

Interpretación del análisis de suelo y tejidos para cultivo de cítricos

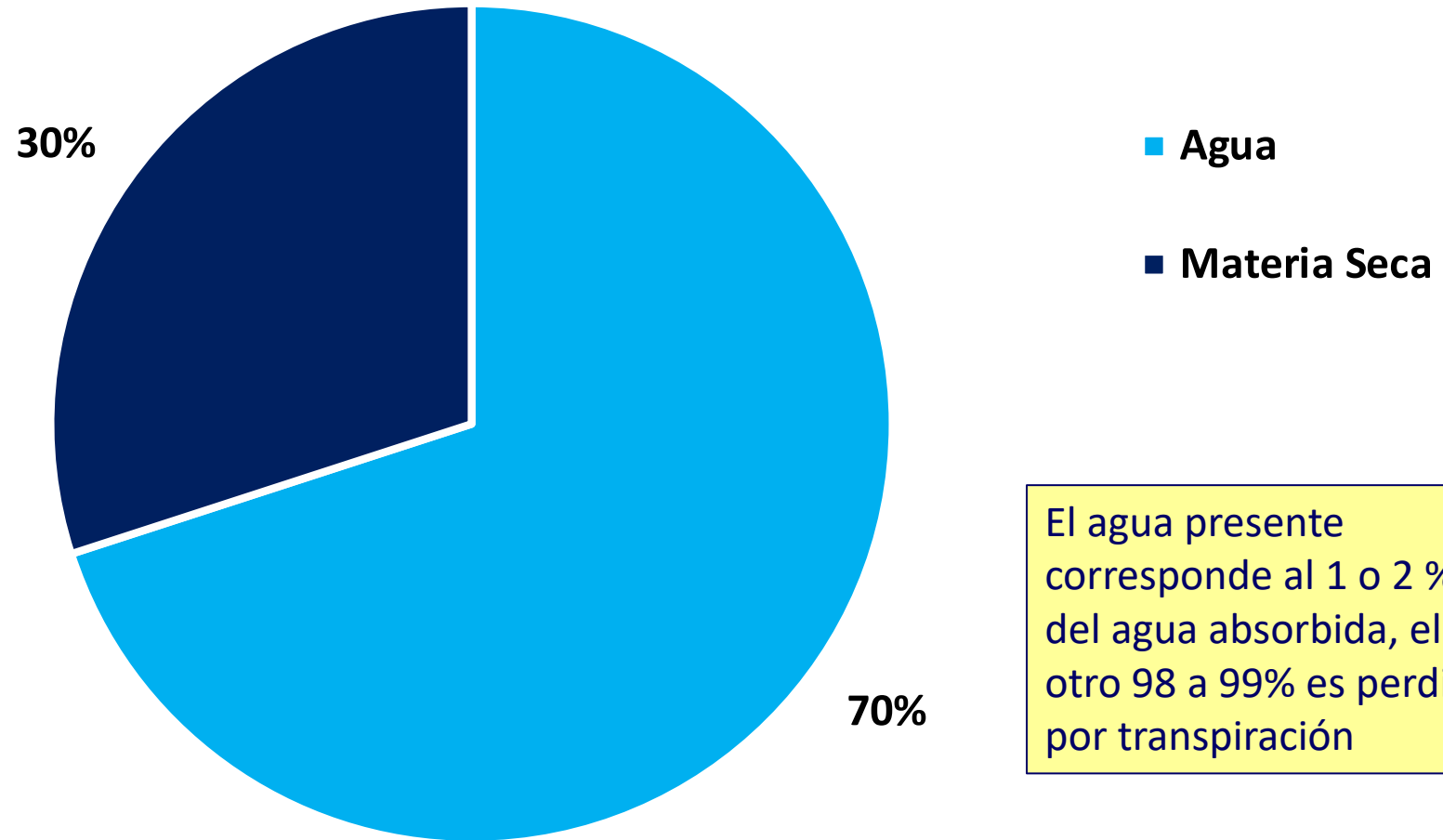
Juan Hirzel Campos
Ingeniero Agrónomo M.Sc . Dr.

Fertilidad del suelo: Capacidad del suelo para permitir el normal crecimiento, desarrollo y productividad de especies de interés agrícola (Hirzel, 2024).

La fertilidad de suelo incluye:

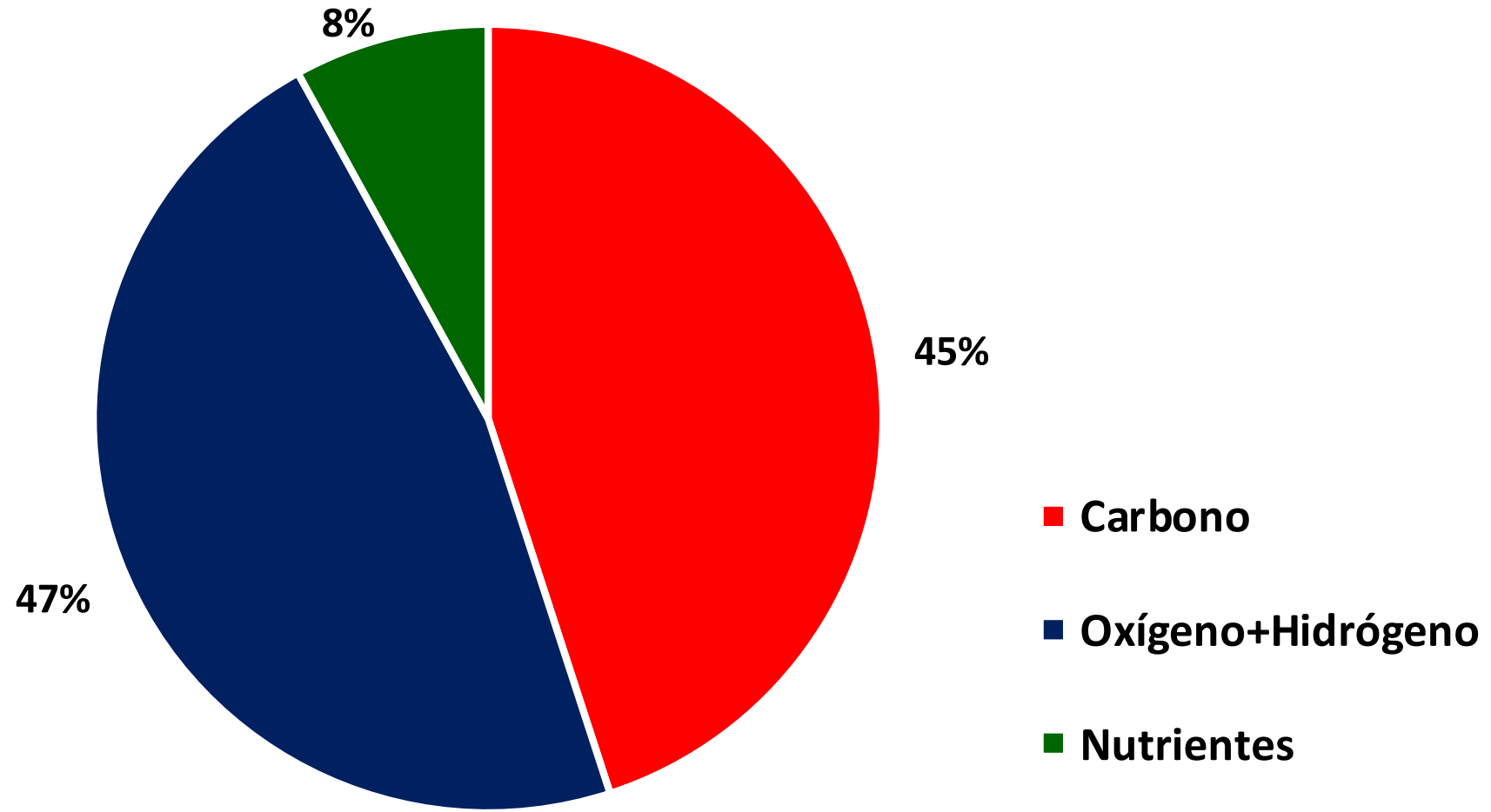
- Física de suelos: principalmente profundidad efectiva, características de cada horizonte de suelo, estructura, textura, **espacio poroso**, **tamaño de poros**, velocidad de infiltración y **movimiento de oxígeno**.
- Biología de suelos: presencia de organismos benéficos formadores de suelo, benéficos de interacción con las raíces de las plantas, controladores de patógenos de plantas.
- Química de suelos: nutrientes esenciales, indicadores de disponibilidad de nutrientes (pH), indicadores de problemas de estrés químico o fisiológico (salinidad, **sodicidad**, toxicidad de **metales** o elementos salinos).

Reparto de Materia Seca y Agua en Planta adulta al momento de máxima expresión Vegetativa



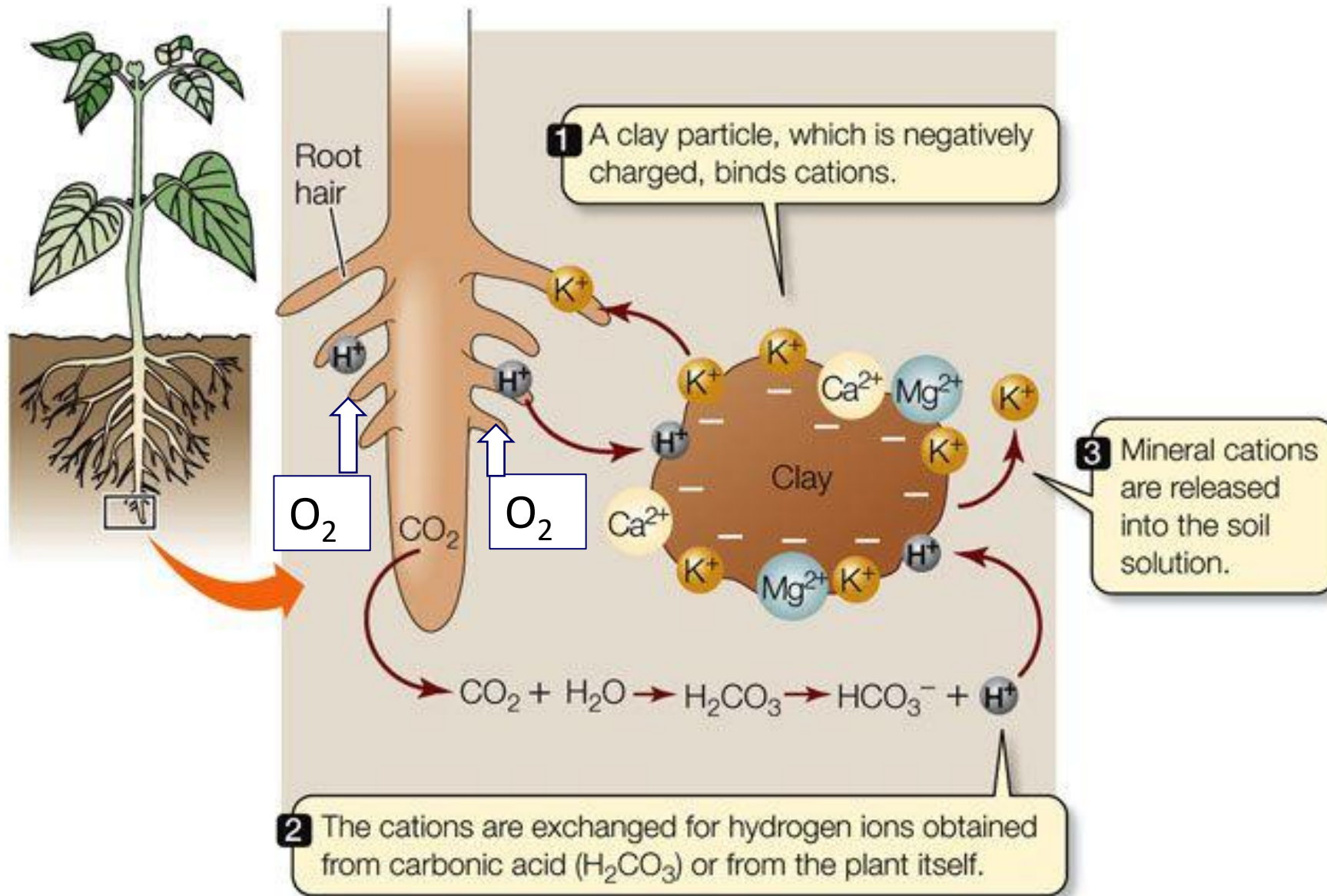
El agua presente corresponde al 1 o 2 % del agua absorbida, el otro 98 a 99% es perdida por transpiración

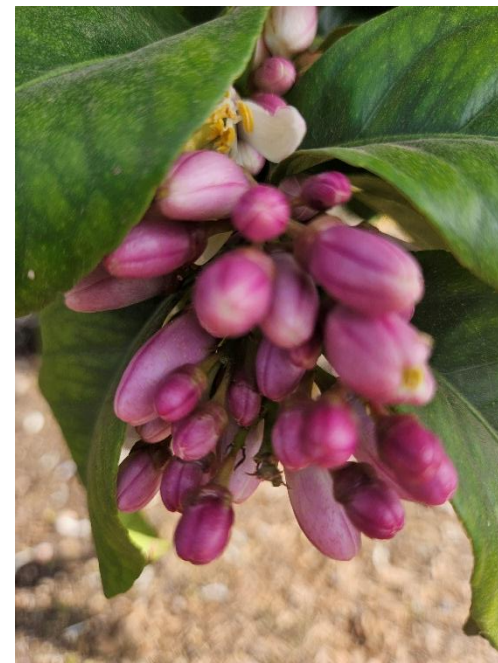
Reparto de Componentes de la Materia Seca en Planta adulta al momento de máxima expresión Vegetativa



Herramientas disponibles para corregir limitaciones físicas:

- ✓ Preparación mecánica de cobertura total y profunda previo a plantación.
- ✓ Camellones previo a plantación (**50% del volumen** debe ser construido con **enmiendas orgánicas** de **alta relación C/N = 95% materiales vegetales y 5% guanos compostados**).
- ✓ Subsulado en huertos establecidos?. Función de la distribución lateral de raíces.
- ✓ Manejo adecuado del riego con el objetivo de oxigenar – diferente a reponer necesidades hídricas (temperatura óptima para el crecimiento de raíces de arándanos fluctúa entre 15 y 20°C).
- ✓ Aplicación de Ácidos Húmicos y Fúlvicos vía riego o cobertura.
- ✓ Aplicación de Enmiendas orgánicas (otoño - invierno).
- ✓ Aplicación de Aminoácidos y Ácidos Carboxílicos vía riego.
- ✓ Aplicación de Biomasa microbiana benéfica al suelo (Té de compost, Té de Humus o cocktail de microorganismos ya formulados).





**Huerto de limones
variedad Mesina,
María Pinto.**



Propiedades químicas apropiadas para huertos de Frutales mayores

Elemento o variable analizada	Unidad de medida	Nivel adecuado según textura	
		Franco arenosa a franco limo arenosa	Franco limosa a franco arcillosa
Materia orgánica	%	Mayor a 1,5	Mayor a 1,5
pH (agua 1:2,5)	--	6,2 - 7,0	5,8 – 6,8
Conductividad eléctrica	dS m ⁻¹	Menor a 1,5	Menor a 1,5
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	cmol(+) kg ⁻¹	8 – 15	15 – 30
Nitrógeno inorgánico	mg kg ⁻¹	15 – 30	20 – 40
Fósforo Olsen	mg kg ⁻¹	Mayor a 15	Mayor a 20
Potasio intercambiable	cmol(+) kg ⁻¹	0,4 – 0,8	0,5 – 1,0
Calcio intercambiable	cmol(+) kg ⁻¹	6 – 10	8 – 12
Magnesio intercambiable	cmol(+) kg ⁻¹	1,0 – 1,5	1,2 – 2,0
Sodio intercambiable	cmol(+) kg ⁻¹	0,03 – 0,3	0,05 – 0,6
Suma de bases	cmol(+) kg ⁻¹	Mayor a 8	Mayor a 10
Relación de calcio sobre la CIC	%	60 – 65	55 – 65
Relación de magnesio sobre la CIC	%	12 – 15	10 – 15
Relación de potasio sobre la CIC	%	2 – 3	3 – 4
Azufre	mg kg ⁻¹	Mayor a 8	Mayor a 10
Hierro	mg kg ⁻¹	> 4	> 6
Manganeso	mg kg ⁻¹	> 2	> 4
Zinc	mg kg ⁻¹	> 0,8	> 1
Cobre	mg kg ⁻¹	0,5 – 1	0,5 – 1
Boro	mg kg ⁻¹	0,8 – 1,5	1 – 2

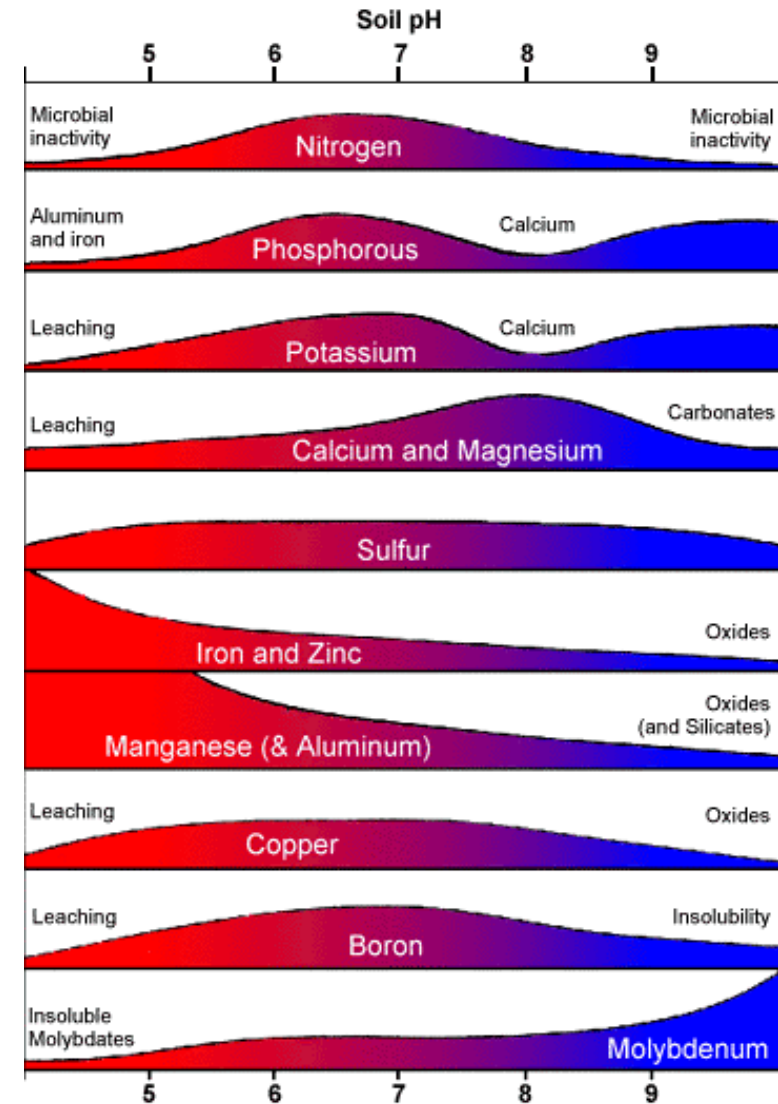
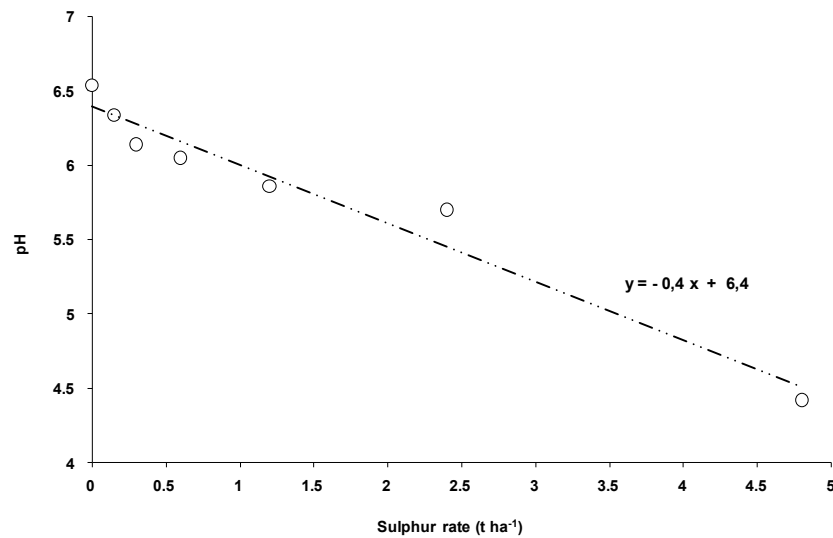
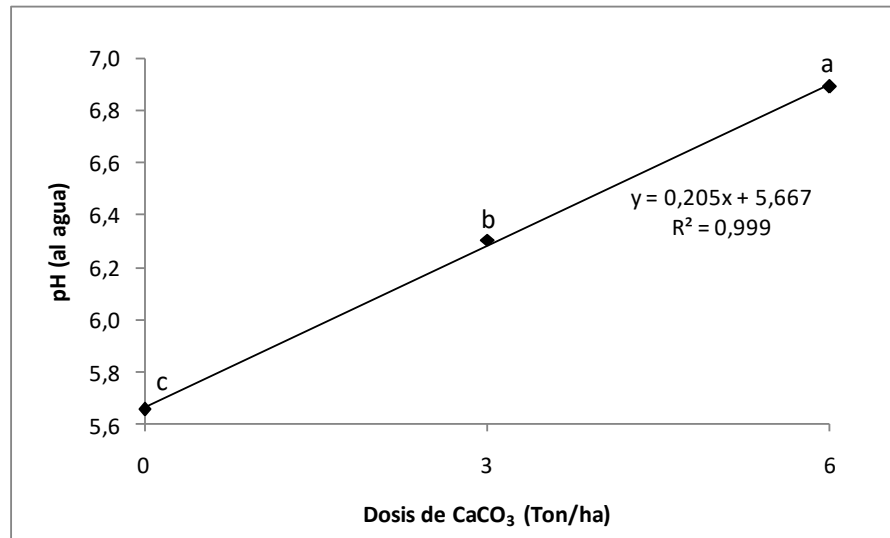
Relación entre Concentración de cationes en el suelo para el análisis de fertilidad de rutina

(Extracto de Cationes con Acetato de Amonio)

Catión	% Sobre la Suma de Bases	% sobre la Capacidad de Intercambio Catiónico
Calcio	80 – 85	55 – 65
Magnesio	12 – 18	10 – 15
Potasio	3 – 5	2 – 3,5
Sodio	1 – 2	0,5 – 1,5

Relación de Cationes	Valor
Ca / Mg	4 – 6
Ca / K	15 – 30
Mg / K	3 – 6 (2,5 – 4)

Corrección de la Acidez o Basicidad del Suelo



Corrección de Acidez de Suelos en los primeros 30 cm de suelo.

Tipo de Suelo	Dosis de CaCO_3 (Ton/ha) a aplicar por ha para subir el pH en 0,1 unidad
Trumaos	1,5
Rojos arcillosos	1,8
Arcillosas no expandibles	1,8
Arcillas expandibles	2,0
Franco arenosos	1,0
Graníticos	1,0

Equivalencia de cales:

1 Tonelada de CaCO_3 = 1,1 Tonelada de Soprocal o Italcal

1 Tonelada de CaCO_3 = 1 Tonelada de $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ (Magnecal o Dolomita)

1 Tonelada de CaCO_3 = 1,4 Tonelada de Cal IANSA

Corrección de Potasio, Magnesio y Azufre en los primeros 30 cm de suelo

Tipo de Suelo	Dosis de K ₂ O (kg/ha) para subir la concentración de K en 0,1 cmol/kg	Dosis de MgO (kg/ha) para subir la concentración de Mg en 1 cmol/kg	Dosis de S (kg/ha) para subir la concentración de S en 1 ppm
Trumaos	125	480	4,8
Rojos arcillosos	280	850	9
Arcillosas no expandibles	280	850	9
Arcillas expandibles	468	1.200	12
Franco arenosos	234	540	9
Graníticos	234	540	9

Dosis máxima de Potasio (K₂O) para usar como corrección en huertos establecidos es 300 kg/ha

Corrección de Zinc y Boro en los primeros 30 cm de suelo

Tipo de Suelo	Dosis de Zinc (kg/ha) para subir la concentración de Zn en 1 ppm	Dosis de Boro (kg/ha) para subir la concentración de B en 1 ppm
Trumaos	9,6	9,6
Rojos arcillosos	18	18
Arcillosas no expandibles	18	18
Arcillas expandibles	24	24
Franco arenosos	11	11
Graníticos	11	11

Dosis máxima de Boro para usar como corrección en huertos establecidos es 3 kg/ha/año

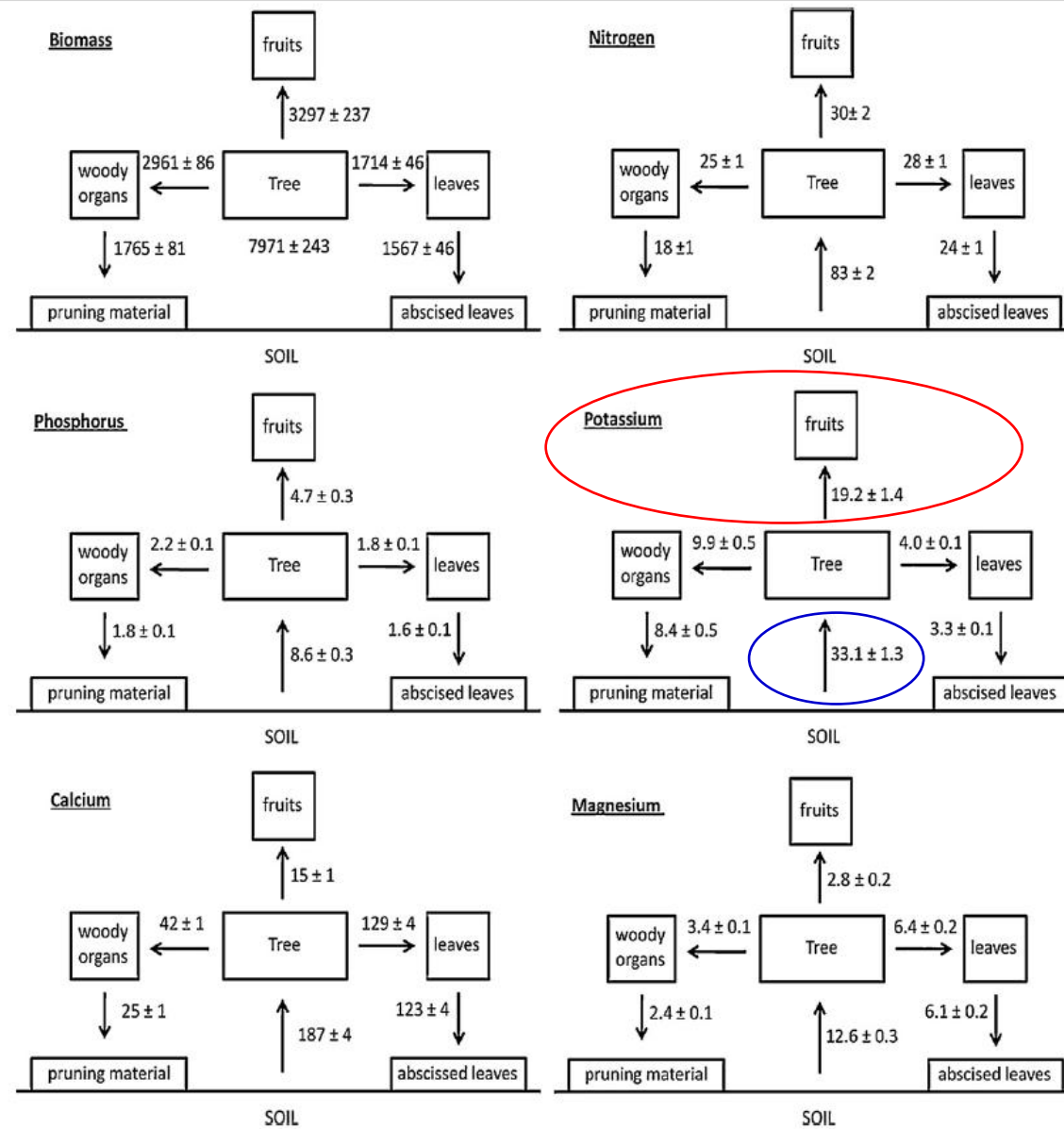


Fig. 3. Annual biomass increase (d.w.) and nutrient uptake, and their partitioning in orange trees (orchard 3). Data, in kg ha^{-1} , refer to averages (\pm s.e.) of above ground organs.

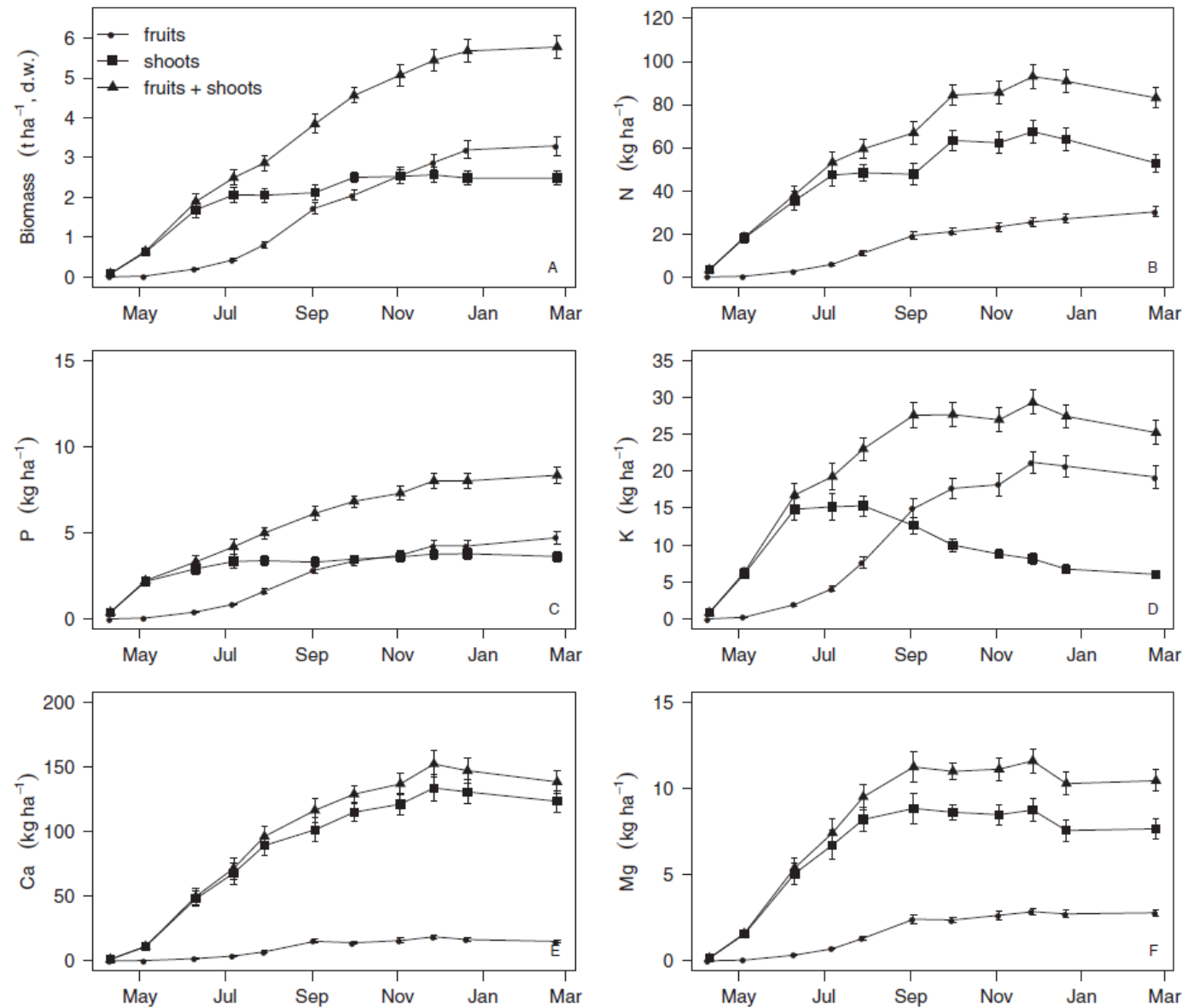
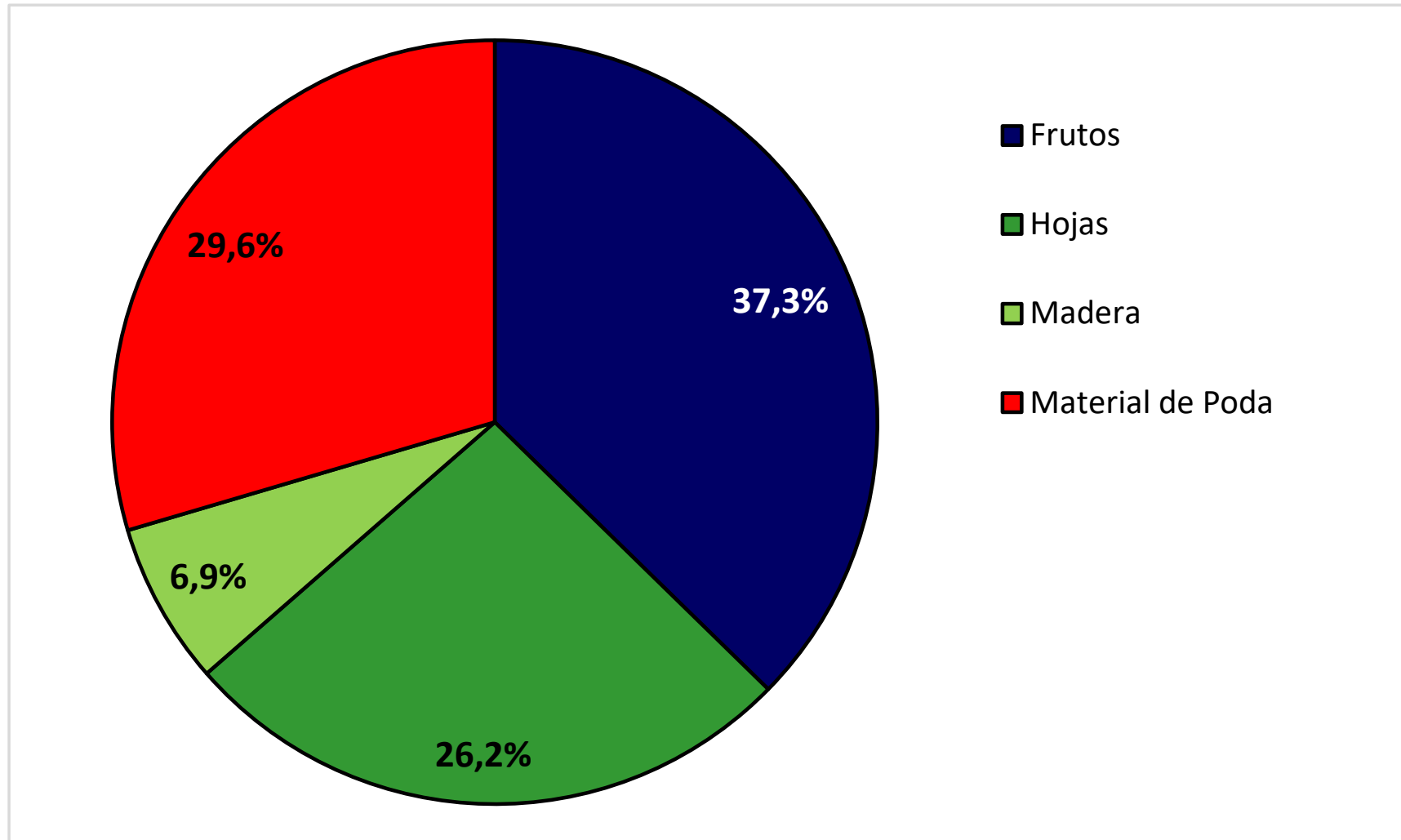


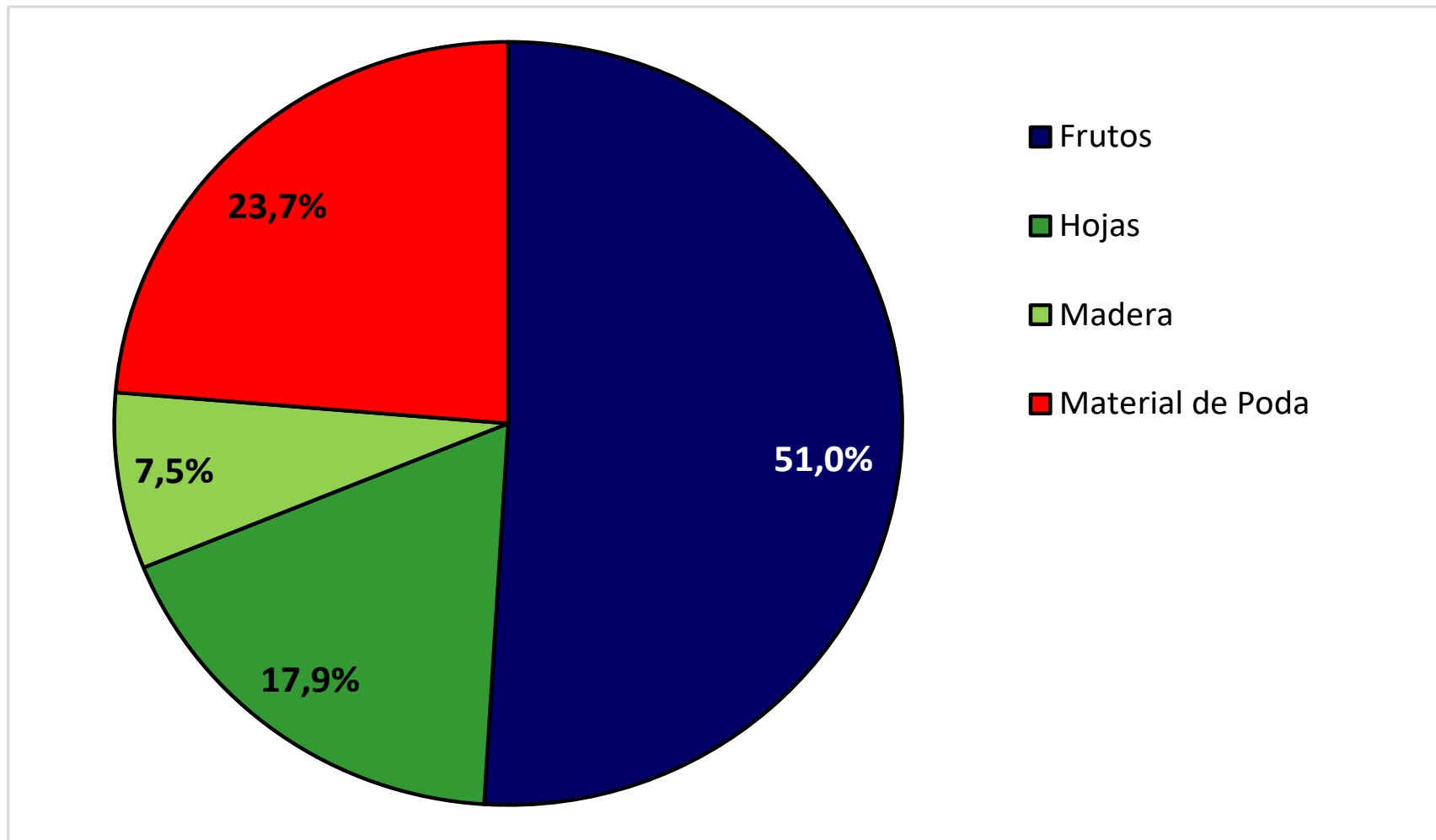
Fig. 4. Seasonal trend of biomass and macronutrients accumulation in fruits (circles) and shoots (stems and leaves, squares) of orange trees. Triangles refer to the sum of fruits and shoots. Bars represent s.e. Along the X axis, the beginning of each month is indicated by a mark.

Extracción de Nutrientes en Árboles de Pomelo para un rendimiento de 66 Ton/ha y una densidad de 750 plantas/ha (Luo et al., 2025 *in press*)

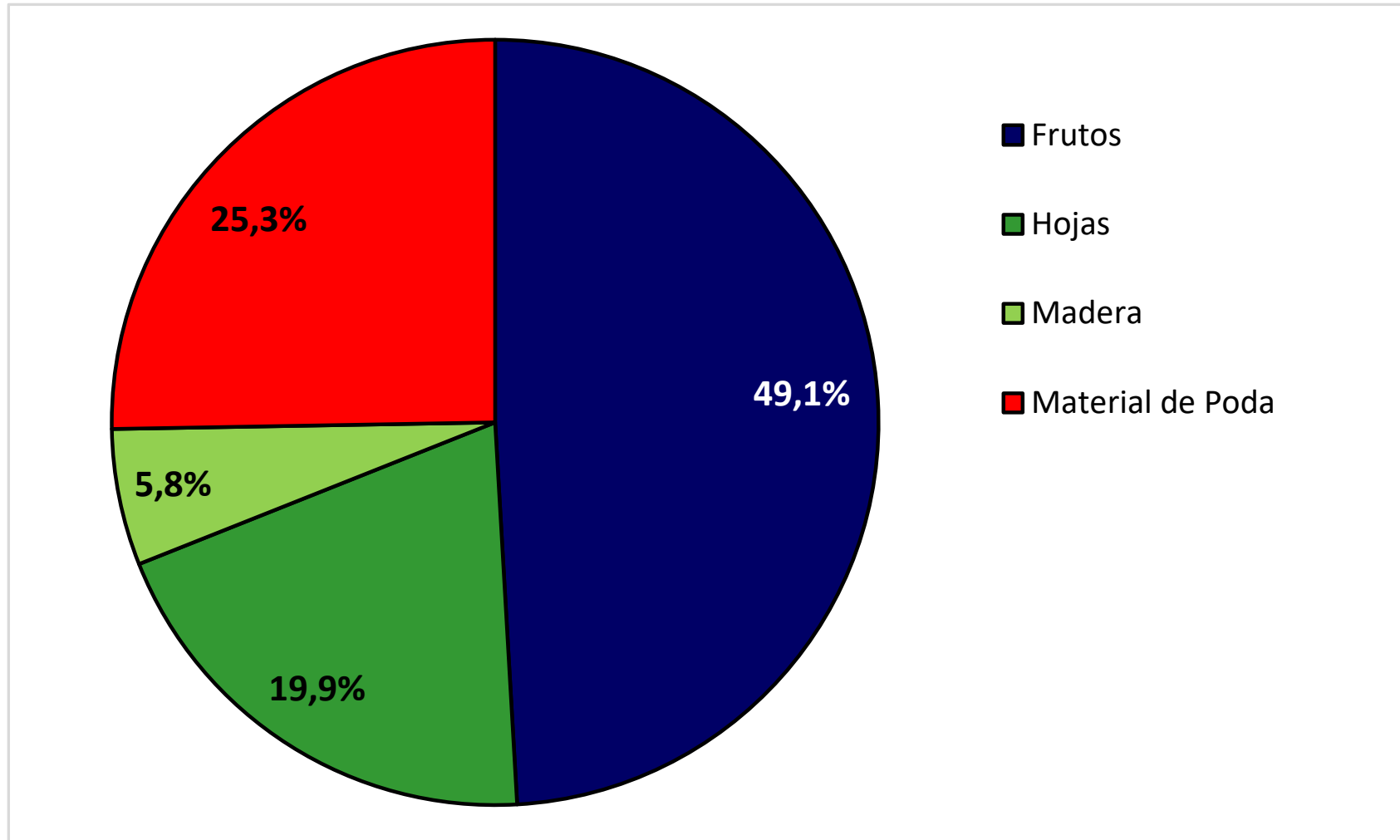
Nutriente	Extracción (kg/ha)	Extracción (gramos/árbol)	Extracción (kg/Ton)
N	336,5	448,7	5,10
P	30,8	41,1	0,47
K	328,0	437,3	4,97
Ca	514,3	685,7	7,79
Mg	39,2	52,3	0,59



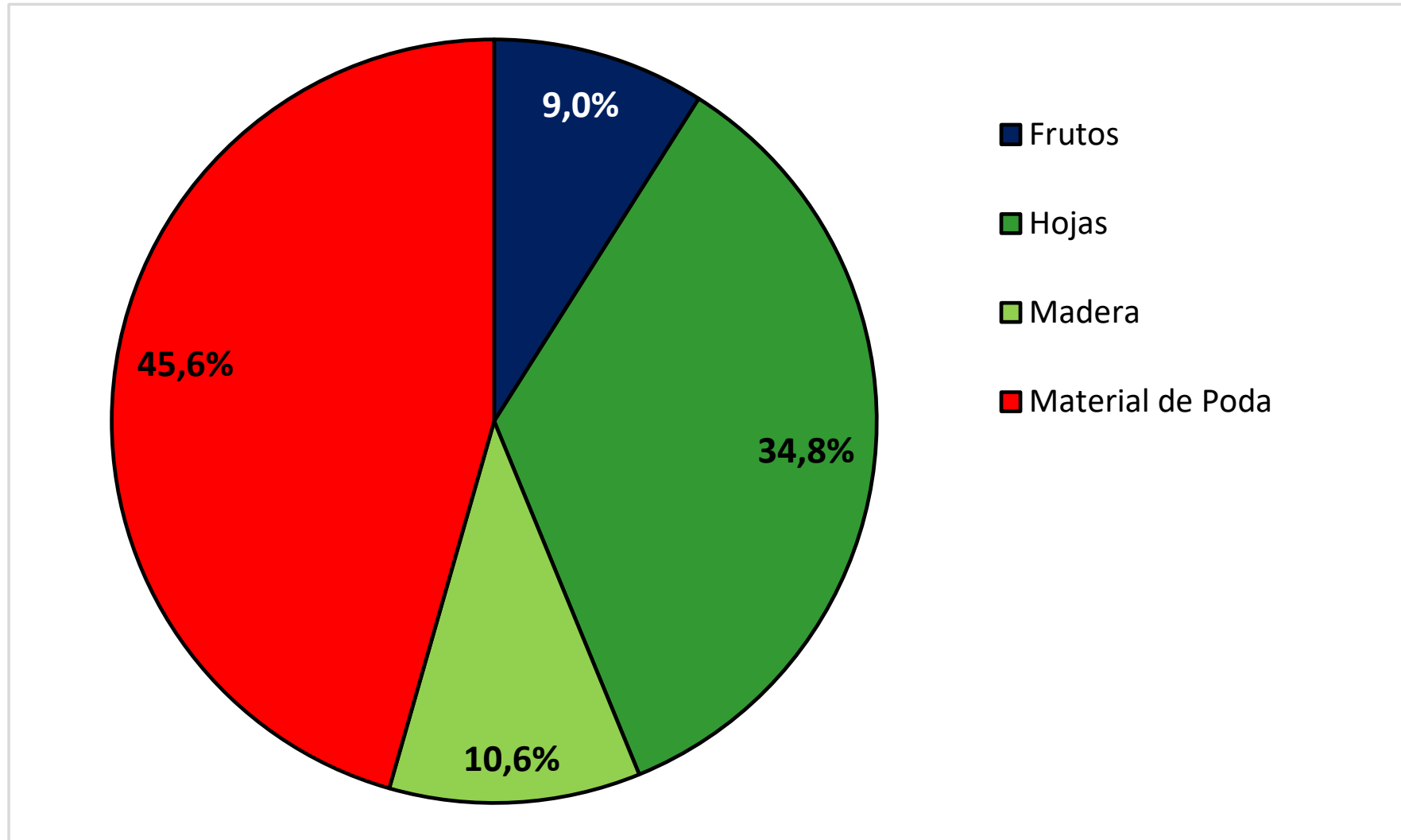
Distribución de Nitrógeno en los componentes del crecimiento anual de pomelo 'Guanximiyou', para un rendimiento de 66 t ha^{-1} y una extracción de $336,5 \text{ kg N ha}^{-1}$. Adaptado de Luo et al. (2025)



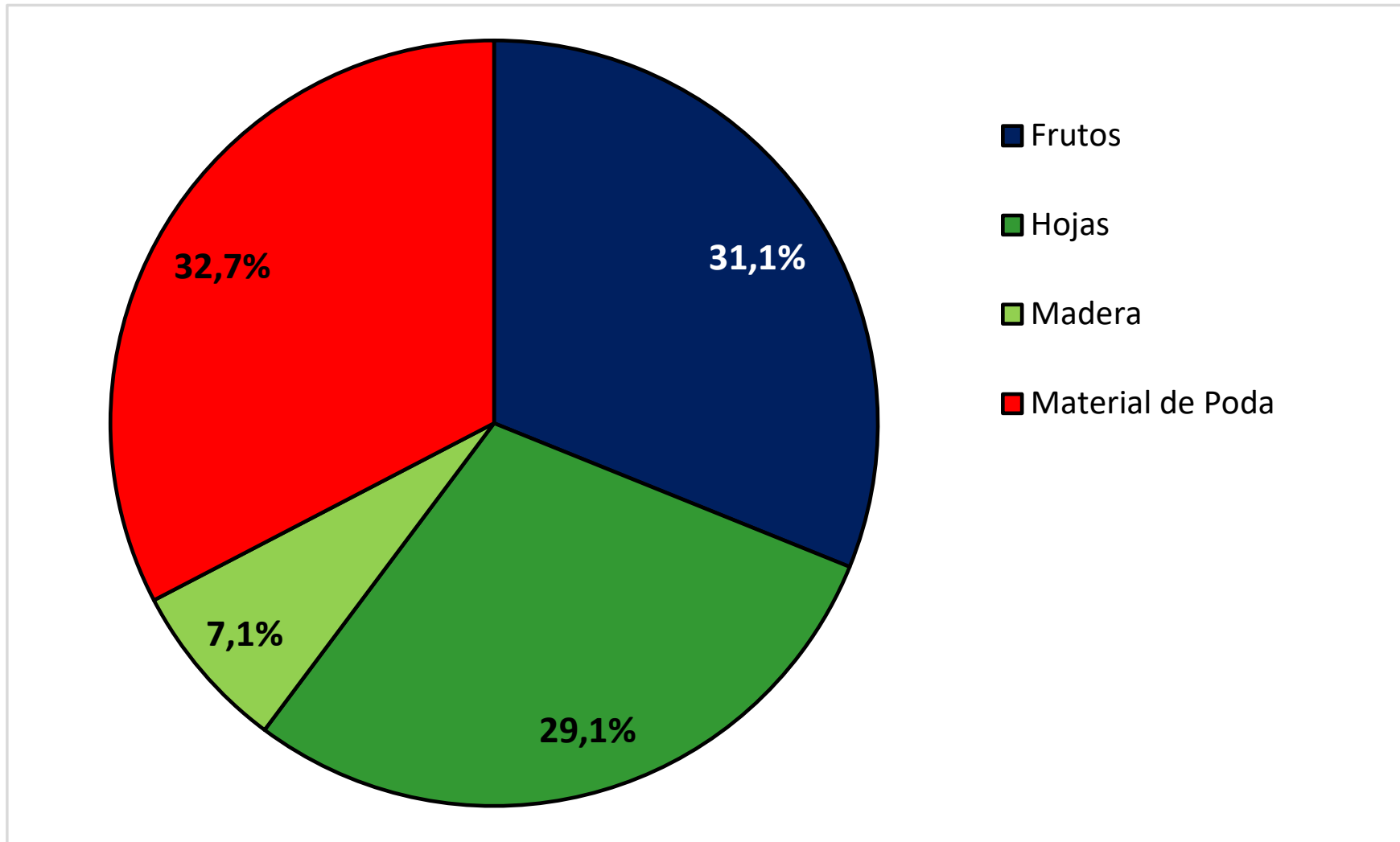
Distribución de Fósforo en los componentes del crecimiento anual de pomelo 'Guanximiyou', para un rendimiento de 66 t ha⁻¹ y una extracción de 70,5 kg P₂O₅ ha⁻¹. Adaptado de Luo et al. (2025)



Distribución de Potasio en los componentes del crecimiento anual de pomelo 'Guanximiyou', para un rendimiento de 66 t ha^{-1} y una extracción de $394 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$. Adaptado de Luo et al. (2025)



Distribución de Calcio en los componentes del crecimiento anual de pomelo 'Guanximiyou', para un rendimiento de 66 t ha^{-1} y una extracción de $720 \text{ kg CaO ha}^{-1}$. Adaptado de Luo et al. (2025)



Distribución de Magnesio en los componentes del crecimiento anual de pomelo 'Guanximiyou', para un rendimiento de 66 t ha^{-1} y una extracción de $65,5 \text{ kg MgO ha}^{-1}$. Adaptado de Luo et al. (2025)

Niveles de referencia para el análisis foliar en Limón.

Nutriente	Unidad de medida	Nivel deficiente	Nivel adecuado	Nivel excesivo
N	%	< 2,2	2,4 – 2,7	> 3,0
P	%	< 0,1	0,14 – 0,25	> 0,3
K	%	< 0,8	1,5 – 2,0	> 2,5
Ca	%	< 1,6	3,0 – 5,0	> 6,5
Mg	%	< 0,15	0,25 – 0,45	> 0,9
S	%	< 0,14	0,2 – 0,4	> 0,5
Fe	mg kg ⁻¹	< 35	60 – 100	> 200
Mn	mg kg ⁻¹	< 12	25 – 60	> 250
Zn	mg kg ⁻¹	< 14	26 – 70	> 300
Cu	mg kg ⁻¹	< 3	6 – 14	> 25
B	mg kg ⁻¹	< 21	31 – 100	> 250
Mo	mg kg ⁻¹	< 0,06	0,1 – 3,0	> 100

Fuente: adaptado de Agustí (2004) y Clarke *et al.* (1986 y 1997).

Diferencias entre Porta injertos: Dubey, A.K., Sharma, R.M. 2016. Effect of rootstocks on tree growth, yield, quality and leaf mineral composition of lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.). Scientia Horticulturae 200:131-136. DOI.org/10.1016/j.scienta.2016.01.013

Niveles de referencia para el análisis foliar en Mandarino.

Nutriente	Unidad de medida	Nivel deficiente	Nivel adecuado	Nivel excesivo
N	%	< 2,2	2,4 – 2,7	> 3,0
P	%	< 0,1	0,12 – 0,25	> 0,3
K	%	< 0,5	0,7 – 1,0	> 1,3
Ca	%	< 1,6	3,0 – 5,0	> 6,5
Mg	%	< 0,15	0,25 – 0,45	> 0,9
S	%	< 0,14	0,2 – 0,4	> 0,5
Fe	mg kg ⁻¹	< 35	60 – 100	> 200
Mn	mg kg ⁻¹	< 12	25 – 60	> 250
Zn	mg kg ⁻¹	< 14	26 – 70	> 300
Cu	mg kg ⁻¹	< 3	6 – 14	> 25
B	mg kg ⁻¹	< 21	31 – 100	> 250
Mo	mg kg ⁻¹	< 0,06	0,1 – 3,0	> 100

Fuente: adaptado de Agustí (2004) y Legaz *et al.* (1999)

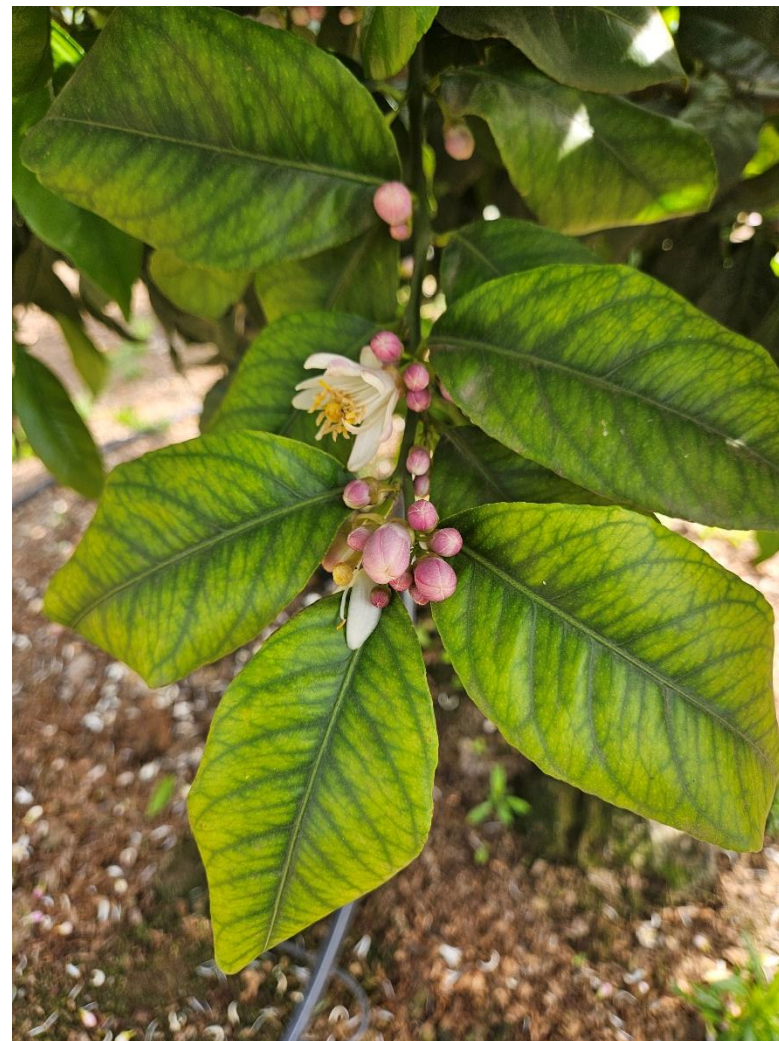
Niveles de referencia para el análisis foliar en Naranjo.

Nutriente	Unidad de medida	Nivel deficiente	Nivel adecuado	Nivel excesivo
N	%	< 2,3	2,5 – 2,8	> 3,0
P	%	< 0,1	0,13 – 0,16	> 0,25
K	%	< 0,5	0,7 – 1,0	> 1,3
Ca	%	< 1,6	3,0 – 5,0	> 6,5
Mg	%	< 0,15	0,25 – 0,45	> 0,9
S	%	< 0,14	0,2 – 0,4	> 0,5
Fe	mg kg ⁻¹	< 35	60 – 100	> 200
Mn	mg kg ⁻¹	< 12	25 – 60	> 250
Zn	mg kg ⁻¹	< 14	26 – 70	> 300
Cu	mg kg ⁻¹	< 3	6 – 14	> 25
B	mg kg ⁻¹	< 21	31 – 100	> 250
Mo	mg kg ⁻¹	< 0,06	0,1 – 3,0	> 100

Fuente: adaptado de Agustí (2004), Clarke *et al.* (1986 y 1997), y Legaz *et al.* (1999)



Exceso de Potasio y Deficiencia inducida de Mg



Deficiencia de Calcio y Magnesio en Limón



Deficiencia de Zn



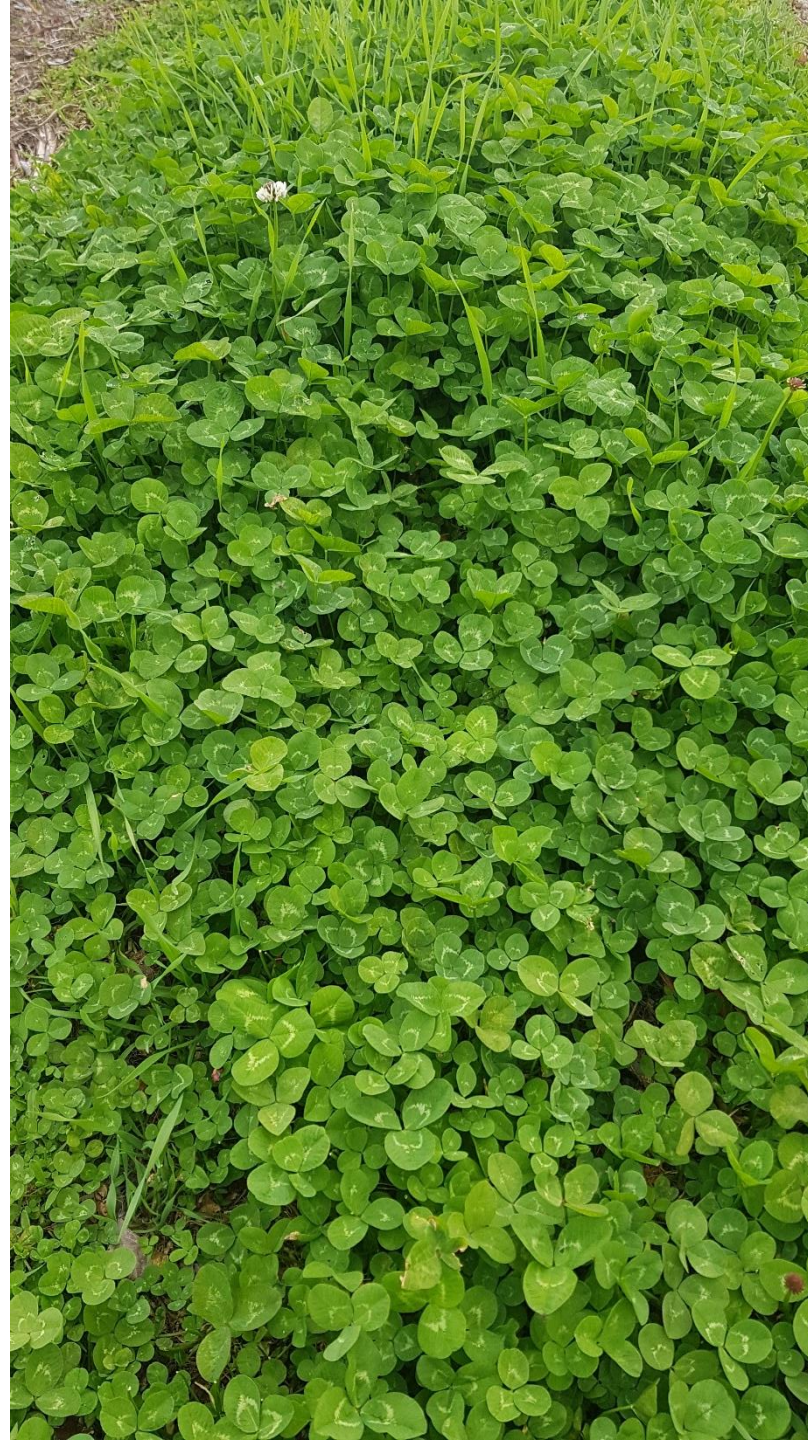
Exceso de N



**Falsa deficiencia de P en hojas
nuevas de Limón**

Gramíneas:

¿Indican **mayor** aporte natural de N o **menor** aporte natural de N por parte del suelo?.



Leguminosas:

¿Indican **mayor** aporte natural de N o **menor** aporte natural de N por parte del suelo?.



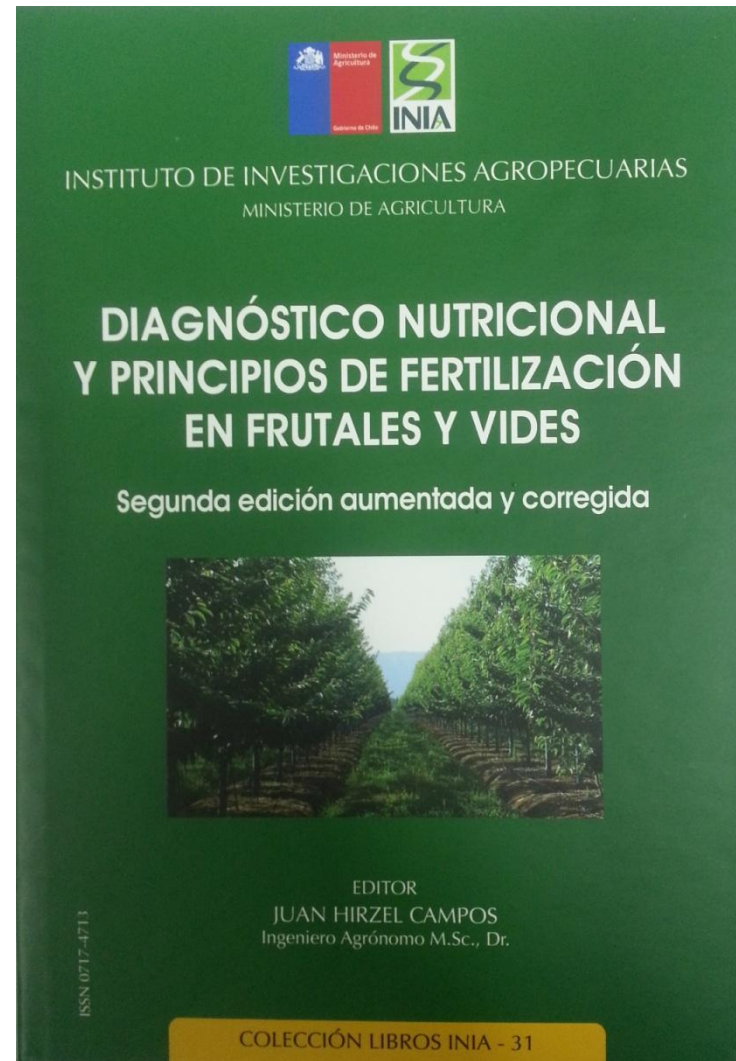
**Manchado y reticulado color
blanco en tréboles indica
deficiencia de K**



Deficiencia de Calcio

Dosis de referencia de N – P₂O₅ – K₂O para Frutales
(Kg de Nutriente a aplicar por tonelada producida)

Especie	Rendimiento (Ton/ha)	N (Kg/ton)	P₂O₅ (Kg/ton)	K₂O (Kg/ton)
Vid para vino	5 - 20	4 - 5	1,5 – 2	5 – 6
Uva de mesa	20 - 40	3 - 3,5	1,5 – 2	5 – 6
Manzano verde	50 - 100	0,6 – 1	0,3 – 0,6	1,5 – 2
Manzano rojo	50 – 80	0 - 0,6	0,3 – 0,6	1,2 – 1,8
Peral	30 – 70	2,5 – 3	0,6 – 1	3 – 4
Naranja	40 – 70	2,5 – 3	0,5 – 1	3 – 4
Limón	30 – 60	3 – 3,5	0,5 – 1	3 – 4
Kiwi	30 – 60	2 – 3	1 - 1,5	6 – 8
Nogal	4 - 8	20 – 35	15 – 20	30 – 40
Cerezo	6 - 15	4 – 6	2 – 3	8 – 12
Ciruelo	10 – 40	4 – 6	2 – 3	4 – 8
Duraznero	20 – 40	4 – 5	2 – 3	6 – 8
Damasco	15 - 25	5 – 6	2 – 3	6 – 8
Palto	6 - 15	8 – 12	5 – 6	10 – 15
Frambueso	10 - 15	8 – 10	3 – 4	5 – 8
Arándano	10 - 30	3 – 6	1 – 2	5 – 8
Frutilla	30 - 60	2 – 3	1 – 2	3 – 5



Muchas Gracias