

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Producción Agrícola



Fertilización: elaboración de programa, cálculo de dosis, distribución y elección del fertilizante

José Ignacio Covarrubias
Ing. Agr. Mg. Sc. Dr.
jcovarru@uchile.cl



1

- **Conceptos nutricionales**
- **Cálculo de dosis**
- **Distribución del fertilizante**
- **Selección del fertilizante**



2

2



3



Importancia del nitrógeno (N) en el arándano



- El elemento “más importante” para el cultivo del arándano
- Importante relación entre N y crecimiento de las plantas
- Influencia marcadamente la producción
- Modela variables de la calidad y composición de la fruta (°SS, pH, acidez, color, firmeza, etc.)
- Fundamental en diversos procesos fisiológicos

4

4

Principales fuentes de N presentes en los suelos agrícolas

NO₃⁻
(nitrato)
μM a mM

NH₄⁺
(amonio)
20-200 μM

5

5

Husted and Schjoerring, 1995
Loulakakis and Roubelakis-Angelakis, 2001;
Keller, 2005
Ludewig *et al*, 2007

Absorción, asimilación y distribución de nitrógeno en las plantas

Leaves (and fruit)

NO₃⁻ → NH₄⁺ → Amino acids ↔ Proteins

Xylem ↑ ↓ Phloem

NO₃⁻ Amino acids Sucrose Amino acids

Rocks

NO₃⁻ → NH₄⁺ → Amino acids ↔ Proteins

NO₃⁻ NH₄⁺ Soil solution

Frecuentemente el amonio es una fuente de N preferida

NH₄⁺: 20 - 200 μM
NO₃⁻: μM to mM

NR: NO₃⁻ + 2H⁺ => NO₂⁻ + H₂O
NiR: NO₂⁻ + 8H⁺ => NH₄⁺ + 2 H₂O

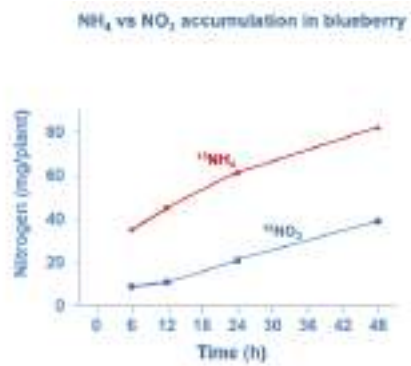
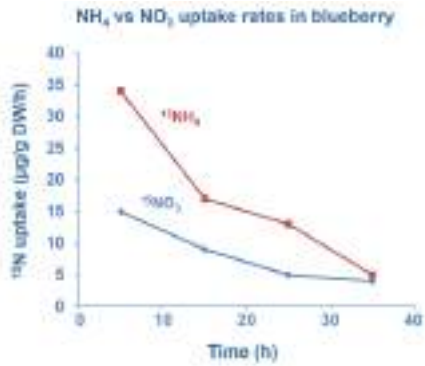
1) Glutamato + NH₄⁺ => glutamina (GS) 6
2) Glutamato + 2-oxoglutarato => 2 glutamato (GOGAT)

6

6



Para su absorción, el amonio suele ser una fuente preferida en arándanos



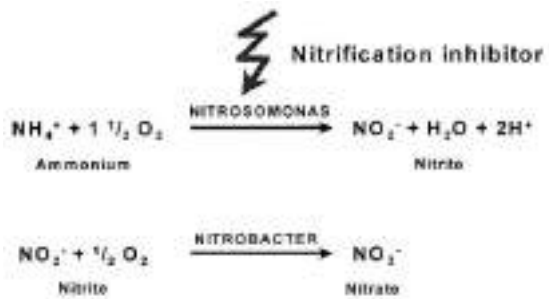
(Darnell et al., 2015; Alt et al., 2017).

7



Inhibidores de la nitrificación

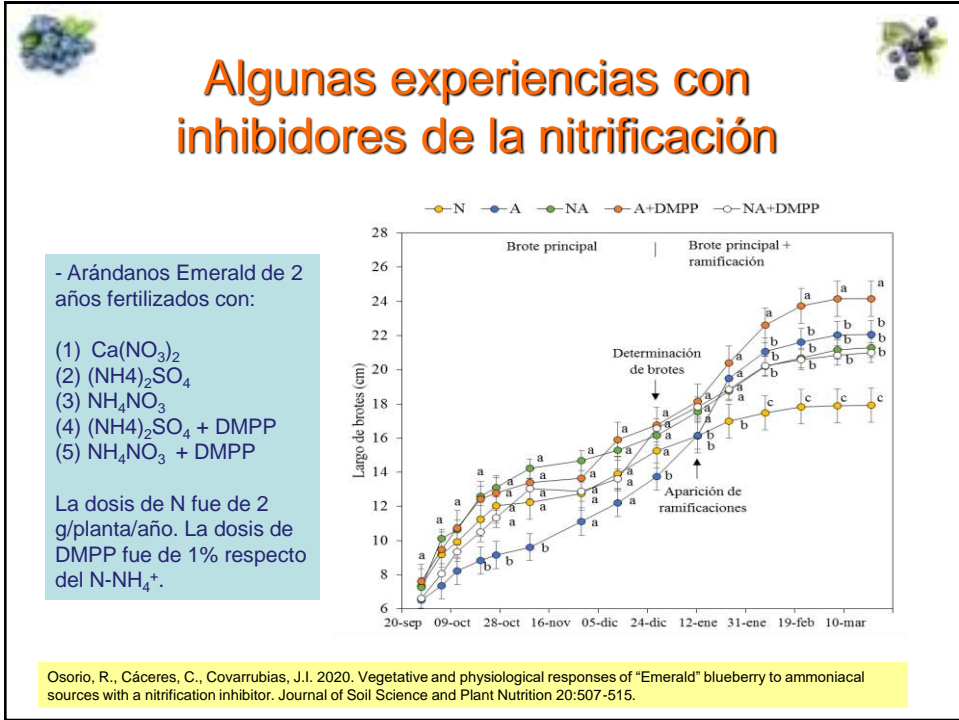
- Existen diversos compuestos que inhiben la nitrificación (DCD, nitrapyrin, DMPP, etc.).
- Los inhibidores retrasan la oxidación del NH₄⁺ a NO₂⁻ en el suelo (por un período de tiempo), reprimiendo la actividad de las bacterias (*Nitrosomonas*) en el suelo. La segunda etapa normalmente no está influenciada.



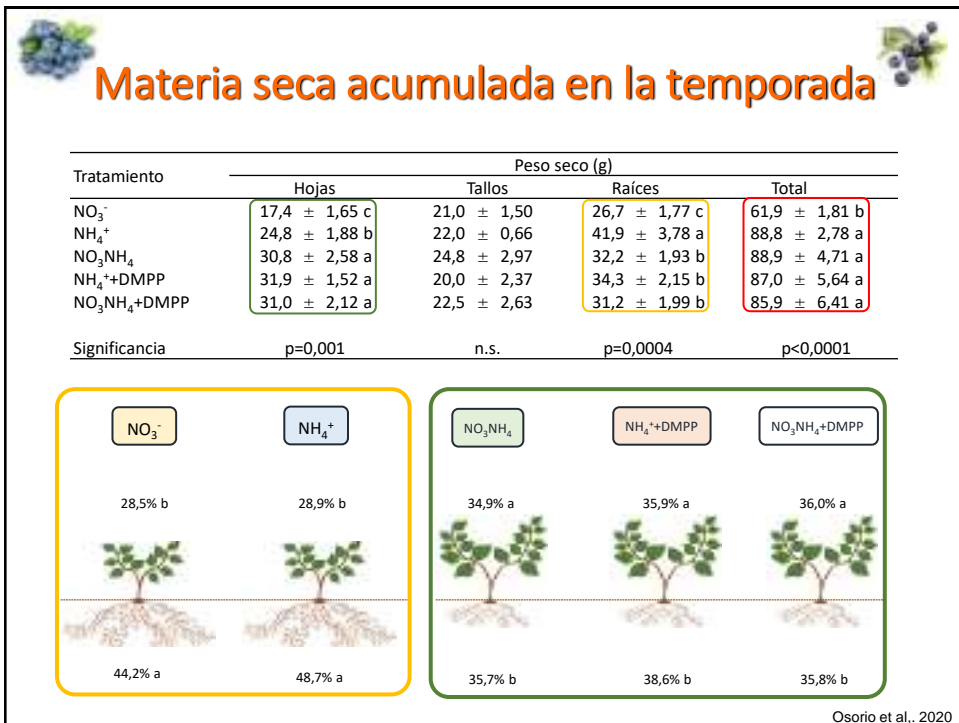
8

Para estudiar ventajas y desventajas de los distintos inhibidores, consultar: Coskun et al., 2017

8



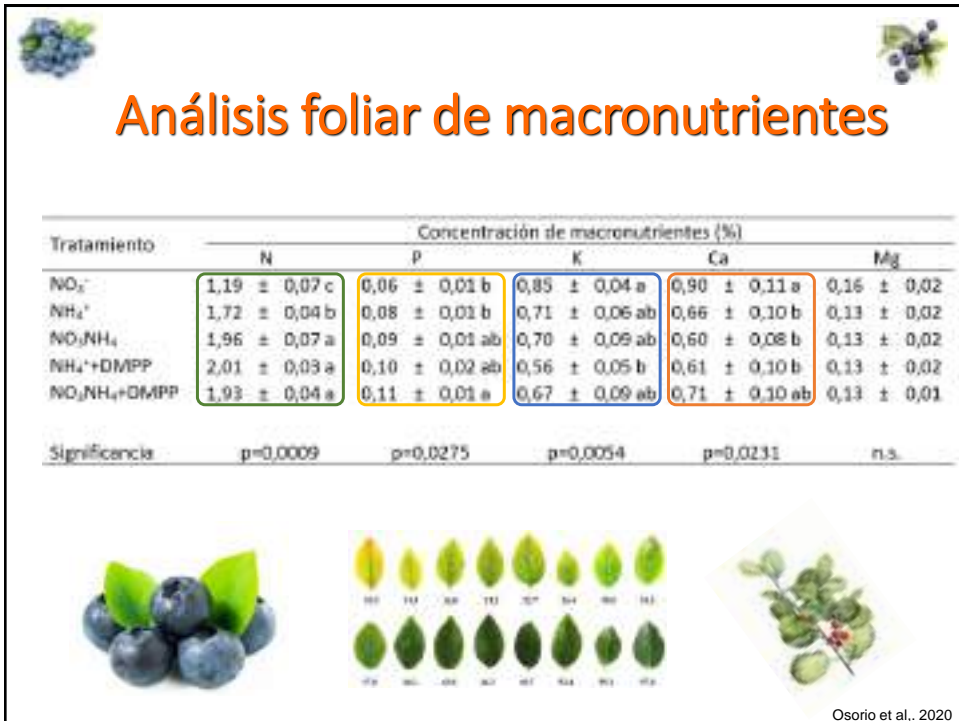
9



10



11



12

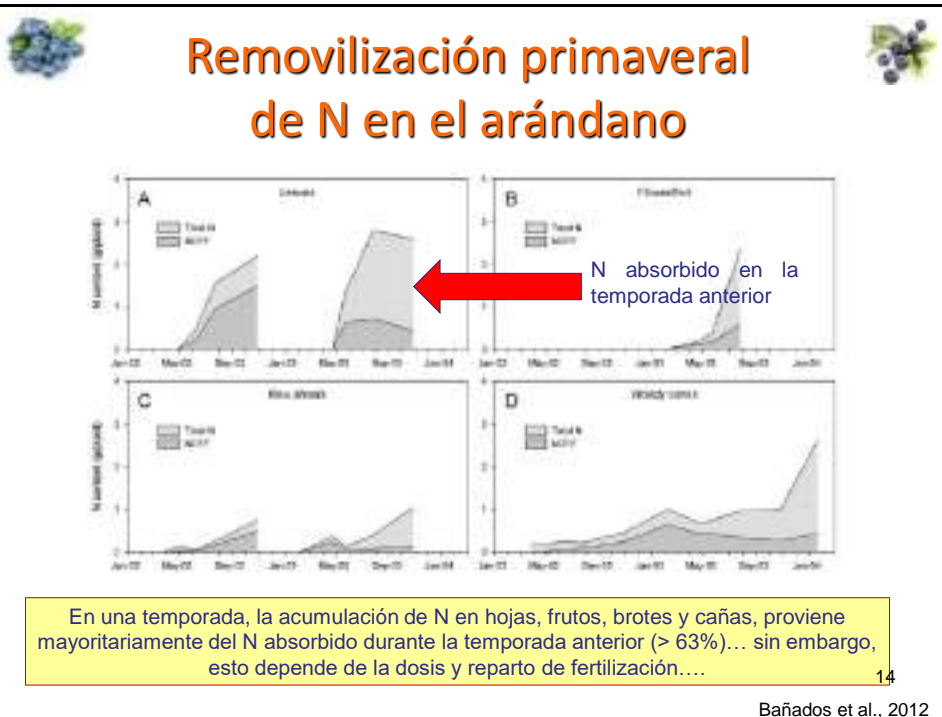
Movilización de reservas nitrogenadas

A la cosecha del arándano, entre el 50% y el 80% de los requerimientos de N de la fruta y el crecimiento vegetativo proviene del N absorbido durante la fase de postcosecha

Sucesivamente, los requerimientos son abastecidos principalmente a través del N suministrado durante la misma temporada (Doyle et al., 2021).

13


13



14



15



Principales causas del ablandamiento y otros desórdenes

- Elevadas concentraciones de N en la fruta
- Bajas concentraciones de Ca en la fruta
- Elevadas relaciones N/Ca



Factores predisponentes

- Alta susceptibilidad varietal (ciclo corto, genética).
- pH del suelo (pH < 6,0)
- Fertilizaciones muy concentradas de K^+ , Mg^{++} , NH_4^+
- Huertos muy vigorosos

16

16



Referencia para cerezas...



Composición mineral del fruto en mg por 100 g de peso fresco

Variable	Rango habitual (mg)	Ideal (mg)
Materia seca	15 – 24 %	>21
Nitrógeno	160 – 200	<180
Potasio	150 – 220	>200
Calcio	10 – 20	>15
Magnesio	10 – 11	10 – 12
Fósforo	19 – 20	>20
Boro	0,3 – 0,6	>0,5
Zinc	0,03 – 0,06	0,04 – 0,05
Cobre	0,03 – 0,09	0,04 – 0,05

17

17



Movimiento del Ca a través del Xilema y hacia los frutos



- El Ca se mueve rápidamente hacia la parte aérea a través del xilema por flujo de masas, el cual es fuertemente impulsado por la corriente transpiratoria.
- La llegada de Ca hacia los frutos u otros sumideros (hojas jóvenes, ápices) es casi en su totalidad a través del xilema, ya que el movimiento del Ca a través del floema es prácticamente nulo.

	Yema terminal			Hoja joven		
	K	Mg	Ca	K	Mg	Ca
Xilema	3,9	8,0	4,2	20,6	5,2	2,4
Floema	20,4	2,0	0,03	19,3	2,0	0,03

18

Pate et al., 1991

18



Movimiento del Ca hacia los frutos



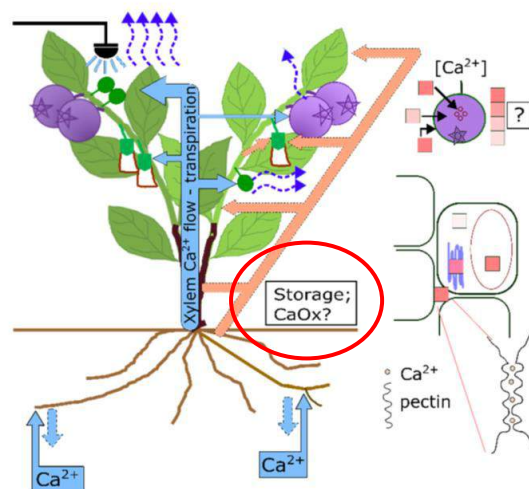
- Se ha observado que poco después de la floración existen migraciones de Ca hacia los frutos, porque su transpiración en esa fase es mayor.
- La migración de Ca hacia los frutos en esta fase (cuaja hasta frutos de 5 mm, elevada división celular) podría verse incrementada, si la concentración de Ca del líquido xilemático es elevada (fertilización y reservas).
- Existe una relación entre la síntesis y transporte de AIA (mayor en ese período) y el transporte de Ca hacia los frutos y ápices en activo crecimiento.
- Sucesivamente, la conductancia estomática de los frutos decae en al menos 3 veces (ceras epicuticulares), y la concentración de Ca disminuye en los frutos debido a un efecto de dilución.

19

19

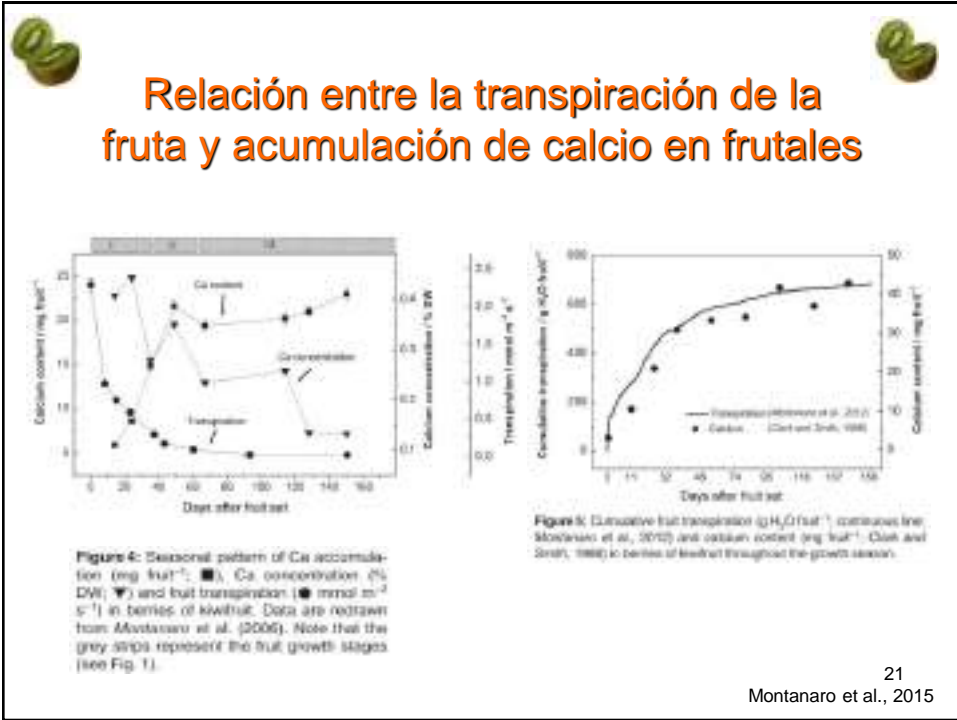


Movimiento y localización de calcio en el arándano



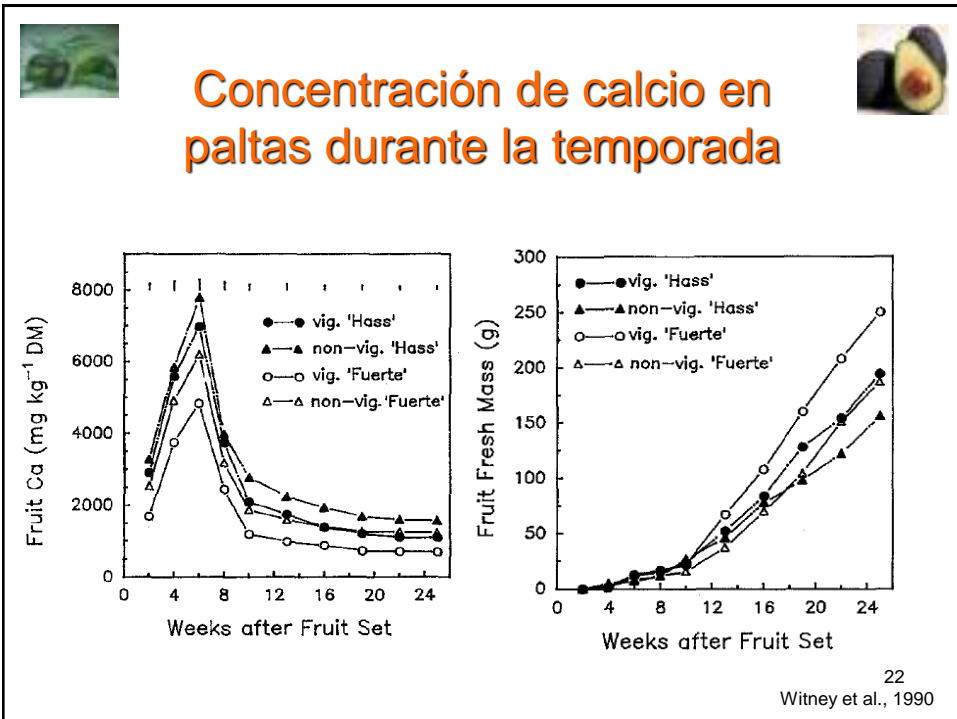
20
Doyle et al., 2021

20



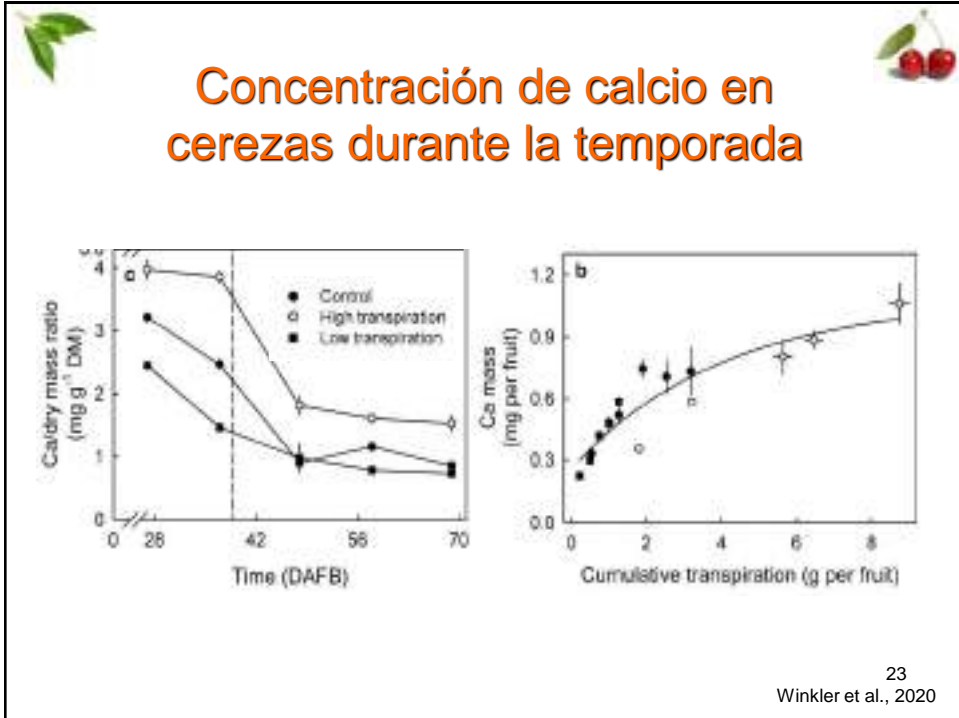
21
Montanaro et al., 2015

21



22
Witney et al., 1990

22




23

Estrategias para incrementar flujo de Ca hacia la fruta


- 1) En períodos tempranos en la temporada (preflor, frutos de 5 mm), fertilizar “fuertemente” con Ca al suelo y evitar aportes de cationes que compiten con el Ca en los sitios de intercambio como por ej: NH_4^+ , K^+ y Mg^{2+} .
- 2) La inhibición (reducción) de la transpiración foliar, podría favorecer el flujo xilemático hacia los órganos de baja tasa de transpiración (ej. uso de antitranspirantes).

24

24




Fuentes de Ca para aplicaciones al suelo




Fuente	Ventajas	Desventajas
Cloruro de calcio	Buena solubilidad, fácil absorción, poco efecto en el pH, precio (?)	Aporta cloro al sistema
Nitrato de calcio	Buena solubilidad, fácil absorción, poco efecto en el pH, precio (?)	Aporta nitrógeno (remedio + enfermedad)
Óxido de calcio	Calcio solo (sin otro mineral acompañante), fácil absorción	Baja suspensibilidad (algunas formulaciones)
Carbonatos de calcio	Calcio solo (sin otro mineral acompañante), alcalinizante en suelos de pH ácido	Baja solubilidad (poco efecto en profundidad), pH en suelos alcalinos

25

25







Efecto de dosis de calcio floable (CaO) en la firmeza de cerezas



- Cerezo variedad Santina injertados sobre MaxMa 14, de cinco años de edad.
- Se aplicó la mitad de la dosis en preflor y la otra mitad en postcujaja

Tratamiento	Cosecha	33 días a 0°C más	
		33 días a 0°C	2 días a 20°C
		N	
Sin calcio	2,08 b	2,46 b	2,26 a
Dosis 1 (10 kg ha ⁻¹)	2,22 b	2,28 b	2,09 a
Dosis 2 (20 kg ha ⁻¹)	2,65 a	2,80 a	2,27 a
Dosis 3 (30 kg ha ⁻¹)	2,75 a	2,78 a	2,26 a





Covarrubias y Campos, 2022.

26

Efecto de la fuente de calcio para mejorar calidad y condición en uvas

- Vides Thompson Seedless francas de cinco años de edad.
 - Se aplicaron 20 unidades de Ca al suelo, 10 u en preflor y 10 u en postcujaja.

Tratamiento	Firmeza (gf/mm)	Firmeza (gf/mm)	Firmeza (gf/mm)
	Cosecha	35 días a 0°C	35 días a 0°C + 2 días a 10°C
Testigo	281,8 ± 9,2 b	236,9 ± 10,7	219,64 ± 9
Oxido de Ca	317,4 ± 9,2 a	271,6 ± 10,7	248,06 ± 9
Nitrato de Ca	272,6 ± 9,2 b	251,8 ± 10,7	237,38 ± 9
Cloruro de Ca	245,2 ± 9,2 c	236,1 ± 10,7	230,75 ± 9

Covarrubias y Campos, 2022.


27

Aplicaciones foliares de calcio en especies frutales


- Evidencias científicas señalan que la mayor entrada del Ca aplicado a la fruta se logra temprano en la temporada. En esta etapa, la absorción ocurre probablemente mediante tricomas y estomas.
- Sucesivamente, la velocidad de penetración de Ca disminuye drásticamente, mostrando una importante variabilidad dependiente de la presencia o ausencia de lenticelas.
- La superficie de la piel también interfiere en la eficiencia de absorción.
- La penetración no solo depende de la permeabilidad de la cutícula, sino también de la cantidad y concentración de la solución aplicada.

28

28

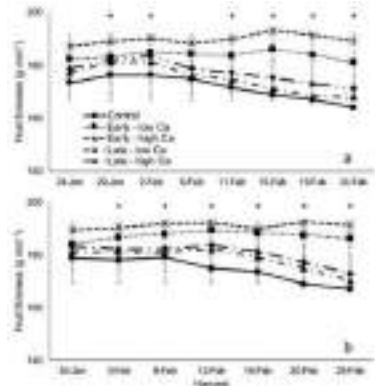


Eficacia de las aplicaciones foliares de calcio en el arándano



- En arándano se han realizado 7 investigaciones hasta la fecha publicadas en revistas referenciadas. En 6 de ellas, las aplicaciones foliares de calcio no tuvieron **NINGÚN EFECTO** en la concentración de calcio en frutos y en la calidad.

En un solo estudio, aplicaciones en 0, 8 y 16 días post cuaja, a una alta concentración (5 L ha⁻¹), aumentaron la firmeza en comparación con el control y con aplicaciones tardías en arándanos 'Liberty', ... (Lobos et al., 2020)




29
Doyle et al., 2021; Lobos et al., 2020

29




30

30



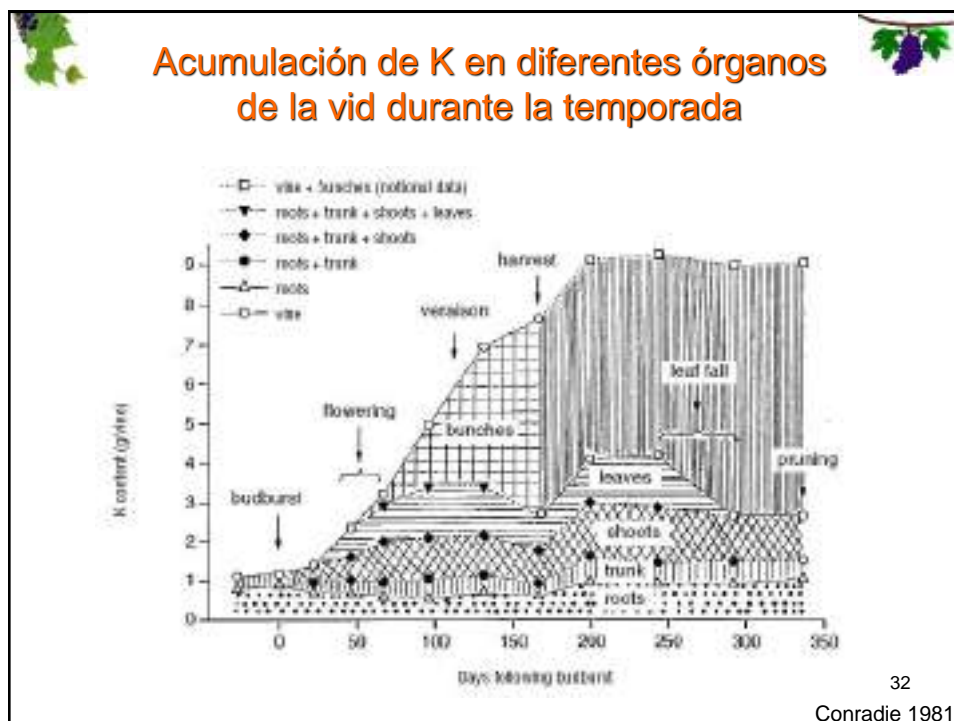
Importancia del potasio (K) en el arándano



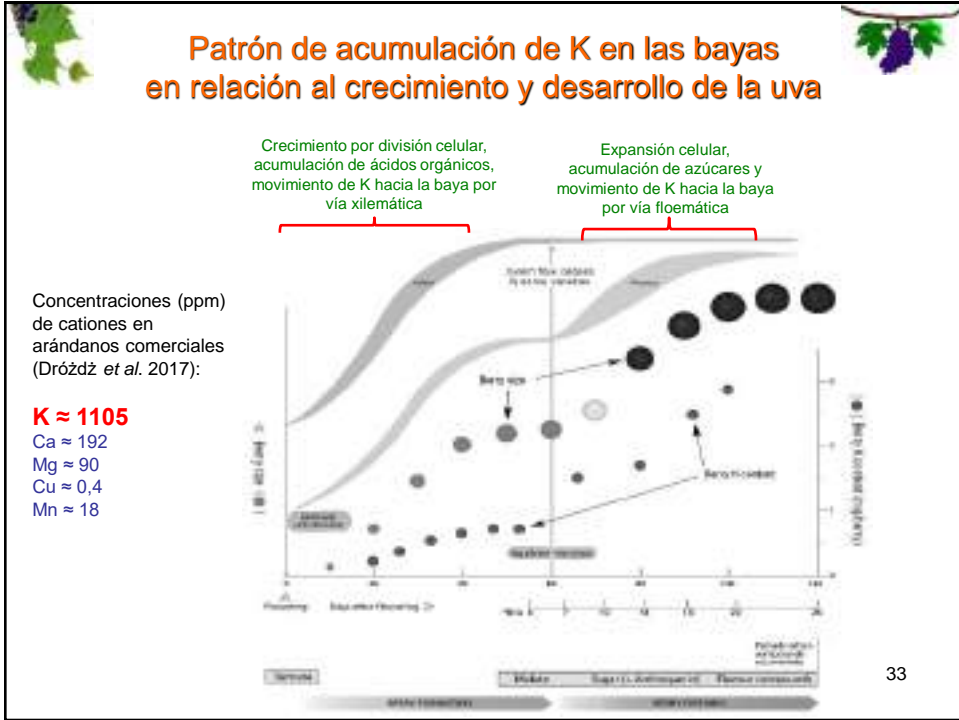
- Es el catión más abundante en las células, pudiendo comprender hasta un 1,5 % del tejido en peso seco.
- Promueve un crecimiento vigoroso en las plantas.
- Promueve la acumulación de sólidos solubles, color y calibre en la fruta.
- Activador de más de 40 enzimas y participa en síntesis de proteínas.
- Elemento móvil al interior de la planta, circula libremente por la corriente transpiratoria y en forma proporcional a la intensidad de esta, pero su redistribución hacia tejidos de reserva es de solo un 30%.
- Se ha hecho muy poca investigación sobre este nutriente en el arándano.

31

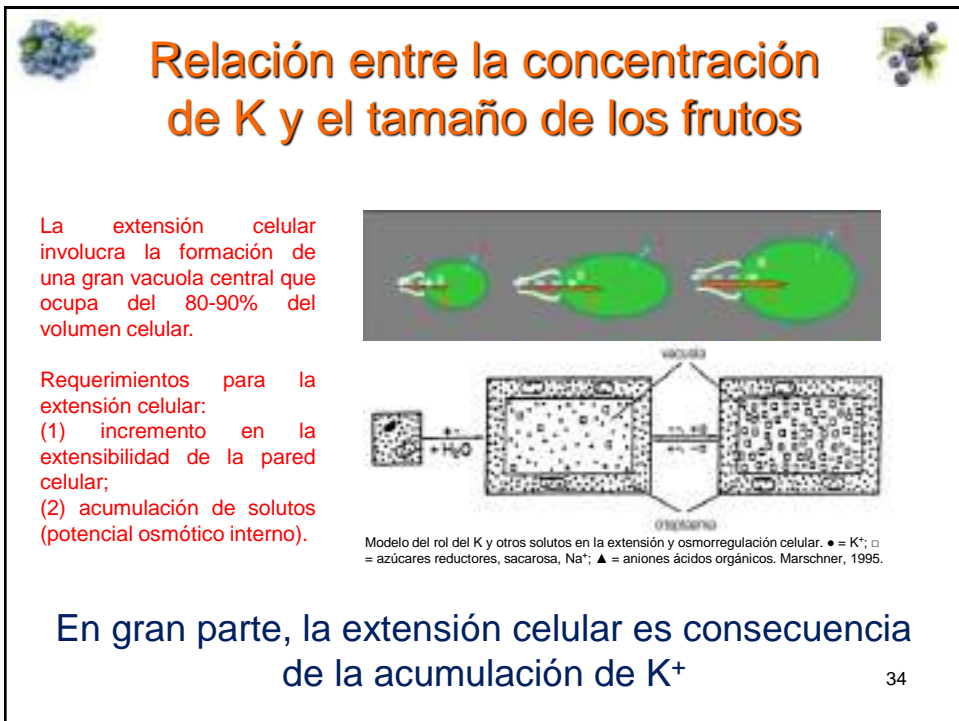
31



32



33



34

Relación entre la concentración de K y la de azúcares en frutos

Flujo floemático

Sacarosa

K⁺

K⁺

35

35

Relación entre la concentración de K y la de azúcares en frutos

- La literatura reporta una relación entre °Brix y el aporte de potasio en arándanos...

Table 3. Effect of foliar potassium fertilization on average fruit sugar content (% Brix) and acidity of strawberry, raspberry and blueberry over the harvest season.

Treatment	Sugar content (% Brix)			Fruit acidity (%)		
	Strawberry	Raspberry	Blueberry	Strawberry	Raspberry	Blueberry
Control	9.2 b	10.3	12.6 b	7.37	1.5 b	3.42
Aplicación foliar en flor	9.3 b	10.2	12.7 b	7.66	1.3 a	3.21
Aplicación foliar tardía	9.6 a	10.3	12.6 b	7.72	1.3 a	3.63
Aplicación foliar temprana y tardía	9.4 b	10.3	13.0 a	7.61	1.4 b	2.94

Values followed by same letters in the same column are not significantly different ($p < 0.05$) according to Newman-Keuls test.

*** Aplicación foliar de sulfato de potasio al 1,6 %

El K está involucrado en translocación de solutos hacia la baya a través de su rol en la carga y descarga floemática.

36

Bamouh *et al.*, 2019

36

Factores que afectan la acumulación de K en los frutos

Riego. La disponibilidad de agua en el suelo afecta la absorción y concentración de K en las plantas.

Tratamiento	Cabernet Sauvignon ($\mu\text{g baya}^{-1}$)					Syrah ($\mu\text{g baya}^{-1}$)				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Control (90% ETc)	837	238	2.057 a	352	87	1140	81	1.489 a	394	102
Estrés hídrico 1 (45% ETc)	748	366	1.755 b	383	82	1071	86	1.447 a	395	100
Estrés hídrico 2 (22% ETc)	605	288	1.504 b	333	71	1059	75	1.316 b	368	92
Significancia	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns

El estrés hídrico afecta negativamente la nutrición potásica de la vid

37

Palacios, 2017

37

Aportes insuficientes de K desde el suelo

- Suelos arcillosos (fijación)
- Competencia con otros elementos (Ca y Mg principalmente)
- Baja actividad de raíces (crecimiento)
- Estrés hídrico/sequía
- **Gran producción de fruta de forma sostenida en el tiempo**




38


38



39



Dosificación de nutrientes en el arándano




La dosis por temporada de elementos minerales (kg ha^{-1}) se determina en base a la demanda del huerto en kg ha^{-1} o kg planta^{-1} , considerando los aportes externos de nutrientes y la eficiencia de la fertilización

Dosis = $\frac{\text{Demanda} - \text{Aportes (suelo + agua)}}{\text{Eficiencia fertilización (\%)}}$


(N, P, K)

40

40



Balance extracción nutricional en arándanos de 6 años (kg ha⁻¹)




Órgano	N	P	K
Raíz	12,4	0,80	4,8
Corona	3,9	0,63	7,0
Madera + de 2 años	9,7	1,20	10,5
Brote temporada	7,1	0,60	16,2
Hoja	15,4	1,01	11,0
Frutos	3,5	0,69	5,50
Total	52,1	4,9	55,0

- Madera de poda y hojas son recicladas en el huerto
- En plantas adultas, las cantidades de nutrientes utilizadas para el desarrollo de los órganos perennes son relativamente pequeñas


Las extracciones son causadas principalmente por los frutos, y es eso lo que debemos reponer

41

41



Demanda de nutrientes



La demanda de nutrientes del huerto (kg ha⁻¹) se calcula principalmente en base a la extracción causada por los frutos durante la temporada (kg ha⁻¹).




42

42

Contenido medio de los principales nutrientes extraídos por 1 t de arándano

Variedad	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
O'Neal	1,4	0,3	1,1	0,11	0,11
Duke	1,0	0,3	1,2	0,06	0,12
Brigitta	0,8	0,2	0,8	0,04	0,07

Hirzel, 2017

43

43

Aportes del suelo


- Tomando al N como ejemplo:

Aportes (kg) = $0,15 \times F_n$

¿Es realmente factible hacer una estimación confiable de los aportes del suelo para cada predio y cuartel?

En donde:

- Hn = contenido de N en el suelo.
- Pdn = contenido de N en el suelo.
- Rn = contenido de N de las raíces en descomposición.
- FE_N = contenido de N de fuentes exógenas como guano, abonos verdes, etc.
- F_n = fracción inmovilizada de la fertilización de N del año anterior. Para el caso del N se estima en un 15%.



44

44




Disponibilidad de N en el suelo

N-NO₃⁻ (mg/kg) en el suelo (0,4 m)

Para estimar aportes, es necesario asesorarse con un especialista. Por otra parte, es importante hacer ciertas distinciones entre los distintos tipos de suelo.

Disponibilidad de N kg ha⁻¹

45

45




Aportes del agua

- Ejemplo de cálculo de aporte de nutrientes en el agua de riego

En un huerto de arándanos regados mediante riego por goteo se aplican 8.500 m³ de agua con una concentración de 10 ppm de N-NO₃⁻ y 35 ppm de Ca. ¿Cual es el aporte de tales nutrientes por ha?


* 10 ppm = 10 mg/L = 10 gr/m³ = 0,01 kg/m³
 0,01 kg/m³ * 8.500 m³ = 85 kg de N/ha

* 35 ppm = 35 mg/L = 35 gr/m³ = 0,035 kg/m³
 0,035 kg/m³ * 8.500 m³ = 298 kg de Ca/ha




46
Hirzel, 2011

46



Eficiencia de la fertilización




- Podría ser altamente variable y es muy difícil de estimar con precisión. Depende de las condiciones en que se realiza la fertilización.
- Según el sistema de riego: 25% para riego por inundación, 40% para surco y > 50% en fertirrigación.


Nivel tecnológico del huerto	Eficiencia de la fertilización N (kg kg ⁻¹)
Muy Alto (ferti-irrigación)	0,65
Alto (aplicaciones incorporadas)	0,60
Medio (aplicación normal)	0,55
Bajo (aplicación con riesgos de pérdidas)	0,50
Muy Bajo (sin control de pérdidas)	0,45

47

47




Eficiencia en la fertilización




- Además, depende del nutriente a aplicar.....


Sistema de riego	N	P	K
Tendido	15%	5%	40%
Surco	30%	15%	60%
Tecnificado	55%	40%	60%






0,55



0,40



0,60

48

48



Ejercicio



Usted es un agricultor, y debe diseñar un plan de fertilización con N y K para un huerto de arándanos cv Duke. Para la temporada actual, se estima que el huerto producirá 20 ton ha⁻¹. El productor cuenta con un sistema de riego con un 40% de eficiencia. Se realizó un análisis de suelo y los niveles de nutrientes estaban dentro de lo normal y el agua no genera aportes. Las concentraciones en base a peso fresco de los arándanos son: Nitrógeno: 1,5 kg/ton; Potasio: 1,8 kg/ton. Determine: a) dosis anual de N y K elemental por ha. b) Cantidad de fertilizantes, sabiendo que: Sulfato de amonio: 21 % N; Sulfato de potasio: 50 % de K

$$\text{Dosis} = \frac{\text{Demanda} - \text{Aportes}}{\text{Eficiencia fertilización (\%)}}$$

49

49



Resultados



a) Dosis anual

$$\begin{aligned} - N &= 20 \text{ ton/ha} * 1,5 \text{ kg N/ton} = 30 \text{ kg de N/ha} \\ &= 30 \text{ Kg de N} / 0,4 \text{ (eficiencia)} = 75 \text{ kg de N/ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - K &= 20 \text{ Kg/ha} * 1,8 \text{ kg K/ton} = 36 \text{ kg de K/ha} \\ &= 36 \text{ Kg de K} / 0,4 \text{ (eficiencia)} = 90 \text{ kg de K/ha} \end{aligned}$$

50

50



Resultados

b) Cantidad de fertilizante

Para el N se utilizará sulfato de amonio como fertilizante:

- $75 \text{ kg de N/ha} * 100 (\%)/ 21 (\%) = 357 \text{ kg de sulfato de amonio/ha}$

Para el K se utilizará el sulfato de K como fertilizante:

- $90 \text{ kg de K/ha} * 100 (\%)/ 50 (\%) = 180 \text{ kg de sulfato de K/ha}$



Parcialización de la fertilización

La dosis calculada para cada nutriente, debe ser suministrada al huerto conforme a la demanda de las plantas.



Variedades intermedias: Brigitta, Bluegold, Bluecrop, Legacy.

Variedades tardías: Elliot, Aurora, Liberty, Ozarkblue

Parcialización de la fertilización

La dosis calculada para cada nutriente debe ser suministrada al huerto conforme a la demanda de las plantas.

Absorción de K, variedades intermedias

Absorción de K, variedades tardías

Variedades intermedias: Brigitta, Bluegold, Bluecrop, Legacy.
 Variedades tardías: Elliot, Aurora, Liberty, Ozarkblue

Vidal, 2012 53

53

Programa “tipo” de fertilización

Nitrógeno								x	x		x
Fósforo						x				x	
Potasio									x	x	x
Calcio							x	x			
Magnesio									x	x	
Hierro							x		x		x
Boro					x						x
Zinc							x		x		x

54

54



55



Criterios a considerar para la elección de un fertilizante



- Composición (minerales contenidos en él).
- Propiedades químicas (solubilidad, suspensibilidad, índice salinidad, compatibilidad con otros fertilizantes, efecto en el pH, etc.).
- Agentes quelantes (en algunos casos se justifican, pero no siempre!).
- Disponibilidad y precio***.





56

Alternativas de fertilizante a aplicar

FERTILIZANTES	CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES (kg nutriente/100 kg o %)				FÓRMULA QUÍMICA
	N	P	K	S	
Urea	46	0	0	0	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$
Nitrato de amonio (NA)	34	0	0	0	$\text{NH}_4 \text{NO}_3$
Sulfato de amonio (SA)	21	0	0	24	$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$
Superfosfato simple (SFS)	0	21	0	0	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
Superfosfato triple (SFT)	0	46	0	0	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
Cloruro de potasio (MOP)	0	0	62	0	KCl
Sulfato de potasio (SOP)	0	0	50	18	$\text{K}_2 \text{SO}_4$
Fosfato monoamónico (MAP)	10	48	0	0	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
Fosfato diamónico (DAP)	18	46	0	0	$(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$
Nitrato de potasio	13	0	44	0	KNO_3

57

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Producción Agrícola



Fertilización: elaboración de programa, cálculo de dosis, distribución y elección del fertilizante

José Ignacio Covarrubias
Ing. Agr. Mg. Sc. Dr.
jcovarru@uchile.cl



58



Ejercicio



Usted es un agricultor, y debe diseñar un plan de fertilización con N y K para un huerto de arándanos cv Blue Ribbon. Para la temporada actual, se estima que el huerto producirá 18 ton ha⁻¹. El productor cuenta con un sistema de riego con un 50% de eficiencia. Las concentraciones en base a peso fresco de los arándanos son: Nitrógeno: 1,5 kg/ton; Potasio: 1,8 kg/ton. Determine: a) dosis anual de N y K elemental por ha. b) Cantidad de fertilizantes, sabiendo que: Sulfato de amonio: 21 % N; Sulfato de potasio: 50 % de K

$$\text{Dosis} = \frac{\text{Demanda} - \text{Aportes}}{\text{Eficiencia fertilización (\%)}}$$

59

59



Resultados



a) Dosis anual

$$\begin{aligned} - N &= 18 \text{ ton/ha} * 1,5 \text{ kg N/ton} = 27 \text{ kg de N/ha} \\ &= 27 \text{ Kg de N} / 0,5 \text{ (eficiencia)} = 54 \text{ kg de N/ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - K &= 18 \text{ Kg/ha} * 1,8 \text{ kg K/ton} = 32 \text{ kg de K/ha} \\ &= 32 \text{ Kg de K} / 0,5 \text{ (eficiencia)} = 64 \text{ kg de K/ha} \end{aligned}$$

60

60



Resultados

b) Cantidad de fertilizante

Para el N se utilizará sulfato de amonio como fertilizante:

$$- 54 \text{ kg de N/ha} * 100 (\%)/ 21 (\%) = 257 \text{ kg de sulfato de amonio/ha}$$

Para el K se utilizará el sulfato de K como fertilizante:

$$- 64 \text{ kg de K/ha} * 100 (\%)/ 50 (\%) = 128 \text{ kg de sulfato de K/ha}$$

61

61





Ejercicio

Usted es un agricultor, y debe diseñar un plan de fertilización con N y K para un huerto de arándanos cv Cargo. Para la temporada actual, se estima que el huerto producirá 9 ton ha⁻¹. El productor cuenta con un sistema de riego con un 50% de eficiencia. Las concentraciones en base a peso fresco de los arándanos son: Nitrógeno: 1,5 kg/ton; Potasio: 1,8 kg/ton. Determine: a) dosis anual de N y K elemental por ha. b) Cantidad de fertilizantes, sabiendo que: Sulfato de amonio: 21 % N; Sulfato de potasio: 50 % de K

$$\text{Dosis} = \frac{\text{Demanda} - \text{Aportes}}{\text{Eficiencia fertilización (\%)}}$$

62

62



Resultados

a) *Dosis anual*

- $N = 9 \text{ ton/ha} * 1,5 \text{ kg N/ton} = 14 \text{ kg de N/ha}$
 $= 14 \text{ Kg de N} / 0,5 \text{ (eficiencia)} = 28 \text{ kg de N/ha}$
- $K = 9 \text{ Kg/ha} * 1,8 \text{ kg K/ton} = 16 \text{ kg de K/ha}$
 $= 16 \text{ Kg de K} / 0,5 \text{ (eficiencia)} = 32 \text{ kg de K/ha}$

63

63

Resultados

b) *Cantidad de fertilizante*

Para el N se utilizará sulfato de amonio como fertilizante:

- $28 \text{ kg de N/ha} * 100 (\%)/ 21 (\%) = 133 \text{ kg de sulfato de amonio/ha}$

Para el K se utilizará el sulfato de K como fertilizante:

- $32 \text{ kg de K/ha} * 100 (\%)/ 50 (\%) = 64 \text{ kg de sulfato de K/ha}$

64

64