

# Fisiología de la Nutrición del Aguacate

Cristiam Calderón.

Ing. Agrónomo – Especialista en Palto.

[cristiam.ece@gmail.com](mailto:cristiam.ece@gmail.com)

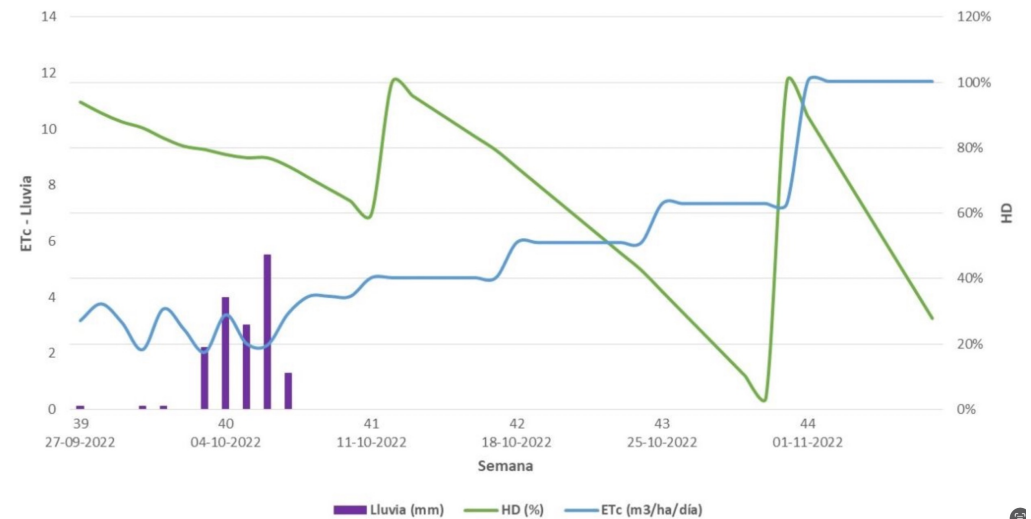
# Fenología del Aguacate

- La fenología estudia y describe de manera integrada los diferentes eventos que ocurren en una planta a lo largo de una temporada.



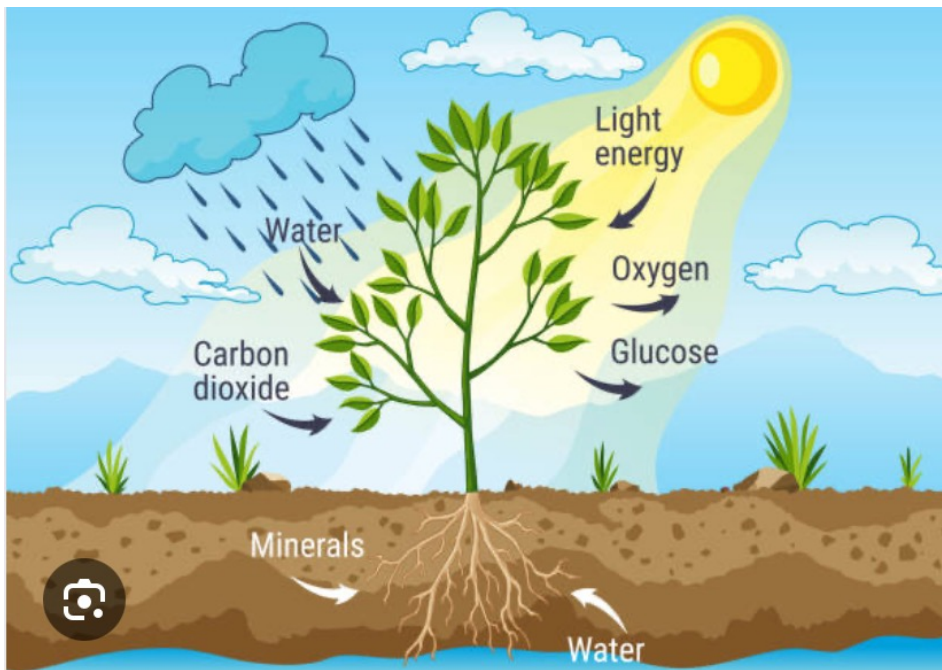
# Fenología del Aguacate

- El estudio de la fenología nos ayuda a entender como interactúa la planta con los distintos factores que la afectan.



# Fenología del Aguacate

- **Estos eventos son la expresión visible de la fisiología de la planta y su interacción con el medio ambiente.**



# Alteraciones climáticas

- **Alta nubosidad limita la fotosíntesis.**
- **Bajas temperaturas : > panículas determinadas y caída de hojas.**
- **> C02 ambiental ocasiona crecimiento vegetativo.**
- **Temperaturas muy altas o bajas afecta la germinación del polen.**

# Alteraciones climáticas

- **La alta temperatura daña la semilla y ocasiona fruta pequeña.**
- **Alta HR la planta no toma agua.**
- **Alta temperatura, la planta cierra estomas, no transpira, no fotosintétiza y toma los azúcares de reserva.**

# Fenología - Fisiología del Aguacate

- **Crecimiento de radicular.**
- **Crecimiento reproductivo.**
- **Floración y Crecimiento vegetativo (Invierno y primavera).**
- **Cuajado y Crecimiento de frutos.**
- **Crecimiento vegetativo (Primavera y verano).**
- **Cosecha de frutos.**



# Fenología del Aguacate en Perú

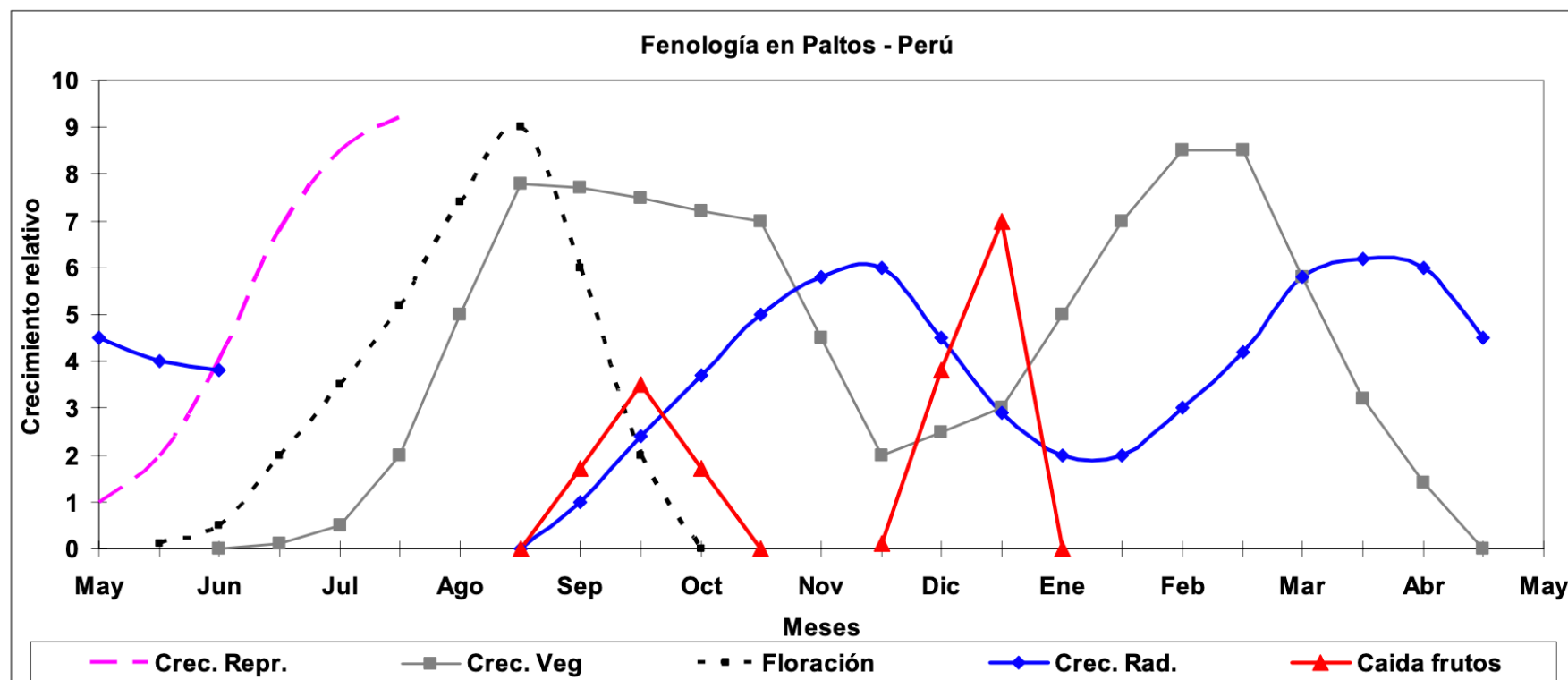


Figura 6. Ciclo Fenológico del Palto Hass en la costa central del Perú. (Vargas, C., 1991. [www.avocadosource.com](http://www.avocadosource.com) )



# Huerto de Aguacate - Perú

Lambayeque/Olmos – Sep. 2017.



Lambayeque/Olmos – Abril. 2021.



# Crecimiento radicular

**La raíz es considerada un sistema compuesto de raíces largas, raíces cortas y pelos radicales. El número de raíces desarrolladas entre en verano y otoño son indicador de productividad.**

- **Síntesis de citoquininas.**
- **Inducción y diferenciación floral.**
- **Absorción de nutrientes.**



# Crecimiento reproductivo

- **Incremento de carbohidratos.**
- **Inducción y diferenciación floral.**
- **Evaluación de estados de yemas.**
- **Reciclamiento de nutrientes.**



**La IF es el proceso mediante el cual las yemas de los frutales, originalmente vegetativas, sufren cambios metabólicos que las preparan para transformarse en yemas florales (Davenport,1986).**

- **La IF ocurre en otoño favorecida por el descenso de la temperatura de temporada e incremento de ABA.**
- **Los estadios de yemas en etapa de IF corresponden a los estados 3 y 4 indicados en la tabla desarrollada por el Dr. Samuel Salazar.**

# Inhibición de la IF

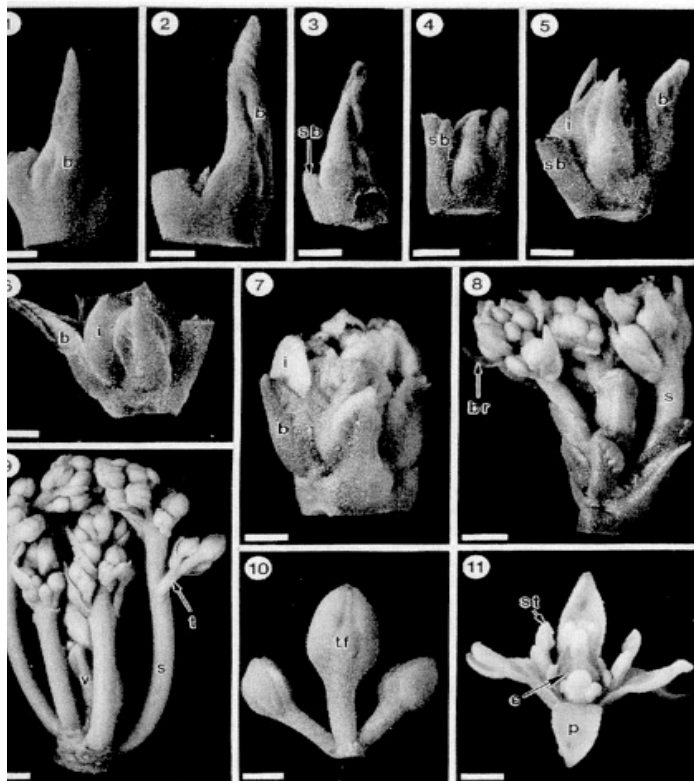
**Sobre producción y COS  
tardía (<CHO'S)**



**Falta de Luz**



# Evaluación de estados de yemas



**La DIF corresponde a la manifestación externa o cambio morfológico (Wilkie et al., 2008)**





## Floración y crecimiento vegetativo

- **El palto tiene flores hermafroditas, cuyas estructuras sexuales maduran en momentos diferentes (Dicogamia).**
- **La primera apertura floral tiene el estigma receptivo (Protogínea) para luego cerrarse y abrir en una fase masculina, aquí se libera el polen maduro.**



# Floración y crecimiento vegetativo

- **Mayor tasa de crecimiento vegetativo.**
- **Transpiración descontrolada.**
- **Brotes aportadores de auxinas y giberelinas.**
- **Absorción de nutrientes.**





## Citoquinina en la floración

- **Promueven la división celular.**
- **Mantiene viable el polen.**
- **Mantiene la humedad del estigma.**
- **Se acumula en el ovario fecundado.**
- **Socios de la Ck son el Ca, B y Zn.**
- **En N tiene relación con la presencia de esta hormona.**



## Citoquinina en la floración

- **La escasa concentración de Ck origina una floración desordenada, panículas pequeñas, caída de frutos, poca cosecha.**

# Auxinas en la floración

- Promueven la elongación celular.
- Inhiben la caída de órganos como las flores.
- Menor cantidad de Zn se expresa en menor cantidad de auxina.
- Se sintetiza en el ovario de la flor.
- Imprescindibles en la formación del pedúnculo de flores y frutos.





## **Auxinas en la floración**

- **Niveles altos de etileno debilita el ovulo de las flores por desgaste de auxinas, produce aborto de flores.**

# Cuajado y Crecimiento de frutos

- Una vez las flores son polinizadas y fertilizadas con éxito, inicia el cuajado.
- Los niveles de CK son altos al cuajado, disminuyen durante el desarrollo del fruto.



# Cuajado y Crecimiento de frutos

- La semilla del palto juega un papel importante en el desarrollo del fruto, al presentar mayor dominancia como vertedero de agua (Reservorio).
- La relación Ck/ABA determina el tamaño final del fruto.
- La semilla produce y acumula Auxinas para su crecimiento.



# Crecimiento de frutos

- Inicia luego del cuajado de frutos (fase 01)
- Continúa la división celular, formación de semilla y desarrollo embrionario (fase 02).
- La tercera fase corresponde la elongación celular y maduración del embrión.



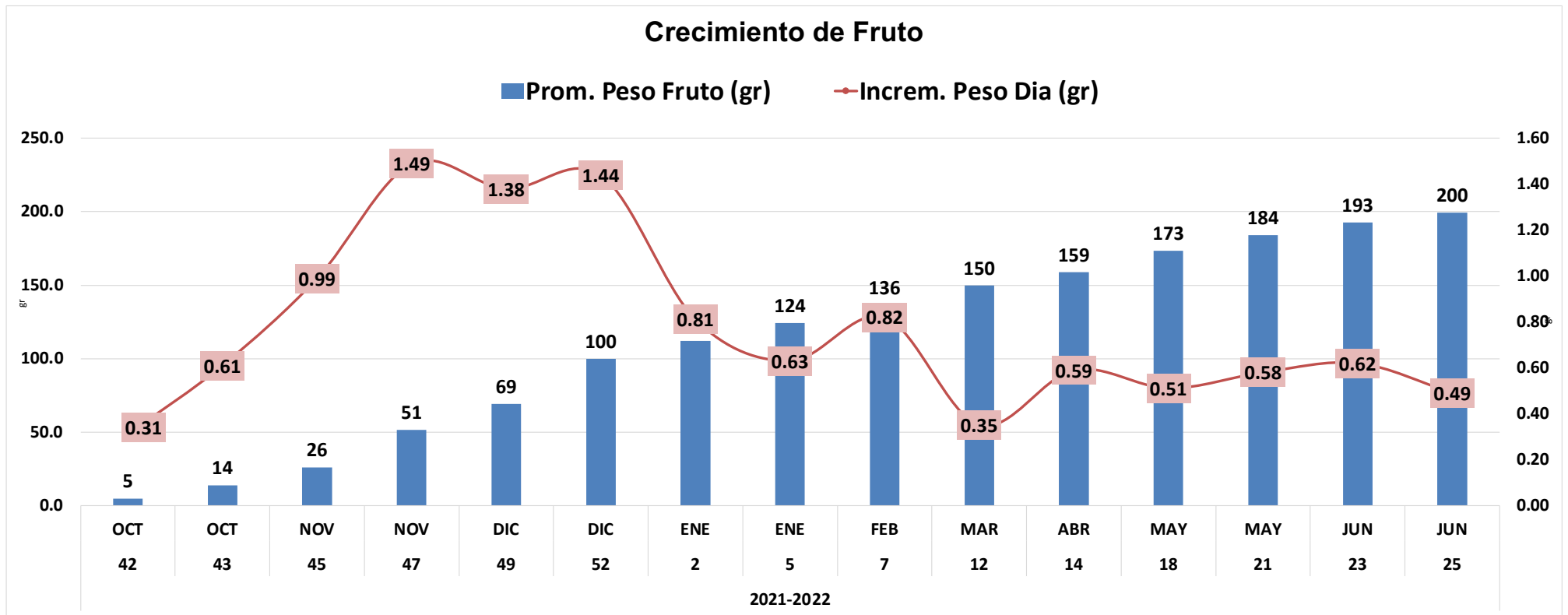


# Crecimiento de frutos

- **Aplicación de algas marinas como precursor de hormonas naturales y mantener el crecimiento activo del fruto – semilla.**
- **Riegos adecuados para evitar la deshidratación de la testa.**



# Crecimiento de frutos



Cristiam Calderón 2022, comunicación personal.

# Nutrición del Aguacate y Reciclamiento de Nutrientes

Elemento	Símbolo Químico	Forma de Absorción	Concentración aprox. en materia seca <sup>(1)</sup>
<b>Aportados por el aire o el agua</b>			
Carbono	C	CO <sub>2</sub>	45%
Oxígeno	O	O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	45%
Hidrógeno	H	H <sub>2</sub> O	6%
<b>Aportados por el sustrato</b>			
<b>Macronutrientes</b>			
Nitrógeno	N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,5%
Fósforo	P	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	0,2%
Potasio	K	K <sup>+</sup>	1,0%
Calcio	Ca	Ca <sup>2+</sup>	0,5%
Azufre	S	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,1%
Magnesio	Mg	Mg <sup>2+</sup>	0,2%
<b>Micronutrientes</b>			
Hierro	Fe	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	100 ppm
Manganeso	Mn	Mn <sup>2+</sup>	50 ppm
Boro	B	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	20 ppm
Zinc	Zn	Zn <sup>2+</sup>	20 ppm
Cobre	Cu	Cu <sup>2+</sup>	6 ppm
Molibdeno	Mo	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,1 ppm
Cloro	Cl	Cl <sup>-</sup>	100 ppm
Níquel	Ni	Ni <sup>+</sup>	0,1 ppm

Taiz L, Zeiger, E. 2006. Plant Physiology, Third edition,

# **Reciclamiento de nutrientes**

**Los nutrientes absorbidos desde el suelo se transportan por el xilema, el cual está conformado por células vivas.**

**Los nutrientes llegan a las hojas, se realiza la fotosíntesis y los nutrientes producidos van a toda la planta por otro conducto formado por células vivas llamado floema.**

# Reciclamiento de nutrientes

Etapa fenológica	N (%)	P (%)	S (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	B (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Hoja	1.78	0.22	0.55	2.6	0.59	1.72	97	247	87	13	50
panícula Floral	1.71	0.5	0.48	2	0.39	0.92	142	271	129	17	252
Relación:	1	2.3	0.9	0.8	0.7	0.5	1.5	1.1	1.5	1.3	5

Cristiam Calderón 2016, Comunicación personal.

# Fruto de palto: Objetivo final

**Calidad externa.**



**Calidad interna.**



# Evaluación de nutrientes en cosecha

## Contenido de nutrientes y otros elementos minerales en diferentes partes del fruto de Palto Variedad Hass

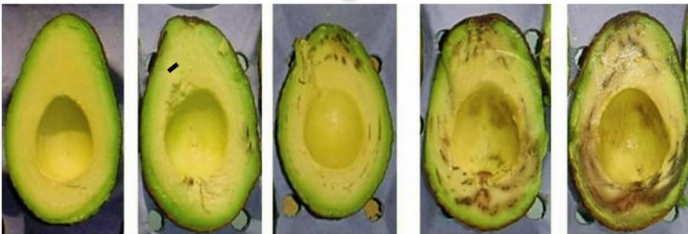
Elementos minerales y concentración en la materia seca

		%								ppm						
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Na	Al	Mo
Inicio de Cosecha (> 60 mm)	Epidermis	0.76	0.13	1.16	0.04	0.10	0.08	0.09	18.40	6.68	3.90	9.06	19.10	32.80	20.60	0.96
	Pulpa	1.37	0.24	2.14	0.04	0.14	0.19	0.04	34.70		6.60	22.80	19.90	69.30	14.00	0.63
	Testa	1.81	0.16	1.04	0.22	0.42	0.15	0.03	50.80	33.08	75.60	32.40	42.30	111.40	ND	ND
	Semilla	0.84	0.15	1.21	0.02	0.12	0.12	0.03	21.10		4.40	9.24	12.30	4.80	10.50	1.14

Tomado de: Samuel Salazar Garcia - 2002 Nutrición del Aguacate.



# Evaluación de nutrientes en cosecha



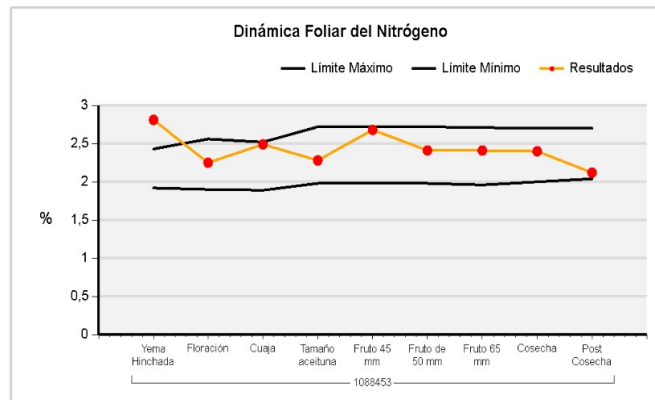
	<b>N/Ca</b>	<b>Resultado</b>	<b>Ca/K</b>	<b>Resultado</b>
Alta Firmeza	>10.9	33.4	>0.041	0.019
Valor Medio	20.8		0.03	
Baja Firmeza	>30.7		>0.019	
	<b>N</b>		<b>Ca</b>	
Pardeamiento	>1.37%	1.37	Pardeamiento	<0.04%
			Baja Suceptibilidad	>0.07%

# Seguimiento nutricional

- Hojas.
- Peciolo de hojas.
- Frutos.
- Panículas estado coliflor y extendidas.
- ¿Yemas?

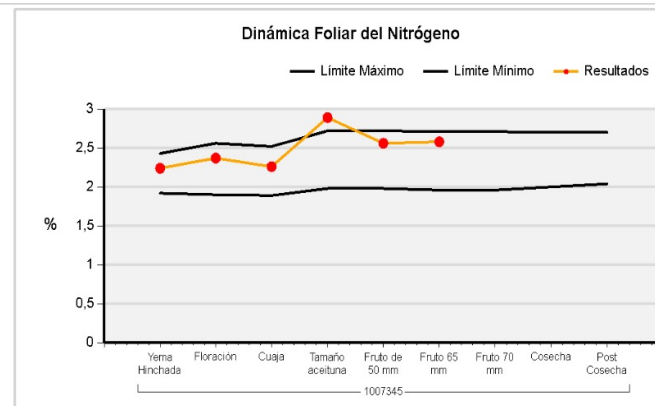


Fecha de Muestreo	Estado Fenológico	NO3- (meq/L)				Foliar	%
		SFR	L20	L40	L60		
04.08.20	Yema Hinchada	3,528	3,550	0,295	0,010	2,81	
10.09.20	Floración	0,160	1,715	0,175	0,010	2,25	
05.10.20	Cuaja	2,009	1,809	0,166	0,026	2,49	
03.11.20	Tamaño aceituna	5,142	0,751	0,010	0,071	2,28	
14.12.20	Fruto 45 mm	5,436	0,552	0,132	0,454	2,68	
20.01.21	Fruto de 50 mm	3,069	0,165	0,173	0,165	2,41	
08.03.21	Fruto 65 mm	3,496	3,190	2,380	0,935	2,41	
13.04.21	Cosecha	4,756	3,953	3,307	2,675	2,40	
10.06.21	Post Cosecha	0,317	0,794	0,794	0,181	2,12	



Estado Fenológico	Max	Min
Yema Hinchada (Est. 6) > 70%	2.43	1.92
floracion - Coliflor (Est. 8) > 10%	2.43	1.92
Flor en Antesis (Est. 10) > 15%	2.43	1.92
Cuajado de Frutos (10 a 15 mm)	2.52	1.92
Tamaño Aceituna (25mm - 30mm)	2.72	1.98
Crec. Fruto 1 (40 mm - 45 mm)	2.72	1.98
Crec. Fruto 2 (50 mm-55)	2.72	1.98
Crec. Fruto 3 (57 mm-60mm)	2.71	1.96
Inicio de Cosecha (> 60 mm)	2.70	2.00
Post Cosecha	2.7	2
Semireceso (Yema Est. 4 - 5) > 40%	2.7	2

Fecha de Muestreo	Estado Fenológico	NO3- (meq/L)				Foliar	%
		SFR	L20	L40	L60		
29.08.19	Yema Hinchada	0,893	-	1,037	0,987	2,24	
19.09.19	Floración	0,662	-	1,173	1,188	2,37	
15.10.19	Cuaja	2,463	-	1,248	1,759	2,26	
21.11.19	Tamaño aceituna	0,832	-	0,138	0,583	2,89	
16.12.19	Fruto de 50 mm	0,493	0,392	0,530	0,530	2,56	
21.01.20	Fruto 65 mm	2,082	1,514	1,850	0,977	2,58	
	Fruto 70 mm	-	-	-	-	-	
	Cosecha	-	-	-	-	-	
	Post Cosecha	-	-	-	-	-	

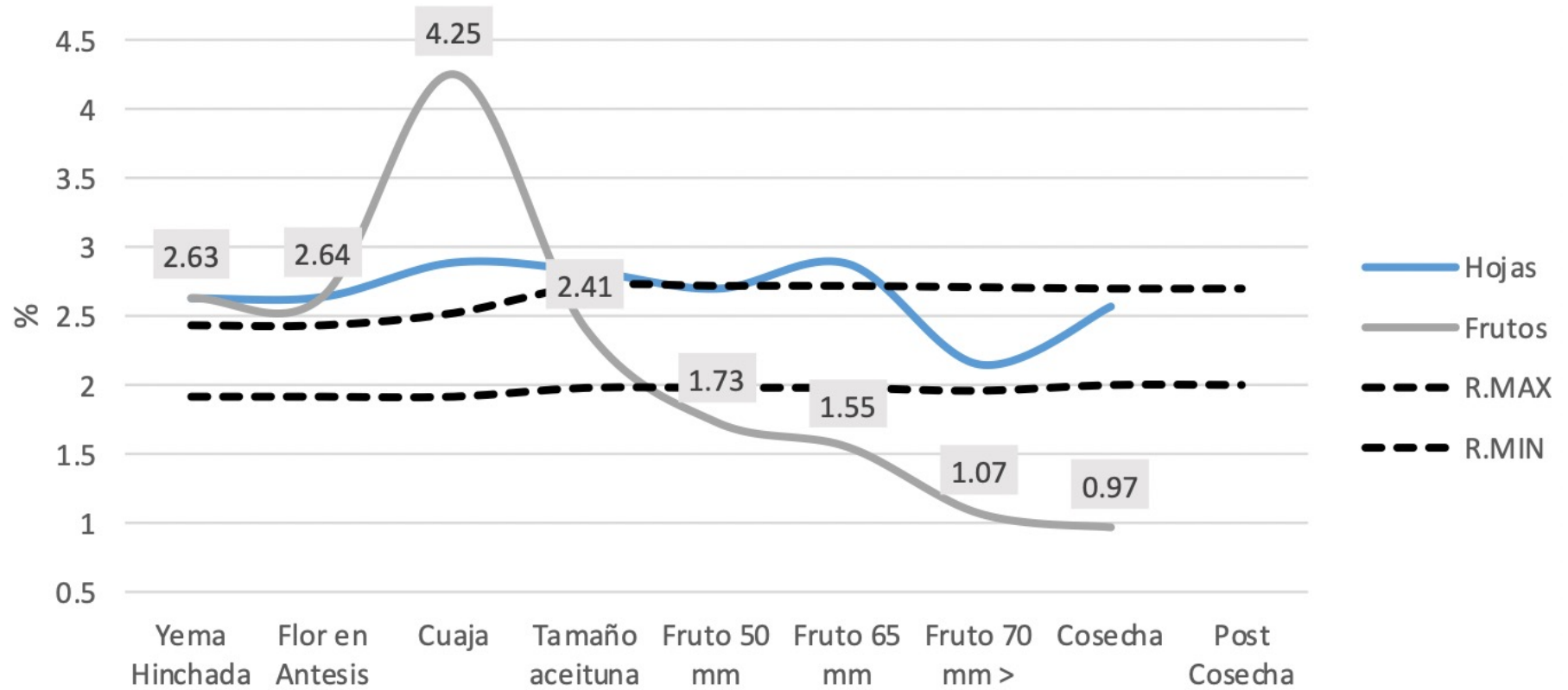


# Nitrógeno en la diferenciación

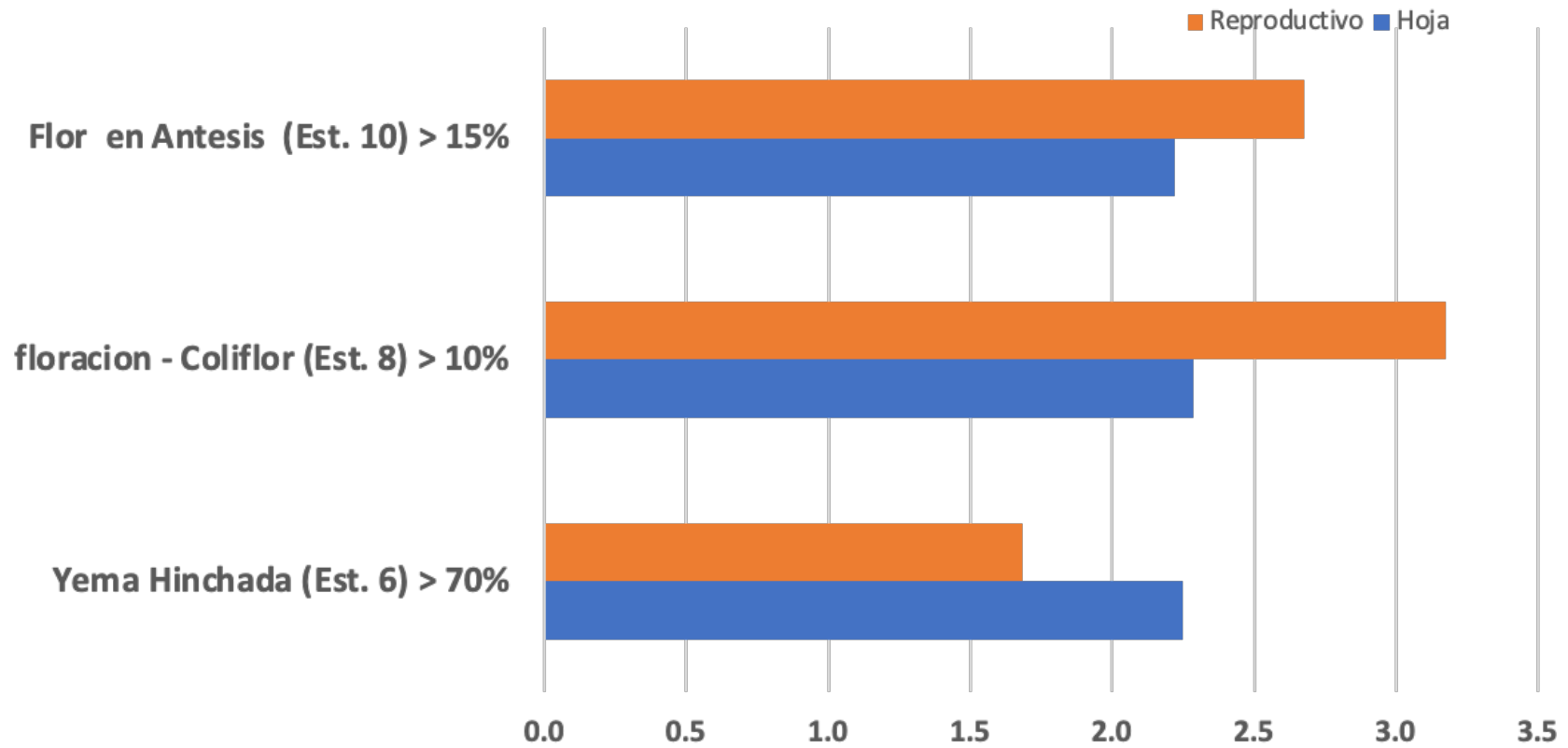
- **Componente fundamental de los aminoácidos, enzimas, hormonas y proteínas.**
- **Crecimiento del follaje de las plantas.**
- **Activa la síntesis de citoquininas en las puntas de las raíces para la expansión celular y crecimiento del follaje.**



## Nitrògeno - Reciclamiento

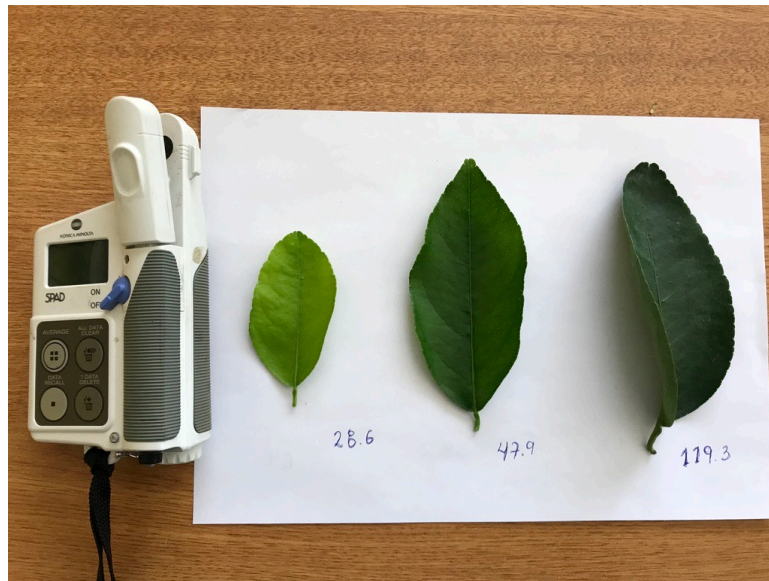


### Nitrógeno(%)

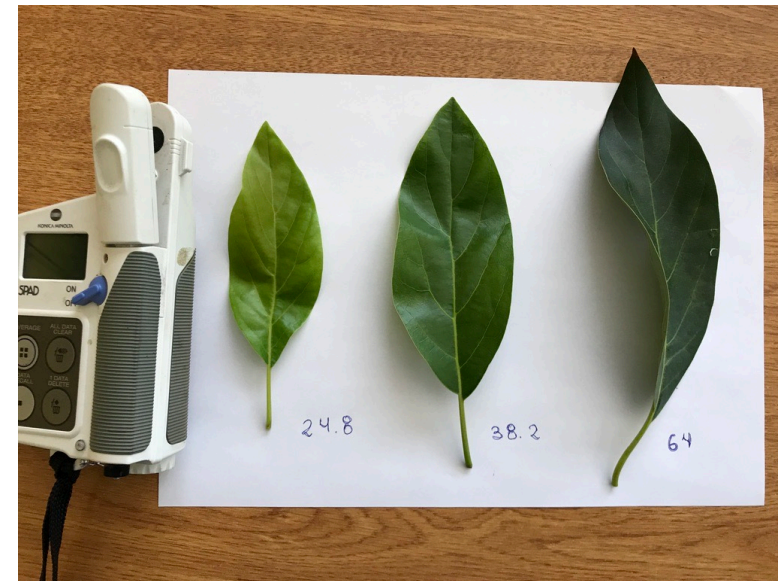


# Clorofila en hojas – Índice SPAD

LIMA TAHITI



PALTO VAR. HASS



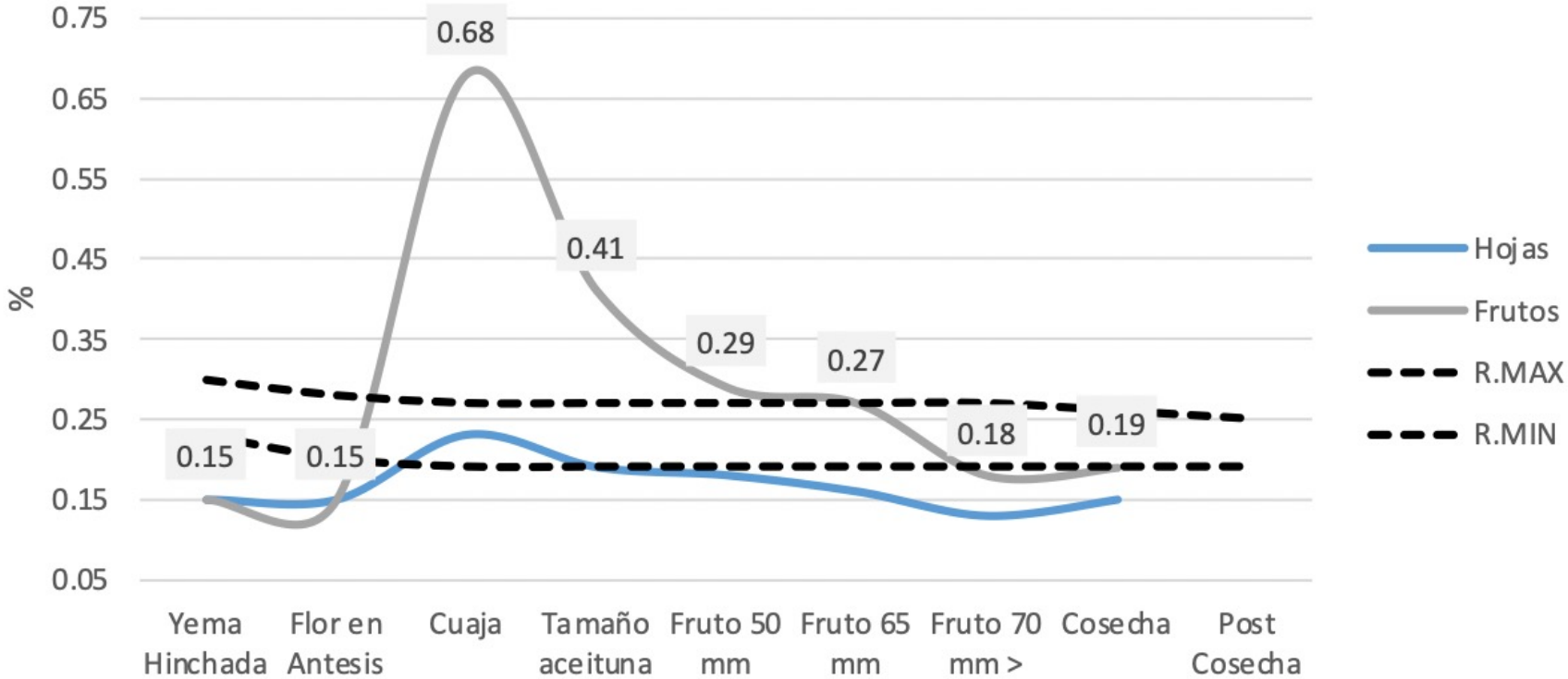
# Fósforo en la diferenciación

- **Participa en la transferencia de energía y movimiento de azúcares.**
- **Estimula el desarrollo de la raíz, panículas florales y formación de la semilla.**
- **Forma parte de compuestos orgánicos esenciales, como aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos, clorofila y fotosíntesis.**





### Fósforo - Reciclamiento.



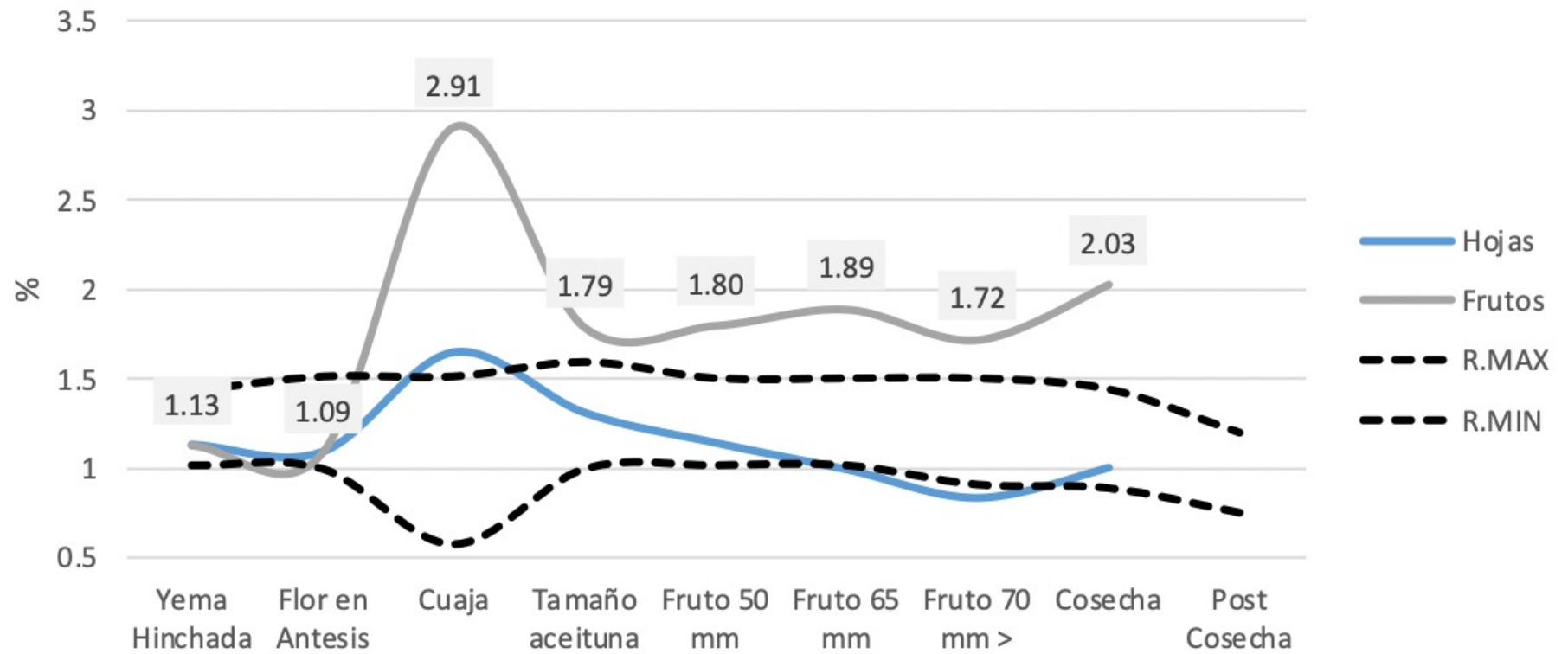
Autor: Ing. Cristiam Calderón - 2020

# Potasio en la diferenciación

- **Participa en la formación de enzimas, aminoácidos y proteínas.**
- **Fundamental en la absorción del agua, apertura y cierre estomático (Transpiración).**
- **Esencial en la formación de almidones.**
- **Esencial en la maduración de los frutos.**



## Potasio - Reciclamiento

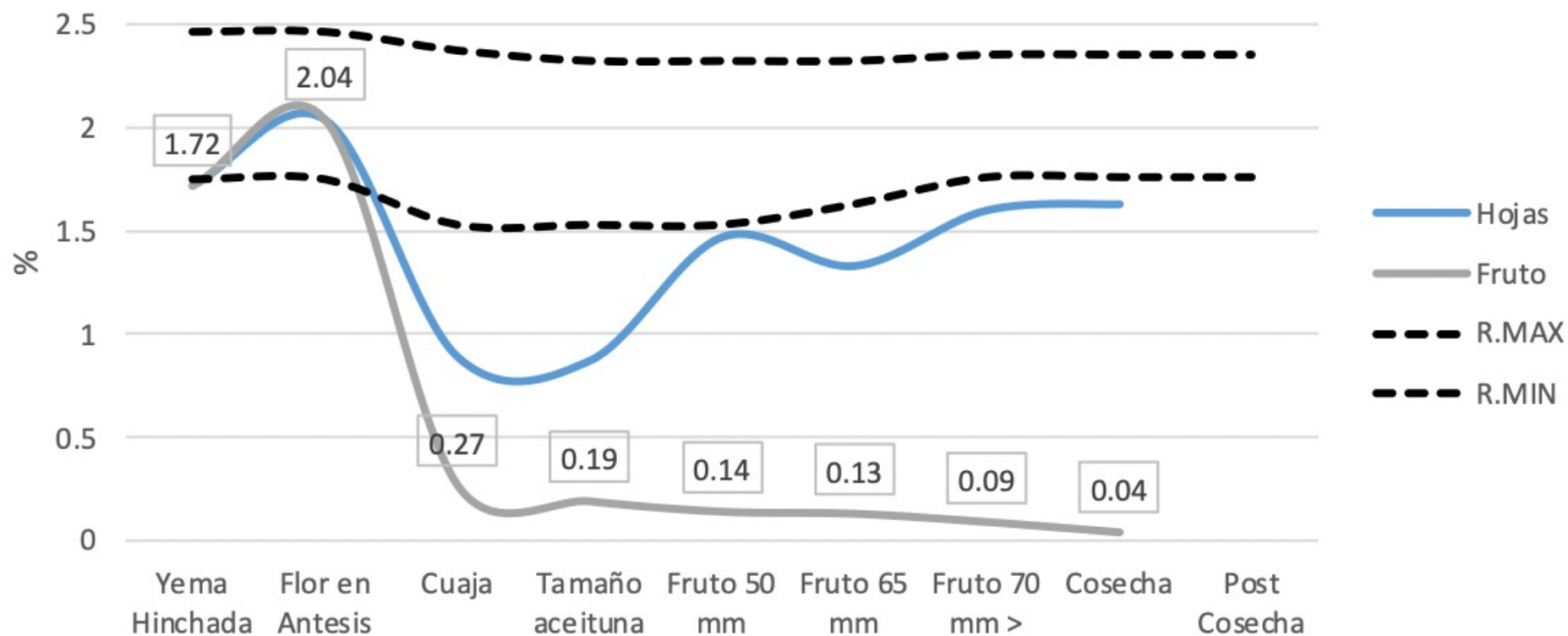


# Calcio en la diferenciación

- **Componente estructural de las paredes y membrana celular.**
- **Involucrado en la ruta de la señalización hormonal y regulación del transporte de auxinas.**
- **Se absorbe por la cofia de las raices.**
- **Contribuye al movimiento de azúcares hacia los órganos.**



## Calcio - Reciclamiento

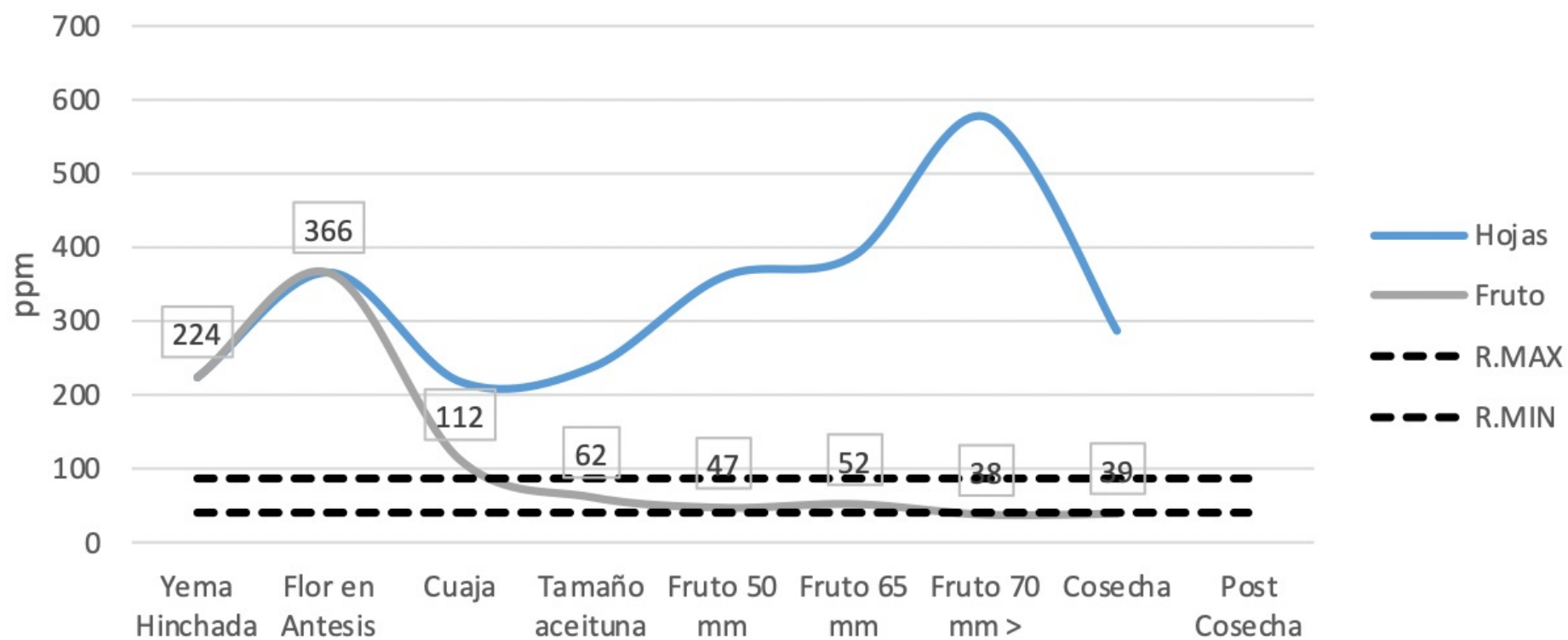


# Zinc en la diferenciación

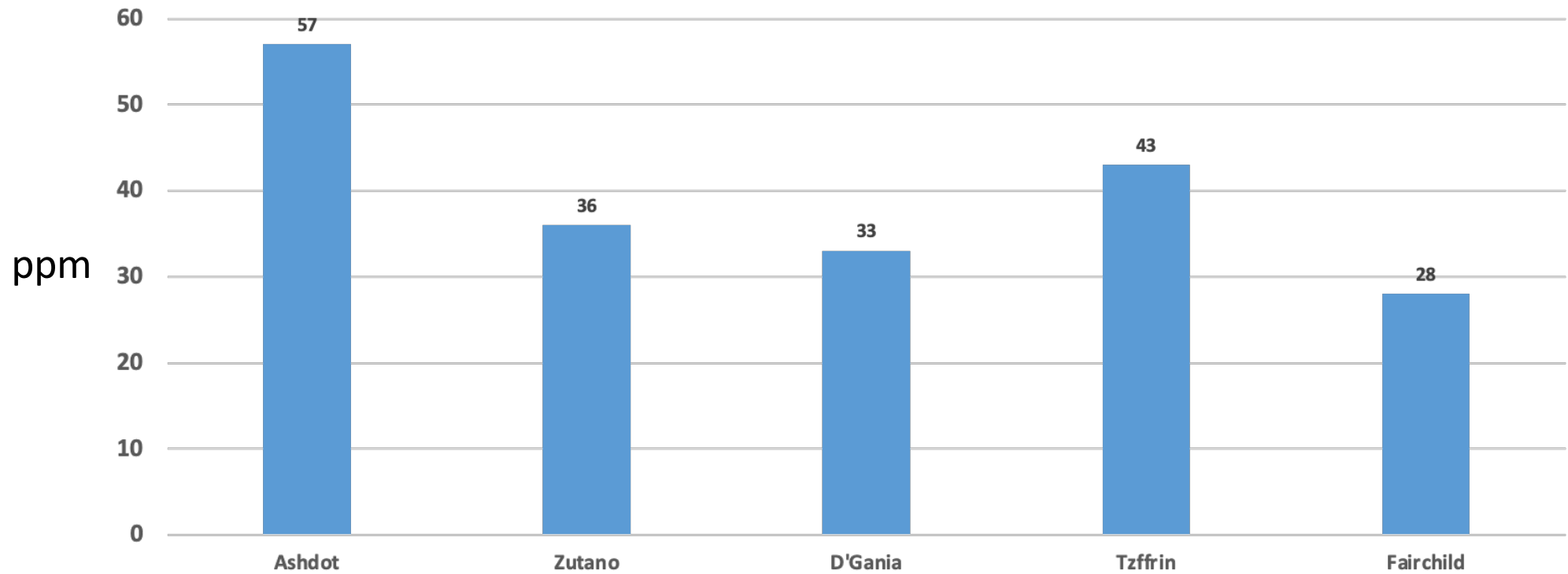
- **Participa en la síntesis de auxinas.**
- **Elemento fundamental en la formación y maduración de semillas.**
- **Fundamental en la síntesis de proteína y formación de almidones.**
- **Favorece la formación y fertilidad del polen.**



## Zinc - Reciclamiento



# Zinc en hojas de portainjerto



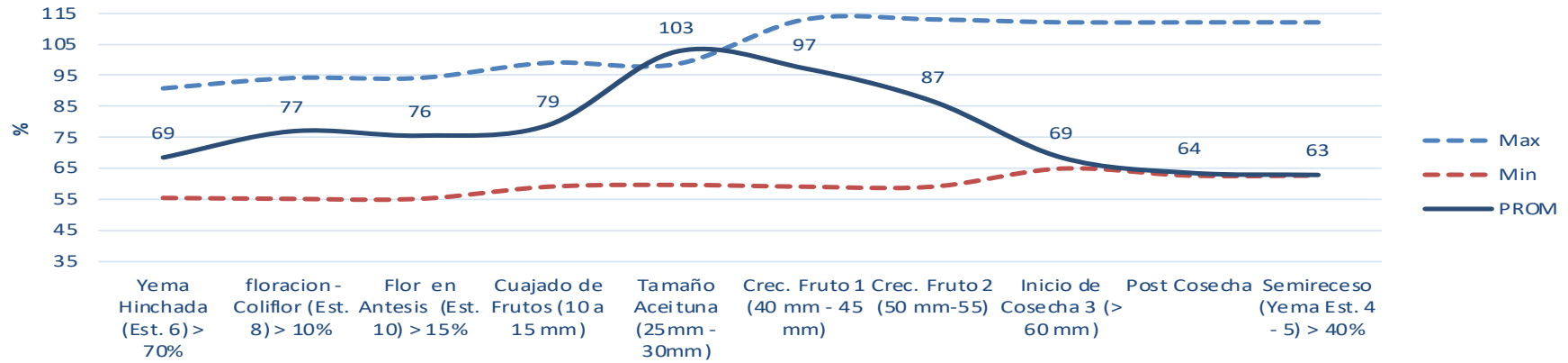


# Boro en la diferenciación

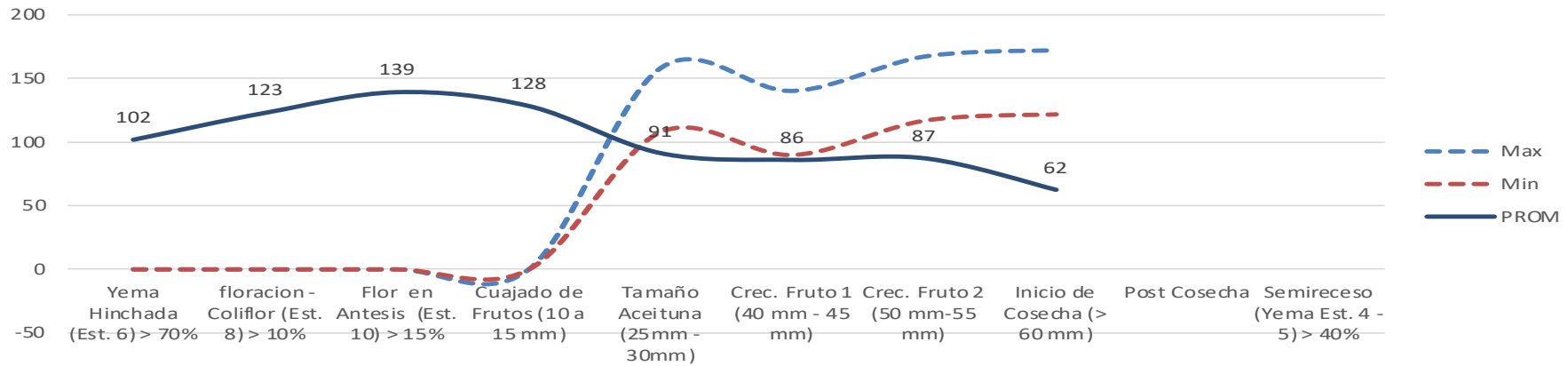
- **Fortalece las paredes celulares reduciendo la descomposición oxidativa de las auxinas.**
- **Incrementa las auxinas y el transporte de de azucares hacia los frutos.**
- **Participa en el crecimiento y desarrollo de la raíz.**
- **Importante en la maduración del polen y crecimiento de tubo polínico.**



### BORO HOJAS



### BORO FRUTO



# Programas de Fertilización

- Información de internet.
- Parámetros nutricionales internacionales.
- Creación de parámetros propios.
- Seguimiento nutricional de referencia.
- Seguimiento nutricional propio.

Estado Fenologico	Max	Min
Yema Hinchada (Est. 6) > 70%	2.43	1.92
floracion - Coliflor (Est. 8) > 10%	2.43	1.92
Flor en Antesis (Est. 10) > 15%	2.43	1.92
Cuajado de Frutos (10 a 15 mm)	2.52	1.92
Tamaño Aceituna (25mm - 30mm)	2.72	1.98
Crec. Fruto 1 (40 mm - 45 mm)	2.72	1.98
Crec. Fruto 2 (50 mm-55)	2.72	1.98
Crec. Fruto 3 (57 mm-60mm)	2.71	1.96
Inicio de Cosecha (> 60 mm)	2.70	2.00
Post Cosecha	2.7	2
Semireceso (Yema Est. 4 - 5) > 40%	2.7	2

# Distribución de Nutrientes (Ejemplo Perú)

Hectáreas:	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
Fenología:	IF-DIF	DIF-COL	DIF-FL60%	FL80%-CJ 60%	CJ 100%-TA	CF01-40mm	CF02-50mm	CF03-60mm	CF04-65mm	COS-IF	COS-IF	COS-IF-DIF
Desarrollo de yemas:	Y-E04/E05/E06	Y-E07/E08	Y-E08/E09/E10	Y-E011	Y-E011/E01	Y-E02/E03	Y-E03/E04	Y-E03/E04	Y-E03/E04	Y-E03/E04	Y-E03/E04	Y-E04/E05
Crec. Brotes	5%	7%	10%	11%	12%	12%	11%	7%	7%	7%	5%	6%
Crec. Radicular	11%	8%	11%	5%	6%	10%	10%	10%	6%	8%	8%	8%
Crecimiento de frutos (g):				1.4	4.5	61.9	129.7	147.0	158.1	168.9	183.86	194.08
% M.S:					14.42	14.75	13.66	18.26	20.93	22.94	23.9	25.62
% Cosecha:										16%	43%	41%
Nitrógeno -N	10%	12%	12%	12%	12%	10%	9%	9%	9%	5%		100%
Fósforo- P2O5	10%	12%	12%	12%	12%	12%	10%	10%	5%	5%		100%
Potasio- K2O	10%	10%	0%	0%	15%	15%	15%	15%	15%	5%		100%
Calcio- CaO	18%	22%	22%	22%	16%							100%
Magnesio- MgO	15%	15%	15%	15%	10%	10%	10%	10%				100%
EDTA - Zn	15%	15%	15%	20%	15%	10%	10%					100%
Boro	25%	25%	20%	10%	5%	5%	5%	5%				100%
Cu	25%	25%	20%	10%	5%	5%	5%	5%				100%
EDDHA - Fe	10%	20%	20%	20%	10%	10%	10%					100%
Manganeso	25%	25%	25%	20%	5%							100%

Autor: Ing. Cristiam Calderón - 2020

Muchas gracias

**Cristiam Calderón.**

**Ing. Agrónomo – Especialista en Palto.**

**Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.**

**[cristiam.ece@gmail.com](mailto:cristiam.ece@gmail.com)**