1.18	Superior al limite	32.6	Medio Alto	0.74	Muy Bajo	0.04	Muy Pobremente Provisto	340.00	Bajo	96.0	Alto	132.60	Alto
18	Camino Real	Bella Vista (Las Lomas)	6.18	Optimo	0.95	Proximo al limite	44.4	Alto	0.73	Muy Bajo	0.04	Muy Pobremente Provisto	384.00	Bajo	84.0	Alto	97.50	Medio
19	Camino Real	San Cosme (Santa Ana)	6.15	Optimo	0.5	Adecuado	238.8	Alto	0.74	Muy Bajo	0.04	Muy Pobremente Provisto	400.00	Medio	72.0	Medio	70.20	Alto
20	Camino Real	Corrientes (B° Ponce)	7.06	Alto	0.9	Proximo al limite	169.5	Alto	0.67	Muy Bajo	0.03	Muy Pobremente Provisto	552.00	Medio	60.0	Medio	35.10	Bajo
21	Camino Real	Corrientes (Alta Gracia)	6.84	Alto	1.45	Superior al limite	245.4	Alto	0.94	Muy Bajo	0.05	Pobremente Provisto	982.00	Alto	192.0	Alto	167.70	Alto
22	Petaluma	Bella Vista (Desmochado)	5.15	Bajo	1.2	Superior al limite	9.7	Muy Bajo	1.13	Bajo	0.06	Pobremente Provisto	322.00	Bajo	84.0	Alto	101.40	Medio
23	Frontera	Bella Vista (Desmochado)	5.2	Bajo	1.12	Superior al limite	9.2	Muy Bajo	1.05	Bajo	0.05	Pobremente Provisto	306.00	Bajo	96.0	Alto	109.20	Medio
24	Benicia	Bella Vista (Desmochado)	4.77	Bajo	1.2	Superior al limite	22.4	Medio	0.57	Muy Bajo	0.03	Muy Pobremente Provisto	238.00	Bajo	48.0	Bajo	93.60	Medio
25	Early Brite	Bella Vista (Desmochado)	5.14	Bajo	0.6	Adecuado	7.8	Muy Bajo	0.81	Muy Bajo	0.04	Pobremente Provisto	224.00	Bajo	60.0	Medio	74.10	Bajo

Continuación de cuadro 1.

Lote N°	Na ⁺ (cmol _c /kg)	Interpretación Na ⁺	(Ca ²⁺ + Mg ²⁺)/K ⁺	Interpretación (Ca ²⁺ + Mg ²⁺)/K ⁺	Ca ²⁺ / Mg ²⁺	Interpretación Ca ²⁺ /Mg ²⁺	K ⁺ / Mg ²⁺	Interpretación K ⁺ /Mg ²⁺
1	0.39	Alto	12.34	Alto	3.69	Óptimo	0.38	Bajo
2	0.41	Alto	12.79	Alto	4.10	Óptimo	0.40	Bajo
3	0.43	Alto	14.29	Alto	3.70	Óptimo	0.33	Bajo
4	0.47	Alto	20.16	Alto	2.52	Bajo	0.17	Bajo
5	0.37	Alto	6.67	Bajo	2.04	Bajo	0.46	Bajo
6	0.41	Alto	9.65	Óptimo	2.66	Bajo	0.38	Bajo
7	0.37	Alto	10.94	Óptimo	3.95	Óptimo	0.45	Bajo
8	0.45	Alto	9.77	Óptimo	2.11	Bajo	0.32	Bajo
9	0.50	Alto	7.05	Óptimo	3.17	Óptimo	0.59	Bajo
10	0.53	Alto	6.61	Bajo	1.92	Bajo	0.44	Bajo
11	0.42	Alto	7.13	Óptimo	2.87	Bajo	0.54	Bajo
12	0.38	Alto	9.88	Óptimo	3.17	Óptimo	0.42	Bajo
13	0.47	Alto	7.88	Óptimo	3.49	Óptimo	0.57	Bajo
14	0.46	Alto	7.57	Óptimo	2.69	Bajo	0.49	Bajo
15	0.37	Alto	7.47	Óptimo	3.05	Óptimo	0.54	Bajo
16	0.37	Alto	8.65	Óptimo	2.80	Bajo	0.44	Bajo
17	0.44	Alto	7.32	Óptimo	2.24	Bajo	0.44	Bajo
18	0.53	Alto	10.44	Óptimo	2.73	Bajo	0.36	Bajo
19	0.44	Alto	14.62	Alto	3.48	Óptimo	0.31	Bajo
20	0.38	Alto	35.64	Alto	5.96	Óptimo	0.20	Bajo
21	0.60	Alto	14.93	Alto	3.15	Óptimo	0.28	Bajo
22	0.51	Alto	8.98	Óptimo	2.17	Bajo	0.35	Bajo
23	0.44	Alto	8.34	Óptimo	1.96	Bajo	0.36	Bajo
24	0.42	Alto	6.56	Bajo	3.07	Óptimo	0.62	Bajo
25	0.41	Alto	8.69	Óptimo	2.23	Bajo	0.37	Bajo

ANEXO III

En este anexo se presenta un ejemplo de cálculo de dosis de encalado para uno de los lotes cuyo suelo se analizó en esta tesis. Los valores de pH, Ca^{2+} y Mg^{2+} se presentan en el cuadro 1.

Cuadro1. Valores de pH, Ca^{2+} y Mg^{2+} correspondientes al lote N° 2.

Lote	Variedad	pH en agua (1:2,5)	Ca^{2+} (cmol _c /kg)	Mg^{2+} (cmol _c /kg)
2	Camino Real	4,64	1,06	0,52

Para hacer el cálculo de encalado se adopta la metodología propuesta por Ribeiro et al. (1999) que se describe a continuación en la secuencia del cálculo.

Determinación de dosis de CaCO_3 en práctica de encalado:

Necesidad de encalado (NE) en tn/ha= CA + CD, donde:

CA= corrección de acidez

CD= corrección de deficiencia de Ca^{2+} y Mg^{2+}

El primer componente (CA) no se tiene en cuenta debido a que los suelos analizados poseen niveles despreciables de Al^{3+} , o no lo tienen. Entonces:

NE= CD

NE= X – (Ca^{2+} + Mg^{2+}), donde:

X= 3 (cmol_c/dm³) para frutilla, un cultivo exigente en Mg^{2+} .

Ca^{2+} y Mg^{2+} = expresados en cmol_c/dm³. Para convertir los valores de Ca^{2+} y Mg^{2+} expresados en cmol_c/kg a cmol_c/dm³, multiplicar por 1,5 (valor que representa la densidad de suelos arenosos).

Entonces:

1,06 cmol_c/kg (Ca^{2+}) * 1,5= 1,59 cmol_c/dm³

0,52 cmol_c/kg (Mg^{2+}) * 1,5= 0,78 cmol_c/dm³

Por lo tanto:

NE= 3 – (1,59 + 0,78)

NE (t/ha)= 0,63

La necesidad de calcáreo calculada con los criterios y métodos mencionados anteriormente indica la cantidad de CaCO_3 PRNT= 100% a ser incorporado por hectárea a una profundidad de 0-20 cm. Por lo tanto indica la cantidad de CaCO_3 teórica. La realidad es que para determinar la cantidad de cal agrícola por hectárea se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

1. Porcentaje de superficie de terreno (ST) a ser cubierta en el proceso de encalado (%)
2. Profundidad de incorporación (PI) en cm
3. Poder relativo de neutralización total (PRNT) del producto a utilizar (%)

Por lo tanto, la cantidad de CaCO_3 a ser utilizada por hectárea (QC):

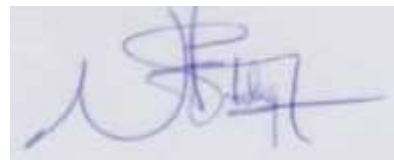
$$\text{QC (t/ha)} = \text{NE} * (\text{ST}/100) * (\text{PI}/20) * (100/\text{PRNT})$$

$$\text{QC (t/ha)} = 0,63 * (100/100) * (25/20) * (100/85)$$

$$\text{QC (t/ha)} = \mathbf{0,926}$$

Colocar calcáreo dolomítico debido a la importancia del Mg

Este Trabajo Final de Graduación (en la modalidad Tesina) cuenta con mi aval para ser entregada al Tribunal Evaluador.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'N. Stahringer', is shown within a rectangular frame.

Director

Ing. Agr. (Dr.) Nicolás Ignacio Stahringer

