

**Universidad Pública de Navarra**

***Nafarroako Unibertsitate Publikoa***

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS AGRÓNOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN  
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA***

**“CURVA DE DINÁMICA NUTRICIONAL DEL CULTIVO DEL LIMÓN EN CHILE”**

presentado por

HELENA LES AGUERREA *(e)k*

*aurkeztua*

INGENIERO AGRÓNOMO  
*NEKAZARITZA INGENIARITZA*

Octubre, 2014 / *2014, Urria*



**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA**  
**NAFARROAKO UNIBERTSITATE PUBLIKOA**

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS  
*NEKAZARITZA INGENIARITZAREN GOI-MAILAKO ESKOLA TEKNIKO*

**“Curva de dinámica nutricional del cultivo del limón en Chile”**

Trabajo fin de Carrera presentado por *Dña. Helena Les Aguerrea* al objeto de optar al título de Ingeniero Agrónomo. Dirigido por *Gonzalo Antonio Allendes Lagos*, Ingeniero Agrónomo, Gerente Agronomía AGQ Labs y Profesor de Nutrición Vegetal de la PUCV Chile; y tutorado por el Dr. *Carlos Miranda Jiménez*, Profesor Titular del Departamento de Producción Agraria de la UPNA.

Director  
Zuzendaria

Gonzalo Allendes

Tutor  
Tutorea

Carlos Miranda

Autora  
Egitea

Helena Les

Agradezco al Dr. Antonio Domínguez la dedicación y apoyo recibido durante la realización de este trabajo y a los Ingenieros Agrónomos de Agriquem América S.A., en especial a Claudio Mardones.

## RESUMEN

El presente trabajo que lleva por título: “Curva de dinámica nutricional del cultivo del limón en Chile” tiene como principal objetivo la obtención de estándares foliares para cada uno de los nutrientes esenciales del limonero (*Citrus limon* (L.)) durante todo su ciclo de cultivo y válidos para todas las variedades cultivadas en la actualidad en Chile.

Se ha considerado relevante el estudio de la dinámica nutricional de este frutal, dado el impacto que tiene la fertilización sobre la calidad y productividad del cultivo, y sobre la contaminación del medio ambiente. De tal forma, se ha analizado la evolución de los nutrientes (% de N, P, K, Ca, Mg, S y mg/kg de Fe, Mn, Cu, Zn, B, y Cl sobre materia seca) a lo largo del ciclo y en función de la fenología, con el fin de que los productores puedan interpretar los resultados de los análisis foliares y establecer adecuados programas de nutrición.

Se han realizados las curvas para los meses de septiembre a abril a partir de resultados obtenidos de 451 análisis foliares realizados por el laboratorio Agriquem América S.A. correspondientes a las campañas de los años 2007-2014, principalmente de las variedades Eureka y Fino 49.

Los niveles obtenidos se compararon con los rangos definidos por diferentes autores para este cultivo. De esa comparación, se concluye que los niveles de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Azufre, Boro, Hierro y Cobre corresponden a niveles normales; que los valores de Magnesio, Manganeso y Zinc se encuentran en niveles deficitarios, y que no existen problemas de cloruros en los huertos chilenos.



# ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	6
1.1 Introducción general.....	6
1.2 Situación mundial de los cítricos.....	7
1.3 Situación del limón.....	8
1.3.1 Situación mundial.....	8
1.3.2 Situación nacional.....	10
1.4 Variedades.....	12
1.4.1 Eureka.....	13
1.4.2 Fino 49.....	14
1.5 Fenología.....	14
1.5.1 Procesos vegetativos.....	15
1.5.2 Procesos reproductivos.....	16
1.6 Nutrición mineral.....	17
1.6.1 Macronutrientes.....	18
1.6.2 Micronutrientes.....	21
1.6.3 Sinergismos y antagonismos.....	24
2. OBJETIVOS.....	25
2.1 Objetivo general.....	25
2.2 Objetivos específicos.....	25
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	26
3.1 Base de datos.....	26
3.1.1 Recopilación de datos.....	26
3.1.2 Metodología analítica de las muestras.....	27
3.2 Procedimiento elaboración de curvas de dinámica foliar.....	28
3.2.1 Análisis previo de los datos.....	28
3.2.2 Método estadístico.....	29
3.2.3 Establecimiento de los niveles críticos de cada periodo.....	29
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1 Rangos foliares para limón.....	31
4.2 Curvas de dinámica foliar.....	33
4.2.1 Evolución del nitrógeno, fósforo y potasio.....	33

4.3.2 Evolución del calcio, magnesio y azufre .....	37
4.3.3 Evolución de los micronutrientes.....	40
4.3.4 Evolución de los cloruros .....	45
5. CONCLUSIONES .....	46
6. BIBLIOGRAFÍA.....	47
7. ANEXOS.....	50
ANEXO 1: ANÁLISIS DE LA VARIANZA CON UN FACTOR (ANOVA) .....	50
1. Requisitos previos para utilizar el análisis de la varianza .....	50
1.1 Escalas de intervalo .....	51
1.2 Aleatoriedad e Independencia.....	51
1.3 Normalidad .....	51
1.4 Homocedasticidad.....	52
2. Resultados de los supuestos.....	52
2.1 Prueba de normalidad .....	52
2.2 Transformación a la distribución normal.....	58
2.3 Estadístico de Levene .....	60
3. Análisis de varianza.....	63
3.1 Contrastes DMS y T3 de Dunnett.....	65
3.2 Agrupaciones de meses.....	78



## **1. ANTECEDENTES**

### **1.1 Introducción general**

Debido a las altas exigencias por parte de los mercados nacionales y extranjeros, la calidad del fruto junto con la productividad, son los principales factores buscados por los productores. Es por ello que en la actualidad, para alcanzar dichos factores, la fertilización constituye una de las operaciones centrales en la explotación agrícola. Esto ha provocado un aumento en el consumo de los fertilizantes, que a su vez genera incrementos en los costos y un efecto contaminante en la actividad agrícola.

La nutrición de los frutales es una actividad cara, tanto en el costo de los insumos como en la mano de obra que se utiliza, por lo tanto, esta tiene que ser eficiente y eficaz. Para lograr esa calidad y productividad mencionada anteriormente, el productor no podría hacerlo sin renunciar al uso de fertilizantes. Mediante esta tarea se tiene que conseguir un óptimo estado nutricional del frutal, minimizando los aportes y las pérdidas por lixiviación.

Hirzel y Rodriguez (2001), destacan el hecho que durante las diferentes etapas de desarrollo de un frutal se van produciendo cambios estacionales en la concentración de nutrientes a nivel de hojas y pecíolos. Estos cambios de concentración están relacionados a las necesidades nutricionales del fruto, al grado de movilidad interna de cada elemento y la fenología del cultivo.

La herramienta que cumple eficazmente el objetivo de diagnosticar el nivel de los elementos minerales en las plantas, es el análisis foliar, y en base a esta se diseñan o se corrigen los programas de fertilización. El análisis foliar informa sobre la absorción real de los nutrientes por la planta, muestra la presencia de estados carenciales, indica la existencia de antagonismos entre nutrientes y permite evaluar la disponibilidad de reservas de la planta (Legaz y Primo-Millo, 2001).

Si no se realizaran análisis foliares y de suelo, la fertilización resultaría insuficiente en algunos casos o excesiva en otros, y en ambas situaciones las consecuencias serían pérdidas económicas, deterioro y contaminación ambiental. Aunque los análisis foliares comúnmente se utilizan como herramienta de diagnóstico para futuras correcciones de nutrientes problema, un análisis de tejido de planta joven

permite hacer a tiempo correcciones de fertilización durante el ciclo de crecimiento (Laboratorios A-L de México, 2011).

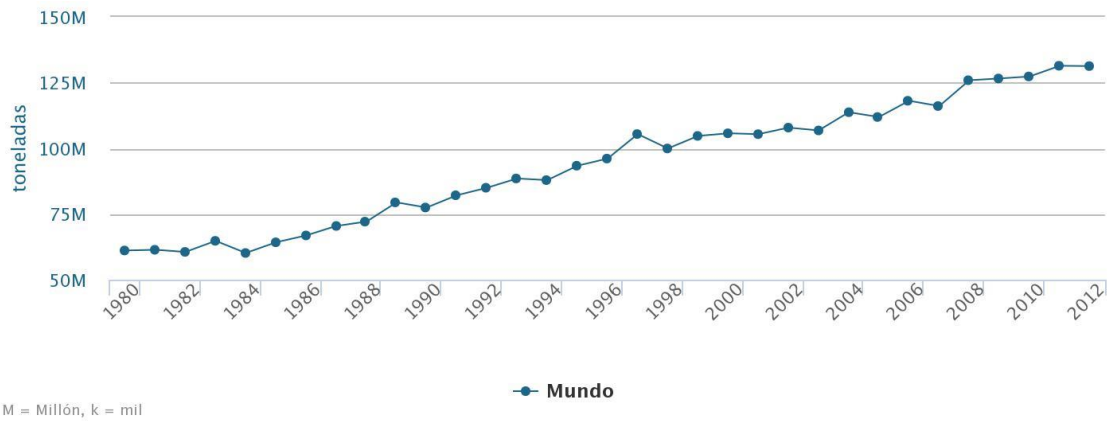
Con el fin de optimizar el rendimiento del cultivo y minimizar las pérdidas de fertilizantes sería de gran utilidad disponer de estándares foliares adaptados a las variedades de mayor importancia comercial en la actualidad y que sean válidas a lo largo de todo el ciclo del cultivo, especialmente durante algunas fases críticas donde el conocimiento de alteraciones nutricionales pueden ser de gran importancia para la corrección de desviaciones productivas.

A día de hoy, las referencias bibliográficas existentes respecto a esto son muy limitadas. Se puede encontrar información, pero esta es de variedades que ya no se cultivan, válidas para climas muy locales y que no describen todo el ciclo del cultivo, sino solamente algunos estados fenológicos.

Es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo obtener los estándares foliares para cada uno de los nutrientes esenciales (macronutrientes y micronutrientes) del limonero (*Citrus limon* (L.)) durante todo su ciclo de cultivo, sin hacer distinciones entre variedades, puesto que en este tipo de frutal el comportamiento de las variedades es muy similar. De esta forma, los productores podrán interpretar los resultados de los análisis químicos foliares, teniendo una base sólida para elaborar adecuados programas de nutrición y enmiendas, que permitan obtener resultados satisfactorios de la práctica de fertilización edáfica y foliar.

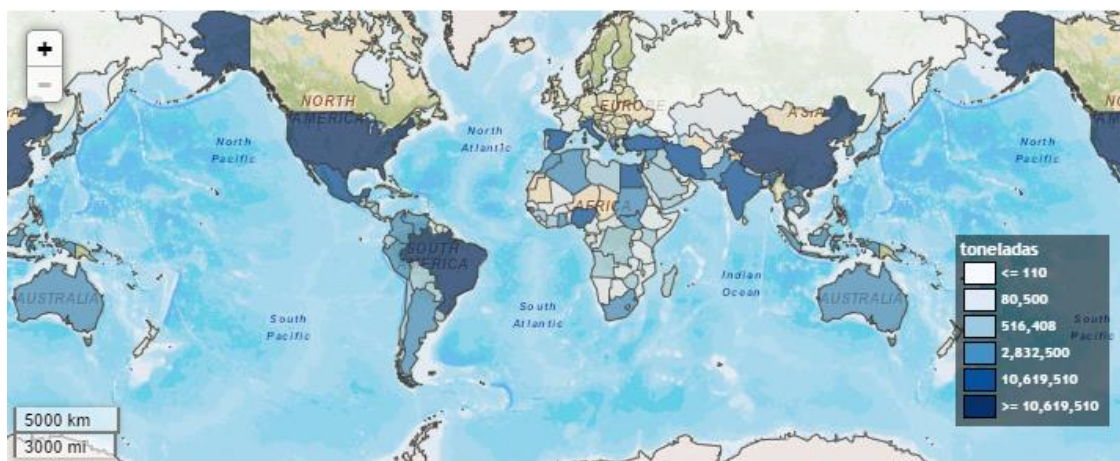
## **1.2 Situación mundial de los cítricos**

La producción y el consumo mundial de cítricos han registrado un fuerte crecimiento desde mediados de los años 80 (figura 1). La producción de naranjas, mandarinas, limones y limas ha aumentado rápidamente, y aún más los productos cítricos elaborados, gracias a las mejoras introducidas en el transporte y en el empaquetado que han reducido los costos y mejorado la calidad (FAO, Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas, 2010).



**Figura 1.-** Producción total de cítricos en el mundo 1980 – 2012. Fuente: FAOSTAT.

En la actualidad, los cuatro principales países productores de cítricos son China (32.221.345 toneladas), Brasil (20.258.507 toneladas), EE.UU (10.619.510 toneladas) e India (8 millones de toneladas), respectivamente.



**Figura 2.-** Promedio de la cantidad de producción de cítricos en el mundo 2012-2013. Fuente:

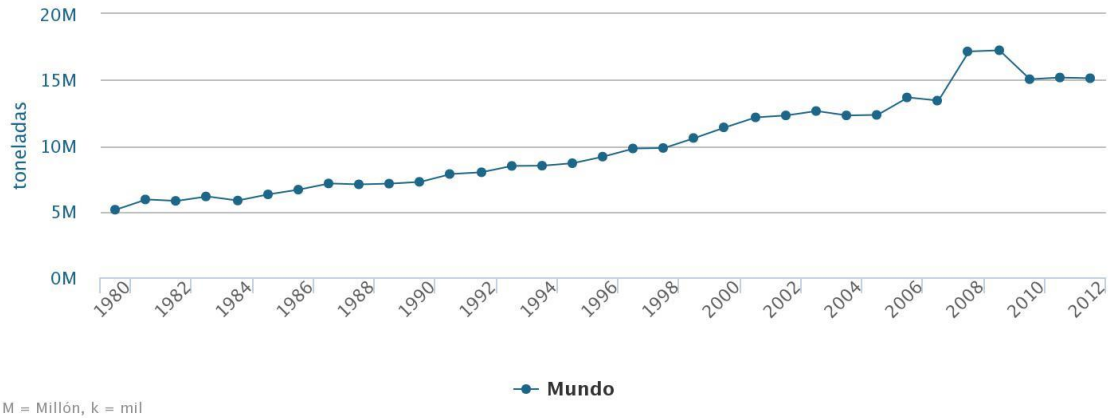
FAOSTAT

### 1.3 Situación del limón

#### 1.3.1 Situación mundial

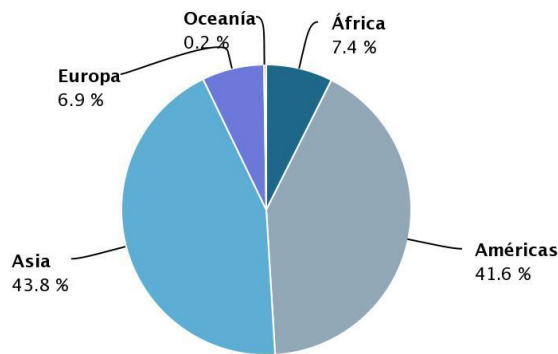
Y en cuanto al cultivo del limón, también experimentó una expansión ininterrumpida desde la década de los 80', que continuó profundizándose en los 90'. Las inversiones en nuevas tecnologías aumentaron los rendimientos y esto junto con un aumento de la superficie plantada, determinaron un crecimiento más que proporcional de la producción. En diez años se duplicó prácticamente la producción de limón y lima: se pasó de 9 millones de toneladas en 1998 a un pico de producción de 17 millones en

2008, como se observa en la siguiente figura. En la actualidad se aproximan 15 M de toneladas de producción (15.118.462 toneladas a fin del año 2012).



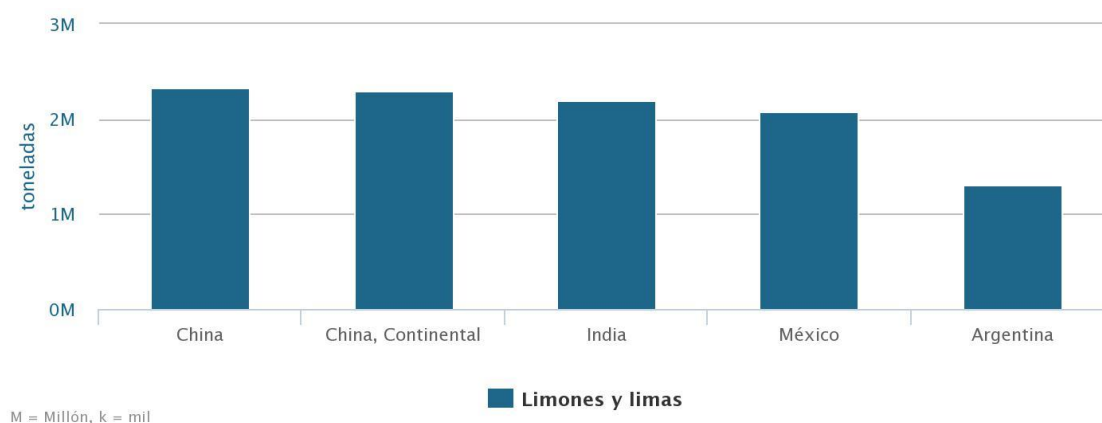
**Figura 3.- Producción de limón y lima en el mundo entre 1980 y 2012. Fuente: FAOSTAT.**

En porcentajes muy similares se reparten esta producción Asia y América, en menor proporción Europa y África, y Oceanía abarca sólo un 0,2%.



**Figura 4.- Proporción de producción de limón y lima por continente año 2012. Fuente: FAOSTAT.**

Actualmente, los países con mayores producciones de limón son China, India, México y Argentina (figura 5).



**Figura 5.- Producción de los principales productores. Promedio 2012-2013.**

Cabe destacar que la producción mundial de limones no llega, según FAO, al 11% de la producción total de cítricos. En efecto, el año 2012, la producción mundial de limones y limas alcanzó los 15 millones de toneladas, mientras que la producción total de cítricos fue de 131 millones de toneladas.

La producción de limones y limas va destinada principalmente al mercado de productos frescos. Entre 1997 y 1999 la producción fue de 9.040.000 toneladas, de los cuales un 77% (7 millones de toneladas) fue utilizado como fruta fresca y el otro 23% (2.040.000 toneladas) fue para el mercado de productos elaborados.

Los limones se producen generalmente en climas templados, como en el oeste de Estados Unidos, en España, Italia y Argentina, aunque también se adaptan a climas más secos como los de Egipto e Irán.

### 1.3.2 Situación nacional

Aunque la citricultura chilena es relativamente pequeña en el contexto internacional, el cultivo del limonero en este país presenta una situación destacada. Chile probablemente sea el único país donde la producción de limones supera a la de naranjas (160.000 toneladas de limones y 145.000 toneladas de naranjas, aproximadamente en el año 2012).

Por otra parte, Chile posee un elevado consumo de limones derivado de su tradicional empleo como: condimento de ensaladas y productos del mar, bebida refrescante y aditivo en diversos cócteles alcohólicos (Razeto, 2005).

También, la Federación de Productores de Fruta (Fedefruta) señala que Chile ha aumentado la importación de limón debido a un mayor consumo por parte de la población local. El incremento en el poder adquisitivo de los chilenos ha incrementado el volumen de importación de este cítrico, según explicó Crisitán Allendes, presidente de Fedefruta. (Fuente: Portal Frutícola).

Además, la producción interna no ha aumentado al ritmo de la demanda debido a los factores climáticos, lo que ha provocado este aumento en la importación de limón. A esto se suma que entre diciembre y marzo existe una menor oferta local, provocando un aumento de los precios, por lo que el mercado necesita ser abastecido por limones extranjeros, siendo EE.UU el principal proveedor en 2013 (EXPORDATA, 2013). Cerca del 15% de la demanda interna de esta fruta es abastecida por importaciones, mientras que el otro 85% se cubre con producto local (Fuente: Revista F&H, mayo 2013).

Adicional al consumo interno, una fracción importante de la producción (la de mejor calidad) del limón de invierno es destinada a exportación, siendo también Estados Unidos su principal país destinatario. Aunque recién, tras doce años de negociaciones, se concretó la apertura del mercado brasileño para las exportaciones de limones, naranjas y mandarinas, abriendo nuevas oportunidades para los cítricos nacionales. Así lo anunció el Ministro de Agricultura, Carlos Furche (Asoex, septiembre 2014).

Según Ronald Bown, presidente de la Asociación de Exportadores de frutas de Chile A.G. (Asoex), la apertura de este mercado representa una atractiva oportunidad de diversificar las exportaciones de estos cítricos, un mercado cercano a los 140 millones de dólares FOB y envíos al exterior por 130 mil toneladas al año. Bown agregó: "Actualmente, el principal mercado de destino para los cítricos chilenos es Estados Unidos, representando un 78,5% de los envíos totales de cítricos del país, seguido por el Lejano Oriente con el 10 %, y Europa con el 6%, por ello, creemos que Brasil puede ser un mercado muy importante para seguir diversificando los mercados de destino para la industria citrícola nacional" (Asoex, septiembre 2014).

En el mismo ámbito, Juan Enrique Ortúzar, Presidente del Comité de Cítricos de Chile de ASOEX, precisó: "Este año las exportaciones totales de Chile en cítricos - que han venido creciendo desde un nivel muy bajo desde hace 15 años-, se están acercando a casi los 200 millones de dólares".

En cuanto al emplazamiento, el cultivo del limón en Chile se sitúa en localidades de invierno temperado, comprendidos entre los 29° 50' y los 34° 50' latitud sur, donde predomina un clima mediterráneo templado, con periodo seco de 6 a 8 meses (Razeto 2005). Las principales zonas productoras corresponden a la Región Metropolitana con casi el 45% de la superficie plantada con limonero, seguida por las regiones V, IV y VI. Luego vienen las regiones III y VII, donde la superficie es mínima, según datos obtenidos de ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias).

*Tabla 1.- Superficie plantada con limonero por regiones (hectáreas). Fuente: Odepa-Cirén*

Regiones	III	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	Total
Hectáreas	40	1.195	1.466	2.602	687	3	0,1	-	-	-	5.993

La superficie plantada con limonero en Chile se estima en aproximadamente 6.000 hectáreas, 1.000 menos que en el año 2013 (tabla 2). Esto obedece a que muchos productores arrancaron sus plantaciones por la bajada del precio del limón y cambiaron de cultivo, y debido a la sequía de los últimos tiempos en la zona norte del país.

*Tabla 2.- Superficie plantada con limonero desde el año 2006 hasta el 2014. Fuente: Elaborado por Odepa con información de Cirén.*

Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Has	7.234	7.173	7.935	7.649	7.235	7.106	7.714	7.094	5.993

#### 1.4 Variedades

Contrariamente a lo que ocurre en la mayoría de las especies frutales, donde el fruto es el órgano que identifica a las variedades, en el caso del limonero lo hacen las características del árbol. El fruto de las distintas variedades presenta tal similitud, externa e interna, que es difícil diferenciarlos. Probablemente, a esto se deba el hecho de la escasa rotación varietal que existe en esta especie, donde la mayoría de las variedades vigentes corresponde a las mismas que se cultivaban en el mundo a fines del siglo XIX (Razeto, 2005).

En Chile las principales variedades que se cultivan son: Eureka, Fino 49, Génova y Messina, como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 3.- Superficie plantada con limonero entre la región de Valparaíso y la Metropolitana de Santiago distribuida por variedades. Fuente: Odepa-Cirén, 2014.**

<b>Variedad</b>	<b>Total (ha)</b>
Eureka	1566,25
Fino 49	867,73
Genova	567,12
Messina	388,65
Frost Eureka	52,58
Fino 95	31,71
Fino 45	19,54
Lisboa	16,82
Benjamin	13,45
Benjamin Andes	10,75
Champion	5,00
Limoneria	1,40
Citrumelo	1,10
Californiano	0,50

### 1.4.1 Eureka

Es la variedad más ampliamente cultivada en el mundo y en Chile. Fue obtenida en California en 1858 a partir de semillas llevadas desde Sicilia, Italia.

El árbol es moderadamente vigoroso con una marcada tendencia a producir frutos en racimos en el extremo terminal de las ramas. Presenta pocas espinas, las cuales son muy pequeñas. Es precoz en producir, bastante refloreciente y su producción se distribuye a lo largo de todo el año, aunque se concentra durante el invierno en un 60-70% (Rezeto, 2005) Es por ello que es una variedad de doble propósito, su producción es utilizada tanto para el mercado interno como para exportación.

El fruto presenta semillas, y la pulpa tiene un excelente contenido en zumo de elevada acidez. Se han desarrollado varias selecciones de Eureka, como por ejemplo Frost y Allen, que tienen una elevada productividad.



### **1.4.2 Fino 49**

Es una selección clonal de la variedad Fino (también llamada Mesero o Primofiori), obtenida en Murcia, España, entre 1970 y 1980. A Chile fue introducida a finales de los 80'.

El árbol es grande, vigoroso y con muchas espinas. Es una variedad muy productiva aunque su entrada en producción es en general más lenta que Eureka. Es poco refrlorescente, concentrando su producción en el invierno, algo antes que Eureka. A diferencia de Eureka, Fino 49 solo se produce para exportación. Su fructificación es abundante y se concentra hacia el interior del árbol, normalmente en frutos aislados a lo largo de las ramas. El fruto es muy simétrico, de piel lisa y excelente calidad y presentación. Tiene un mayor número de semillas que Eureka (Razeto, 2005).

Es la segunda variedad más plantada en Chile (tabla 3) en los últimos años por la calidad de su fruto (simétrico y liso), uniformidad de los frutos y cosecha temprana (comienza a mediados de otoño).

### **1.5 Fenología**

El conocimiento de la fenología del limón y de los factores que en ella influyen, es requisito básico para un manejo eficiente del huerto. Los eventos fenológicos son, tanto en época como en duración, muy dependientes del clima reinante en cada localidad, como asimismo de la variación que éste presenta año tras año. También influyen otros factores como la variedad, el patrón y ciertas prácticas de manejo, especialmente el riego, la poda y la aplicación de algunos fitorreguladores.

Considerando esto, la fenología descrita en este apartado corresponde a los estudios y observaciones llevados a cabo por Razeto (2005) para la Zona Central de Chile.

**Tabla 4.- Cuadro fenológico aproximado del limonero en la Zona Central de Chile.**

Estado fenológico	Meses											
	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
Caída de hojas												
Crecimiento de raíces												
Crecimiento de brotes												
Crec. de frutos cuajados en otoño												
Crec. de frutos cuajados en												
Floración												
Inducción floral												

### 1.5.1 Procesos vegetativos

#### Crecimiento de brotes

En el limonero se distinguen tres períodos principales de crecimientos de brotes: primavera (septiembre a noviembre), verano (enero y febrero) y otoño (abril a junio), como se aprecia en la tabla 4. Los más intensos son los que se dan en primavera y en otoño, que son promovidos por temperaturas medianas. El de verano es más débil y corto, probablemente debido a las temperaturas excesivas de esa época. Y durante el invierno, generalmente no hay crecimiento de los brotes por causa de la insuficiente temperatura que se presenta, siendo entre 15 y 25°C la temperatura óptima de brotación.

#### Caída de hojas

El limonero, como árbol de hoja persistente, permanece con hojas durante todo el año. No obstante, presenta una constante renovación de su follaje, que se hace notoria en los períodos de mayor brotación y floración. Las hojas, cuya máxima caída ocurre en los meses de noviembre y junio, aproximadamente, lo hacen en estado senescente una vez alcanzada su madurez fisiológica.

Se estima que la vida de una hoja de cítrico habitualmente fluctúa entre 17 y 24 meses, siendo más larga la de las hojas ubicadas en brotes vigorosos.

#### Crecimiento de raíces

El crecimiento de las raíces ocurre a continuación de las etapas de crecimiento de brotes en primavera y verano. El primer período de crecimiento radicular se presenta

desde octubre hasta enero, mientras que el segundo lo hace desde marzo a mayo. En la Zona Central, generalmente no se presenta este crecimiento después del periodo de brotación, probablemente debido a la baja temperatura del suelo en esa época.

Además, el crecimiento de las raíces también puede verse afectado por determinadas prácticas de manejo. Por ejemplo, un severo déficit hídrico puede determinar un retraso o una paralización del desarrollo radicular, y lo mismo puede suceder si el árbol presenta una carga muy grande.

### **1.5.2 Procesos reproductivos**

#### **Floración**

El limonero en la Zona Central tiende a emitir flores durante todo el año. Sin embargo, los principales períodos de floración ocurren en primavera, en verano y en otoño, coincidiendo con los períodos de crecimiento de los brotes. La floración más intensa es la de primavera, que comienza en septiembre y finaliza en diciembre. La segunda floración importante comienza en marzo – abril y termina en julio; y adicionalmente, suele presentarse una leve floración durante los meses de enero y febrero, después de un corto período de nulo crecimiento de brotes en primavera.

#### **Desarrollo de los frutos**

El crecimiento del fruto se ajusta a una curva de tipo sigmoidea simple. En la primera etapa (mayo – septiembre) hay un crecimiento inicial después del cuaje, procedente de la floración de otoño, el cual se desarrolla a través de sucesivas divisiones en las células de los tejidos que conforman el fruto. En la segunda etapa (septiembre – noviembre) el fruto continúa creciendo, pero ya no por división, sino por aumento del tamaño de las células y espacios intercelulares. Y en la tercera etapa (noviembre – febrero), el fruto todavía sigue creciendo pero lo hace a una tasa menor. En esta última etapa, llamada maduración, se desencadenan los procesos que caracterizan al fruto maduro. Este va cambiando su coloración externa desde el verde hasta llegar al amarillo, e internamente ocurren los cambios bioquímicos hasta alcanzar el equilibrio entre los azúcares y la acidez del jugo.

Por su parte, el limón cuajado en primavera presenta un rápido crecimiento desde el momento mismo del cuaje. Ello porque este coincide con inicio del periodo

cálido. Este fruto aumenta considerablemente en tamaño durante el verano, y aunque a un menor ritmo, continúa creciendo en el otoño y el invierno, momento en el que es recolectado.

### **Caída de frutos**

Los frutos están expuestos a sucesivas caídas durante el tiempo que transcurre desde el cuaje hasta su madurez. Inmediatamente después de la caída de pétalos, normalmente ocurre una significativa caída de frutos muy pequeños que caen con el pedúnculo adherido. Esta caída tiene como finalidad liberar al árbol de una cantidad de frutos que no sería capaz de soportar. Transcurridas varias semanas, o a veces dos meses después de la primera caída, normalmente se presenta una segunda caída. En ese momento caen frutos con tamaño de uno a tres centímetros de diámetro y lo hacen sin el pedúnculo adherido. Esta caída suele ser intensa hacia fines de primavera, razón por la cual se le llama “caída de diciembre”. En los frutos cuajados en otoño (y que maduran en verano), la caída se inicia en abril y se puede prolongar hasta mediados del invierno.

### **Cosecha**

En el caso del limonero, la recolección de la fruta se realiza prácticamente durante todo el año. Por un lado, porque tiene distintas épocas de floración y por otro lado, porque se puede cosechar en diversos estados de madurez sin que se vean afectadas mayormente sus cualidades organolépticas.

## **1.6 Nutrición mineral**

Las plantas, para su crecimiento, desarrollo y producción, requieren de un suministro continuo y bien ajustado de nutrientes minerales esenciales. Si cualquiera de estos nutrientes se encuentra en cantidades limitadas, el comportamiento del cultivo disminuye y finalmente, resulta en desórdenes de nutrición. Las carencias de nutrientes minerales se manifiestan en términos de reducción del rendimiento o de mala calidad del cultivo (Laboratorios A-L de México, 2011).

Se define elemento mineral esencial como todo elemento sin el cual la planta no puede desarrollarse. Según la cantidad que usa la planta se diferencia entre macroelementos y microelementos. Un macronutriente es todo elemento mineral esencial que la planta usa en mayor cantidad, este rango oscila entre 0,1% y 5 - 6% (1%

= 10.000 ppm); mientras que se denomina micronutriente al elemento mineral esencial que la planta usa entre 1 ppm y 1.000 ppm (0,1%) (Allendes, 2014)\*.

El análisis foliar en combinación con el análisis del suelo, constituye una forma excelente de desarrollar un buen programa de fertilidad para la producción. La fertilización corresponde a las cantidades totales de elementos minerales que se debe aplicar, según el estado nutricional, para sostener un normal crecimiento, una alta productividad y una óptima calidad de fruta en los árboles.

Así, mientras el análisis de suelo indica la disponibilidad relativa de sus nutrientes para el uso en los cultivos, el análisis de la planta proporciona una indicación de cuáles son los nutrientes que han sido absorbidos por las plantas. Las hojas son consideradas como el foco de actividades fisiológicas y los cambios en la nutrición mineral se reflejan en la concentración de los nutrientes foliares (Laboratorios A-L de México, 2011).

### **1.6.1 Macronutrientes**

#### **Nitrógeno (N)**

Es el elemento mineral más importante y tiene un papel fundamental en el crecimiento vegetativo de la planta, en la floración y en el cuaje de los frutos. Su deficiencia se traduce en escaso crecimiento del árbol con brotes cortos, menor cuaje y tamaño del fruto, y un amarilleamiento generalizado de las hojas, aunque más acusado en los nervios. Este déficit suele presentarse en suelos de baja fertilidad, cuando no se aplica suficiente fertilizante nitrogenado o cuando este se pierde por lixiviado.

Sin embargo, el problema tanto o más frecuentemente reside en el exceso de este elemento. Un suministro excesivo de nitrógeno causa un crecimiento demasiado vigoroso de los brotes, emitiendo gran cantidad de chupones que sombrean el interior de la copa y como consecuencia, la falta de iluminación provoca una disminución de la floración, que lleva a una menor producción. Además debido a este exceso, los frutos tienden a presentar una cáscara gruesa y rugosa. En situaciones extremas pueden presentarse quemaduras en las hojas e incluso, la muerte del árbol en el caso de plantas jóvenes, las cuales son muy sensibles a la fitotoxicidad de los fertilizantes nitrogenados en dosis altas (Razeto, 2005).

## **Fósforo (P)**

El fósforo es necesario en la primera edad de la planta para su mejor desarrollo radicular y después, en la etapa de floración. Es por ello que se aplica antes del trasplante y también durante el desarrollo de la planta, teniendo en cuenta su residualidad y baja asimilación.

La deficiencia de este nutriente provoca un sistema radicular poco desarrollado, hojas adultas bronceadas y brotes débiles, además de una floración deficiente. Las plantas deficientes en este elemento producen frutos de mayor tamaño pero con menos zumo, tienen la corteza más gruesa y son menos consistentes. Al contrario, su exceso genera deficiencias de zinc y cobre. Aunque la incidencia del fósforo sobre la cuantía y la calidad de las cosechas es menos notable que en el caso del nitrógeno.

Dada la alta movilidad de este elemento en la planta, en condiciones de deficiencia, el fósforo se desplaza desde las células de los órganos más viejos a las de los órganos jóvenes, que son metabólicamente más activas. La carencia del fósforo es muy difícil de detectar en campo, no sólo porque no es frecuente en las plantaciones de cítricos, sino porque no presenta manifestaciones claras (M. Agustí, 2000).

## **Potasio (K)**

El potasio es un nutriente utilizado preferentemente y en grandes cantidades por los frutos. Por este motivo, su aplicación es más importante en árboles en producción y puede ser indispensable en huertos de alto rendimiento, donde es necesario reponer anualmente lo que el árbol sustrajo del suelo.

Los síntomas de carencia del potasio también son poco visibles y específicos, por lo que se precisa de análisis foliares para su detección. Esta deficiencia afecta, sobre todo, a las hojas viejas, dada la alta movilidad de este elemento en la planta, que se arrugan y enrollan. Los frutos que se producen son pequeños y con la corteza suave y delgada, que tiende a colorar prematuramente, puesto que es probablemente el nutriente más influyente en el crecimiento del fruto. En consecuencia, su empleo puede ser especialmente importante en árboles con problemas de calibre en sus frutos. Sin embargo, altos niveles pueden provocar un excesivo grosor en la cáscara.

Tratándose de un elemento cuya respuesta por los árboles generalmente es lenta (a veces un año), su aplicación se debe realizar oportunamente, cuando el nivel foliar de este elemento comienza a bajar, aunque todavía se encuentre en la zona inferior al rango normal (Razeto, 2005).

### **Calcio (Ca)**

El calcio estimula el crecimiento apical especialmente en raíces. Por ello, en casos de deficiencia, hay un menor crecimiento de raicillas y la planta es más sensible a períodos largos de sequía (Palacios, 2005).

Este macronutriente presenta diferencias notables con el resto, ya que su incorporación al citoplasma celular se haya severamente restringido. La mayor parte de su actividad en la planta se debe a su capacidad de coordinación, ya que es capaz de establecer uniones estables, y al mismo tiempo reversibles, entre moléculas (López L., et al, 2009). Este macroelemento es necesario en la división y crecimiento de la célula, da estructura a las paredes y membranas celulares. Participa junto con el magnesio en la activación de las enzimas del metabolismo de proteínas y glúcidos (García-Serrano et al, 2009).

Los síntomas más característicos de la deficiencia de calcio son la reducción del desarrollo, pérdida de vigor, desecación de las puntas de las ramas y defoliaciones, dada su poca movilidad (López L., et al, 2009).

### **Azufre (S)**

El azufre juega un papel clave en la síntesis de proteínas. Es un componente importante de algunos aminoácidos como la cisteína, la cistina, etc., y de la coenzima A (López L., et al, 2009). Es un elemento móvil en floema y xilema.

En plantas con carencia de azufre, se observa un comportamiento similar a la carencia de nitrógeno. Las hojas presentan un color verde pálido, pero además se produce un encorvamiento de las puntas de las hojas, que avanza hacia la base (López L., et al, 2009).

## **Magnesio (Mg)**

El déficit de magnesio es un problema relativamente común de los cítricos en Chile. Se presenta como una clorosis (amarillez) de la hoja, que excluye la zona de la lámina cercana a la vena principal (queda una “V” rellena de color verde), y a veces, también a las venas secundarias. Debido a su alta movilidad dentro de la planta, la clorosis se manifiesta, principalmente, en las hojas de mayor edad, ubicadas en la base de los brotes o las ramillas (Razeto, 2005).

El magnesio forma parte de la molécula de clorofila, siendo por tanto esencial para la fotosíntesis y para la formación de otros pigmentos. Activa numerosas encimas del metabolismo de las proteínas y glúcidos. También, favorece el transporte y acumulación de azúcares en los órganos de reserva y el del fósforo hacia el grano. Al igual que el calcio, es constituyente de las paredes celulares. Influye en los procesos de óxido-reducción (García-Serrano et al, 2009).

Como consecuencia de los anterior, esta deficiencia produce frutos de menor tamaño, con una corteza más delgada, y menor contenido en azúcares y acidez total.

### **1.6.2 Micronutrientes**

Estos son un grupo de elementos que las planta requiere en mínimas cantidades, pero que le son imprescindibles para completar normalmente su desarrollo vegetativo, floración, cuaje, crecimiento y madurez normal de sus frutos. En cítricos corresponden a hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno y cloro.

## **Hierro (Fe)**

La carencia de hierro se manifiesta con un color amarillo que afecta a las hojas jóvenes, ubicadas hacia la puna de los brotes. Las venas de la hoja permanecen de color verde, como un reticulado que contrasta con el amarillo de la lámina. Esto se debe a la falta de movilidad de este elemento por la planta para movilizarse desde las hojas viejas.

La causa de este problema en el limonero en Chile, comúnmente llamado “clorosis férrica”, no obedece a escasez de hierro en el suelo, sino a la forma en la que se encuentra, siendo no soluble por la planta. Esto se debe a las condiciones del suelo, tales como pH (mayor a 7), presencia de carbonatos en el suelo (sobre 8%) o bicarbonatos en el agua de riego (sobre 4 meq/L) (Razeto, 2005).



Aproximadamente el 75% del contenido total de hierro de la hoja es en el cloroplasto, donde es requerido para la síntesis de clorofila. Es esencial para el transporte de electrones y producción de energía en la fotosíntesis. Es por ello que es el microelemento que las plantas consumen en mayor cantidad (Palacios, 2005).

### **Manganeso (Mn)**

El manganeso está ligado al hierro en la formación de clorofila. Interviene en la estabilidad de las membranas de cloroplastos y es un activador enzimático (Palacios, 2005).

La carencia de manganeso se manifiesta con la presencia de bandas de un color verde amarillento que se alternan con bandas verdes ubicadas adyacentes a las venas de las hojas. En cítricos es frecuente la carencia simultánea de zinc y manganeso (Razeto, 2005).

### **Zinc (Zn)**

EL zinc es requerido como cofactor enzimático para la síntesis de triptófano en la síntesis de Ácido Indol Acético (A.I.A) (Ferguson y Grafton-Cardwell, 2014). Además, actúa en la síntesis y degradación de la clorofila, regulando el consumo de azúcar que proporciona energía (Palacios, 2005). Es un elemento muy poco móvil.

Deficiencias de zinc ocurren principalmente en suelos erosionados. La solubilidad de este micronutriente es altamente dependiente del pH del suelo, ya que rangos de pH 5,5-7 disminuyen la disponibilidad de zinc para las plantas. (Ferguson y Grafton-Cardwell, 2014).

La deficiencia se manifiesta en forma de un follaje compacto, formado por hojas pequeñas, aguzadas y con clorosis intervenal. Los frutos también son de menor tamaño que el normal (Razeto, 2005).

### **Cobre (Cu)**

El cobre actúa en la planta fundamentalmente en las uniones enzimáticas en las reacciones redox. Actúa como cofactor enzimático de la fotosíntesis y respiración (Palacios, 2005).

La carencia del cobre en los cítricos es difícil de encontrar, ya que los tratamientos fungicidas que se aplican en su cultivo son suficientes para cubrir las necesidades de los árboles (López L., et al 2009).

### **Boro (B)**

El boro en los cítricos tiene un papel todavía un poco conocido. No se tiene evidencia de que participe en estructuras enzimáticas, y muy pocas de que la actividad de estas sea vea estimulada o inhibida por él (López L., et al 2009). Palacios (2005) establece que el boro participa en la síntesis del RNA y del ADN; y en la elongación del tubo polínico.

Al ser un elemento poco móvil, los síntomas foliares de deficiencia se observan en las hojas nuevas, que son algo más pequeñas que las normales y con las nervaduras principales sobresalientes. Los frutos son más pequeños y algo deformados, con cáscara gruesa y pocas semillas, que son de color oscuro (Palacios, 2005).

### **Molibdeno (Mb)**

El molibdeno interviene en la fijación del nitrógeno atmosférico y en la reducción del nitrato. La carencia de molibdeno en los cítricos trae consigo una sintomatología muy parecida a la falta de nitrógeno. Además se manifiesta por una escasa cantidad de hojas y éstas tienden a curvarse hacia arriba (López L., et al 2009).

### **Cloruros (Cl)**

Los cloruros son esenciales en el movimiento del agua en la fotosíntesis (Palacios, 2005). Rara vez se observan deficiencias de este elemento (Ferguson y Grafton-Cardwell, 2014)

Sin embargo, la presencia de cloruros en niveles altos en aguas que riegan cítricos se hace notar en las hojas, ya que aparecen quemaduras por los bordes de las mismas y ápice. Además, tanto el nitrógeno como el fósforo se absorben con dificultad cuando las cantidades de cloruros son altas (Amoros, 2000).

### 1.6.3 Sinergismos y antagonismos

Los macronutrientes y los micronutrientes están relacionados, y entre ellos ocurren antagonismos y sinergias, los cuales se definen de la siguiente manera (Vegas y Narrea, 2011).

**Antagonismos:** Cuando hay exceso de un elemento, se produce deficiencia del otro elemento.

Por ejemplo: Potasio/Calcio, Magnesio/Calcio, Potasio/Magnesio, Nitrógeno amoniacal/Potasio, Nitrógeno nítrico/Cloruros

**Sinergismos:** La absorción de dos elementos puede reforzarse mutuamente.

Por ejemplo: Nitrato/Magnesio, Nitrato/Calcio, Nitrato/Potasio

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Tras haber contextualizado la situación del limón en el mundo y en Chile, y haber explicado el porqué de este trabajo fin de carrera, **el objetivo es obtener estándares nutricionales foliares, que sean válidos para todas las variedades cultivadas en Chile y que abarquen todo el ciclo del cultivo.**

### 2.2 Objetivos específicos

- Determinar las curvas de dinámica foliar de macronutrientes y micronutrientes esenciales para el limonero, a lo largo de la temporada (septiembre a abril) por medio de resultados de análisis foliares.
- Relacionar las dinámicas foliares de cada nutriente con la fenología del limonero.

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1 Base de datos**

El presente estudio se basa en los resultados de análisis foliares realizados durante el periodo comprendido entre el año 2007 y abril del 2014, incluyendo un total de 457 análisis repartidos entre la variedad Eureka y Fino 49, que entre las dos ocupan prácticamente toda la producción del limón en Chile.

Las determinaciones analíticas se realizaron por la empresa Agriquem América S.A. (AGQ Labs) en el laboratorio localizado en Santiago.

##### **3.1.1 Recopilación de datos**

Las muestras se tomaron a lo largo de todo el ciclo anual y procedían de parcelas comerciales de alto rendimiento situadas en la Zona Central de Chile (Regiones IV, V y Región Metropolitana) donde principalmente se da este cultivo.

Los datos utilizados proceden de 28 clientes que enviaron sus muestras para analizar al laboratorio. Un total de 451 análisis foliares se tienen en cuenta en este trabajo, obtenidos desde la temporada 2007 hasta la 2013. Se recogen datos de seis campañas porque es conveniente disponer de una base de datos amplia que refleje la variabilidad propia del material vegetal, dado que puede existir un efecto campaña. Los datos están referenciados temporalmente en escala de fecha (según mes).

Se tomaron muestras de los tres períodos principales de crecimiento de brotes: primavera (septiembre a noviembre), verano (enero y febrero) y otoño (abril a junio), como se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 5.- Número de muestras recogidas según mes de muestreo.**

<b>Mes de muestro</b>	<b>Nº de muestras</b>
Septiembre	30
Octubre	54
Noviembre	64
Diciembre	65
Enero	47
Febrero	56
Marzo	50
Abril	85
<b>Total</b>	<b>451</b>

### **3.1.2 Metodología analítica de las muestras**

Las muestras foliares enviadas por parte del productor se reciben en el laboratorio de Agriquem América. Estas deben ir correctamente identificadas y colocadas en los envases proporcionados por la empresa.

El primer paso que realiza el técnico de laboratorio es el lavado. Se elige una porción de la muestra, procurando que sea lo más representativa, y se lava con HCl 0,3M para eliminar el residuo de zinc que haya en las hojas. Después de la pasada por el ácido, se vuelven a lavar con un detergente no iónico. Se prepara una dilución con Extran MA 05 y se sumergen la muestra para eliminar el polvo, aceite o cualquier resto de mugre que pueda haber quedado. Posteriormente, se enjuagan varias veces con agua potable de la llave y luego se enjuaga con agua destilada.

La siguiente etapa es el secado. Las hojas se dejan en una estufa de convección forzada a 80°C durante toda la noche. Cuando ya están secas, se elige un puñado seleccionado y se trituran en un molinillo de café hasta quedar un polvito fino (5-10 g de muestra).

Esta muestra seca y molida, se calcina en una mufla a 550°C utilizando un crisol de porcelana. En este proceso se elimina toda la materia orgánica y solo permanecen los minerales libres que contenía la muestra. A continuación, se procede con la reconstitución. Al crisol se le agrega 2 mL de ácido nítrico y se afora en un matraz de 100 mL con agua destilada (solución 2%). Con esto se consigue que la ceniza se

solubilice y quede todo disuelto. Esta muestra digerida se guarda en envases plásticos donde se deja decantar por unas horas. Dicha solución se divide en dos partes, una irá al ICP Óptico y la otra al A3 (analizador de flujo segmentado).

En el ICP Óptico se analizan los cationes (metales). Con un pinchazo de la muestra se leen los macro y micronutrientes: B, Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, S, P. En el A3 se analizan los aniones (cloruros, nitratos...) por titulación con nitrato de plato. Para analizar el Nitrógeno Dumas se utiliza un Truspec N (analizador elemental) donde se introduce 0,2 g de la muestra y se recubre con estaño.

En la siguiente tabla se observa los límites de detección, es decir, los rangos máximos y mínimos para cada nutriente que pueden ser leídos por los equipos de trabajo.

**Tabla 6.- Límites de detección del equipo de trabajo para cada uno de los elementos analizados.**

	S	B	Ca	Cl	Cu	P	Fe	Mg	Mn	Mb	N	K	Na	Zn
Uní	%	Ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	%	%	ppm	ppm
Min	0,03	5	0,03	300	5	0,02	5	0,04	5	10	0,50	0,02	250	5
Max	15	1000	25	100.000	500	8	1.000	15	1000	100	10	25	25.000	500

## 3.2 Procedimiento elaboración de curvas de dinámica foliar

### 3.2.1 Análisis previo de los datos

Antes de partir trabajando con los datos se comprueba cómo son y qué tan lejos están de lo normal. Se quiere saber cuál es la medida de dispersión de los datos, para ello se calcula la desviación típica muestral (s) y la media aritmética ( $\bar{X}$ ) de los factores (meses) de cada una de las variables (nutrientes).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Se calcula un rango máximo y un rango mínimo de dispersión de datos mediante la fórmula  $\bar{X} \pm 3s$ . Los valores que quedan fuera de este rango se eliminan de la base de datos, y los que quedan por debajo o por encima del LDT (tabla 6) se sustituyen por el valor límite.

### 3.2.2 Método estadístico

Una vez analizados los datos, se comprueba si existe efecto estacional en ellos, es decir, si es estadísticamente significativo el efecto de la fenología/fecha sobre el nivel de cada uno de los elementos estudiados. Para ello, se realiza un Análisis de la Varianza (Anexo 1) donde se analiza un factor (mes de muestreo) y catorce variables dependientes (% de N, P, K, Ca, Mg, S y mg/kg de Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl y Na sobre materia seca). Para aplicar este modelo estadístico se tiene que cumplir las siguientes premisas:

- La variable dependiente debe medirse al menos a nivel de intervalo.
- Independencia: que los datos hayan sido tomados de forma aleatoria.
- Normalidad: que la variable estudiada se ajuste a una distribución normal.
- Homocedasticidad: homogeneidad de las varianzas.

Si existe efecto estacional sobre la variable estudiada (tabla 12, Anexo 1), se procede a definir los periodos temporales que tienen diferencia significativa en los niveles de la variable, es decir, qué mes difiere de otro. Para ello, se definen periodos homogéneos (sin diferencias significativas en el nivel de la variable) y que difieren de los periodos contiguos a partir de los resultados del test DMS y T3 de Dummet del Anexo 1 (tablas 13 a 24). Una vez definidos los grupos homogéneos, se juntan los datos de dicho grupo y se tratan como un único periodo temporal.

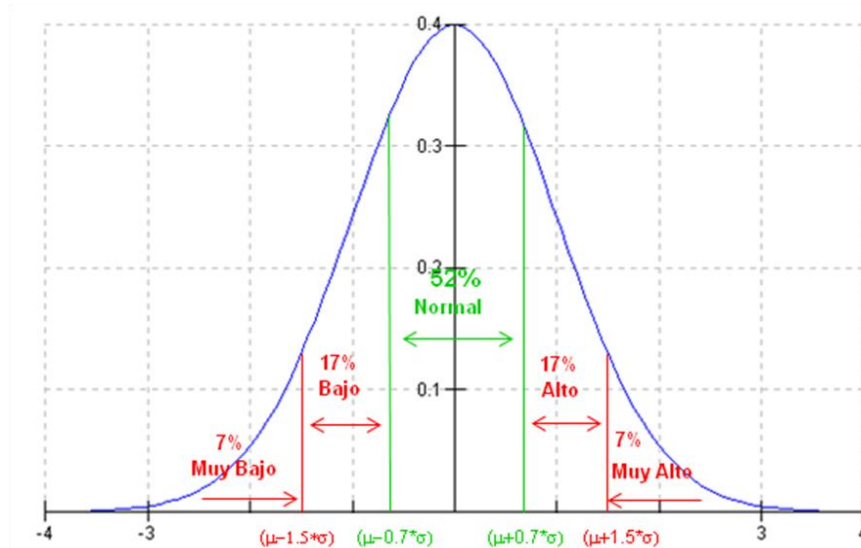
Las curvas se elaboran con el programa IBM SPSS Statistics 20. Se generan los gráficos a partir de la opción “barras de error simple”, donde se coloca la variable nutriente en el eje de ordenadas, y el mes de muestreo en el eje de abscisas.

### 3.2.3 Establecimiento de los niveles críticos de cada periodo

Para que los resultados de los análisis sean útiles, se establecen pautas de interpretación, lo cual se basa en la comparación de concentraciones de nutrientes consideradas como valores estándar, que se clasifican en cinco categorías: muy bajo, bajo, normal, alto o muy alto, con respecto a cada nutriente (tabla 7).



- ❖ **Muy Bajo (MB):**  $x < (\mu - 1.5\sigma)$  (abarca el 6.66% de la muestra)
- ❖ **Bajo (B):**  $(\mu - 1.5\sigma) \leq x < (\mu - 0.7\sigma)$  (abarca el 17.52% de la muestra)
- ❖ **Normal (N):**  $(\mu - 0.7\sigma) \leq x < (\mu + 0.7\sigma)$  (abarca el 51.6% de la muestra)
- ❖ **Alto (A):**  $(\mu + 0.7\sigma) \leq x < (\mu + 1.5\sigma)$  (abarca el 17.52% de la muestra)
- ❖ **Muy Alto (MA):**  $x \geq (\mu + 1.5\sigma)$  (abarca el 6.66% de la muestra)



*Figura 6.- Clasificación de los niveles de concentración de nutriente para una distribución normal.*

Este procedimiento es válido en el caso de que la variable se distribuya de forma normal, si no es así, se utiliza la transformada normal. Se calculan los rangos con la variable transformada y posteriormente se deshace la transformación (Anti Log).

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las curvas de sodio y de molibdeno no se pudieron llevar a cabo debido a que los datos recopilados de los análisis foliares estaban por debajo del límite de detección del equipo de medición, es decir, el equipo no fue capaz de determinar estos elementos en las muestras analizadas.

### **4.1 Rangos foliares para limón**

En la siguiente tabla se definen las concentraciones de los análisis foliares obtenidos de los resultados recogidos en el estudio, a partir de la clasificación detallada en el apartado 3.2.3.

*Tabla 7.- Niveles estándares para elementos minerales en el análisis foliar del limonero, clasificados en Muy Bajo, Bajo, Alto y Muy Alto.*

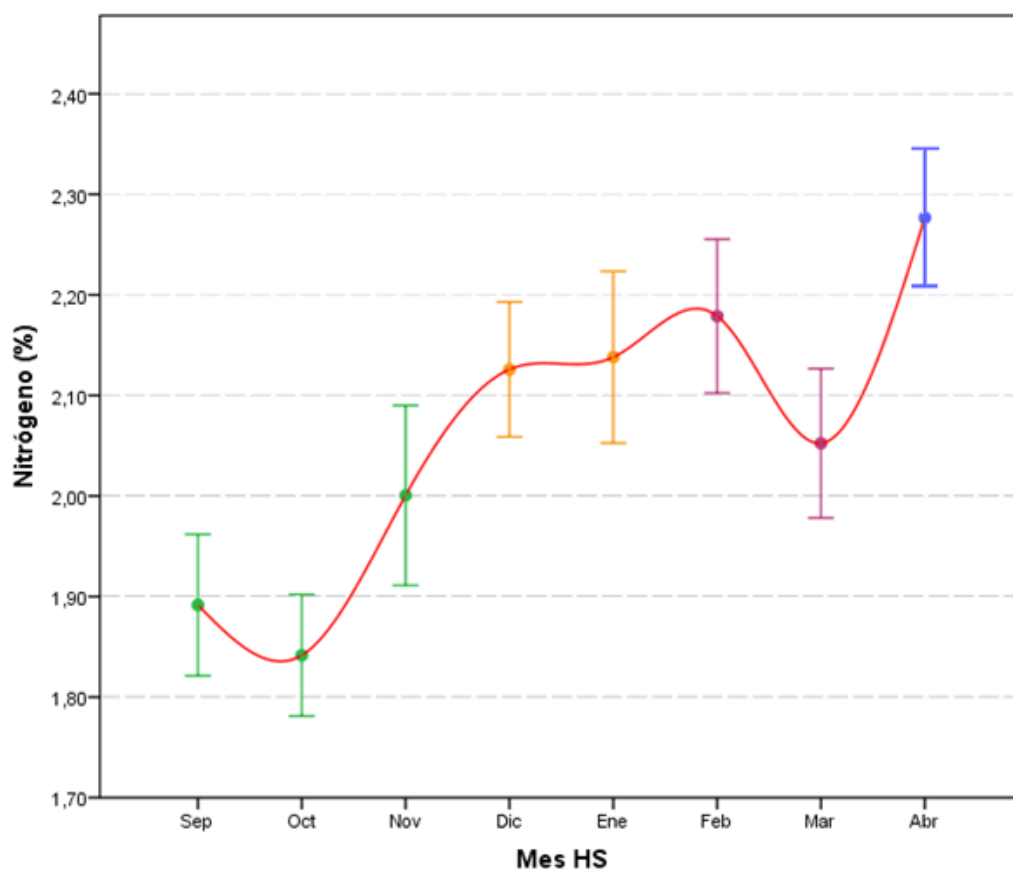
		Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<b>Azufre (%)</b>	<b>MB</b>	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,16	0,16	0,17
	<b>B</b>	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,19	0,19	0,20
	<b>A</b>	0,27	0,27	0,27	0,25	0,25	0,26	0,26	0,29
	<b>MA</b>	0,33	0,33	0,33	0,31	0,31	0,31	0,31	0,36
<b>Boro (ppm)</b>	<b>MB</b>	23	23	23	23	23	30	30	31
	<b>B</b>	33	33	33	33	33	40	40	46
	<b>A</b>	62	62	62	62	62	68	68	91
	<b>MA</b>	89	89	89	89	89	91	91	134
<b>Calcio (%)</b>	<b>MB</b>	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	2,18	2,18	2,78
	<b>B</b>	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,88	2,88	3,65
	<b>A</b>	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	4,11	4,11	5,18
	<b>MA</b>	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,81	4,81	6,06
<b>Cloruros (ppm)</b>	<b>MB</b>	204	204	204	204	204	204	204	253
	<b>B</b>	272	272	272	272	272	272	272	282
	<b>A</b>	451	451	451	451	451	451	451	340
	<b>MA</b>	603	603	603	603	603	603	603	379
<b>Cobre (ppm)</b>	<b>MB</b>	3,74	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	-
	<b>B</b>	5,01	5,47	5,47	5,47	5,47	5,47	5,47	-
	<b>A</b>	8,35	11,86	11,86	11,86	11,86	11,86	11,86	-
	<b>MA</b>	11,17	18,45	18,45	18,45	18,45	18,45	18,45	-
<b>Fósforo (%)</b>	<b>MB</b>	0,07	0,07	0,07	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10
	<b>B</b>	0,09	0,09	0,09	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12
	<b>A</b>	0,12	0,12	0,12	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16
	<b>MA</b>	0,14	0,14	0,14	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18
<b>Hierro (ppm)</b>	<b>MB</b>	69	69	69	59	66	89	89	80
	<b>B</b>	100	100	100	85	98	132	132	118
	<b>A</b>	189	189	189	161	196	261	261	232
	<b>MA</b>	273	273	273	232	291	387	387	340
<b>Magnesio (%)</b>	<b>MB</b>	0,11	0,11	0,11	0,14	0,14	0,15	0,15	0,20
	<b>B</b>	0,16	0,16	0,16	0,19	0,19	0,21	0,21	0,25
	<b>A</b>	0,26	0,26	0,26	0,27	0,27	0,31	0,31	0,34
	<b>MA</b>	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,38	0,38	0,39
<b>Manganeso (ppm)</b>	<b>MB</b>	18,67	18,67	18,67	14,64	14,64	14,64	14,64	14,64
	<b>B</b>	28,00	28,00	28,00	23,48	23,48	23,48	23,48	23,48
	<b>A</b>	56,87	56,87	56,87	53,67	53,67	53,67	53,67	53,67
	<b>MA</b>	85,26	85,26	85,26	86,07	86,07	86,07	86,07	86,07
<b>Nitrógeno (%)</b>	<b>MB</b>	1,53	1,53	1,53	1,73	1,73	1,72	1,72	1,83
	<b>B</b>	1,72	1,72	1,72	1,93	1,93	1,92	1,92	2,05
	<b>A</b>	2,11	2,11	2,11	2,32	2,32	2,30	2,30	2,49
	<b>MA</b>	2,36	2,36	2,36	2,58	2,58	2,56	2,56	2,78
<b>Potasio (%)</b>	<b>MB</b>	0,47	0,47	0,46	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
	<b>B</b>	0,58	0,58	0,63	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
	<b>A</b>	0,84	0,84	1,12	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
	<b>MA</b>	1,04	1,04	1,55	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18
<b>Zinc (ppm)</b>	<b>MB</b>	9	9	12	12	12	12	10	10
	<b>B</b>	14	14	18	18	18	18	15	15
	<b>A</b>	31	31	34	34	34	34	33	33
	<b>MA</b>	48	48	49	49	49	49	50	50

## 4.2 Curvas de dinámica foliar

Las dinámicas de cada elemento analizado van a depender principalmente de la fenología del limón, del tipo ion y del manejo en el huerto. Los iones móviles muestran un movimiento bastante sinuoso en la temporada, mientras que los iones no móviles parten bajo y terminan en niveles más alto, puesto que se van acumulando en el tiempo.

### 4.2.1 Evolución del nitrógeno, fósforo y potasio

Los niveles foliares de nitrógeno, fósforo y potasio siguieron una dinámica muy similar a lo largo de todo el ciclo, presentando los niveles más bajos en primavera (septiembre a noviembre). La dinámica se demuestra con las gráficas.

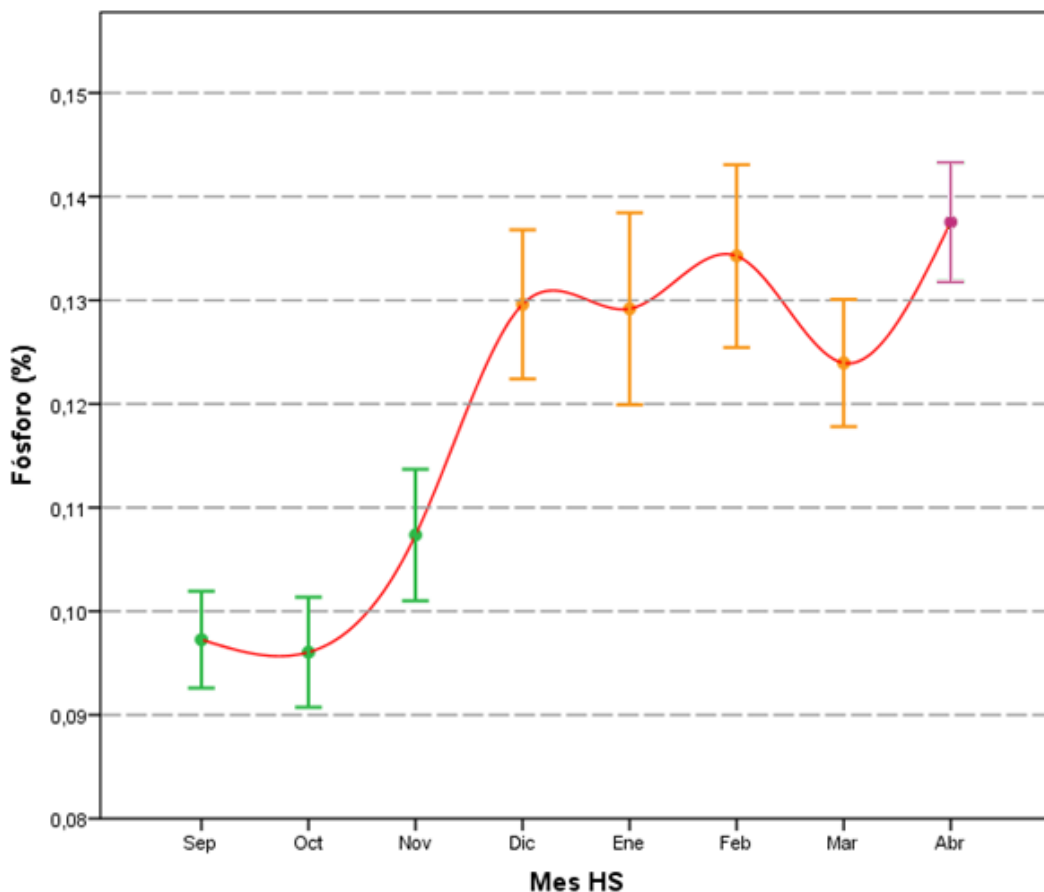


**Figura 7.-** Niveles foliares de nitrógeno (% s.m.s.) observados en limón a lo largo del ciclo anual. Los valores corresponden al promedio de todos los análisis realizados en cada mes. Las barras muestran la desviación estándar. Barras de color indican periodos con diferencias significativas en los niveles de nitrógeno ( $P=0,90$ ).

La curva de **nitrógeno** presenta poca dispersión de los datos (tamaño de la barras de error). Eso va a depender de cómo se maneje el nutriente en Chile. Por lo que

se observa en la figura 7, el manejo nutricional de este elemento es adecuado, puesto que la dispersión es baja, lo que significa que los productores en general están en niveles parecidos (entre 1,8 y 2,3% que son niveles normales, de acuerdo a los rangos que se han hecho en los libros).

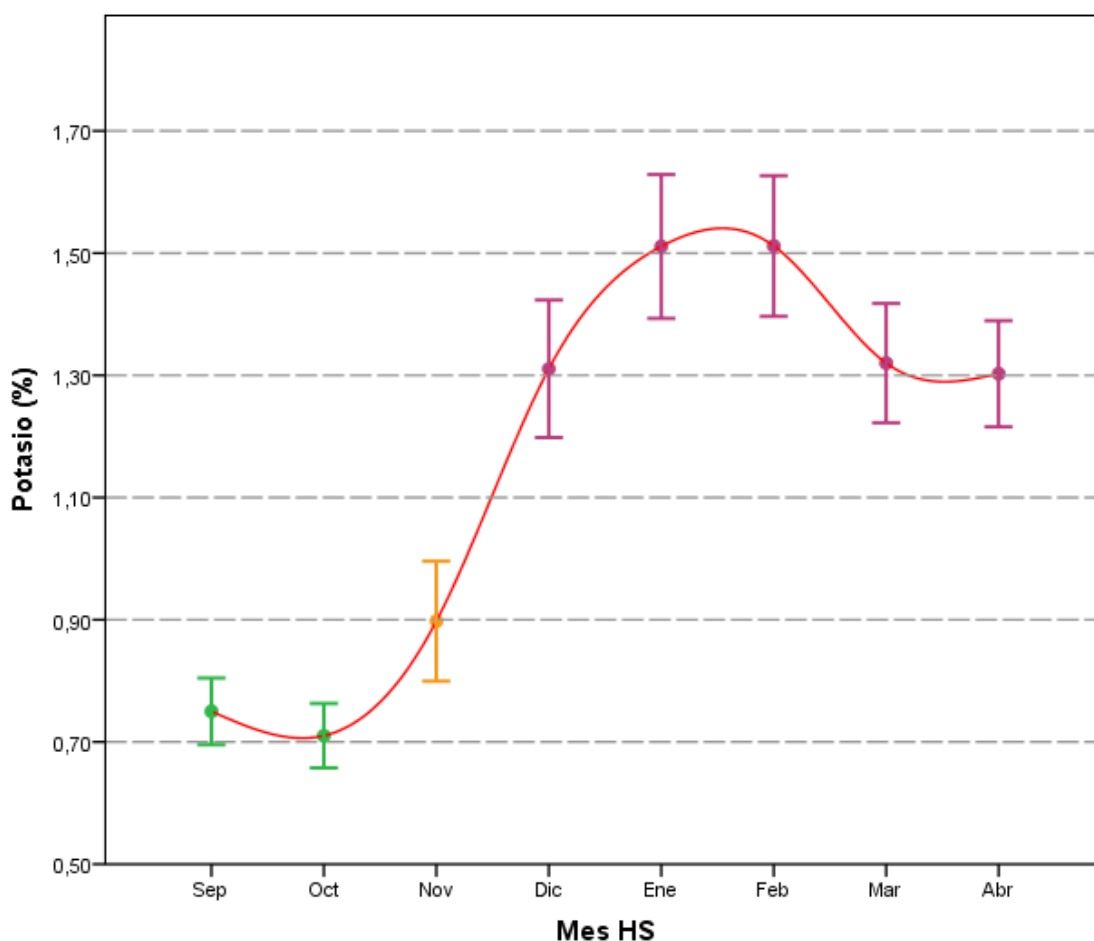
En octubre ocurre la floración, expresándose en la gráfica mediante la disminución del nivel de nitrógeno en ese mes. Para florecer, el árbol obtiene la energía de las hojas y por ello desciende el nivel foliar. A partir de este momento se empieza a fertilizar y el nivel foliar aumenta. Niveles de pre flor o flor disminuyen por el gran consumo que tiene la flor, y a medida que se va fertilizando el cultivo, vuelve a niveles normales. La disminución que se observa en marzo podría ser explicada por una segunda floración.



**Figura 8.-** Niveles foliares de fósforo (% s.m.s.) observados en limón a lo largo del ciclo anual. Los valores corresponden al promedio de todos los análisis realizados en cada mes. Las barras muestran la desviación estándar. Barras de color indican periodos con diferencias significativas en los niveles de fósforo ( $P=0,90$ ).

Al igual que en la curva del nitrógeno, los niveles de **fósforo** en los meses de septiembre y octubre son bajos, y a partir de diciembre los niveles aumentan (promedio de diciembre a marzo 0,13%), considerándose correctos en comparación con el rango que establece Razeto (2005) para esa época (0,7-1,4%).

El fósforo se absorbe en los periodos de crecimiento de las raíces (primavera y otoño), y durante los meses de septiembre y octubre hay una baja tasa de crecimiento radicular (tabla 4), lo que explica el bajo nivel de fósforo en esos meses. El consumo en la flor y en la brotación es alto pero no hay crecimiento radicular. Este crecimiento ocurre entre noviembre y diciembre, y entre marzo y abril, como se observa en la figura 8 por el aumento de la concentración de potasio en esos meses. También se observa que no hay gran dispersión de los datos.



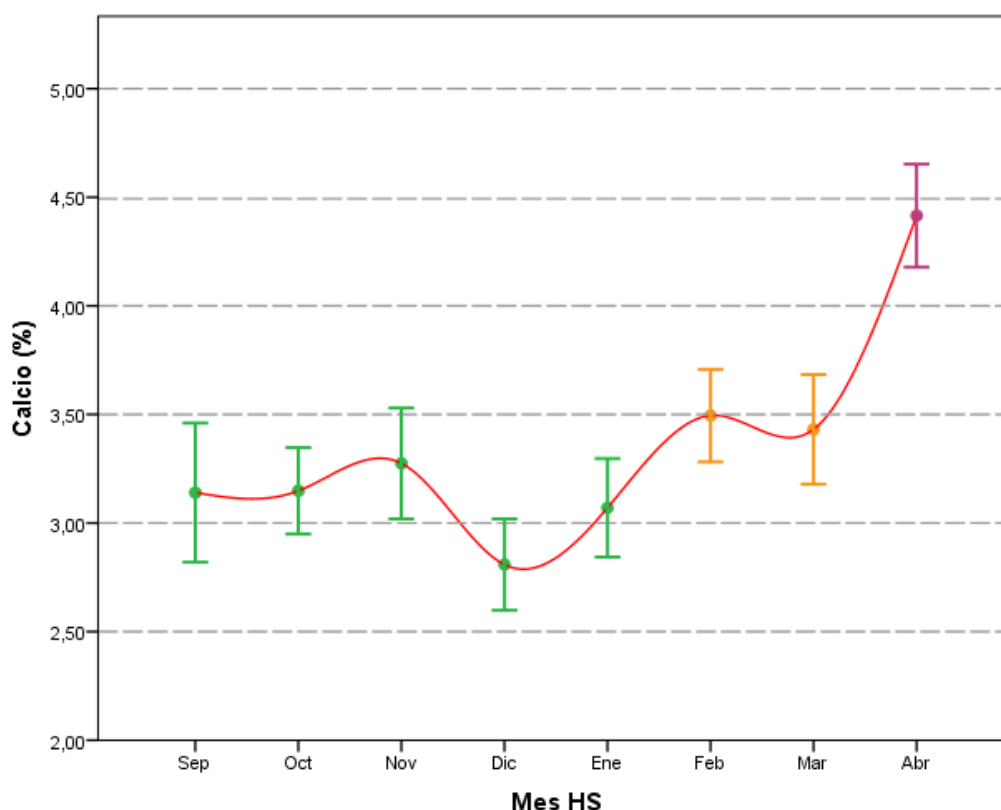
**Figura 9.-** Niveles foliares de potasio (% s.m.s.) observados en limón a lo largo del ciclo anual. Los valores corresponden al promedio de todos los análisis realizados en cada mes. Las barras muestran la desviación estándar. Barras de color indican periodos con diferencias significativas en los niveles de potasio ( $P=0,90$ ).

El **potasio** es un elemento móvil que se absorbe difusivamente. Por lo tanto, si se absorbe por difusión, esta se realiza por las raíces nuevas. De esta forma, la mayor absorción de potasio va a venir después del crecimiento radicular, que como se ha comentado antes, ocurre en noviembre. Esto se refleja en la figura 9 correctamente, que va de 0,9% en noviembre a 1,5% en enero. Además, la mayor tasa de crecimiento de los frutos es después de la caída fisiológica, que ocurre en enero, y es por ello que se observa una disminución en el nivel de potasio foliar, puesto que el fruto lo demanda para su crecimiento.

Según Razeto (2005), la concentración estándar en hojas de cuatro a siete meses de edad en brotes originados en primavera debiera estar entre 0,7 y 1,4%. En los resultados de este estudio, se obtiene que la media del nivel de potasio correspondiente a esa brotación (de diciembre a abril) es de 1,3%; lo que verifica que el manejo de este elemento es el adecuado.

La dispersión de los datos es baja, lo que implica un buen manejo a nivel de los huertos chilenos, aunque entre los meses de noviembre a marzo se podría trabajar de mejor manera.

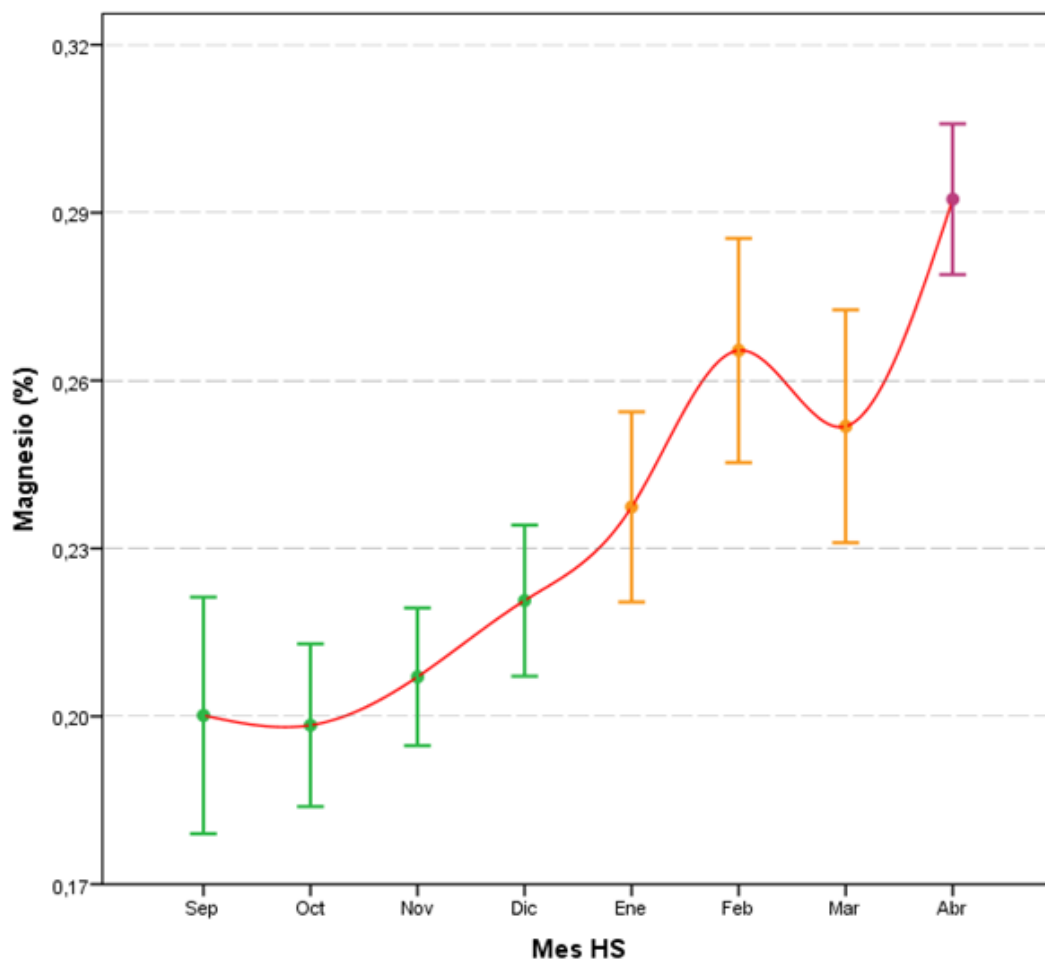
### 4.3.2 Evolución del calcio, magnesio y azufre



**Figura 10.-** Niveles foliares de calcio (% s.m.s.) observados en limón a lo largo del ciclo anual. Los valores corresponden al promedio de todos los análisis realizados en cada mes. Las barras muestran la desviación estándar. Barras de color indican periodos con diferencias significativas en los niveles de calcio ( $P=0,90$ ).

El **calcio** parte en 3,2% y se mantiene estable en octubre y noviembre, para luego descender hasta un nivel de 2,8% en diciembre; esto se debe a un cambio de hoja. En los meses de septiembre, octubre y noviembre se muestreó las hojas de otoño, mientras que en el mes de diciembre y en adelante las hojas muestreadas correspondían a la brotación de primavera. A partir de diciembre, la curva sigue un alza progresiva porque el ion es poco móvil. El calcio debería estar en torno a 3 y 5% (Razeto, 2005) y excepto el mes de diciembre, donde coincide con el cambio de hoja, todos los meses están situados en ese rango. Esto se debe a que el agua de Chile normalmente trae mucho calcio y por lo tanto, los niveles son normales, lo que explica que no haya deficiencias de este nutriente.

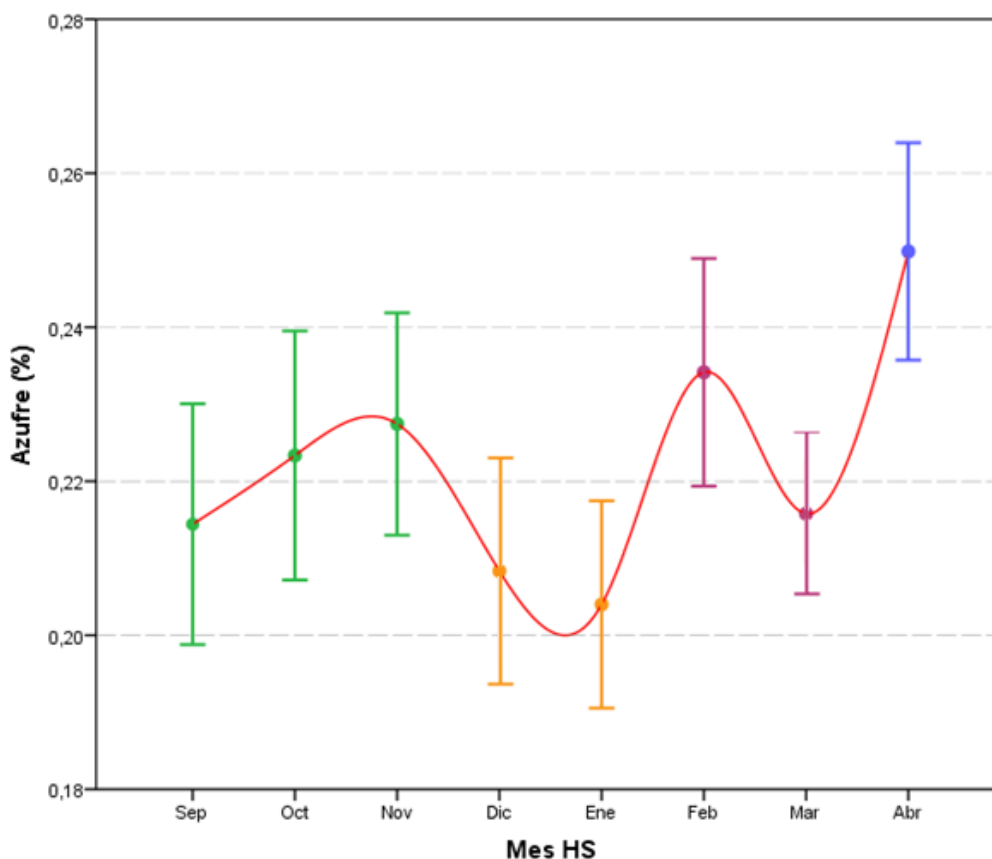




**Figura 11.-** Niveles foliares de magnesio (% s.m.s.) observados en limón a lo largo del ciclo anual. Los valores corresponden al promedio de todos los análisis realizados en cada mes. Las barras muestran la desviación estándar. Barras de color indican periodos con diferencias significativas en los niveles de magnesio ( $P=0,90$ ).

Los niveles de **magnesio** óptimos foliares para el cultivo del limón son entre 0,30 y 0,60% según Ferguson y Grafton-Cardwell (2014), lo que también confirma Razeto (2005); y en la figura 11 se observa que durante todo el ciclo se permanece bajo este umbral. Los niveles más bajos se presentan en septiembre, octubre y noviembre (de media 0,2%), que corresponde a las hojas de mayor edad. Como se comentaba anteriormente en el punto 1.6.1, el magnesio es un elemento muy móvil dentro de la planta, lo que conlleva a que se mueva de las hojas viejas a las jóvenes, provocando que la clorosis se manifieste de mayor manera en las hojas de mayor edad, como se muestra en la figura.

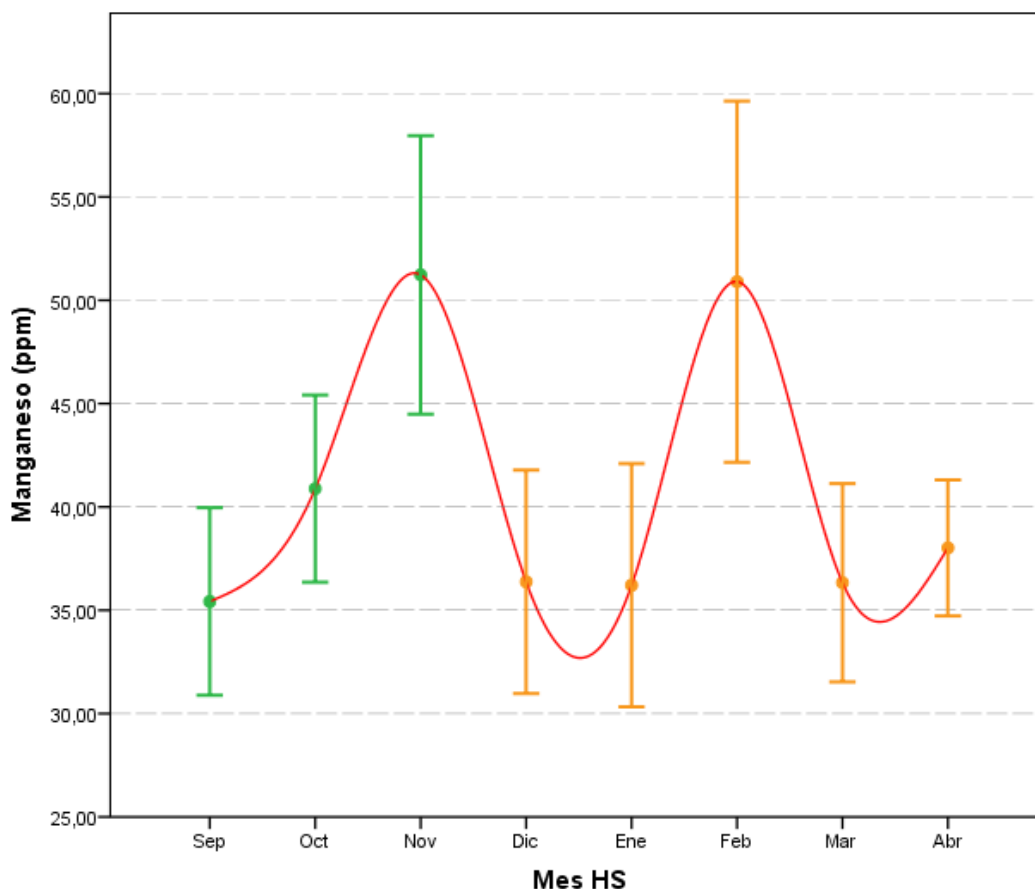
En cuanto a la dispersión de los datos, esta es baja, lo que indica que todos los productores trabajan igual, y no de forma adecuada, ya que los autores concluyen que lo óptimo sería un mínimo de 0,30%.



**Figura 12.-** Niveles foliares de azufre (% s.m.s.) observados en limón a lo largo del ciclo anual. Los valores corresponden al promedio de todos los análisis realizados en cada mes. Las barras muestran la desviación estándar. Barras de color indican periodos con diferencias significativas en los niveles de azufre ( $P=0,90$ ).

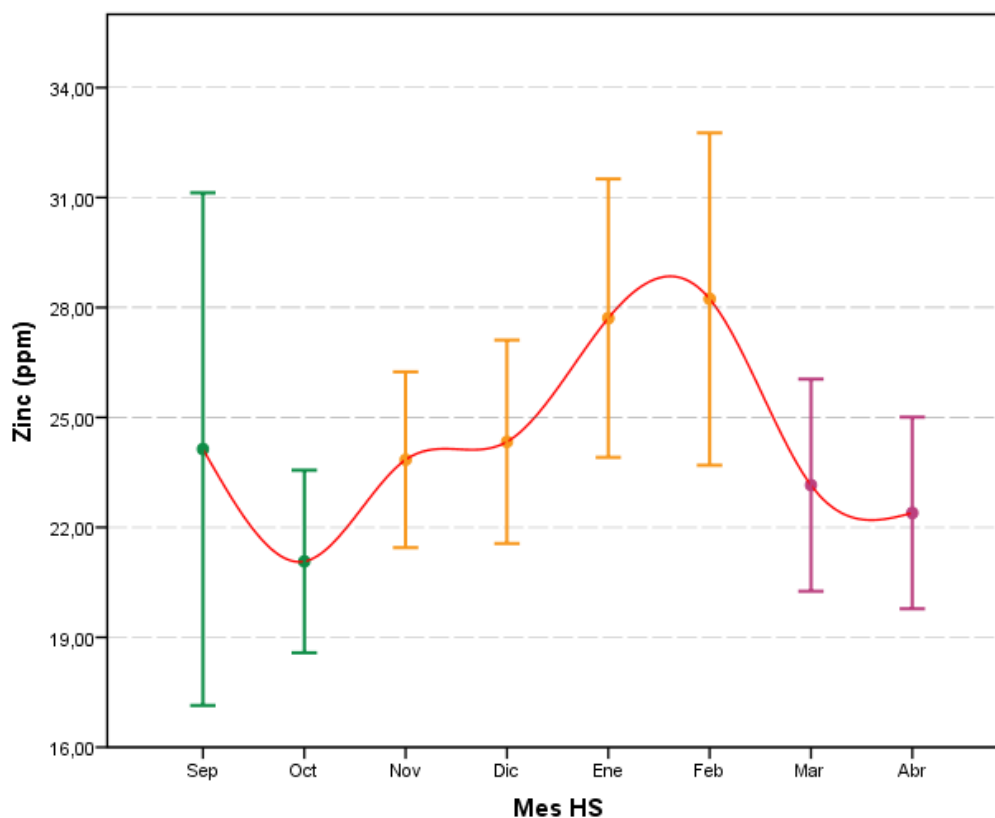
El agua también contiene suficiente **sulfatos**, lo que implica que tampoco se realicen aportes de este nutriente de manera directa, ya que en muchas ocasiones se incorpora al cultivo mediante aplicaciones foliares como por ejemplo de sulfato potásico o sulfato de magnesio. En la figura 12 se visualiza que la concentración de azufre foliar desde septiembre hasta abril permaneció de forma estable sobre el valor 0,2%; establecido nivel óptimo según Ferguson y Grafton-Cardwell (2014).

### 4.3.3 Evolución de los micronutrientes



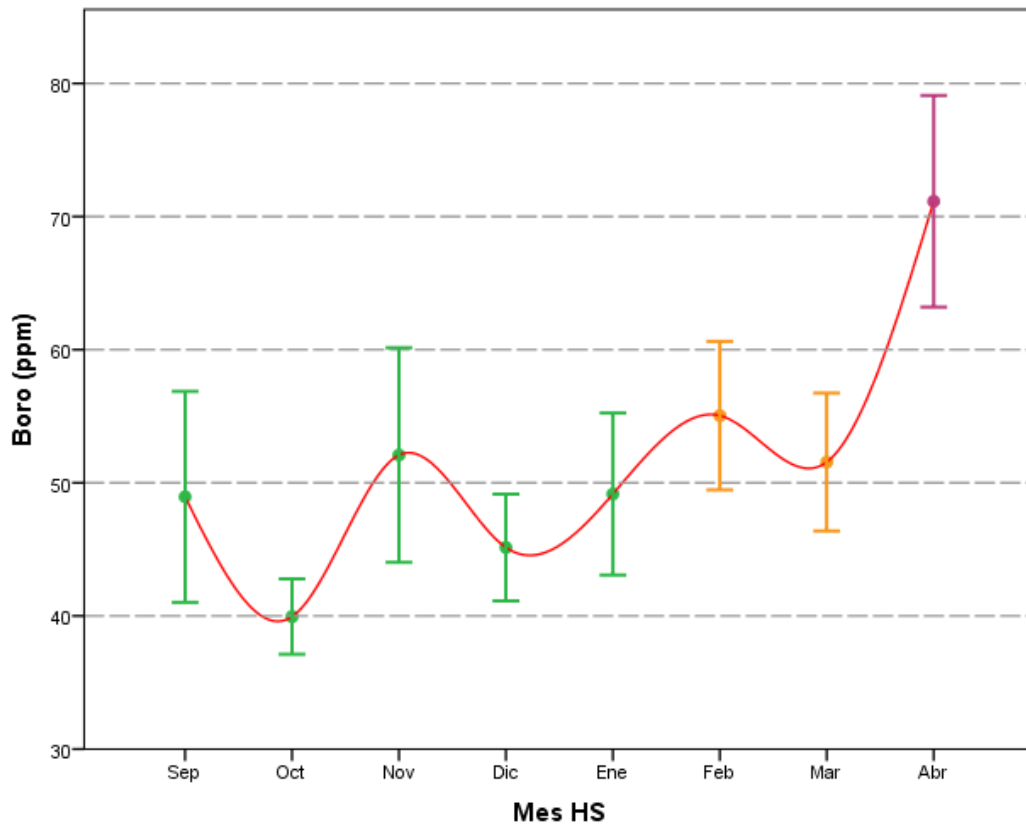
**Figura 13.-** Niveles foliares de manganeso (ppm s.m.s.) observados en limón a lo largo del ciclo anual. Los valores corresponden al promedio de todos los análisis realizados en cada mes. Las barras muestran la desviación estándar. Barras de color indican periodos con diferencias significativas en los niveles de manganeso ( $P=0,90$ ).

En cuanto al **manganeso**, los niveles óptimos para el cultivo son de 25-100 ppm según Razeto (2005), que es un rango amplio. En la gráfica se observa que los niveles de este nutriente están más cerca de 25 ppm que de 100 ppm, lo que significa que la fertilización (normalmente foliar) de manganeso post brotación aplicada en noviembre y febrero, no es suficiente para mantener los niveles deseados. Además, se observa una amplia dispersión de los datos, principalmente en noviembre y febrero.



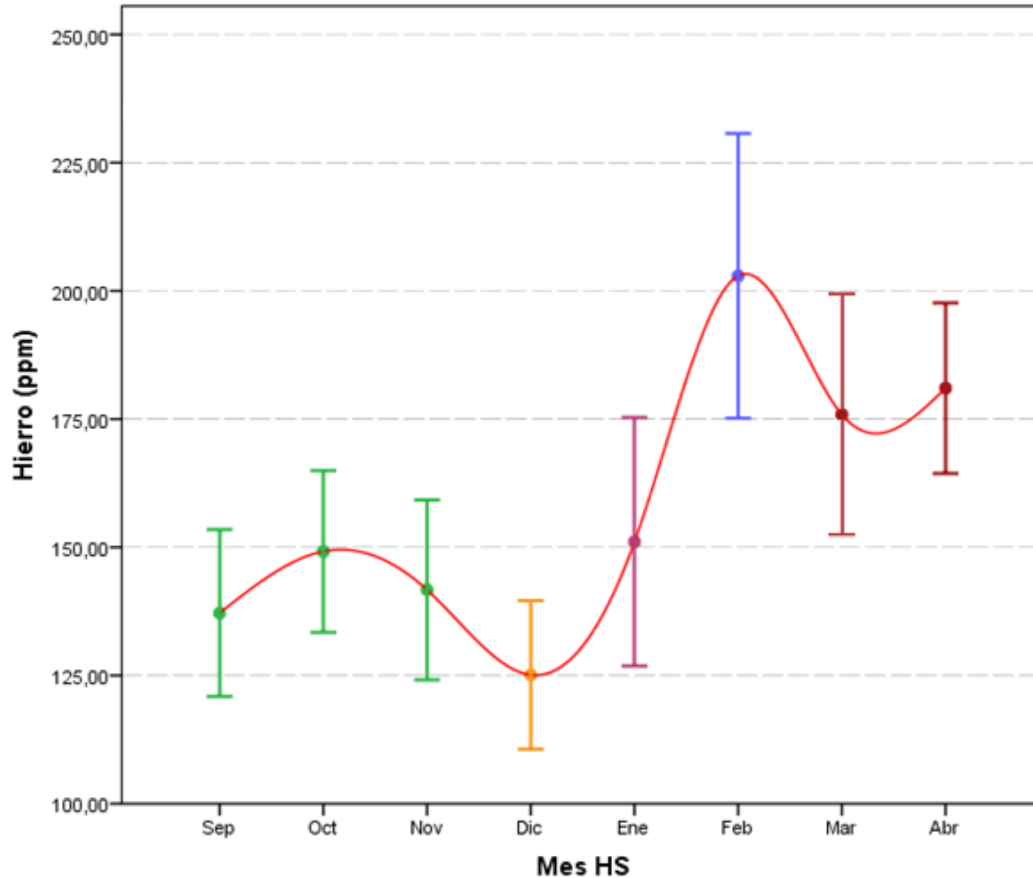
**Figura 14.-** Niveles foliares de zinc (ppm s.m.s.) observados en limón a lo largo del ciclo anual. Los valores corresponden al promedio de todos los análisis realizados en cada mes. Las barras muestran la desviación estándar. Barras de color indican periodos con diferencias significativas en los niveles de zinc ( $P=0,90$ ).

El **zinc** tiene un comportamiento similar al del manganeso, situándose también los niveles óptimos entre 25 y 100 ppm, según Razeto (2005) y Palacios (2005) en sus distintas publicaciones. El nivel de partida observado en el mes de septiembre no es adecuado, existiendo gran dispersión, aunque la media se sitúa por encima de 25 ppm. Durante algunos meses la concentración de zinc presente en las hojas es deficitaria, pero próxima al rango normal. En enero y febrero se observa un aumento, esto se explicaría ya que en esta época se realizan aplicaciones foliares.



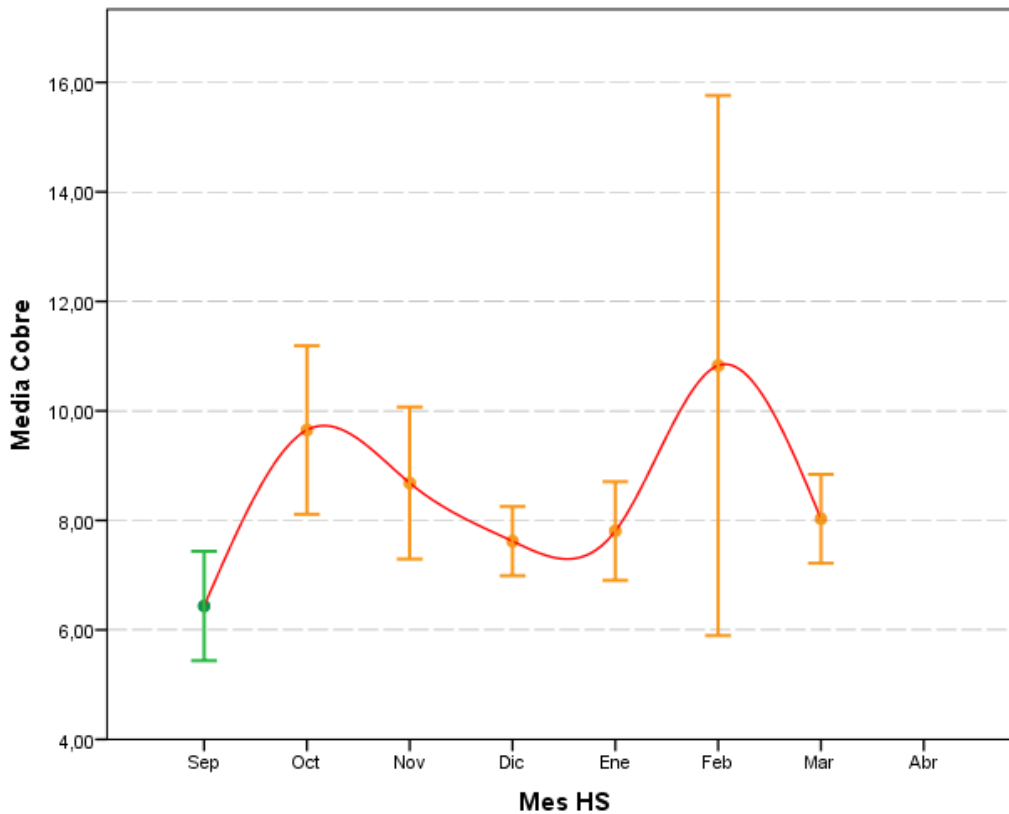
**Figura 15.-** Niveles foliares de boro (ppm s.m.s.) observados en limón a lo largo del ciclo anual. Los valores corresponden al promedio de todos los análisis realizados en cada mes. Las barras muestran la desviación estándar. Barras de color indican periodos con diferencias significativas en los niveles de boro ( $P=0,90$ ).

Según diversas fuentes, los niveles de **boro** estándar se encuentran entre 30 y 100 ppm. En la figura 15 se observa que todos los datos están comprendidos en este rango. Esto significa que no existiría problemática para los productores con este elemento, lo que explica el por qué normalmente no se utilizan aportes de boro en los huertos chilenos. Además, esto explica la amplia dispersión en los datos, puesto que no se realizan fertilizaciones. Los niveles que se muestran en la gráfica estarían explicados principalmente por los aportes del suelo y del agua de riego, que son suficientes para este cultivo.



**Figura 16.-** Niveles foliares de hierro (ppm s.m.s.) observados en limón a lo largo del ciclo anual. Los valores corresponden al promedio de todos los análisis realizados en cada mes. Las barras muestran la desviación estándar. Barras de color indican periodos con diferencias significativas en los niveles de hierro ( $P=0,90$ ).

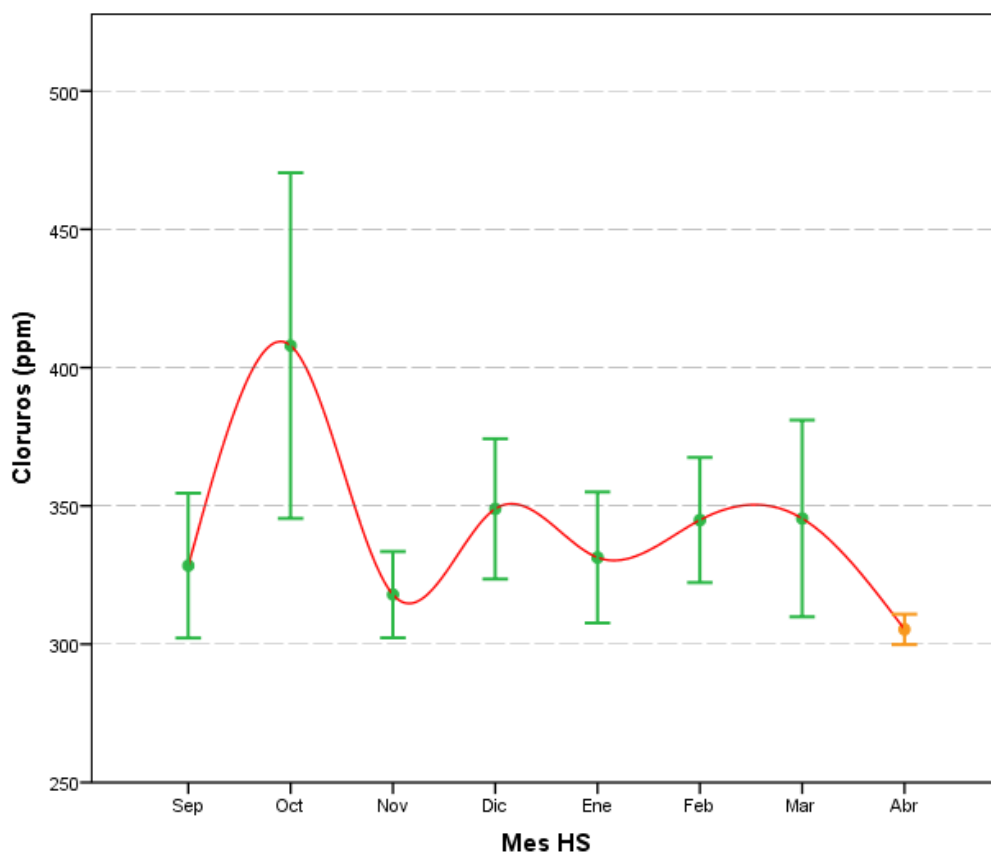
Los niveles de hierro son importantes ya que en la zona de producción existen condiciones que favorecerían la clorosis férrica, como son los suelos con altos niveles de carbonatos. La clorosis férrica se define cuando existen niveles menores a 50 ppm, siendo el nivel óptimo en torno a 60-120 ppm según Razeto (2005), lo que indica que este cultivo no tiene problemas de este elemento en Chile ya que tiene todos los valores por encima de 100 ppm.



**Figura 17.-** Niveles cobre de hierro (ppm s.m.s.) observados en limón a lo largo del ciclo anual. Los valores corresponden al promedio de todos los análisis realizados en cada mes. Las barras muestran la desviación estándar. Barras de color indican periodos con diferencias significativas en los niveles de cobre ( $P=0,90$ ).

En la literatura consultada (Agustí, 2000; Razeto, 2005; Palacios, 2005) se establece que el rango normal de **cobre** es entre 5 y 16 ppm, lo que se aproxima a los resultados obtenidos en este estudio. Según los datos recopilados, el nivel estándar se sitúa entre 5 y 12 ppm (tabla 7), que varía dependiendo del estado fenológico en el que se encuentre el cultivo. En el mes de febrero se observa una amplia variabilidad de los datos.

### 4.3.4 Evolución de los cloruros



**Figura 18.-** Niveles foliares de cloruros (ppm s.m.s.) observados en limón a lo largo del ciclo anual. Los valores corresponden al promedio de todos los análisis realizados en cada mes. Las barras muestran la desviación estándar. Barras de color indican periodos con diferencias significativas en los niveles de cloruros ( $P=0,90$ ).

La sensibilidad a la salinidad de la solución de suelo (Palacios (2005) establece rango normal de 335 ppm a 887 ppm dependiendo de la tolerancia del portainjerto) parece deberse a la capacidad de absorber los iones  $Cl^-$  disueltos en él, que son trasladados a las hojas donde se acumulan cantidades excesivas de  $Cl^-$ .

En el caso de los huertos de Chile, se observa un buen manejo de la salinidad, puesto que el rango en el que se mueven los cloruros es entre 200 y 600 ppm durante todo el ciclo (figura 18). Se considera un nivel fitotóxico a partir de 4000 ppm en los análisis foliares (Ferguson y Grafton-Cardwell, 2014).



## 5. CONCLUSIONES

Se obtuvieron curvas de dinámica nutricional para doce de los catorce nutrientes minerales propuestos. Las curvas de sodio y de molibdeno no se pudieron realizar puesto que los datos recopilados de los análisis foliares estaban por debajo del límite de detección del equipo de medición.

En base a las curvas obtenidas, se comprobó que los requerimientos nutricionales del limón varían dependiendo del estado fenológico en el que se encuentre el cultivo. Por lo tanto, se concluye que existe efecto estacional sobre las variables estudiadas.

De la comparación de los niveles obtenidos de las curvas de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, Calcio, Azufre, Boro, Hierro y Cobre se concluye que son valores normales según la bibliografía citada anteriormente, y que las curvas presentaron baja dispersión de los datos, lo que implica un buen manejo genérico de los huertos chilenos.

En cuanto a los valores obtenidos de Magnesio, Manganeso y Zinc se concluye que están bajo el umbral considerado normal, lo que demostraría una oportunidad de trabajo a desarrollar para lograr el éxito productivo del cultivo de limón en Chile. Los niveles de cloruros demostraron que no existen problemas fitotóxicos en la solución de suelo.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Legaz, F.; Primo-Millo, E. 2003. Normas para la fertilización de los agrios. Generalitat Valenciana, Conselleria d'Agricultura i Pesca. Disponible en: <http://www.ivia.es/otri/pdf/hojas/NormFertiMin.pdf>

Martínez, E. 2010. Sondas lisimétricas de succión como herramientas edáficas claves en métodos dinámicos de control y seguimiento del sistema Suelo-Planta-Agua. Disponible en:

[https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/4593/30657\\_martinez\\_martinez\\_estanislao.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/4593/30657_martinez_martinez_estanislao.pdf?sequence=1)

Análisis foliares, Laboratorios A-L de México 2011. Disponible en: <http://www.agroanalisis.com.mx/descargas/intro/analisis-foliar.pdf>

FAO 2010. Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-y5143s.pdf>

Exporda 2013. Main Citrus Types by Destination Market. Season 2012/2013.

Razeto, B. 2005. El limonero. Facultad Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

García, P.; Lucena, J.; Ruano, S.; Nogales, M. 2009. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España (parte I). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01\\_FERTILIZACION%20RACIONAL%20DE%20LOS%20CULTIVOS%20EN%20ESPAÑA%20\(PARTE%20I\).pdf](http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACION%20RACIONAL%20DE%20LOS%20CULTIVOS%20EN%20ESPAÑA%20(PARTE%20I).pdf)

López, L. et al 2009. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España (parte II). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/publicaciones/02\\_FERTILIZACION%20RACIONAL%20DE%20LOS%20CULTIVOS%20EN%20ESPAÑA%20\(PARTE%20II\).pdf](http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/publicaciones/02_FERTILIZACION%20RACIONAL%20DE%20LOS%20CULTIVOS%20EN%20ESPAÑA%20(PARTE%20II).pdf)

Vegas, U.; Narrea, M. 2011. Manejo integrado del cultivo del limón.

Palacios, J. 2005. Citricultura (Argentina).

Ferguson, L.; Grafton-Cardwell, E. 2014. Citrus Production Manual.

Agustí, M. 2000. Citricultura (España).

Amoros, M. 2000. Riego por goteo en cítricos.

Dominguez, A.; Martínez, E.; Trigo, A.; Alonso, D.; García, R.; Sánchez, R.; Tomás, J. 2008. Dinámica foliar de elementos minerales en la variedad de mandarina “Nadorcott”.

Sánchez, E.; Curetti, M. 2009. Producción y Manejo Nutricional de Frutales de Clima Templado. Informaciones agronómicas del Cono Sur #44. Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/B5625700FEEC0EFB8525768800662DDB/\\$file/1.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/B5625700FEEC0EFB8525768800662DDB/$file/1.pdf)

Aguilar, J. 2009. Síntomas de Deficiencia Nutricional y de Otro Origen, Similares al HLB. Centro de Desarrollo Tecnológico y Empresarial para Frutales del Trópico Húmedo de México. Disponible en: [http://www.concitrer.com/P%C3%A1gina\\_CEDEFrut/3%C2%AAsemana%20de%20la%20citricultura/MEMORIA\\_3raSIC2009/1.%20Taller%20HLB%2025%20nov/4.%20Juan%20Aguilar%20Loe/S%C3%ADntomas%20de%20deficiencia%20nutricional%20y%20de%20otro%20origen%20similares%20al%20HLB.pdf](http://www.concitrer.com/P%C3%A1gina_CEDEFrut/3%C2%AAsemana%20de%20la%20citricultura/MEMORIA_3raSIC2009/1.%20Taller%20HLB%2025%20nov/4.%20Juan%20Aguilar%20Loe/S%C3%ADntomas%20de%20deficiencia%20nutricional%20y%20de%20otro%20origen%20similares%20al%20HLB.pdf)

Barbazán, M. 1998. Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Facultad de Agronomía Universidad de la República Montevideo – Uruguay. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/AnPlantas.pdf>

Soria, A. Ministerio De Agricultura, Pesca Y Alimentación. Cultivo del limonero variedad Fino. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1983\\_02.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1983_02.pdf)

Hirzel, Rodriguez, 2001. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/quilamapu/pdf/bioleche/BOLETIN51.pdf>

Blog AGROLÓGICA. Carencias nutricionales en cítricos – Síntomas y corrección. Disponible en: <http://blog.agrologica.es/carencias-nutricionales-en-citricos-sintomas-y-correccion/>

## Sitios Web:

Portal Frutícola: <http://www.portalfruticola.com/?pais=chile>

Revista F&H hoy · Frutas y Hortalizas: <http://www.fyh.es/index.aspx>

ASOEX (Asociación de exportadores de frutas de Chile): <http://www.asoex.cl/>

FAOSTAT (FAO statistics database on the World Wide Web): <http://faostat.fao.org>

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias):

<http://www.odepa.cl/estadisticas/productivas/>

Cirén (Centro de Información de Recursos naturales), Catastro Frutícola e Infraestructura Agroindustrial: <http://www.ciren.cl/web/content.php?i=66>

## 7. ANEXOS

### ANEXO 1: ANÁLISIS DE LA VARIANZA CON UN FACTOR (ANOVA)

El procedimiento ANOVA (ANalysis Of VAriance) de un factor genera un análisis de varianza de un factor para una variable dependiente cuantitativa respecto a una única variable de factor (la variable independiente). El análisis de varianza se utiliza para contrastar la hipótesis de que las medias de dos o más grupos no son significativamente distintas.

En este caso, se va a comprobar que las medias de algunos meses de muestreo son significativamente distintas entre ellas, lo que significa que existe un efecto estacional sobre las variables estudiadas. Esto implica diferencias significativas en los niveles de los macronutrientes y micronutrientes, resultado de los análisis foliares realizados, para los distintos meses muestreados (de septiembre a abril).

En la Hipótesis nula ( $H_0$ ) se afirma que todas las muestras proceden de la misma población, y que por lo tanto, sus medias no difieren significativamente. Las diferencias existentes se explican por el error muestral, que es la variabilidad que se puede encontrar en cualquier grupo. Si las estimaciones de la varianza son iguales o muy parecidas, se puede afirmar que todas las muestras proceden de la misma población (se acepta o no se rechaza la Hipótesis nula) y que por lo tanto, no hay diferencias significativas entre ellas. Por el contrario, si la varianza entre los grupos es mayor que la varianza dentro de ellos, se puede afirmar que las muestras proceden de poblaciones distintas con distinta media, rechazando la  $H_0$ .

$\mu_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, k$  designa la media de la población  $i$ .

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k \quad \text{Algunas } \mu \text{ son diferentes}$$

#### 1. Requisitos previos para utilizar el análisis de la varianza

ANOVA es una prueba paramétrica, lo que significa que antes de aplicarla hay que verificar que las muestras o distribución de datos cumplen los supuestos paramétricos.

En los modelos teóricos en los que se basa el análisis de varianza se hacen cuatro suposiciones: 1) escalas de intervalo, 2) aleatoriedad e independencia, 3) distribución normal y 4) homogeneidad de varianzas.

- En las variables dependientes tenemos unidades de intervalo.
- Las  $k$  muestras sobre las que se aplican los tratamientos son independientes.
- Las variables dependientes siguen una distribución normal.  
$$X_i \sim N(\mu_i, \sigma^2_i), i = 1, \dots, k$$
- Las varianzas de las distintas poblaciones representadas en las muestras no difieren significativamente entre sí (homocedasticidad).  
$$\sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \dots = \sigma^2_k = \sigma^2$$

Un primer paso importante en el análisis de la varianza es establecer la validez de los supuestos.

### 1.1 Escalas de intervalo

La escala de intervalo representa un nivel de medición más preciso, matemáticamente hablando, que una escala nominal u ordinal. Además de establecer un orden en las posiciones relativas de los individuos, mide también la distancia entre los intervalos o las diferentes categorías o clases.

Esta premisa se cumple en la base de datos.

### 1.2 Aleatoriedad e Independencia

Se parte de una adecuada toma de muestras, por lo que se asume que estas son aleatorias e independientes.

### 1.3 Normalidad

Se va a determinar si existe normalidad en los datos, es decir, si los valores de las variables dependientes siguen una distribución normal en la población a la que pertenece la muestra. Para determinar si una muestra aleatoria presenta esta distribución se va a utilizar la prueba de Shapiro-Wilk ( $n < 50$ ) y la prueba de Kolmogorov-Smirnov ( $n \geq 50$ ) en el programa IBM SPSS Statistics 20.

Además de estas pruebas, la normalidad se puede detectar mediante la visualización del gráfico P-P. Estos gráficos de probabilidad se utilizan para determinar si la distribución de una variable coincide con otra especificada, en este caso se va a comparar con la distribución normal. Si las variables coinciden, los puntos se agruparán en torno a una línea recta.

Hipótesis:

$H_0$  = La muestra de la población tiene una distribución normal

$H_1$  = La muestra de la población no tiene una distribución normal

Interpretación: Si el p-valor es mayor a 0,05 (nivel de confianza) la hipótesis nula es aceptada y se concluye que los datos vienen de una distribución normal. En cambio, si el p-valor es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no hay un nivel de significación tal como para aceptar que la muestra tiene una distribución normal.

## 1.4 Homocedasticidad

Otra de los supuestos de ANOVA es que las varianzas de los grupos son equivalentes.

$H_0$  = Las varianzas de las distintas poblaciones son iguales

$H_1$  = Las varianzas de las distintas poblaciones no son iguales

El test de Levene se usa para contrastar si  $k$  muestras tienen la misma varianza, es decir, si hay homogeneidad de varianzas. Este test rechaza la hipótesis nula de que las varianzas de los grupos son iguales.

## 2. Resultados de los supuestos

### 2.1 Prueba de normalidad

#### Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk

- ❖ **Macronutrientes: Azufre, Calcio, Cloruros, Fósforo, Magnesio, Nitrógeno y Potasio**

**Tabla 8.-** Prueba de normalidad según el test de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para los macronutrientes. Color rojo indica mes con un nivel de significación mayor a 0,05; color verde indica mes con un nivel de significación mayor a 0,05

	Mes HS	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Azufre	Sep	,075	27	,200*	,989	27	,990
	Oct	,101	49	,200*	,966	49	,165
	Nov	,075	57	,200*	,969	57	,152
	Dic	,103	58	,198	,928	58	,002
	Ene	,087	42	,200*	,969	42	,308
	Feb	,122	51	,056	,928	51	,004
	Mar	,160	46	,005	,943	46	,026
	Abr	,124	81	,004	,938	81	,001
Calcio	Sep	,174	27	,036	,894	27	,010
	Oct	,100	49	,200*	,971	49	,263
	Nov	,066	57	,200*	,977	57	,348
	Dic	,087	58	,200*	,950	58	,018
	Ene	,144	42	,028	,885	42	,001
	Feb	,089	51	,200*	,967	51	,168
	Mar	,123	46	,079	,980	46	,589
	Abr	,088	81	,185	,981	81	,255
Cloruros	Sep	,440	27	,000	,492	27	,000
	Oct	,396	49	,000	,552	49	,000
	Nov	,519	57	,000	,304	57	,000
	Dic	,397	58	,000	,572	58	,000
	Ene	,363	42	,000	,427	42	,000
	Feb	,310	51	,000	,638	51	,000
	Mar	,411	46	,000	,454	46	,000
	Abr	,524	81	,000	,227	81	,000
Fósforo	Sep	,097	27	,200*	,989	27	,990
	Oct	,077	49	,200*	,967	49	,183
	Nov	,145	57	,005	,944	57	,011
	Dic	,088	58	,200*	,979	58	,426
	Ene	,127	42	,087	,939	42	,026
	Feb	,174	51	,001	,892	51	,000
	Mar	,088	46	,200*	,975	46	,427
	Abr	,058	81	,200*	,989	81	,750
Magnesio	Sep	,117	27	,200*	,963	27	,428
	Oct	,092	49	,200*	,990	49	,950
	Nov	,086	57	,200*	,990	57	,904
	Dic	,065	58	,200*	,983	58	,593
	Ene	,138	42	,044	,964	42	,203
	Feb	,113	51	,128	,967	51	,164
	Mar	,107	46	,200*	,971	46	,300
	Abr	,132	81	,001	,969	81	,049
Potasio	Sep	,136	27	,200*	,930	27	,069
	Oct	,108	49	,200*	,985	49	,802
	Nov	,172	57	,000	,863	57	,000
	Dic	,114	58	,059	,975	58	,264
	Ene	,129	42	,078	,971	42	,347
	Feb	,092	51	,200*	,973	51	,288
	Mar	,103	46	,200*	,960	46	,111
	Abr	,074	81	,200*	,987	81	,568
Nitrógeno	Sep	,113	27	,200*	,945	27	,159
	Oct	,082	49	,200*	,978	49	,497
	Nov	,130	57	,018	,943	57	,009
	Dic	,079	58	,200*	,981	58	,517
	Ene	,065	42	,200*	,989	42	,958
	Feb	,142	51	,012	,930	51	,005
	Mar	,076	46	,200*	,978	46	,536
	Abr	,058	81	,200*	,982	81	,329



Como el p-valor es mayor a 0,05 en casi todos los meses de las variables, se acepta la hipótesis nula y se concluye que a un 95% nivel de confianza las variables Azufre, Calcio, Fósforo, Manganeso, Nitrógeno y Potasio tienen distribución normal.

Como el p-valor es menor a 0,05 en la variable Cloruros, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no tiende a una distribución normal.

### ❖ Micronutrientes: Boro, Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc

**Tabla 9.-** Prueba de normalidad según el test de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para los micronutrientes. Color rojo indica mes con un nivel de significación mayor a 0,05; color verde indica mes con un nivel de significación mayor a 0,05.

	Mes HS	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Boro	Sep	,094	27	,200*	,966	27	,493
	Oct	,158	44	,008	,945	44	,035
	Nov	,182	56	,000	,800	56	,000
	Dic	,139	55	,010	,926	55	,002
	Ene	,163	43	,006	,828	43	,000
	Feb	,159	52	,002	,872	52	,000
	Mar	,188	40	,001	,836	40	,000
	Abr	,122	74	,008	,896	74	,000
Cobre	Sep	,327	27	,000	,542	27	,000
	Oct	,218	44	,000	,720	44	,000
	Nov	,270	56	,000	,641	56	,000
	Dic	,161	55	,001	,875	55	,000
	Ene	,187	43	,001	,842	43	,000
	Feb	,408	52	,000	,291	52	,000
	Mar	,161	40	,010	,812	40	,000
Hierro	Sep	,146	27	,143	,935	27	,094
	Oct	,123	44	,091	,854	44	,000
	Nov	,189	56	,000	,931	56	,003
	Dic	,127	55	,027	,867	55	,000
	Ene	,200	43	,000	,741	43	,000
	Feb	,166	52	,001	,874	52	,000
	Mar	,202	40	,000	,900	40	,002
	Abr	,083	74	,200*	,955	74	,010
Manganeso	Sep	,118	27	,200*	,919	27	,038
	Oct	,098	44	,200*	,971	44	,320
	Nov	,109	56	,097	,956	56	,039
	Dic	,168	55	,001	,941	55	,009
	Ene	,132	43	,057	,851	43	,000
	Feb	,147	52	,007	,860	52	,000
	Mar	,124	40	,126	,924	40	,010
	Abr	,092	74	,196	,957	74	,014
Zinc	Sep	,294	27	,000	,612	27	,000
	Oct	,204	44	,000	,846	44	,000
	Nov	,174	56	,000	,889	56	,000
	Dic	,147	55	,005	,801	55	,000
	Ene	,237	43	,000	,855	43	,000
	Feb	,267	52	,000	,781	52	,000
	Mar	,126	40	,110	,922	40	,009
	Abr	,249	74	,000	,677	74	,000

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Como el p-valor es menor a 0,05 en casi todos los meses de las variables, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que las variables Boro, Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc no tienen distribución normal.

### **Prueba P-P**

- ❖ **Macronutrientes: Azufre, Calcio, Cloruros, Fósforo, Magnesio, Nitrógeno y Potasio**

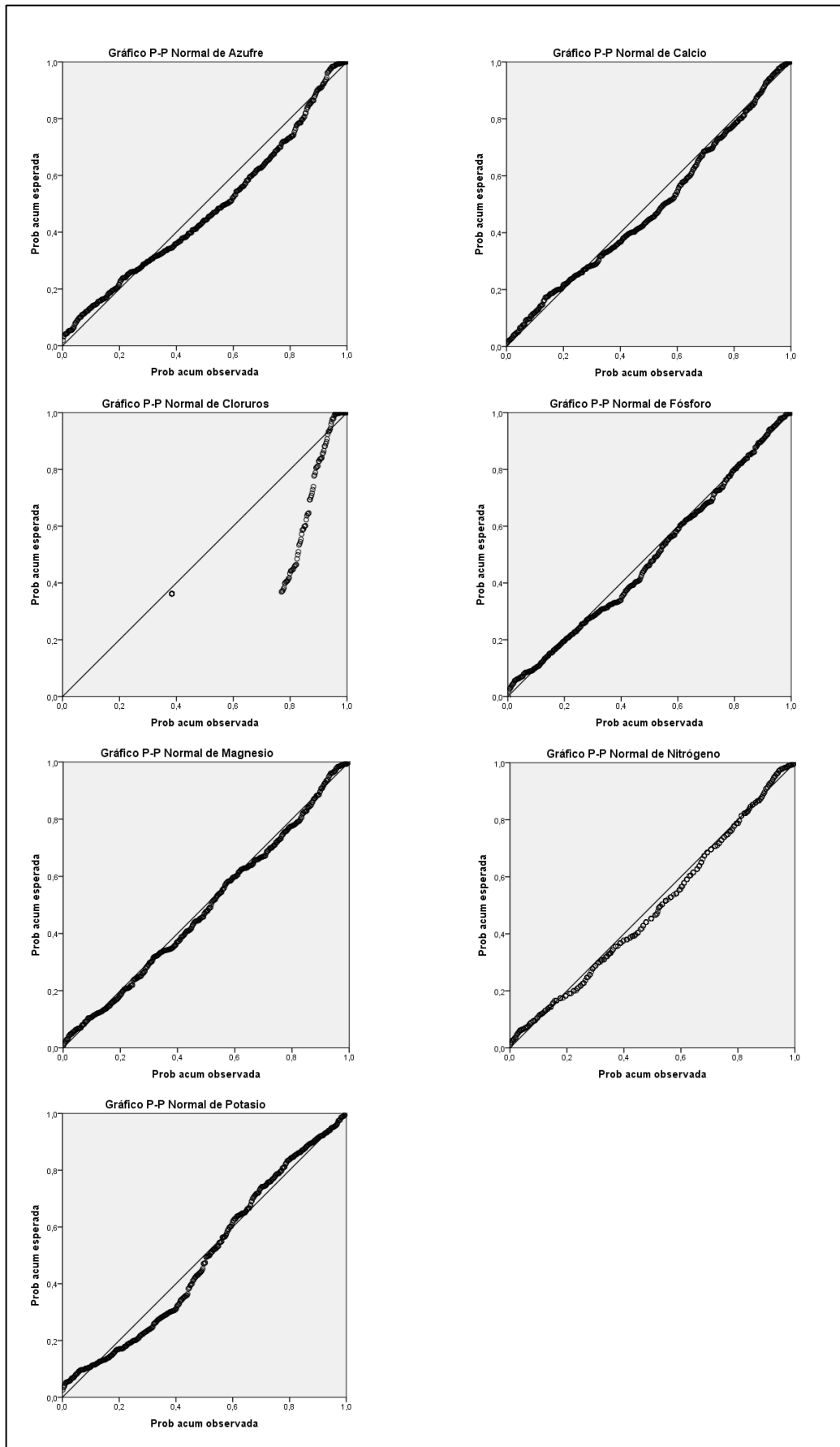


Figura 19.- Normalidad de los macronutrientes según el Gráfico P-P.

Como se observa en los gráficos, todos los macronutrientes excepto los cloruros tienden a distribuirse sobre la línea recta, lo que reafirma la aceptación de la hipótesis nula analizada en el punto anterior.

❖ **Micronutrientes: Boro, Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc**

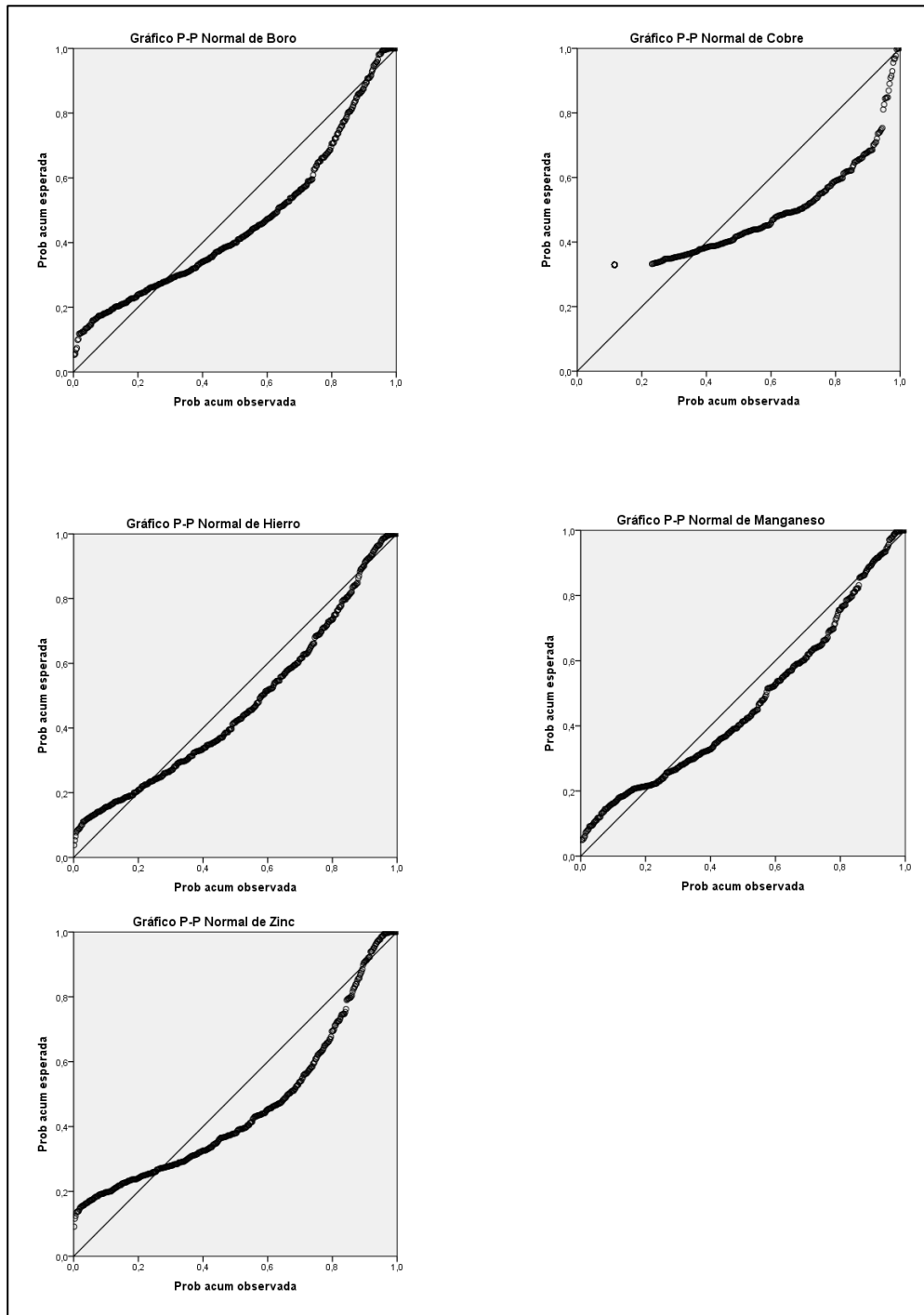


Figura 20.- Normalidad de los micronutrientes según el Gráfico P-P.

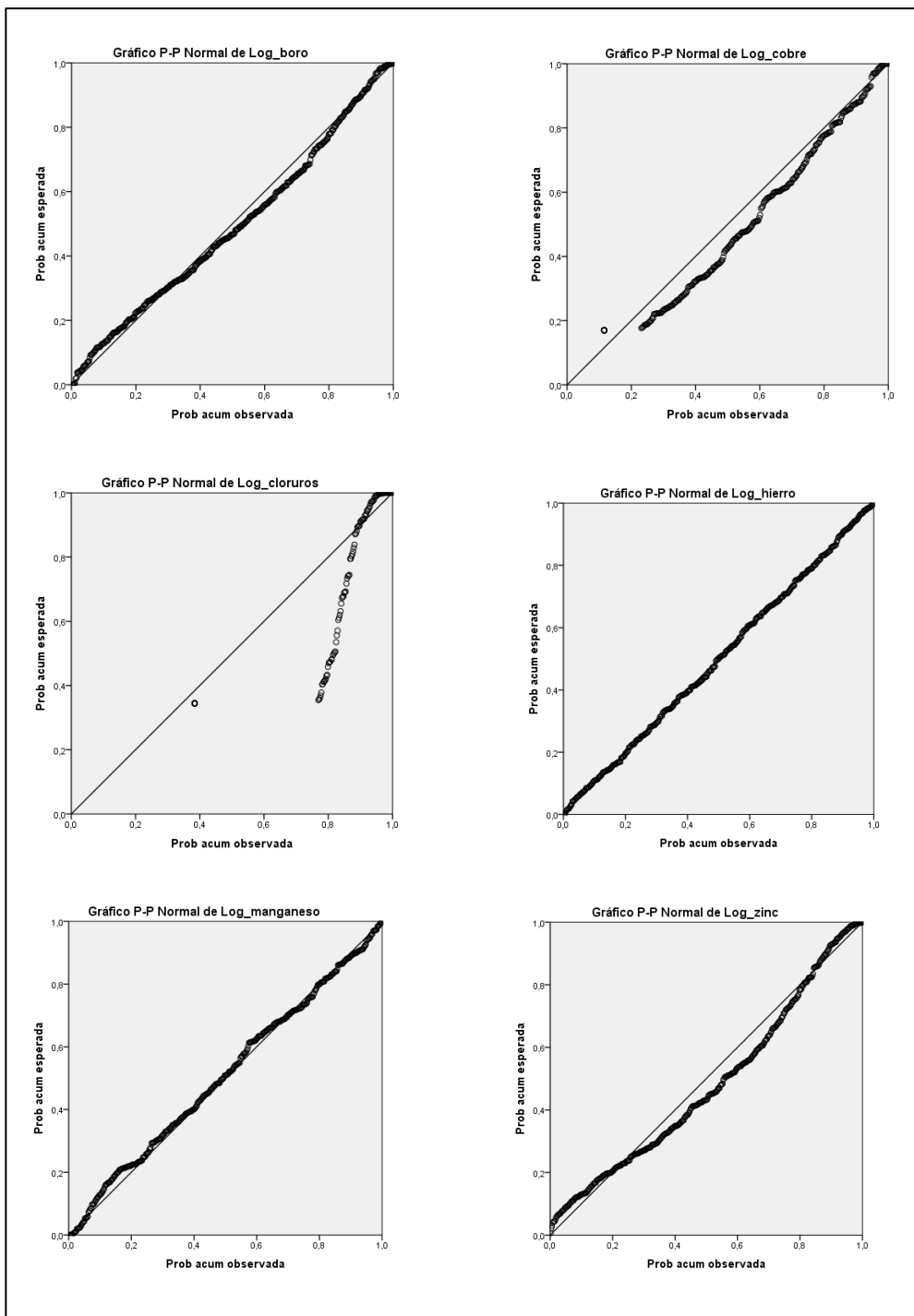
De la observación de los gráficos, también se concluye que no se distribuyen de forma normal.

## 2.2 Transformación a la distribución normal

Para asegurarse que los datos tienen una distribución normal se va a realizar una transformación logarítmica de las variables que no cumplían la premisa.

$$\text{Log\_variable} = \log_{10}(\text{variable}).$$

En los siguientes gráficos se puede observar cómo se modifica la distribución.



**Figura 21.-** Normalidad de los nutrientes después de la transformación logarítmica según el Gráfico P-P.

Se observa como las variables Boro, Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc tienen una distribución normal después de la transformación ya que los puntos se alinean en torno a la recta. Sin embargo, los Cloruros siguen sin distribuirse de forma normal.

## 2.3 Estadístico de Levene

Tabla 10.- Prueba de homogeneidad de varianzas según el Estadístico de Levene.

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Azufre	2,813	7	432	,007
Log_boro	5,673	7	425	,000
Calcio	2,453	7	437	,018
Log_cobre	99,813	7	434	,000
Log_cloruros	17,217	7	428	,000
Fósforo	3,905	7	436	,000
Magnesio	2,477	7	435	,017
Log_manganeso	3,464	7	429	,001
Log_hierro	1,233	7	431	,283
Nitrógeno	2,513	7	442	,015
Potasio	8,359	7	442	,000
Log_zinc	2,013	7	426	,052

Para todas las variables menos el Hierro y el Zinc, como el p-valor es  $< 0,05$  (nivel de significación) se rechaza la hipótesis nula y se concluye que las varianzas de los grupos no son homogéneas, es decir, no tienen homocedasticidad.

Por lo tanto, para mejorar estos resultados se van a transformar logarítmicamente el resto de variables (Azufre, Calcio, Fósforo, Magnesio, Nitrógeno y Potasio) y se va a volver a efectuar el Test de Levene.

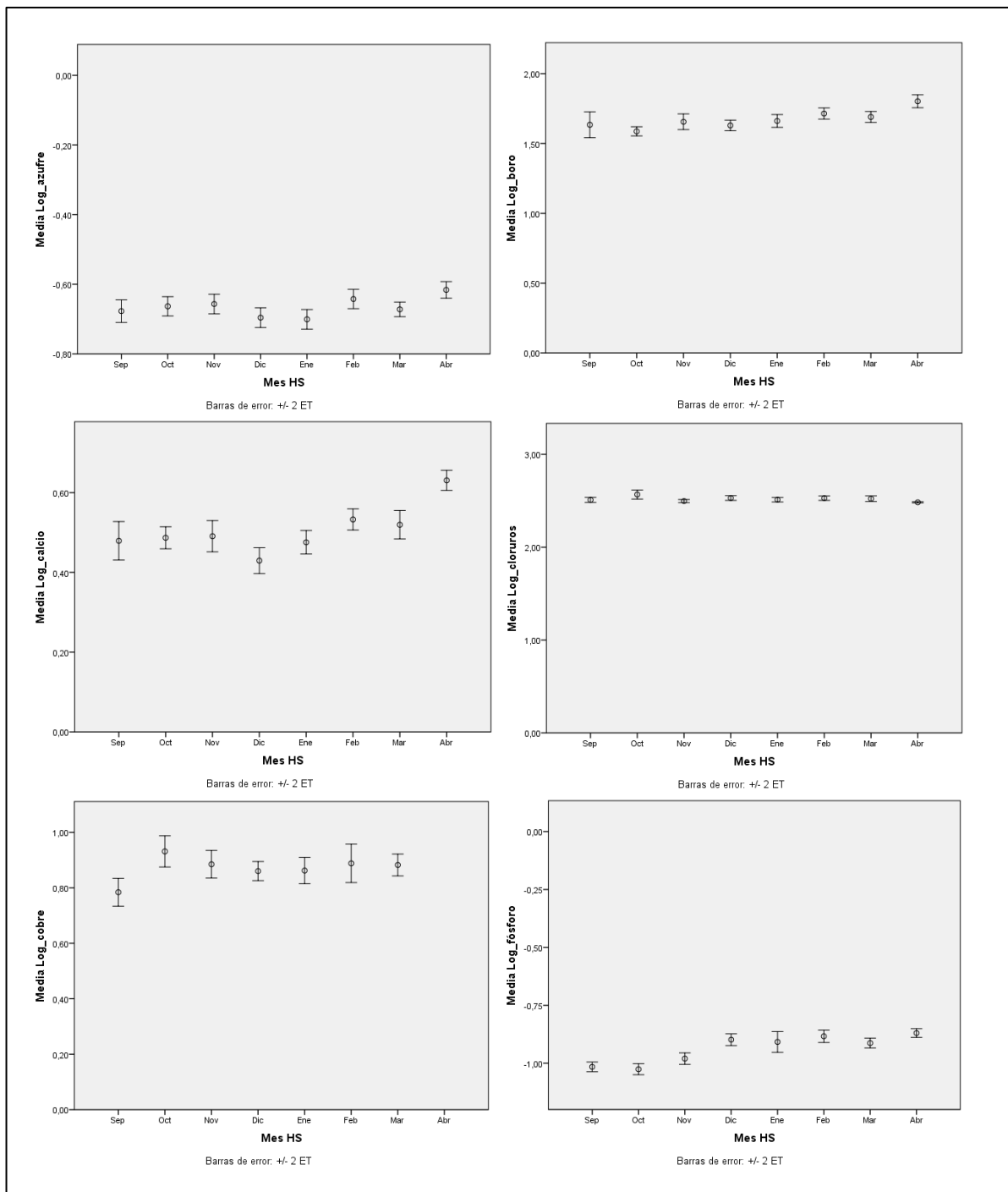
**Tabla 11.-** Prueba de homogeneidad de varianzas después de la transformación logarítmica según el Estadístico de Levene.

	Estadístico de Levene	g1	g2	Sig.
Log_azufre	1,712	7	432	,104
Log_boro	5,673	7	425	,000
Log_calcio	2,277	7	437	,028
Log_cloruros	17,217	7	428	,000
Log_cobre	99,813	7	434	,000
Log_fósforo	2,058	7	436	,047
Log_hierro	1,233	7	431	,283
Log_magnesio	2,683	7	435	,010
Log_potasio	3,503	7	442	,001
Log_zinc	2,013	7	426	,052
Log_manganeso	3,464	7	429	,001

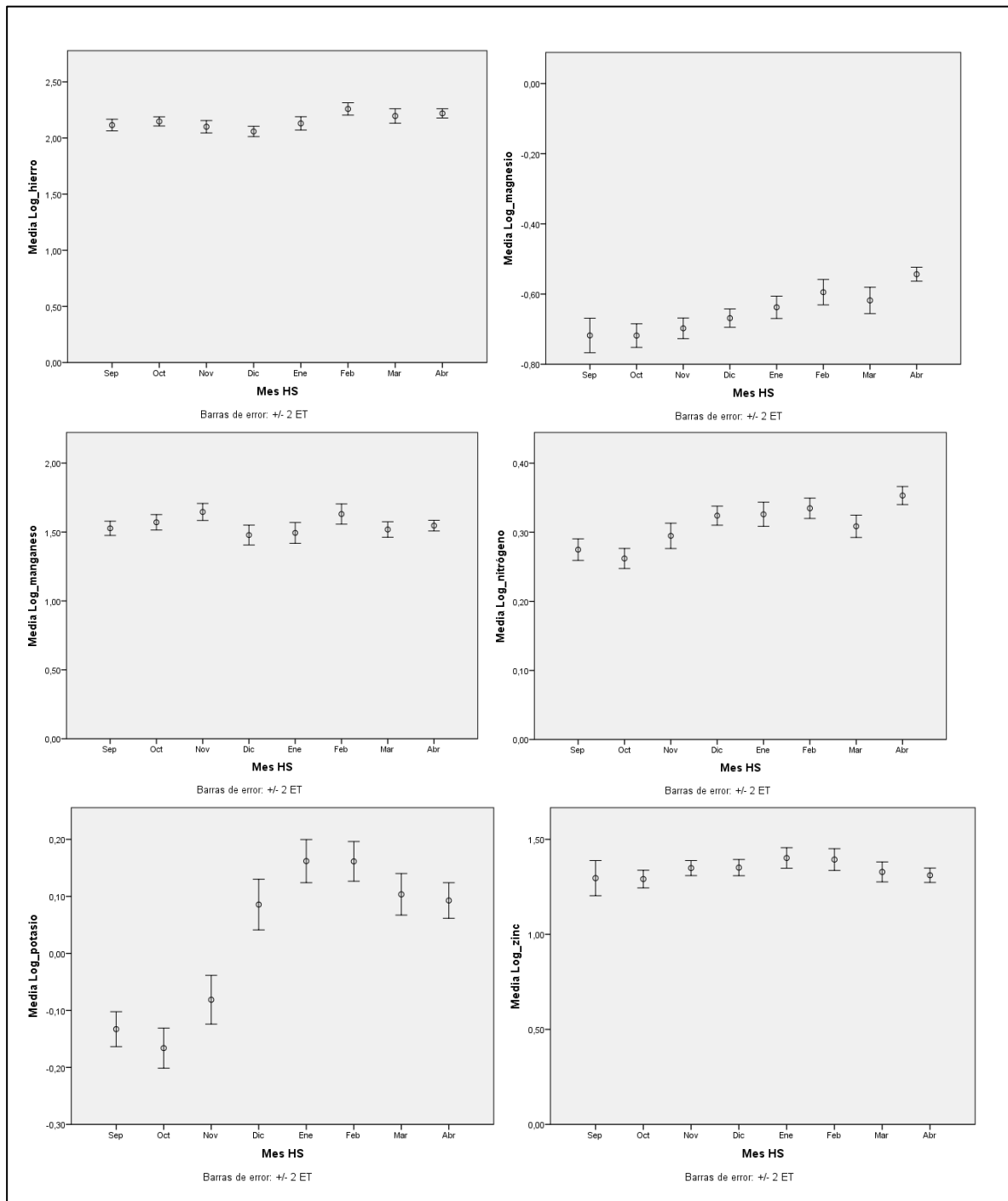
En esta segunda prueba, se observa como el Azufre pasa a tener homocedasticidad. Con el resto de variables no se logra confirmar que sus grupos tienen homogeneidad de varianzas pero el p-valor aumenta y se acerca más a 0,05.

Estas diferencias de varianzas pueden ser visualizadas mediante gráficos de barras de error y de esta forma comprobar cuánto de diferentes son.





**Figura 22.-** Desviación estándar de los resultados de los análisis foliares para azufre, boro, calcio, cloruros, cobre y fósforo.



**Figura 23.-** Desviación estándar de los resultados de los análisis foliares para hierro, magnesio, manganeso, nitrógeno, potasio y zinc.

### 3. Análisis de varianza

Mediante este análisis se va a contrastar la hipótesis nula de que las medias de más de dos poblaciones son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una es diferente.

Hipótesis:

$H_0$  = las medias de las muestras son iguales para el factor “mes”

$H_1$  = las medias son distintas

**Tabla 12.-** Resultados del ANOVA de un factor a un nivel de significancia del 95%.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Log_azufre	Inter-grupos	,351	7	,050	4,854	,000
	Intra-grupos	4,469	432	,010		
	Total	4,820	439			
Log_boro	Inter-grupos	1,982	7	,283	9,016	,000
	Intra-grupos	13,350	425	,031		
	Total	15,332	432			
Log_calcio	Inter-grupos	1,815	7	,259	17,604	,000
	Intra-grupos	6,436	437	,015		
	Total	8,250	444			
Log_cloruros	Inter-grupos	,272	7	,039	4,243	,000
	Intra-grupos	3,913	428	,009		
	Total	4,185	435			
Log_cobre	Inter-grupos	86,899	7	12,414	82,267	,000
	Intra-grupos	65,491	434	,151		
	Total	152,390	441			
Log_fósforo	Inter-grupos	1,390	7	,199	20,636	,000
	Intra-grupos	4,195	436	,010		
	Total	5,585	443			
Log_magnesio	Inter-grupos	1,678	7	,240	17,972	,000
	Intra-grupos	5,801	435	,013		
	Total	7,478	442			
Log_hierro	Inter-grupos	1,863	7	,266	7,216	,000
	Intra-grupos	15,894	431	,037		
	Total	17,757	438			
Log_manganeso	Inter-grupos	1,478	7	,211	4,021	,000
	Intra-grupos	22,522	429	,052		
	Total	23,999	436			
Log_zinc	Inter-grupos	,605	7	,086	2,589	,013
	Intra-grupos	14,227	426	,033		
	Total	14,832	433			
Log_potasio	Inter-grupos	6,213	7	,888	42,686	,000
	Intra-grupos	9,190	442	,021		
	Total	15,403	449			
Log_nitrógeno	Inter-grupos	,383	7	,055	15,701	,000
	Intra-grupos	1,541	442	,003		
	Total	1,924	449			

En todas las variables, como el p-valor es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula y se confirma que existen diferencias significativas en los niveles de nutriente presentes en los grupos (meses). Cuando la varianza entre los grupos es mayor que la que existe dentro de ellos se afirma que las muestras proceden de poblaciones diferentes.

El análisis de varianza permite confirmar si hay o no hay diferencias significativas entre los grupos, pero no confirma entre qué grupos pueden existir esas diferencias estadísticas. En este caso, se desea saber cuáles son las medias que difieren y para ello se va a utilizar un contraste Post Hoc: DMS para las variables con homocedasticidad (Azufre, Hierro y Zinc) y T3 de Dunnett no asumiendo varianzas iguales.

### **3.1 Contrastes DMS y T3 de Dunnett**

❖ **Azufre**

**Tabla 13.-** Contraste DMS para la variable Azufre a un nivel de significancia del 90%.

(I) Mes HS	(J) Mes HS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
					Límite inferior	Límite superior
Sep	Oct	-,01383	,02349	,556	-,0600	,0323
	Nov	-,02041	,02288	,373	-,0654	,0246
	Dic	,01876	,02288	,413	-,0262	,0637
	Ene	,02352	,02412	,330	-,0239	,0709
	Feb	-,03489	,02334	,136	-,0808	,0110
	Mar	-,00505	,02383	,832	-,0519	,0418
	Abr	-,06103*	,02191	,006	-,1041	-,0180
Oct	Sep	,01383	,02349	,556	-,0323	,0600
	Nov	-,00658	,01903	,730	-,0440	,0308
	Dic	,03259*	,01903	,087	-,0048	,0700
	Ene	,03735*	,02050	,069	-,0029	,0776
	Feb	-,02106	,01958	,283	-,0595	,0174
	Mar	,00878	,02016	,663	-,0308	,0484
	Abr	-,04720*	,01784	,008	-,0823	-,0121
Nov	Sep	,02041	,02288	,373	-,0246	,0654
	Oct	,00658	,01903	,730	-,0308	,0440
	Dic	,03917*	,01827	,033	,0033	,0751
	Ene	,04393*	,01979	,027	,0050	,0828
	Feb	-,01448	,01884	,443	-,0515	,0226
	Mar	,01536	,01944	,430	-,0229	,0536
	Abr	-,04062*	,01703	,017	-,0741	-,0072
Dic	Sep	-,01876	,02288	,413	-,0637	,0262
	Oct	-,03259*	,01903	,087	-,0700	,0048
	Nov	-,03917*	,01827	,033	-,0751	-,0033
	Ene	,00476	,01979	,810	-,0341	,0437
	Feb	-,05365*	,01884	,005	-,0907	-,0166
	Mar	-,02381	,01944	,221	-,0620	,0144
	Abr	-,07979*	,01703	,000	-,1133	-,0463
Ene	Sep	-,02352	,02412	,330	-,0709	,0239
	Oct	-,03735*	,02050	,069	-,0776	,0029
	Nov	-,04393*	,01979	,027	-,0828	-,0050
	Dic	-,00476	,01979	,810	-,0437	,0341
	Feb	-,05841*	,02032	,004	-,0983	-,0185
	Mar	-,02857	,02088	,172	-,0696	,0125
	Abr	-,08455*	,01866	,000	-,1212	-,0479
Feb	Sep	,03489	,02334	,136	-,0110	,0808
	Oct	,02106	,01958	,283	-,0174	,0595
	Nov	,01448	,01884	,443	-,0226	,0515
	Dic	,05365*	,01884	,005	,0166	,0907
	Ene	,05841*	,02032	,004	,0185	,0983
	Mar	,02984	,01998	,136	-,0094	,0691
	Abr	-,02614	,01764	,139	-,0608	,0085
Mar	Sep	,00505	,02383	,832	-,0418	,0519
	Oct	-,00878	,02016	,663	-,0484	,0308
	Nov	-,01536	,01944	,430	-,0536	,0229
	Dic	,02381	,01944	,221	-,0144	,0620
	Ene	,02857	,02088	,172	-,0125	,0696
	Feb	-,02984	,01998	,136	-,0691	,0094
	Abr	-,05598*	,01828	,002	-,0919	-,0200
Abr	Sep	,06103*	,02191	,006	,0180	,1041
	Oct	,04720*	,01784	,008	,0121	,0823
	Nov	,04062*	,01703	,017	,0072	,0741
	Dic	,07979*	,01703	,000	,0463	,1133
	Ene	,08455*	,01866	,000	,0479	,1212
	Feb	,02614	,01764	,139	-,0085	,0608
	Mar	,05598*	,01828	,002	,0200	,0919

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.10

❖ Boro

Tabla 14.- Contraste T3 de Dunnett para la variable Boro a un nivel de significancia del 90%.

(I) Mes HS	(J) Mes HS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
					Límite inferior	Límite superior
Sep	Oct	,04716	,04912	1,000	-,1174	,2117
	Nov	-,02148	,05418	1,000	-,1992	,1563
	Dic	,00474	,05005	1,000	-,1621	,1716
	Ene	-,02744	,05171	1,000	-,1986	,1438
	Feb	-,08047	,05043	,945	-,2483	,0874
	Mar	-,05617	,05034	,999	-,2238	,1115
	Abr	-,16827*	,05185	,059	-,3397	,0032
Oct	Sep	-,04716	,04912	1,000	-,2117	,1174
	Nov	-,06863	,03251	,630	-,1727	,0354
	Dic	-,04242	,02503	,920	-,1222	,0374
	Ene	-,07460	,02820	,230	-,1652	,0160
	Feb	-,12763*	,02579	,000	-,2100	-,0452
	Mar	-,10333*	,02561	,003	-,1854	-,0213
Nov	Sep	-,02148	,05418	1,000	-,1563	,1992
	Oct	,06863	,03251	,630	-,0354	,1727
	Dic	,02621	,03389	1,000	-,0820	,1344
	Ene	-,00596	,03629	1,000	-,1218	,1099
	Feb	-,05899	,03446	,912	-,1690	,0510
	Mar	-,03469	,03432	1,000	-,1443	,0749
Dic	Sep	-,14680*	,03650	,003	-,2629	-,0307
	Oct	-,00474	,05005	1,000	-,1716	,1621
	Nov	,04242	,02503	,920	-,0374	,1222
	Ene	-,02621	,03389	1,000	-,1344	,0820
	Feb	-,03217	,02978	1,000	-,1275	,0632
	Mar	-,08521*	,02751	,066	-,1729	,0025
Ene	Apr	-,06091	,02735	,529	-,1482	,0264
	Sep	-,17301*	,03003	,000	-,2683	-,0777
	Oct	,02744	,05171	1,000	-,1438	,1986
	Nov	,07460	,02820	,230	-,0160	,1652
	Dic	,00596	,03629	1,000	-,1099	,1218
	Feb	,03217	,02978	1,000	-,0632	,1275
Feb	Mar	-,05303	,03042	,896	-,1504	,0444
	Apr	-,02873	,03027	1,000	-,1258	,0683
	Sep	-,14083*	,03272	,001	-,2451	-,0366
	Oct	,08047	,05043	,945	-,0874	,2483
	Nov	,12763*	,02579	,000	,0452	,2100
	Dic	,05899	,03446	,912	-,0510	,1690
Mar	Ene	,08521*	,02751	,066	-,0025	,1729
	Feb	,05303	,03042	,896	-,0444	,1504
	Apr	,02430	,02804	1,000	-,0653	,1139
	Sep	-,08780	,03067	,126	-,1852	,0096
	Oct	,05617	,05034	,999	-,1115	,2238
	Nov	,10333*	,02561	,003	,0213	,1854
Abr	Dic	,03469	,03432	1,000	-,0749	,1443
	Ene	,06091	,02735	,529	-,0264	,1482
	Feb	,02873	,03027	1,000	-,0683	,1258
	Mar	-,02430	,02804	1,000	-,1139	,0653
	Sep	-,11210*	,03052	,010	-,2092	-,0150
	Oct	,16827*	,05185	,059	-,0032	,3397
May	Nov	,21543*	,02846	,000	,1249	,3059
	Dic	,14680*	,03650	,003	,0307	,2629
	Ene	,17301*	,03003	,000	,0777	,2683
	Feb	,14083*	,03272	,001	,0366	,2451
	Mar	,08780	,03067	,126	-,0096	,1852
	Apr	,11210*	,03052	,010	,0150	,2092

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.10

❖ **Calcio**

**Tabla 15.-** Contraste T3 de Dunnett para la variable Calcio a un nivel de significancia del 90%.

(I) Mes HS	(J) Mes HS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
					Límite inferior	Límite superior
Sep	Oct	-,00764	,02783	1,000	-,0991	,0838
	Nov	-,01154	,03109	1,000	-,1122	,0891
	Dic	,04963	,02912	,909	-,0453	,1446
	Ene	,00372	,02828	1,000	-,0890	,0964
	Feb	-,05346	,02756	,765	-,1441	,0372
	Mar	-,04031	,03002	,993	-,1380	,0574
	Abr	-,15163*	,02723	,000	-,2414	-,0619
Oct	Sep	,00764	,02783	1,000	-,0838	,0991
	Nov	-,00390	,02395	1,000	-,0803	,0725
	Dic	,05727	,02133	,203	-,0107	,1252
	Ene	,01136	,02016	1,000	-,0532	,0759
	Feb	-,04582	,01914	,392	-,1069	,0153
	Mar	-,03267	,02255	,984	-,1049	,0396
	Abr	-,14399*	,01867	,000	-,2034	-,0846
Nov	Sep	,01154	,03109	1,000	-,0891	,1122
	Oct	,00390	,02395	1,000	-,0725	,0803
	Dic	,06117	,02544	,381	-,0198	,1421
	Ene	,01525	,02446	1,000	-,0628	,0933
	Feb	-,04192	,02363	,881	-,1174	,0335
	Mar	-,02878	,02646	1,000	-,1132	,0556
	Abr	-,14009*	,02325	,000	-,2142	-,0659
Dic	Sep	-,04963	,02912	,909	-,1446	,0453
	Oct	-,05727	,02133	,203	-,1252	,0107
	Nov	-,06117	,02544	,381	-,1421	,0198
	Ene	-,04591	,02191	,644	-,1158	,0240
	Feb	-,10309*	,02098	,000	-,1699	-,0363
	Mar	-,08994*	,02412	,009	-,1670	-,0129
	Abr	-,20126*	,02054	,000	-,2666	-,1359
Ene	Sep	-,00372	,02828	1,000	-,0964	,0890
	Oct	-,01136	,02016	1,000	-,0759	,0532
	Nov	-,01525	,02446	1,000	-,0933	,0628
	Dic	,04591	,02191	,644	-,0240	,1158
	Feb	-,05718	,01978	,122	-,1205	,0061
	Mar	-,04403	,02309	,795	-,1180	,0300
	Abr	-,15535*	,01932	,000	-,2170	-,0936
Feb	Sep	,05346	,02756	,765	-,0372	,1441
	Oct	,04582	,01914	,392	-,0153	,1069
	Nov	,04192	,02363	,881	-,0335	,1174
	Dic	,10309*	,02098	,000	,0363	,1699
	Ene	,05718	,01978	,122	-,0061	,1205
	Mar	,01315	,02221	1,000	-,0580	,0843
	Abr	-,09817*	,01826	,000	-,1562	-,0401
Mar	Sep	,04031	,03002	,993	-,0574	,1380
	Oct	,03267	,02255	,984	-,0396	,1049
	Nov	,02878	,02646	1,000	-,0556	,1132
	Dic	,08994*	,02412	,009	,0129	,1670
	Ene	,04403	,02309	,795	-,0300	,1180
	Feb	-,01315	,02221	1,000	-,0843	,0580
	Abr	-,11131*	,02180	,000	-,1811	-,0415
Abr	Sep	,15163*	,02723	,000	,0619	,2414
	Oct	,14399*	,01867	,000	,0846	,2034
	Nov	,14009*	,02325	,000	,0659	,2142
	Dic	,20126*	,02054	,000	,1359	,2666
	Ene	,15535*	,01932	,000	,0936	,2170
	Feb	,09817*	,01826	,000	,0401	,1562
	Mar	,11131*	,02180	,000	,0415	,1811

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.10.

## ❖ Cloruros

**Tabla 16.-** Contraste T3 de Dunnett para la variable Cloruros a un nivel de significancia del 90%.

(I) Mes HS	(J) Mes HS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
					Límite inferior	Límite superior
Sep	Oct	-,05835	,02800	,654	-,1486	,0319
	Nov	,01256	,01614	1,000	-,0405	,0656
	Dic	-,02015	,01874	1,000	-,0807	,0404
	Ene	-,00220	,01847	1,000	-,0621	,0577
	Feb	-,01884	,01831	1,000	-,0781	,0405
	Mar	-,01297	,02065	1,000	-,0796	,0537
	Abr	,02557	,01426	,853	-,0226	,0738
Oct	Sep	,05835	,02800	,654	-,0319	,1486
	Nov	,07091	,02569	,182	-,0125	,1543
	Dic	,03821	,02740	,990	-,0500	,1264
	Ene	,05616	,02722	,671	-,0316	,1439
	Feb	,03951	,02710	,982	-,0479	,1269
	Mar	,04538	,02874	,958	-,0469	,1377
	Abr	,08392*	,02455	,033	,0036	,1642
Nov	Sep	-,01256	,01614	1,000	-,0656	,0405
	Oct	-,07091	,02569	,182	-,1543	,0125
	Dic	-,03270	,01506	,577	-,0808	,0153
	Ene	-,01475	,01473	1,000	-,0621	,0326
	Feb	-,03140	,01452	,586	-,0779	,0151
	Mar	-,02553	,01738	,980	-,0816	,0305
	Abr	,01302	,00889	,982	-,0156	,0416
Dic	Sep	,02015	,01874	1,000	-,0404	,0807
	Oct	-,03821	,02740	,990	-,1264	,0500
	Nov	,03270	,01506	,577	-,0153	,0808
	Ene	,01795	,01754	1,000	-,0380	,0739
	Feb	,00131	,01736	1,000	-,0540	,0566
	Mar	,00717	,01981	1,000	-,0562	,0705
	Abr	,04572*	,01302	,021	,0037	,0878
Ene	Sep	,00220	,01847	1,000	-,0577	,0621
	Oct	-,05616	,02722	,671	-,1439	,0316
	Nov	,01475	,01473	1,000	-,0326	,0621
	Dic	-,01795	,01754	1,000	-,0739	,0380
	Feb	-,01664	,01707	1,000	-,0713	,0380
	Mar	-,01078	,01956	1,000	-,0735	,0520
	Abr	,02777	,01264	,561	-,0137	,0692
Feb	Sep	,01884	,01831	1,000	-,0405	,0781
	Oct	-,03951	,02710	,982	-,1269	,0479
	Nov	,03140	,01452	,586	-,0151	,0779
	Dic	-,00131	,01736	1,000	-,0566	,0540
	Ene	,01664	,01707	1,000	-,0380	,0713
	Mar	,00587	,01941	1,000	-,0563	,0681
	Abr	,04441*	,01239	,019	,0041	,0847
Mar	Sep	,01297	,02065	1,000	-,0537	,0796
	Oct	-,04538	,02874	,958	-,1377	,0469
	Nov	,02553	,01738	,980	-,0305	,0816
	Dic	-,00717	,01981	1,000	-,0705	,0562
	Ene	,01078	,01956	1,000	-,0520	,0735
	Feb	-,00587	,01941	1,000	-,0681	,0563
	Abr	,03855	,01565	,356	-,0127	,0898
Abr	Sep	-,02557	,01426	,853	-,0738	,0226
	Oct	-,08392*	,02455	,033	-,1642	-,0036
	Nov	-,01302	,00889	,982	-,0416	,0156
	Dic	-,04572*	,01302	,021	-,0878	-,0037
	Ene	-,02777	,01264	,561	-,0692	,0137
	Feb	-,04441*	,01239	,019	-,0847	-,0041
	Mar	-,03855	,01565	,356	-,0898	,0127

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.10.



❖ Cobre

Tabla 17.- Contraste T3 de Dunnett para la variable Cobre a un nivel de significancia del 90%.

(I) Mes HS	(J) Mes HS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
					Límite inferior	Límite superior
Sep	Oct	-,14729*	,03765	,005	-,2686	-,0260
	Nov	-,10083	,03533	,139	-,2146	,0130
	Dic	-,07621	,03042	,326	-,1755	,0231
	Ene	-,07815	,03457	,505	-,1900	,0337
	Feb	-,10409	,04278	,366	-,2416	,0334
	Mar	-,09842*	,03191	,080	-,2022	,0054
Oct	Sep	,14729*	,03765	,005	,0260	,2686
	Nov	,04645	,03750	,998	-,0732	,1661
	Dic	,07107	,03292	,589	-,0345	,1767
	Ene	,06913	,03678	,815	-,0486	,1868
	Feb	,04320	,04459	1,000	-,0993	,1857
	Mar	,04886	,03430	,987	-,0611	,1588
Nov	Sep	,10083	,03533	,139	-,0130	,2146
	Oct	-,04645	,03750	,998	-,1661	,0732
	Dic	,02462	,03023	1,000	-,0718	,1210
	Ene	,02268	,03440	1,000	-,0871	,1325
	Feb	-,00326	,04265	1,000	-,1396	,1330
	Mar	,00241	,03173	1,000	-,0988	,1037
Dic	Sep	,07621	,03042	,326	-,0231	,1755
	Oct	-,07107	,03292	,589	-,1767	,0345
	Nov	-,02462	,03023	1,000	-,1210	,0718
	Ene	-,00194	,02934	1,000	-,0961	,0922
	Feb	-,02787	,03868	1,000	-,1523	,0966
	Mar	-,02221	,02616	1,000	-,1058	,0614
Ene	Sep	,07815	,03457	,505	-,0337	,1900
	Oct	-,06913	,03678	,815	-,1868	,0486
	Nov	-,02268	,03440	1,000	-,1325	,0871
	Dic	,00194	,02934	1,000	-,0922	,0961
	Feb	-,02594	,04202	1,000	-,1605	,1087
	Mar	-,02027	,03088	1,000	-,1193	,0788
Feb	Sep	,10409	,04278	,366	-,0334	,2416
	Oct	-,04320	,04459	1,000	-,1857	,0993
	Nov	,00326	,04265	1,000	-,1330	,1396
	Dic	,02787	,03868	1,000	-,0966	,1523
	Ene	,02594	,04202	1,000	-,1087	,1605
	Mar	,00567	,03986	1,000	-,1224	,1337
Mar	Sep	,09842*	,03191	,080	-,0054	,2022
	Oct	-,04886	,03430	,987	-,1588	,0611
	Nov	-,00241	,03173	1,000	-,1037	,0988
	Dic	,02221	,02616	1,000	-,0614	,1058
	Ene	,02027	,03088	1,000	-,0788	,1193
	Feb	-,00567	,03986	1,000	-,1337	,1224

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.10

❖ **Fósforo**

**Tabla 18.-** Contraste T3 de Dunnett para la variable Fósforo a un nivel de significancia del 90%.

(I) Mes HS	(J) Mes HS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
					Límite inferior	Límite superior
Sep	Oct	,01032	,01586	1,000	-,0407	,0614
	Nov	-,03549	,01626	,569	-,0877	,0167
	Dic	-,11725*	,01647	,000	-,1701	-,0644
	Ene	-,10764*	,02479	,001	-,1881	-,0271
	Feb	-,13187*	,01700	,000	-,1865	-,0772
	Mar	-,10265*	,01495	,000	-,1509	-,0544
	Abr	-,14586*	,01406	,000	-,1911	-,1006
Oct	Sep	-,01032	,01586	1,000	-,0614	,0407
	Nov	-,04580	,01722	,216	-,1007	,0091
	Dic	-,12757*	,01742	,000	-,1831	-,0721
	Ene	-,11796*	,02543	,000	-,2002	-,0357
	Feb	-,14219*	,01792	,000	-,1994	-,0850
	Mar	-,11296*	,01599	,000	-,1641	-,0618
	Abr	-,15617*	,01515	,000	-,2045	-,1078
Nov	Sep	,03549	,01626	,569	-,0167	,0877
	Oct	,04580	,01722	,216	-,0091	,1007
	Dic	-,08177*	,01778	,000	-,1383	-,0252
	Ene	-,07216	,02568	,158	-,1551	,0108
	Feb	-,09638*	,01828	,000	-,1546	-,0381
	Mar	-,06716*	,01639	,002	-,1194	-,0149
	Abr	-,11037*	,01557	,000	-,1599	-,0608
Dic	Sep	,11725*	,01647	,000	,0644	,1701
	Oct	,12757*	,01742	,000	,0721	,1831
	Nov	,08177*	,01778	,000	,0252	,1383
	Ene	,00961	,02582	1,000	-,0737	,0929
	Feb	-,01462	,01846	1,000	-,0734	,0442
	Mar	,01461	,01660	1,000	-,0383	,0675
	Abr	-,02860	,01579	,861	-,0789	,0217
Ene	Sep	,10764*	,02479	,001	,0271	,1881
	Oct	,11796*	,02543	,000	,0357	,2002
	Nov	,07216	,02568	,158	-,0108	,1551
	Dic	-,00961	,02582	1,000	-,0929	,0737
	Feb	-,02423	,02616	1,000	-,1086	,0601
	Mar	,00500	,02488	1,000	-,0757	,0857
	Abr	-,03821	,02435	,958	-,1173	,0409
Feb	Sep	,13187*	,01700	,000	,0772	,1865
	Oct	,14219*	,01792	,000	,0850	,1994
	Nov	,09638*	,01828	,000	,0381	,1546
	Dic	,01462	,01846	1,000	-,0442	,0734
	Ene	,02423	,02616	1,000	-,0601	,1086
	Mar	,02922	,01713	,915	-,0255	,0840
	Abr	-,01399	,01635	1,000	-,0662	,0382
Mar	Sep	,10265*	,01495	,000	,0544	,1509
	Oct	,11296*	,01599	,000	,0618	,1641
	Nov	,06716*	,01639	,002	,0149	,1194
	Dic	-,01461	,01660	1,000	-,0675	,0383
	Ene	-,00500	,02488	1,000	-,0857	,0757
	Feb	-,02922	,01713	,915	-,0840	,0255
	Abr	-,04321*	,01421	,077	-,0885	,0021
Abr	Sep	,14586*	,01406	,000	,1006	,1911
	Oct	,15617*	,01515	,000	,1078	,2045
	Nov	,11037*	,01557	,000	,0608	,1599
	Dic	,02860	,01579	,861	-,0217	,0789
	Ene	,03821	,02435	,958	-,0409	,1173
	Feb	,01399	,01635	1,000	-,0382	,0662
	Mar	,04321*	,01421	,077	-,0021	,0885

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.10

❖ Hierro

Tabla 19.- Contraste DMS para la variable Hierro a un nivel de significancia del 90%.

(I) Mes HS	(J) Mes HS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
					Límite inferior	Límite superior
Sep	Oct	-,03285	,04403	,456	-,1194	,0537
	Nov	,01477	,04271	,730	-,0692	,0987
	Dic	,05651	,04271	,186	-,0274	,1405
	Ene	-,01512	,04507	,737	-,1037	,0735
	Feb	-,14395*	,04359	,001	-,2296	-,0583
	Mar	-,08105*	,04469	,070	-,1689	,0068
	Abr	-,10429*	,04084	,011	-,1846	-,0240
Oct	Sep	,03285	,04403	,456	-,0537	,1194
	Nov	,04762	,03611	,188	-,0234	,1186
	Dic	,08936*	,03611	,014	,0184	,1603
	Ene	,01773	,03887	,649	-,0587	,0941
	Feb	-,11110*	,03714	,003	-,1841	-,0381
	Mar	-,04820	,03844	,211	-,1237	,0274
	Abr	-,07144*	,03389	,036	-,1380	-,0048
Nov	Sep	-,01477	,04271	,730	-,0987	,0692
	Oct	-,04762	,03611	,188	-,1186	,0234
	Dic	,04173	,03449	,227	-,0261	,1095
	Ene	-,02989	,03737	,424	-,1033	,0436
	Feb	-,15873*	,03557	,000	-,2286	-,0888
	Mar	-,09582*	,03692	,010	-,1684	-,0233
	Abr	-,11906*	,03215	,000	-,1823	-,0559
Dic	Sep	-,05651	,04271	,186	-,1405	,0274
	Oct	-,08936*	,03611	,014	-,1603	-,0184
	Nov	-,04173	,03449	,227	-,1095	,0261
	Ene	-,07163*	,03737	,056	-,1451	,0018
	Feb	-,20046*	,03557	,000	-,2704	-,1305
	Mar	-,13755*	,03692	,000	-,2101	-,0650
	Abr	-,16080*	,03215	,000	-,2240	-,0976
Ene	Sep	,01512	,04507	,737	-,0735	,1037
	Oct	-,01773	,03887	,649	-,0941	,0587
	Nov	,02989	,03737	,424	-,0436	,1033
	Dic	,07163*	,03737	,056	-,0018	,1451
	Feb	-,12883*	,03837	,001	-,2042	-,0534
	Mar	-,06593*	,03962	,097	-,1438	,0120
	Abr	-,08917*	,03522	,012	-,1584	-,0199
Feb	Sep	,14395*	,04359	,001	,0583	,2296
	Oct	,11110*	,03714	,003	,0381	,1841
	Nov	,15873*	,03557	,000	,0888	,2286
	Dic	,20046*	,03557	,000	,1305	,2704
	Ene	,12883*	,03837	,001	,0534	,2042
	Mar	,06291*	,03793	,098	-,0116	,1375
	Abr	,03966	,03331	,234	-,0258	,1051
Mar	Sep	,08105*	,04469	,070	-,0068	,1689
	Oct	,04820	,03844	,211	-,0274	,1237
	Nov	,09582*	,03692	,010	,0233	,1684
	Dic	,13755*	,03692	,000	,0650	,2101
	Ene	,06593*	,03962	,097	-,0120	,1438
	Feb	-,06291*	,03793	,098	-,1375	,0116
	Abr	-,02324	,03475	,504	-,0915	,0450
Abr	Sep	,10429*	,04084	,011	,0240	,1846
	Oct	,07144*	,03389	,036	,0048	,1380
	Nov	,11906*	,03215	,000	,0559	,1823
	Dic	,16080*	,03215	,000	,0976	,2240
	Ene	,08917*	,03522	,012	,0199	,1584
	Feb	-,03966	,03331	,234	-,1051	,0258
	Mar	,02324	,03475	,504	-,0450	,0915

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.10

❖ **Magnesio**

**Tabla 20.-** Contraste T3 de Dunnett para la variable Magnesio a un nivel de significancia del 90%.

(I) Mes HS	(J) Mes HS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
					Límite inferior	Límite superior
Sep	Oct	,00043	,02978	1,000	-,0967	,0976
	Nov	-,02023	,02865	1,000	-,1141	,0737
	Dic	-,04926	,02783	,873	-,1409	,0424
	Ene	-,08020	,02928	,197	-,1760	,0156
	Feb	-,12324*	,03050	,004	-,2225	-,0240
	Mar	-,09979*	,03094	,054	-,2003	,0008
	Abr	-,17442*	,02652	,000	-,2626	-,0862
Oct	Sep	-,00043	,02978	1,000	-,0976	,0967
	Nov	-,02066	,02231	1,000	-,0919	,0505
	Dic	-,04969	,02125	,436	-,1176	,0182
	Ene	-,08063*	,02311	,020	-,1546	-,0067
	Feb	-,12367*	,02465	,000	-,2024	-,0450
	Mar	-,10022*	,02518	,004	-,1808	-,0197
	Abr	-,17485*	,01950	,000	-,2375	-,1123
Nov	Sep	,02023	,02865	1,000	-,0737	,1141
	Oct	,02066	,02231	1,000	-,0505	,0919
	Dic	-,02903	,01963	,981	-,0915	,0335
	Ene	-,05997	,02164	,165	-,1291	,0092
	Feb	-,10301*	,02327	,001	-,1773	-,0287
	Mar	-,07956*	,02383	,032	-,1558	-,0033
	Abr	-,15419*	,01773	,000	-,2107	-,0977
Dic	Sep	,04926	,02783	,873	-,0424	,1409
	Oct	,04969	,02125	,436	-,0182	,1176
	Nov	,02903	,01963	,981	-,0335	,0915
	Ene	-,03094	,02054	,976	-,0967	,0348
	Feb	-,07398*	,02225	,034	-,1451	-,0028
	Mar	-,05053	,02285	,543	-,1237	,0227
	Abr	-,12516*	,01637	,000	-,1772	-,0731
Ene	Sep	,08020	,02928	,197	-,0156	,1760
	Oct	,08063*	,02311	,020	,0067	,1546
	Nov	,05997	,02164	,165	-,0092	,1291
	Dic	,03094	,02054	,976	-,0348	,0967
	Feb	-,04304	,02404	,872	-,1199	,0338
	Mar	-,01959	,02459	1,000	-,0983	,0592
	Abr	-,09422*	,01873	,000	-,1544	-,0340
Feb	Sep	,12324*	,03050	,004	,0240	,2225
	Oct	,12367*	,02465	,000	,0450	,2024
	Nov	,10301*	,02327	,001	,0287	,1773
	Dic	,07398*	,02225	,034	,0028	,1451
	Ene	,04304	,02404	,872	-,0338	,1199
	Mar	,02345	,02603	1,000	-,0597	,1066
	Abr	-,05118	,02059	,328	-,1173	,0149
Mar	Sep	,09979	,03094	,054	-,0008	,2003
	Oct	,10022*	,02518	,004	,0197	,1808
	Nov	,07956*	,02383	,032	,0033	,1558
	Dic	,05053	,02285	,543	-,0227	,1237
	Ene	,01959	,02459	1,000	-,0592	,0983
	Feb	-,02345	,02603	1,000	-,1066	,0597
	Abr	-,07463*	,02123	,020	-,1430	-,0062
Abr	Sep	,17442*	,02652	,000	,0862	,2626
	Oct	,17485*	,01950	,000	,1123	,2375
	Nov	,15419*	,01773	,000	,0977	,2107
	Dic	,12516*	,01637	,000	,0731	,1772
	Ene	,09422*	,01873	,000	,0340	,1544
	Feb	,05118	,02059	,328	-,0149	,1173
	Mar	,07463*	,02123	,020	,0062	,1430

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.10

❖ **Manganeso**

**Tabla 21.-** Contraste T3 de Dunnett para la variable Manganeso a un nivel de significancia del 90%.

(I) Mes HS	(J) Mes HS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
					Límite inferior	Límite superior
Sep	Oct	-,04379	,03812	,999	-,1666	,0791
	Nov	-,11895	,04025	,104	-,2481	,0102
	Dic	,04857	,04441	1,000	-,0938	,1910
	Ene	,03311	,04574	1,000	-,1146	,1808
	Feb	-,10359	,04487	,463	-,2480	,0408
	Mar	,00854	,03825	1,000	-,1149	,1320
	Abr	-,01968	,03224	1,000	-,1244	,0850
Oct	Sep	,04379	,03812	,999	-,0791	,1666
	Nov	-,07515	,04172	,867	-,2081	,0578
	Dic	,09236	,04575	,709	-,0535	,2383
	Ene	,07691	,04704	,941	-,0741	,2279
	Feb	-,05980	,04620	,997	-,2076	,0880
	Mar	,05234	,03980	,996	-,0750	,1796
	Abr	,02412	,03406	1,000	-,0848	,1330
Nov	Sep	,11895	,04025	,104	-,0102	,2481
	Oct	,07515	,04172	,867	-,0578	,2081
	Dic	,16752*	,04753	,017	,0162	,3188
	Ene	,15206*	,04877	,064	-,0041	,3082
	Feb	,01536	,04796	1,000	-,1377	,1684
	Mar	,12749*	,04183	,077	-,0060	,2610
	Abr	,09927	,03642	,184	-,0169	,2155
Dic	Sep	-,04857	,04441	1,000	-,1910	,0938
	Oct	-,09236	,04575	,709	-,2383	,0535
	Nov	-,16752*	,04753	,017	-,3188	-,0162
	Ene	-,01546	,05226	1,000	-,1824	,1515
	Feb	-,15216	,05151	,100	-,3164	,0120
	Mar	-,04003	,04586	1,000	-,1864	,1063
	Abr	-,06825	,04098	,931	-,1994	,0629
Ene	Sep	-,03311	,04574	1,000	-,1808	,1146
	Oct	-,07691	,04704	,941	-,2279	,0741
	Nov	-,15206	,04877	,064	-,3082	,0041
	Dic	,01546	,05226	1,000	-,1515	,1824
	Feb	-,13670	,05266	,255	-,3052	,0318
	Mar	-,02457	,04714	1,000	-,1760	,1269
	Abr	-,05279	,04241	,998	-,1899	,0843
Feb	Sep	,10359	,04487	,463	-,0408	,2480
	Oct	,05980	,04620	,997	-,0880	,2076
	Nov	-,01536	,04796	1,000	-,1684	,1377
	Dic	,15216	,05151	,100	-,0120	,3164
	Ene	,13670	,05266	,255	-,0318	,3052
	Mar	,11213	,04630	,372	-,0361	,2604
	Abr	,08391	,04148	,705	-,0495	,2173
Mar	Sep	-,00854	,03825	1,000	-,1320	,1149
	Oct	-,05234	,03980	,996	-,1796	,0750
	Nov	-,12749*	,04183	,077	-,2610	,0060
	Dic	,04003	,04586	1,000	-,1063	,1864
	Ene	,02457	,04714	1,000	-,1269	,1760
	Feb	-,11213	,04630	,372	-,2604	,0361
	Abr	-,02822	,03421	1,000	-,1379	,0815
Abr	Sep	,01968	,03224	1,000	-,0850	,1244
	Oct	-,02412	,03406	1,000	-,1330	,0848
	Nov	-,09927	,03642	,184	-,2155	,0169
	Dic	,06825	,04098	,931	-,0629	,1994
	Ene	,05279	,04241	,998	-,0843	,1899
	Feb	-,08391	,04148	,705	-,2173	,0495
	Mar	,02822	,03421	1,000	-,0815	,1379

## ❖ Nitrógeno

**Tabla 22.-** Contraste T3 de Dunnett para la variable Nitrógeno a un nivel de significancia del 90%.

(I) Mes HS	(J) Mes HS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
					Límite inferior	Límite superior
Sep	Oct	,01281	,01066	,999	-,0216	,0473
	Nov	-,02000	,01204	,932	-,0586	,0186
	Dic	-,04921*	,01041	,000	-,0829	-,0156
	Ene	-,05118*	,01171	,001	-,0890	-,0134
	Feb	-,05988*	,01074	,000	-,0946	-,0252
	Mar	-,03385*	,01122	,091	-,0701	,0024
	Abr	-,07838*	,01017	,000	-,1112	-,0455
Oct	Sep	-,01281	,01066	,999	-,0473	,0216
	Nov	-,03281	,01173	,152	-,0702	,0046
	Dic	-,06202*	,01005	,000	-,0940	-,0300
	Ene	-,06399*	,01139	,000	-,1005	-,0275
	Feb	-,07269*	,01039	,000	-,1058	-,0395
	Mar	-,04665*	,01088	,001	-,0814	-,0119
	Abr	-,09119*	,00979	,000	-,1224	-,0600
Nov	Sep	,02000	,01204	,932	-,0186	,0586
	Oct	,03281	,01173	,152	-,0046	,0702
	Dic	-,02921	,01150	,286	-,0658	,0074
	Ene	-,03118	,01269	,344	-,0717	,0093
	Feb	-,03988*	,01180	,027	-,0775	-,0023
	Mar	-,01384	,01224	1,000	-,0528	,0252
	Abr	-,05838*	,01128	,000	-,0943	-,0225
Dic	Sep	,04921*	,01041	,000	,0156	,0829
	Oct	,06202*	,01005	,000	,0300	,0940
	Nov	,02921	,01150	,286	-,0074	,0658
	Ene	-,00197	,01116	1,000	-,0377	,0337
	Feb	-,01067	,01014	1,000	-,0430	,0216
	Mar	,01537	,01064	,985	-,0186	,0493
	Abr	-,02917*	,00952	,070	-,0594	,0010
Ene	Sep	,05118*	,01171	,001	,0134	,0890
	Oct	,06399*	,01139	,000	,0275	,1005
	Nov	,03118	,01269	,344	-,0093	,0717
	Dic	,00197	,01116	1,000	-,0337	,0377
	Feb	-,00870	,01147	1,000	-,0454	,0280
	Mar	,01734	,01191	,984	-,0208	,0555
	Abr	-,02720	,01093	,324	-,0622	,0078
Feb	Sep	,05988*	,01074	,000	,0252	,0946
	Oct	,07269*	,01039	,000	,0395	,1058
	Nov	,03988*	,01180	,027	,0023	,0775
	Dic	,01067	,01014	1,000	-,0216	,0430
	Ene	,00870	,01147	1,000	-,0280	,0454
	Mar	,02604	,01096	,406	-,0090	,0611
	Abr	-,01850	,00988	,823	-,0499	,0129
Mar	Sep	,03385*	,01122	,091	-,0024	,0701
	Oct	,04665*	,01088	,001	,0119	,0814
	Nov	,01384	,01224	1,000	-,0252	,0528
	Dic	-,01537	,01064	,985	-,0493	,0186
	Ene	-,01734	,01191	,984	-,0555	,0208
	Feb	-,02604	,01096	,406	-,0611	,0090
	Abr	-,04453*	,01040	,001	-,0777	-,0113
Abr	Sep	,07838*	,01017	,000	,0455	,1112
	Oct	,09119*	,00979	,000	,0600	,1224
	Nov	,05838*	,01128	,000	,0225	,0943
	Dic	,02917*	,00952	,070	-,0010	,0594
	Ene	,02720	,01093	,324	-,0078	,0622
	Feb	,01850	,00988	,823	-,0129	,0499
	Mar	,04453*	,01040	,001	,0113	,0777

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.10

❖ Potasio

Tabla 23.- Contraste T3 de Dunnett para la variable Potasio a un nivel de significancia del 90%.

(I) Mes HS	(J) Mes HS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
					Límite inferior	Límite superior
Sep	Oct	,03324	,02330	,987	-,0417	,1082
	Nov	-,05155	,02631	,756	-,1359	,0328
	Dic	-,21853*	,02699	,000	-,3050	-,1321
	Ene	-,29470*	,02433	,000	-,3731	-,2163
	Feb	-,29423*	,02314	,000	-,3686	-,2198
	Mar	-,23643*	,02381	,000	-,3131	-,1598
	Abr	-,22562*	,02184	,000	-,2957	-,1556
Oct	Sep	-,03324	,02330	,987	-,1082	,0417
	Nov	-,08480*	,02770	,073	-,1731	,0035
	Dic	-,25178*	,02835	,000	-,3421	-,1615
	Ene	-,32794*	,02582	,000	-,4106	-,2453
	Feb	-,32747*	,02471	,000	-,4063	-,2486
	Mar	-,26968*	,02533	,000	-,3506	-,1887
	Abr	-,25887*	,02350	,000	-,3336	-,1841
Nov	Sep	,05155	,02631	,756	-,0328	,1359
	Oct	,08480*	,02770	,073	-,0035	,1731
	Dic	-,16698*	,03087	,000	-,2652	-,0688
	Ene	-,24314*	,02857	,000	-,3343	-,1520
	Feb	-,24267*	,02757	,000	-,3305	-,1548
	Mar	-,18488*	,02813	,000	-,2746	-,0952
	Abr	-,17407*	,02649	,000	-,2584	-,0898
Dic	Sep	,21853*	,02699	,000	,1321	,3050
	Oct	,25178*	,02835	,000	,1615	,3421
	Nov	,16698*	,03087	,000	,0688	,2652
	Ene	-,07616	,02920	,245	-,1693	,0170
	Feb	-,07570	,02822	,204	-,1656	,0142
	Mar	-,01790	,02877	1,000	-,1096	,0738
	Abr	-,00709	,02716	1,000	-,0936	,0794
Ene	Sep	,29470*	,02433	,000	,2163	,3731
	Oct	,32794*	,02582	,000	,2453	,4106
	Nov	,24314*	,02857	,000	,1520	,3343
	Dic	,07616	,02920	,245	-,0170	,1693
	Feb	,00047	,02568	1,000	-,0817	,0826
	Mar	,05826	,02628	,539	-,0259	,1424
	Abr	,06907	,02452	,146	-,0092	,1474
Feb	Sep	,29423*	,02314	,000	,2198	,3686
	Oct	,32747*	,02471	,000	,2486	,4063
	Nov	,24267*	,02757	,000	,1548	,3305
	Dic	,07570	,02822	,204	-,0142	,1656
	Ene	-,00047	,02568	1,000	-,0826	,0817
	Mar	,05780	,02519	,472	-,0227	,1383
	Abr	,06860	,02334	,102	-,0056	,1428
Mar	Sep	,23643*	,02381	,000	,1598	,3131
	Oct	,26968*	,02533	,000	,1887	,3506
	Nov	,18488*	,02813	,000	,0952	,2746
	Dic	,01790	,02877	1,000	-,0738	,1096
	Ene	-,05826	,02628	,539	-,1424	,0259
	Feb	-,05780	,02519	,472	-,1383	,0227
	Abr	,01081	,02400	1,000	-,0657	,0873
Abr	Sep	,22562*	,02184	,000	,1556	,2957
	Oct	,25887*	,02350	,000	,1841	,3336
	Nov	,17407*	,02649	,000	,0898	,2584
	Dic	,00709	,02716	1,000	-,0794	,0936
	Ene	-,06907	,02452	,146	-,1474	,0092
	Feb	-,06860	,02334	,102	-,1428	,0056
	Mar	-,01081	,02400	1,000	-,0873	,0657

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.10

❖ Zinc

Tabla 24.- Contraste DMS para la variable Zinc a un nivel de significancia del 90%.

(I) Mes HS	(J) Mes HS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
					Límite inferior	Límite superior
Sep	Oct	,00479	,04205	,909	-,0779	,0874
	Nov	-,05298	,04075	,194	-,1331	,0271
	Dic	-,05537	,04054	,173	-,1350	,0243
	Ene	-,10606*	,04271	,013	-,1900	-,0221
	Feb	-,09771*	,04148	,019	-,1792	-,0162
	Mar	-,03256	,04289	,448	-,1169	,0517
	Abr	-,01515	,03906	,698	-,0919	,0616
Oct	Sep	-,00479	,04205	,909	-,0874	,0779
	Nov	-,05777*	,03467	,096	-,1259	,0104
	Dic	-,06016*	,03442	,081	-,1278	,0075
	Ene	-,11085*	,03695	,003	-,1835	-,0382
	Feb	-,10249*	,03553	,004	-,1723	-,0327
	Mar	-,03735	,03716	,315	-,1104	,0357
	Abr	-,01994	,03267	,542	-,0841	,0443
Nov	Sep	,05298	,04075	,194	-,0271	,1331
	Oct	,05777*	,03467	,096	-,0104	,1259
	Dic	-,00239	,03283	,942	-,0669	,0621
	Ene	-,05308	,03547	,135	-,1228	,0166
	Feb	-,04473	,03398	,189	-,1115	,0221
	Mar	,02042	,03569	,567	-,0497	,0906
	Abr	,03783	,03098	,223	-,0231	,0987
Dic	Sep	,05537	,04054	,173	-,0243	,1350
	Oct	,06016*	,03442	,081	-,0075	,1278
	Nov	,00239	,03283	,942	-,0621	,0669
	Ene	-,05069	,03522	,151	-,1199	,0185
	Feb	-,04234	,03372	,210	-,1086	,0240
	Mar	,02281	,03544	,520	-,0469	,0925
	Abr	,04022	,03070	,191	-,0201	,1006
Ene	Sep	,10606*	,04271	,013	,0221	,1900
	Oct	,11085*	,03695	,003	,0382	,1835
	Nov	,05308	,03547	,135	-,0166	,1228
	Dic	,05069	,03522	,151	-,0185	,1199
	Feb	,00836	,03630	,818	-,0630	,0797
	Mar	,07351*	,03790	,053	-,0010	,1480
	Abr	,09092*	,03351	,007	,0251	,1568
Feb	Sep	,09771*	,04148	,019	,0162	,1792
	Oct	,10249*	,03553	,004	,0327	,1723
	Nov	,04473	,03398	,189	-,0221	,1115
	Dic	,04234	,03372	,210	-,0240	,1086
	Ene	-,00836	,03630	,818	-,0797	,0630
	Mar	,06515*	,03651	,075	-,0066	,1369
	Abr	,08256*	,03193	,010	,0198	,1453
Mar	Sep	,03256	,04289	,448	-,0517	,1169
	Oct	,03735	,03716	,315	-,0357	,1104
	Nov	-,02042	,03569	,567	-,0906	,0497
	Dic	-,02281	,03544	,520	-,0925	,0469
	Ene	-,07351*	,03790	,053	-,1480	,0010
	Feb	-,06515*	,03651	,075	-,1369	,0066
	Abr	,01741	,03374	,606	-,0489	,0837
Abr	Sep	,01515	,03906	,698	-,0616	,0919
	Oct	,01994	,03267	,542	-,0443	,0841
	Nov	-,03783	,03098	,223	-,0987	,0231
	Dic	-,04022	,03070	,191	-,1006	,0201
	Ene	-,09092*	,03351	,007	-,1568	-,0251
	Feb	-,08256*	,03193	,010	-,1453	-,0198
	Mar	-,01741	,03374	,606	-,0837	,0489

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.10



### 3.2 Agrupaciones de meses

En las tablas anteriores, cuando la significancia (p-valor) es menor a 0,10 se confirma que efectivamente existen diferencias significativas entre meses. A partir de esos datos se pueden establecer las agrupaciones por meses, es decir, los meses que fenológicamente son iguales estadísticamente y que por lo tanto, se pueden tomar como un único periodo de tiempo.

**Tabla 24.-** Agrupaciones de meses según resultados de los contrastes DMS y T3 de Dunnett que son estadísticamente iguales para P=0,9.

Variable	Grupos
Azufre	G1: Sep, Oct y Nov G2: Dic y Ene G3: Feb y Mar G4: Abr
Boro	G1: Sep, Oct, Nov, Dic y Ene G2: Feb y Mar G3: Abr
Calcio	G1: Sep, Oct, Nov, Dic y Ene G2: Feb y Mar G3: Abr
Cloruros	G1: Sep, Oct, Nov, Dic, Ene y Feb G2: Abr
Cobre	G1: Sep G2: Sep, Oct, Nov, Dic, Ene, Feb y Mar
Fósforo	G1: Sep, Oct y Nov G2: Dic, Ene, Feb y Mar G3: Abr
Hierro	G1: Sep, Oct y Nov G2: Dic G3: Ene G4: Feb G5: Mar y Abr

Magnesio	G1: Sep, Oct y Nov G2: Dic y Ene G3: Feb y Mar G4: Abr
Manganeso	G1: Sep, Oct y Nov G2: Dic, Ene, Feb, Mar y Abr
Nitrógeno	G1: Sep, Oct y Nov G2: Dic y Ene G3: Feb y Mar G4: Abr
Potasio	G1: Sep y Oct G2: Nov G3: Dic, Ene, Feb, Mar y Abr
Zinc	G1: Sep y Oct G2: Nov, Dic, Ene y Feb G3: Mar y Abr