

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“CRITERIOS A CONSIDERAR EN EL MANEJO NUTRICIONAL DE
PALTO (*Persea Americana* Mill.) ‘HASS’, BAJO CONDICIONES DE
CAÑETE”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

CARLOS MARIO CABALLERO PICKMANN

LIMA – PERÚ

2021

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“CRITERIOS A CONSIDERAR EN EL MANEJO NUTRICIONAL
DE PALTO (*Persea Americana Mill.*) ‘HASS’, BAJO CONDICIONES
DE CAÑETE”**

Carlos Mario Caballero Pickmann

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....
Dr. Erick Espinoza Núñez
PRESIDENTE

.....
Dr. Oscar Loli Figueroa
ASESOR

.....
Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto
MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Pedro Gutierrez Vílchez
MIEMBRO

LIMA - PERÚ
2021

*A Diana, Carlos, Diego y Mimi,
porque yo soy de donde ustedes estén.*

AGRADECIMIENTO

A Carlos Caballero y Diana Pickmann, por todo el amor, el ejemplo, las lecciones y el sacrificio realizado; por ser mis más grandes fuentes de inspiración.

A Teresa Fernandez, por ser la estrella que ilumina mi camino y por el compromiso pendiente.

A Graciela León, por todas las enseñanzas compartidas en forma de anécdotas, por ser un ejemplo de vida.

A Elena Pickmann, por estar presente en los momentos más memorables de mi vida universitaria.

Al Dr. Oscar Loli, por toda la paciencia, soporte y retroalimentación brindada para la elaboración del presente trabajo.

Al Dr. Erick Espinoza, Ing. Mg. Sc. Pedro Gutierrez e Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez, por las preguntas y críticas constructivas planteadas durante la sustentación.

A Stefan Köhne, por todas las experiencias vividas, el conocimiento compartido y la dosis de motivación; por las visitas realizadas y por las que vendrán.

A Consuelo Fernandez, Cou Pienaar, Duncan Smith, Johan Grobler, Juan Enrique Ortuzar, Tatiana Cantuarias, Theo Bekker, Valentina Baasch, Wilna Stones y Zelda van Rooyen, por su apoyo incondicional y todos buenos consejos.

Al Ing. Omar Díaz, Ing. Nino Ruiz, Ing. Cinthia Canales, Ing. Maria Elena Carvo e Ing. Cristina Jácomo, por la confianza y las oportunidades brindadas.

Al equipo de Investigación y Desarrollo; Lucero Huasasquiche, Sunilda Peceros, Giorgio Cruz y Melania Peceros; por todo el trabajo realizado y todos los sueños compartidos.

A Alejandra Figuera, Karen Vasquez y Katherine Obregón, por las frustraciones y alegrías compartidas en el trabajo; por la amistad incondicional.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GENERAL	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 MANEJO: PALTA EN PRODUCCIÓN	3
3.2 EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES POR EL CULTIVO.....	5
3.3 ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO	5
3.3.1 <i>Crecimiento Vegetativo</i>	6
3.3.2 <i>Crecimiento Radicular</i>	6
3.3.3 <i>Floración</i>	7
3.3.4 <i>Cuaja</i>	7
3.3.5 <i>Crecimiento de Fruta</i>	8
3.3.6 <i>Caída Fisiológica</i>	8
3.4 ALTERNANCIA PRODUCTIVA.....	9
3.5 NUTRIENTES A CONSIDERAR EN EL PLAN DE FERTILIZACIÓN	10
3.5.1 <i>Nitrógeno</i>	10
3.5.2 <i>Fósforo</i>	11
3.5.3 <i>Potasio</i>	11
3.5.4 <i>Calcio</i>	11
3.5.5 <i>Hierro</i>	12
3.5.6 <i>Boro</i>	12
3.5.7 <i>Zinc</i>	13
3.5.8 <i>Cloro</i>	13
3.5.9 <i>Sodio</i>	13

IV. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL	14
4.1 HISTORIAL PRODUCTIVO	14
4.2 PROYECCIONES DE RENDIMIENTO.....	16
4.3 HISTORIAL DE MANEJO NUTRICIONAL.....	17
4.4 CONDICIONES DE CULTIVO.....	18
4.5 CRITERIOS DE MANEJO DE NUTRICIÓN	22
4.6 SEGUIMIENTO NUTRICIONAL	23
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
VI. BIBLIOGRAFÍA	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Normas de hojas para palto ‘Hass’	4
Tabla 2: Tasa anual de nutrientes para palto ‘Hass’	5
Tabla 3: Plan nutricional histórico.....	17
Tabla 4: Análisis físico químico del suelo.....	18
Tabla 5: Análisis químico de agua de riego	19
Tabla 6: Análisis químico de solución suelo	21
Tabla 7: Programa de fertilización según etapas fenológicas.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Rendimientos históricos en condiciones de Cañete	15
Figura 2: Diagrama de dispersión entre cantidad de frutos y volumen producido por palto ‘Hass’ en condiciones de Cañete	17
Figura 3: Etapas fenológicas de palto ‘Hass’ en condiciones de Cañete.....	22
Figura 4: Concentraciones de nitrógeno foliar según etapas fenológicas de palto ‘Hass’ ..	25
Figura 5: Concentraciones de nitrógeno en solución fertirriego (SFR) y en solución suelo a veinte centímetros de profundidad	26
Figura 6: Concentraciones de potasio foliar según etapas fenológicas de palto ‘Hass’	27
Figura 7: Concentraciones de potasio en solución fertirriego (SFR) y en solución suelo a veinte centímetros de profundidad	28
Figura 8: Concentraciones de calcio foliar según etapas fenológicas de palto ‘Hass’	29
Figura 9: Concentraciones de calcio en solución fertirriego (SFR) y en solución suelo a veinte centímetros de profundidad	30
Figura 10: Concentraciones de cloro foliar según etapas fenológicas de palto ‘Hass’	31
Figura 11: Concentraciones de cloro en solución fertirriego (SFR) y en solución suelo a veinte centímetros de profundidad	32

PRESENTACIÓN

El presente trabajo de suficiencia profesional pretende identificar los criterios empleados durante el planteamiento y la ejecución de programas de fertilización, como parte del manejo agronómico de campos de producción comercial de palto ‘Hass’ en condiciones de la provincia de Cañete, departamento de Lima. Los criterios establecidos para la gestión nutricional del palto se basan en el uso de información histórica del manejo, en el conocimiento del comportamiento del cultivo, en la estimación de rendimiento a la cosecha, en las condiciones de crecimiento del cultivo y en la información obtenida por medio de análisis foliares.

La experiencia profesional que se desarrolla en el presente trabajo fue obtenida en la ejecución de labores como colaborador del área de investigación y desarrollo de la empresa Westfalia Fruit Perú SAC, departamento encargado de la ejecución de proyectos de investigación relacionados con la producción en campo y el manejo postcosecha de especies frutales con fines comerciales. En el presente trabajo se consolidan conocimientos adquiridos como parte del estudio del comportamiento del palto ‘Hass’ en un campo de producción comercial en la provincia de Cañete, departamento de Lima.

I.INTRODUCCIÓN

El palto o aguacate como es conocido, se caracteriza por presentar una fruta de alta demanda a nivel mundial, en nuestro país de acuerdo al Ministerio De Desarrollo Agrario Y Riego (2020), existen más de 30,000 ha de palto ‘Hass’ que producen una oferta exportable superior a las 350,000 toneladas de esta fruta al año, que superan los 770 millones de dólares americanos en ventas por exportaciones, lo que posiciona al Perú como el segundo mayor exportador y tercer mayor productor a nivel mundial.

El palto ‘Hass’ presenta una alta variabilidad en la productividad de los diferentes árboles que conforman un huerto en un mismo año, incluso esta heterogeneidad en la productividad puede presentarse en el huerto por el factor tiempo, es decir entre un año y otro; a este segundo caso se le conoce como alternancia productiva, en la que se identifican años de alta productividad o años ON y años de baja productividad o años OFF. En años ON los árboles de ‘Hass’ tienden a producir una gran cantidad de brotes florales, existiendo evidencias de que un árbol adulto puede llegar a producir entre 1 a 1.6 millones de flores; de las cuales solo cuajan 0.001 a 0.23 por ciento. Adicionalmente se presentan dos periodos de caídas fisiológicas de fruta. Esta amplia variabilidad en los rendimientos que se obtienen año a año no se refleja en el manejo nutricional que reciben los huertos de palto, pues los diferentes lotes en producción manejan los mismos planes de fertilización campaña tras campaña y para todos sus lotes, independientemente de los diferentes resultados de producción que pueda obtener un lote individual en cada campaña productiva.

En el presente trabajo monográfico se presentan criterios establecidos para el manejo nutricional del cultivo del palto, con el objetivo de lograr un manejo de fertilización basado en información cuantitativa del estado nutricional y de la productividad de los árboles

II.OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Identificar los criterios empleados en el manejo nutricional del cultivo de palto ‘Hass’ en condiciones de Cañete.

2.2 Objetivos Específicos

- Establecer etapas fenológicas del palto ‘Hass’ en condiciones de Cañete.
- Identificar indicadores de nutrición a manejar para planificar programas de fertilización en cultivo de palto ‘Hass’.
- Identificar condiciones adversas que perjudican el manejo nutricional del palto.

III.REVISIÓN DE LITERATURA

A continuación, se recopila información obtenida en revisión de literatura desarrollada por investigadores relacionados con el cultivo del palto en los principales países productores, como lo son México, Estados Unidos, Israel Chile, Sudáfrica y Australia.

3.1 Manejo: Palta en Producción

El objetivo del manejo nutricional del cultivo del palto es promover un adecuado crecimiento vegetativo y radicular, que permitan obtener volúmenes de cosecha rentables, desde un punto de vista económico, y de fruta de calidad que permita al productor competir en un mercado internacional de altas exigencias.

Para ejecutar la fertilización en especies frutales se deben tener en cuenta diferentes variables que interaccionan entre sí y que condicionan la nutrición de los árboles, como lo son el comportamiento del cultivo, el clima, el suelo, el agua de riego, los fertilizantes a manejar, la producción, etc. por lo que se hace necesario basar nuestras decisiones en base a información precisa.

Los síntomas de la deficiencia de nutrientes, que pueden expresarse en las hojas, suelen ser usados como indicadores para generar recomendaciones sobre un programa de fertilización. Sin embargo, este tipo de manejos correctivos son perjudiciales puesto que para que ocurran estos síntomas se ha llegado a una situación de carencia que afectará negativamente la producción. Por otro lado, pueden darse bajas en la producción aún sin expresarse síntomas de deficiencia en los tejidos. Bajo el mismo criterio, un análisis visual no evidencia el hecho de que algún nutriente se encuentre en concentraciones innecesariamente altas, que implican mayores costos de producción por uso excesivo de productos fertilizantes. Adicionalmente, La sintomatología visual de deficiencia no necesariamente implica que el nivel de un elemento en el suelo sea bajo, puesto que pueden darse condiciones que limiten la absorción o el movimiento de un elemento hacia el cultivo (Moreno, 1988).

Los resultados de análisis foliar se consideran la información guía más confiable para establecer los requisitos específicos de fertilización. Lahav et al. (2015) recomiendan tomar muestras, como herramienta para manejar la nutrición del árbol de palto, de las hojas maduras colectadas tarde durante el otoño. Las hojas deben presentarse completamente expandidas, sanas y haberse originado de los brotes de verano que no cargan frutos. Igualmente, las hojas deben ser recolectadas de árboles sanos, representativos del lote de producción a evaluar.

Muestreos representativos de hojas para determinar el estado nutricional del cultivo de palto suelen presentar complicaciones debido a la gran variabilidad que se puede tener entre árboles de un mismo lote de producción. La comprensión de la diferencia entre los niveles de elementos en las hojas de los árboles muestreados en años ON y en años OFF, es todavía insuficiente. La respuesta del árbol a la fertilización aplicada en un año OFF tampoco está clara. En consecuencia, la efectividad del método de muestreo que se practica en la actualidad para la determinación del estado nutricional del palto es en ocasiones insuficiente. Sin embargo, a pesar de sus limitaciones, el análisis foliar sigue siendo una herramienta auxiliar útil para las recomendaciones de fertilizantes (Lahav et al., 1980).

Rangos óptimos en análisis foliares de paltos ‘Hass’ figuran en la Tabla 1. Si se exceden los rangos óptimos, el nutriente correspondiente puede reducirse o incluso eliminarse por completo durante una temporada o más.

Tabla 1: Normas de hojas para palto ‘Hass’

Elemento	Concentración
N	1.60 - 2.80%
P	0.14 - 0.25%
K	0.9 - 2%
Ca	1.0 - 3.0%
Mg	0.25 - 0.8%
S	0.20 - 0.6%
B	40 – 60 ppm
Zn	40 - 80 ppm
Mn	30 - 500 ppm
Fe	50 - 200 ppm
Cu	5 - 15 ppm

FUENTE: Lahav et al. (2015)

3.2 Extracción de Nutrientes por el Cultivo

Los planes de fertilización a menudo se calculan en base a unidades, de peso, de cada elemento que se aportarán a lo largo de cada campaña de producción. La empresa Westfalia Fruit (2020) establece un rango de cantidades por hectárea por año a aplicar para cada elemento, en base a la experiencia de manejo en sus diferentes operaciones a nivel mundial. La Tabla 2 resume la tasa anual de fertilizantes a aplicar en el manejo de palto ‘Hass’.

Tabla 2: Tasa anual de nutrientes para palto ‘Hass’

Elemento	kg/ha/año
N	75 - 300
P ₂ O ₅	0 - 90
K ₂ O	100 - 300
CaO	0 - 30
MgO	0 - 30
Zn	15 - 30
B	3 - 10

FUENTE: Westfalia Fruit (2020)

3.3 Etapas Fenológicas del Cultivo

El palto es una especie de origen subtropical, que clasifica dentro del grupo de árboles siempreverdes. En su ecosistema natural se pueden encontrar árboles vigorosos que crecen dentro de un rango de quince a treinta metros de alto, sin embargo, en sistemas de producción agrícola se tienden a manejar, realizando prácticas de poda, árboles de entre cuatro a cinco metros de alto con el objetivo de mejorar el ingreso de luz dentro de la copa de los árboles, poder hacer un mejor control de plagas y facilitar las prácticas de cosecha. Los hábitos de crecimiento del palto pueden variar de acuerdo con las condiciones climáticas del lugar en el que se cultive, sin embargo, podemos agrupar las principales formas de crecimiento y desarrollo de esta especie:

3.3.1 Crecimiento Vegetativo

Los árboles de 'Hass' por lo general presentan una arquitectura redondeada en su copa, que se forma producto de la emergencia equilibrada entre yemas apicales y yemas laterales (Rodríguez, 1982). De forma general, los nuevos crecimientos vegetativos tienden a ocurrir en los ápices de ramas que no cargan fruta.

El palto crece en flujos periódicos desarrollando brotes de diferentes edades. Estos brotes vegetativos se caracterizan por tener un largo periodo de vida juvenil, en el que requieren de la importación de nutrientes para llegar a su madurez y poder contribuir con la síntesis de carbohidratos para exportar hacia otros tejidos. Las hojas tardan hasta cuarenta días, desde su emergencia, en llegar a la madurez (Cameron et al., 1952).

En climas subtropicales, los paltos se caracterizan por presentar un flujo de crecimiento vegetativo de primavera que inicia junto con la floración y termina con el inicio del verano. Un segundo flujo de crecimiento vegetativo empieza durante el verano y termina con el inicio del otoño (Whiley et al., 1988). Por su parte, en climas como los de California, Israel y Chile se presentan tres flujos de crecimiento vegetativo en primavera, verano y otoño (Chandler, 1958); mientras que, en México, se reporta un flujo vegetativo en invierno y tres flujos en verano (Salazar-García et al., 2006). En Quillota, región de Valparaíso, Tapia (1993), observó el desarrollo de dos ciclos de crecimiento vegetativo. El primero, desde fines de agosto y hasta enero, de mayor intensidad, seguido de un segundo ciclo que comenzaba a fines de marzo y termina a fines de mayo.

3.3.2 Crecimiento Radicular

El sistema de raíces del palto se caracteriza por ser relativamente poco profundo, en comparación con otras especies frutales. Bergh (1992) reconoce tres condiciones del lugar de origen del palto que condicionaron la evolución de sus raíces: las frecuentes e intensas lluvias; los suelos de rápido drenaje, que formaron raíces con altas demandas de oxígeno y sensibles al estancamiento del agua; y, por último, la presencia de una rica capa orgánica superficial, que se evidencia en la tendencia de las raíces nuevas a crecer bajo capas de coberturas de suelo.

El crecimiento de nuevas raíces empieza con el fin de los periodos de crecimiento vegetativos, de esta forma se mantiene un equilibrio entre el desarrollo radicular y el foliar (Calabrese, 1992). De esta forma, se deben presentar tantos flujos de crecimiento radiculares como flujos de crecimiento vegetativo en un determinado lugar de producción.

En Quillota, Chile, Hernández (1991), observó que el desarrollo radicular ocurre entre fines de octubre y mediados de junio, presentando un solo período de crecimiento aparente.

3.3.3 Floración

Salazar-García et al. (1999) señalan que el paso de la yema vegetativa a floral de forma irreversible, en brotes de paltos ‘Hass’ en California, ocurre desde fines de agosto hasta mediados de octubre. Por otro lado, según Gandolfo (2008), en España, la diferenciación floral ocurre durante los meses de otoño e invierno. Chanderbali et al. (2015), indican que durante el mes de marzo existe evidencia de la inducción floral en climas subtropicales del hemisferio sur, observándose que las yemas en el invierno se hinchan debido al crecimiento de las iniciales de las flores.

Wolstenholme (1990), observa que la floración generalmente se da durante un periodo de tiempo prolongado, debido en parte, a que el proceso propio de inducción floral toma alrededor de dos a tres meses. Por su parte, Chanderbali et al., (2015), señala que la floración en palto puede extenderse por más de 6 semanas, especialmente en climas cálidos; lo que caracteriza a su floración como menos sincronizada en comparación con las de otras especies de frutales como los cítricos.

En el hemisferio norte el desarrollo de las inflorescencias ocurre en el mes de enero (Salazar-García et al., 1998). Hernández (1991), señala que, en Quillota, Chile, la floración se extiende desde finales del mes de septiembre hasta noviembre, con un máximo pico floral comprendido entre final de octubre y la primera semana de noviembre. En Florida, la iniciación floral de yemas terminales en reposo generalmente ocurre desde fines de noviembre hasta enero (Davenport, 1982). En Quillota, Chile, la floración se concentró entre fines de octubre e inicios de noviembre, en forma paralela al período de crecimiento vegetativo de primavera (Hernández, 1991).

3.3.4 Cuaja

El cuajado ocurre luego de haber finalizado el proceso de fertilización de las flores del palto. Lovatt (1990) establece que el éxito del proceso de cuajado en palto está relacionado con condiciones que permiten un traslape de varias horas entre flores abiertas de fase femenina y masculina, una alta actividad de insectos polinizadores y una alta tasa de germinación del polen y de crecimiento del tubo polínico.

3.3.5 Crecimiento de Fruta

Al graficar la evolución del peso de las frutas en el tiempo, desde su cuaja hasta la cosecha, se obtiene una curva de crecimiento sigmoidea (Schroeder, 1953). En general, las frutas presentan un crecimiento basado inicialmente en la división celular, que luego es seguido por el agrandamiento de las células. Por el contrario, en la palta el crecimiento basado en la división celular continúa mientras el fruto se mantenga en el árbol, aunque a un ritmo más lento (Valmayor, 1967). Por lo que en palto el peso de la fruta se debe principalmente al número de células que lograron formarse en lugar del tamaño de estas.

Los dos procesos básicos responsables del incremento de tamaño de la palta son la división y la expansión celular. El tamaño final del fruto estará en función del número de células que lo conforman, el mismo que, en estadios iniciales, puede resultar afectado producto del estrés producido por altas temperaturas o déficit de humedad en el suelo. Se considera que la etapa más sensible en la división celular se da en los primeros 55 a 60 días de la cuaja de los frutos. El tamaño final de la palta a la cosecha se establece en gran medida durante los primeros 120 días después de floración (Cowan et al., 2001).

3.3.6 Caída Fisiológica

El palto se caracteriza por presentar una alta tasa de caída de frutos a lo largo del proceso de desarrollo de estos últimos. Lovatt (1990) identifica dos causas principales para esta caída. La primera, se debe a fallas durante el proceso de fecundación de los óvulos en flores que han sido polinizadas. La segunda causa corresponde a competencia entre el crecimiento de la fruta de un mismo árbol. Por su parte, Tomer y Gottreich (1978) indican que un árbol de palto puede tener más de un millón de flores, pero es probable que un alto porcentaje de estas sea anormal o estéril. A pesar de que en condiciones favorables se pueda producir un gran número de frutos, es normal que se produzca una fuerte caída de estos posteriormente.

Respecto al tiempo, las caídas de frutos en palto ocurren en dos periodos. Según Sedgley (1987), el primer periodo ocurre al poco tiempo de la polinización, donde se observa que el 80 por ciento de los frutos caídos se debe a problemas en la fecundación. El segundo periodo de caída de frutos se debe a la fuerte competencia entre el crecimiento de los frutos, a la limitada oferta de fotoasimilados del follaje y a la competencia entre el crecimiento de los frutos y los brotes vegetativos vigorosos de verano. Igualmente, Whiley et al. (1988) indican que en climas subtropicales se presentan dos momentos de intensa caída de frutas, el primero entre fines de la primavera / inicios del verano y, el segundo, a mediados del verano.

Hernández (1991) identifica en paltos producidos en Quillota, Chile, que la caída de frutos más intensa ocurrió entre fines de noviembre e inicios de enero, prácticamente un mes después de la floración. Por su parte, Gardiazabal (2004) indica que en Chile la segunda caída de frutos se da desde finales de marzo hasta finales de abril. Wolstenholme et al. (1990), señalan que, durante el segundo crecimiento vegetativo de mediados de verano, los paltos tienen la última oportunidad de ajustar la carga con el segundo periodo de caídas fisiológicas. En climas subtropicales, la primera caída de frutos se da durante las primeras tres a cuatro semanas después de haber cuajado los frutos, mientras que la segunda caída se presenta a mediados de verano cuando los frutos han alcanzado entre el 10 al 40 por ciento de su peso final.

3.4 Alternancia Productiva

La alternancia productiva en el palto se caracteriza por presentar años de grandes volúmenes cosechas (año ON) seguidos por años de baja producción (año OFF) (Monselise y Goldschmidt, 1982).

En años de altas producciones se puede suprimir la cantidad y la intensidad de crecimientos vegetativos, que posteriormente provocará una reducción en la intensidad de la floración. El motivo por el luego de años ON se reduce la intensidad de la floración, se debe a que la competencia entre el crecimiento de fruta y los crecimientos vegetativos reducen el desarrollo de yemas potenciales que posteriormente formarán inflorescencias. En California se observó que luego de años de altos volúmenes de cosecha, la emergencia de inflorescencias solo se dio en el 13 por ciento de los brotes, encontrándose también que la mayor parte de las yemas apicales de las ramas del último crecimiento originaron brotes vegetativos (Salazar-García et al., 1998).

Por su parte, Wright (1989), indica que la alternancia productiva está relacionada con el efecto que producen las semillas dentro de los frutos en desarrollo de un año ON sobre la floración; indicando que los frutos en su crecimiento se caracterizan por presentar una intensa demanda metabólica y que las semillas en desarrollo son una fuente de hormonas de los árboles. Las yemas florales se observan como débiles demandantes en comparación con el fruto en desarrollo que compite con mayor intensidad en la toma de asimilados. Adicionalmente, existen evidencias de que las hormonas producidas por las semillas de los frutos en desarrollo inhiben la diferenciación floral en las yemas en desarrollo (Monselise y Goldschmidt, 1982).

3.5 Nutrientes a Considerar en el Plan de Fertilización

3.5.1 Nitrógeno

La aplicación de nitrógeno aumenta la vegetabilidad a expensas de la fructificación, mientras que retenerlo favorecerá temporalmente la fructificación. El nitrógeno se puede aplicar en tres o cuatro aplicaciones divididas, la mayoría de las cuales coinciden con el desarrollo y crecimiento de brotes de verano. Una aplicación más temprana puede provocar una caída de la fruta más pesada. El manejo nutricional del crecimiento de verano es vital ya que influye en la productividad actual y futura.

El nitrógeno es uno de los elementos que tiene mayor influencia sobre crecimiento y la producción de los árboles de palto. Su deficiencia limita el crecimiento de brotes vegetativos. Los síntomas relacionados con esta deficiencia se aprecian en hojas de menor tamaño, de un color más pálido y que tienden a desprenderse prematuramente. En casos de deficiencia severa de nitrógeno, incluso las nervaduras de las hojas se ponen amarillas (Lahav et al., 2015).

Embleton et al. (1959) establece una relación significativa entre las concentraciones de nitrógeno en hojas del flujo de crecimiento de primavera, muestreadas en otoño, y los rendimientos de los árboles de palto. Concentraciones de 1.8 por ciento de nitrógeno en las hojas mostraron los rendimientos más altos, mientras que concentraciones por debajo o por encima de este porcentaje dieron como resultado rendimientos significativamente más bajos. Embleton et al. (1968) establece que la concentración de nitrógeno de las hojas de 'Hass', desarrolladas en flujos de crecimiento de primavera y muestreadas en otoño, no debería ser inferior al 2.0 por ciento, ya que no se encontraron evidencias de disminución en el rendimiento con concentraciones de nitrógeno superiores a este valor.

La cantidad de nitrógeno aplicado en árboles productivo de más de seis años de plantados oscila entre los 200 a los 250 kilogramos por hectárea por año. Se recomienda siempre ajustar el plan de fertilización para este elemento considerando su concentración en el tejido foliar, el potencial de mineralización de la materia orgánica en el suelo y el rendimiento del cultivo (Lahav et al., 2015).

En California, Goodall et al. (1965) recomendaron la aplicación de nitrógeno durante la primavera, cuando la demanda de los árboles es alta para sostener los procesos de floración y de cuajado. Por el contrario, Whiley et al. (1988) advirtieron que usar demasiado nitrógeno durante esa etapa fenológica probablemente reducirá el cuajado y, posteriormente, el

rendimiento. En Australia subtropical, donde el vigor de los árboles es mayor que en California, se recomienda fertilizar con nitrógeno a los paltos de acuerdo con la fenología de los árboles, de forma que se realicen aplicaciones de nitrógeno durante el verano y el otoño para no inducir la competencia entre el crecimiento vegetativo y la fructificación durante la primavera.

Embleton et al. (1968), indican que el momento de la aplicación de nitrógeno es más importante que la cantidad aplicada de este elemento al evaluar el aumento del rendimiento y el tamaño del fruto de 'Hass' cultivado en California.

3.5.2 Fósforo

Lahav et al. (2015) señalan que cuando la concentración de fósforo en las hojas es superior al 0.14 por ciento, no se debe aplicar ningún fertilizante fosfatado. Si se utiliza ácido fosfórico, además de aportar fósforo también se promueve el lavado de carbonatos precipitados en líneas de sistemas de riego tecnificado.

3.5.3 Potasio

La mayor parte del requerimiento de potasio generalmente se aplica después del cuajado para promover el aumento de tamaño de los frutos. Pero también se requiere para la fotosíntesis, apertura de estomas y reacciones enzimáticas.

La aplicación de potasio anual recomendada es de 170 a 250 kilogramos por hectárea, este rango puede variar de acuerdo con los resultados de análisis foliares y a las características del suelo. Cuando la concentración de potasio en las hojas es superior al 1.2 por ciento, no se debe aplicar ningún fertilizante que aporte este elemento (Lahav et al., 2015). Por su parte, Embleton y Jones (1964), en un experimento de doce años realizado en California, concluyeron que el aumento de las concentraciones de potasio en análisis foliares de 0.9 a 1.3 por ciento no tuvo efectos sobre el rendimiento de paltos.

3.5.4 Calcio

El calcio es el elemento más relacionado con los trastornos fisiológicos de la fruta, debido a su importante participación como componente de la pared celular, de la estructura y la función de la membrana, y como catalizador y cofactor para una serie de reacciones enzimáticas (Poovaiah et al., 1988). La relación entre la alta concentración de calcio en la fruta y la reducción de los daños a nivel de pulpa se ha demostrado en frutas de palto (Hofman et al., 2002).

Witney et al. (1990) observaron que la concentración de calcio en frutos de palto en desarrollo aumentó rápidamente durante las primeras seis semanas después del cuajado, luego disminuyó rápidamente durante las siguientes cinco semanas y finalmente continuó disminuyendo en un ritmo menos acelerado hasta la madurez de la fruta.

El aumento de las concentraciones de calcio en la fruta presenta dificultades relacionadas principalmente con la baja movilidad de este elemento a nivel del suelo y del árbol y, adicionalmente, a su dependencia del flujo de movimiento del agua para que pueda distribuirse en los diferentes tejidos del palto (Witney et al., 1990).

3.5.5 Hierro

Lahav et al., (2015) indican que, en el cultivo del palto, la deficiencia de hierro suele presentarse como un problema en condiciones de suelos calcáreos con un pH superior a 7.0, cuando se tienen largos periodos de suelos inundados o saturados de agua, o en suelos ácidos con altos niveles de potasio o manganeso disponibles. La deficiencia de hierro se caracteriza por una coloración amarillenta internerval con franjas estrechas de color verde oscuro a lo largo de las venas. La deficiencia de hierro puede corregirse en suelos calcáreos mediante aplicaciones de este elemento en forma quelatada, o disminuyendo el pH y mejorando el drenaje.

Kadman (1963) encontró que la aplicación al suelo de quelato de hierro (EDDHA) corrige la deficiencia de este micronutriente, logrando mostrar una respuesta positiva en árboles en dos a tres semanas luego de la aplicación sobre árboles que presentaban síntomas de deficiencia.

3.5.6 Boro

La deficiencia de boro es uno de los problemas nutricionales más comunes de los paltos que crecen en suelos ácidos, los síntomas se desarrollan cuando las concentraciones de las hojas se encuentran por debajo de los 25 ppm (Whiley et al., 1996).

El boro es esencial para el crecimiento, la floración y el cuajado en el cultivo del palto. Estrategias de fertilización con este microelemento consideran aplicaciones al suelo y pulverizaciones foliares. En California, Jaganath y Lovatt (1998) demostraron que la viabilidad del polen, la fertilización de óvulos y el cuajado de frutos mejoran mediante aplicaciones foliares de boro dirigidas a las inflorescencias recién emergidas. En cuanto a las aplicaciones de boro al suelo, Whiley et. al. (1988) indica que el palto es una especie que

tolera aplicaciones al suelo hasta diez veces mayores que aquellas que causan toxicidad en otros cultivos como los cítricos, macadamia, mango y papaya. La reducida absorción de este elemento por el palto en el suelo se ha atribuido a la poca presencia de pelos radiculares y a la deficiente translocación de boro de las raíces a los tejidos aéreos (Coetzer et al., 1994).

3.5.7 Zinc

Los síntomas causados por la deficiencia de zinc se observan en hojas y frutos cuando se presentan concentraciones de este elemento en hojas por debajo de 15 ppm (Wallihan et al., 1958).

3.5.8 Cloro

El palto es una especie muy susceptible a las altas concentraciones de cloro. Los síntomas de toxicidad causados por este elemento son la presencia de quemaduras en las puntas y márgenes de las hojas. Estas quemaduras en las hojas tienden a ocupar una mayor área durante el verano y el otoño hasta provocar la caída de las hojas. La concentración de cloro en hojas sin síntomas varía en el rango de 0.23 a 0.70 por ciento, mientras que las hojas que presentan puntas y bordes quemados de hojas presentan una concentración que varía en el rango de 0.22 a 1.48 por ciento de cloro (Cooper y Gorton, 1950).

3.5.9 Sodio

El sodio es otro de los elementos que en altas concentraciones pueden limitar el crecimiento de palto. Kadman (1964) identificó portainjertos que presentaban síntomas de toxicidad por sodio cuando en las hojas se tiene más de 1.0 por ciento de este elemento, mientras que en portainjertos que no presentaban síntomas las concentraciones de sodio en hojas varían entre el 0.02 al 0.1 por ciento.

IV.DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

La experiencia laboral ha sido desarrollada en la provincia de Cañete, departamento de Lima; en un fundo de palto ‘Hass’ de 80 hectáreas de extensión instalado en el año 2000. El fundo está dividido en cuarenta lotes, los que de forma individual comprenden un área promedio de dos hectáreas. Los árboles de ‘Hass’ están injertados sobre portainjertos de semilla de ‘Topa Topa’ y fueron instalados siguiendo un marco de plantación que mantiene una distancia de seis metros entre líneas y cuatro metros entre árboles sobre la línea. Se maneja un sistema de riego tecnificado en el que se usan goteros de tipo botón con un caudal de 2.30 L/hora, instalados cada cincuenta centímetros y a lo largo de dos mangueras ciegas tendidas sobre las líneas de plantación, una a cada lado de los árboles. El sistema de riego presenta una caseta de bombas centralizada que cuenta con un sistema de inyección de fertilizantes que usa dos tanques de mezcla. La fuente de agua para riego proviene del subsuelo, siendo extraída a través de pozos tubulares. El suelo presenta una textura franco-arenosa. Para la instalación de los paltos se realizaron trabajos de subsolado y de nivelación, de forma que se plantaron árboles sobre una superficie plana. En los últimos diez años del cultivo no se han realizado trabajos mecánicos sobre el suelo para romper capas duras.

4.1 Historial Productivo

El palto ‘Hass’ presenta una alternancia en su producción que se observa en los registros de cosecha históricos de los cuarenta lotes del fundo. Al analizar los resultados de rendimiento promedio de todos los lotes que componen el fundo se encuentran años de muy altas producciones, o años ON, con promedios de 19.37 t/ha como en el año 2018; seguido de años de muy bajas producciones, o años OFF; con promedios de 6.13 t/ha como en el año 2019. La alternancia en la producción, de un año a otro, puede ser intensificada con las prácticas de manejo que se realicen en campo. En el año 2018, la fruta fue retenida en los árboles por un periodo de dos meses adicionales a la época de cosecha usual. Esta práctica de realizar cosechas tardías se basaba en criterios comerciales, pretendiendo obtener mejores retornos con ventas en épocas en las que los mercados internacionales presentaran mayores demandas de palta ‘Hass’. Los resultados en el rendimiento promedio del año 2019 se ven reducidos producto de la extendida competencia entre los frutos maduros retenidos en el

árbol y las yemas florales en desarrollo durante el invierno del año 2018, lo que concuerda con lo señalado por Monselise y Goldschmidt (1982) quienes evidenciaron que las hormonas producidas por las semillas de los paltos en desarrollo inhiben la diferenciación de las yemas florales en desarrollo.

La variación en la producción no solo se aprecia entre diferentes año o campañas productivas, sino que también se aprecia entre los resultados de cada uno de los lotes del mismo fundo para un mismo año de producción. En la Figura 1 se aprecia el historial productivo de los cuarenta lotes de producción entre los años 2010 a 2019; figurando los promedios de rendimiento obtenidos por los diferentes lotes para cada año, así como las desviaciones de resultados obtenidos al considerar los rendimientos de cada uno de los diferentes lotes de producción. En el 2018, un año de alta producción, se obtuvo un rendimiento promedio de 19.37 t/ha, sin embargo, se observan lotes que tuvieron una producción media que superó las 25 t/ha y otros que presentaron un rendimiento promedio por debajo de las 15 t/ha.

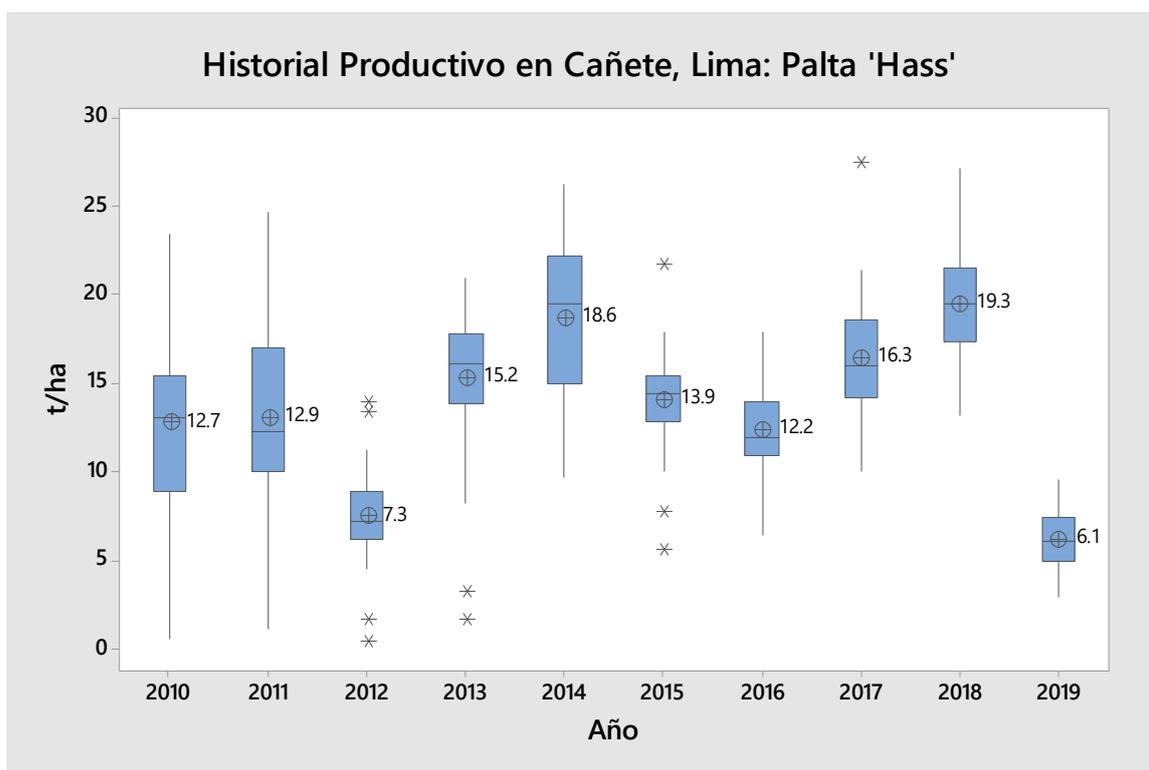


Figura 1: Rendimientos históricos en condiciones de Cañete

A pesar de tener una amplia variabilidad de resultados a la cosecha, entre los diferentes lotes de producción, el programa de fertilización se ejecutaba de la misma forma para todas las 72 hectáreas. Bajo esta evidencia se considera la necesidad de plantear programas de

fertilización para cada lote de producción, en base a proyecciones de rendimiento en cada campaña.

4.2 Proyecciones de Rendimiento

Para establecer proyecciones de rendimiento se realizaron evaluaciones a la cosecha de árboles individuales. En estas evaluaciones se registra la cantidad de frutas producidas y el peso de todas las frutas cosechadas para cada árbol en estudio. Luego de haber evaluado 386 árboles de palto durante dos campañas de producción, un año ON seguido de una OFF; se determinó que existe una alta correlación entre la cantidad de frutas y el peso total cosechado en cada árbol (Figura 2). Por lo que, para realizar proyecciones de rendimiento a la cosecha, basta con realizar conteos de frutas a una muestra de árboles, de un lote de producción específico, para tener una estimación confiable.

Es importante considerar que estos conteos de fruta por árbol se realicen luego de que ocurran las caídas fisiológicas de fruta, que finalizan a mediados de febrero en condiciones de Cañete, con el objetivo de que se tenga la cantidad de fruta más cercana a la que será finalmente cosechada y así poder realizar una proyección de rendimiento correcta. El contar fruta cuajada, pero que finalmente sea abortada por el árbol producto de la competencia induciría al error en las estimaciones de rendimiento. Se debe esperar a que termine el segundo periodo de caída de frutas para empezar a realizar los conteos en campo; en respaldo de lo observado por Wolstenholme et al. (1990) al indicar que la segunda caída de fruta se presenta a mediados de verano cuando los frutos han alcanzado entre el 10 al 40 por ciento de su peso final.

De la misma forma, la muestra de árboles, a los que se evaluará la cantidad de fruta por lote, deben ser seleccionada aleatoriamente entre árboles representativos por el hecho de presentar una condición sanitaria media dentro del lugar de producción. La Figura 2 muestra la correlación encontrada entre las variables de número de frutas producidas y rendimiento por árbol a la cosecha. El diagrama de dispersión presentado aplica para la producción de árboles de 'Hass' bajo condiciones de la provincia de Cañete, tanto para años ON como para años OFF, ya que la relación entre el número de frutos y el peso total de todos estos frutos producidos por un mismo árbol depende directamente del peso promedio de la fruta cosechada; siendo este último un valor que puede diferir mucho dependiendo del lugar de producción en el que se esté trabajando.

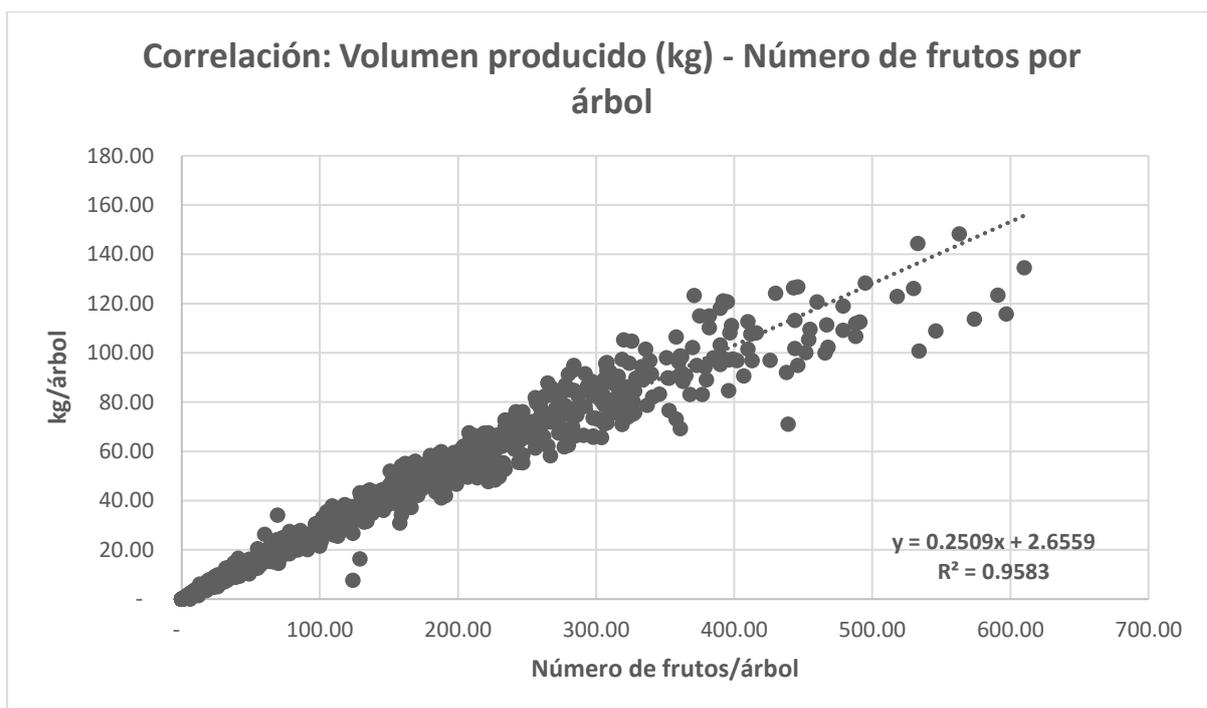


Figura 2: Diagrama de dispersión entre cantidad de frutos y volumen producido por palto ‘Hass’ en condiciones de Cañete

4.3 Historial de Manejo Nutricional

El manejo nutricional para todo el fundo se basaba en un plan de fertilización que indica una cantidad de unidades por fertilizante a usar, por hectárea productiva, durante toda una campaña y para cada uno de los lotes de producción. Este plan de fertilización era modificado en base a la experiencia del encargado del fundo y para determinar las cantidades de insumos a aplicar no se realizaban análisis foliares, tampoco se tenían en cuenta ratios de extracción de nutrientes o estimaciones de producción. En la Tabla 3 se muestra el plan de fertilización manejado durante los años 2017 al 2019

Tabla 3: Plan nutricional histórico

Campaña	Plan Nutricional (kg/ha)							
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Zn	Fe	B
2017	210	78	170	8	35	8.0	2.7	3.0
2018	273	76	260	30	37	8.0	2.7	3.0
2019	258	76	225	30	37	8.0	2.7	3.0
2020	180	90	260	50	40	20.0	3.0	4.0

4.4 Condiciones de cultivo

Con el propósito de conocer las condiciones de cultivo dentro del fundo, se ubicó un lote de rendimientos medios para poder realizar análisis a nivel de suelo, agua de riego y solución suelo; para poder tomarlos en cuenta dentro del plan nutricional a ejecutar para dicho lote. Se realizó un muestreo de suelo y del agua de riego durante el año 2019 para poder analizar parámetros físicos y químicos. La Tabla 4 resume los resultados obtenidos en el análisis de suelo.

Tabla 4: Análisis físico químico del suelo

Parámetro	Unidad	Resultado
Clase textural		Franco - Arenosa
Arcilla	%	6.30
Limo	%	38
Arena	%	55.70
pH (1:1)		7.49
CE (1:1)	dS/m	1.14
CaCO ₃	%	1.40
MO	%	0.40
P (Disponible)	ppm	10
K (Disponible)	ppm	102
CIC	meq/100g	7.84
Ca (Cación Cambiable)	meq/100g	6.54
Mg (Cación Cambiable)	meq/100g	1.07
K (Cación Cambiable)	meq/100g	0.14
Na (Cación Cambiable)	meq/100g	0.08

El suelo presenta una textura franco-arenosa, principalmente compuesto por arena y limo. El pH se presenta como ligeramente alcalino, lo que puede complicar la disponibilidad de ciertos microelementos. La materia orgánica contenida en el suelo es extremadamente pobre, debido a que en los últimos diez años de cultivo en el fundo en estudio no se han mantenido prácticas de incorporación de materia orgánica al suelo. La capacidad de intercambio

cati3nico se muestra principalmente compuesta por calcio intercambiable. Para criterios pr3cticos en el manejo de la fertilizaci3n no se consideran aportes nutricionales por parte del suelo, solo se toman en cuenta condiciones que presenta el mismo en la medida que pueden afectar o interactuar con los aportes nutricionales aplicados en el campo.

La Tabla 5 resume los resultados del an3lisis qu3mico del agua de riego. La fuente de agua disponible proviene del subsuelo, siendo extraída por pozos tubulares que bombean agua que se encuentra a m3s de 100 metros de profundidad.

Tabla 5: An3lisis qu3mico de agua de riego

Par3metro	Unidad	Resultado
pH		8.05
CE	dS/m	1.17
HCO ₃ ⁻	meq/L	2.68
Cl ⁻	meq/L	4.68
SO ₄ ²⁻	meq/L	3.34
NO ₃ ⁻	meq/L	1.02
Ca ²⁺	meq/L	6.19
Mg ²⁺	meq/L	1.38
Na ⁺	meq/L	3.46
K ⁺	meq/L	0.70
B	mg/L	0.14
Fe	mg/L	<0.05
Mn	mg/L	<0.05
Cu	mg/L	<0.05
Zn	mg/L	<0.05

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 5, estamos manejando un agua con pH moderadamente alcalino, con una relaci3n de adsorci3n de sodio (RAS) de 1.778, que al analizarla junto con la conductividad el3ctrica se obtiene una clasificaci3n de agua de riego de C3-S1; con lo que contamos con un bajo riesgo de sodicidad, ya que tenemos concentraciones de calcio y magnesio que neutralizan al sodio, pero con una peligrosidad

salina media (Richards, 1954). El cloro está presente en concentraciones peligrosas para el cultivo de palto que es muy sensible, teniendo > 3.80 meq/L (Martínez et al., 2014). Sulfatos y nitratos están presentes en el agua de riego, posiblemente como resultado de contaminaciones del agua de subsuelo producto de lavados.

En la Tabla 6 se resumen los resultados de la solución suelo obtenida a tres diferentes profundidades de suelo; 20, 40 y 60 centímetros; durante siete momentos de muestreo a lo largo de la campaña 2020. Estas muestras de solución suelo eran extraídas por medio de sondas de succión instaladas en el lote en mención, obteniendo como resultado la concentración de los diferentes iones disponibles en la solución suelo para cada nivel de profundidad.

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 6, la solución suelo presenta un pH medianamente alcalino, con una relación de adsorción de sodio (RAS) promedio a lo largo de todo el seguimiento nutricional de 6.595, que indica que el peligro de sodicidad es bajo y una muy alta conductividad eléctrica, que limita el desarrollo de raíces en el suelo (Richards, 1954). El cloro presente en concentraciones peligrosas, así como las altas concentraciones de sulfatos y nitratos en la solución suelo nos indican que hay problemas con el movimiento de agua en el suelo, que provoca la acumulación de todas estas sales al no poder ser desplazadas a mayores profundidades luego de riegos de lavado. El hecho de que el suelo no haya recibido aportes de materia orgánica ni que se le haya realizado algún trabajo mecanizado para romper capas duras provoca el que se pierda la estructura y que se reduzca la velocidad de infiltración del agua. Los resultados resumidos en esta última tabla, evidencian los problemas de drenaje del suelo, que se observan en el campo donde se tiene un bajo desarrollo radicular a profundidades mayores a los 20 centímetros. Principalmente se observa crecimiento de raíces activas en la superficie del suelo, donde se desarrollan debajo de las capas de hojarasca formadas a partir de la abscisión de hojas senescentes de los mismos árboles. Este hábito de crecimiento concuerda con lo indicado por Bergh (1992), quien reconoce que la presencia de una rica capa orgánica superficial es una condición que encontraban los paltos en su lugar de origen, hecho que se evidencia en la tendencia de las raíces nuevas a crecer bajo de capas orgánicas que cubren el suelo.

Tabla 6: Análisis químico de solución suelo

Fecha	Sonda	pH	CE	H ₂ PO ₄	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
			dS/m	mg /L	meq /L	meq /L	meq /L	meq /L	meq /L	meq /L	meq /L	meq /L
21/9/19	20 cm	7.6	14.6	<2.9	103.0	33.5	13.1	<0.3	54.0	28.7	61.1	1.5
21/9/19	40 cm	7.5	3.9	<2.9	12.3	18.9	1.4	<0.3	17.6	6.2	14.6	0.9
21/9/19	60 cm	7.1	8.9	<2.9	54.4	33.8	2.5	<0.3	44.4	16.9	34.3	0.5
7/11/19	20 cm	7.5	12.2	<2.9	80.6	36.5	12.9	<0.3	57.8	18.7	51.1	0.9
7/11/19	40 cm	7.5	3.4	<2.9	12.4	14.2	0.6	<0.3	14.4	4.0	16.2	0.5
7/11/19	60 cm	7.5	11.1	<2.9	74.4	34.2	3.9	<0.3	59.1	18.6	40.8	0.5
28/11/19	20 cm	7.8	11.0	<2.9	63.1	36.4	9.4	<0.3	45.8	20.6	40.7	0.9
28/11/19	40 cm	7.9	3.1	3.0	12.0	12.1	0.5	<0.3	12.9	4.4	12.9	0.4
28/11/19	60 cm	7.4	11.8	<2.9	78.1	35.7	4.8	<0.3	49.2	24.6	42.5	0.6
3/1/20	20 cm	7.6	7.1	<2.9	33.2	27.3	7.0	<0.3	30.3	10.6	28.4	0.5
3/1/20	40 cm	7.8	2.4	<2.9	6.8	9.6	<0.16	<0.3	9.1	2.9	11.5	0.3
3/1/20	60 cm	7.6	12.4	<2.9	74.2	35.6	5.6	<0.3	54.5	21.9	47.1	0.6
13/2/20	20 cm	7.6	10.4	<2.9	44.5	33.6	5.1	<0.3	44.6	13.3	42.2	0.7
13/2/20	40 cm	7.6	4.6	<2.9	17.2	12.8	0.2	<0.3	17.7	5.1	19.1	0.4
13/2/20	60 cm	7.5	13.7	<2.9	76.7	35.6	4.7	<0.3	66.2	21.8	47.3	0.6
28/5/20	20 cm	7.6	8.3	<2.9	61.5	34.8	0.3	<0.3	42.0	11.9	39.0	0.6
28/5/20	40 cm	7.6	6.0	<2.9	42.3	21.6	0.3	<0.3	32.1	8.9	23.9	0.5
28/5/20	60 cm	7.0	10.0	<2.9	84.3	37.8	3.9	<0.3	59.1	19.8	44.3	0.6
7/8/20	20 cm	8.0	8.3	<2.9	66.9	33.1	0.7	<0.3	39.3	12.3	39.0	0.5
7/8/20	40 cm	8.0	4.2	<2.9	21.0	13.5	0.4	<0.3	18.0	5.2	18.3	0.3
7/8/20	60 cm	8.0	6.0	<2.9	51.0	22.0	1.2	<0.3	33.0	18.9	36.0	0.4

4.5 Criterios de Manejo de Nutrición

La propuesta del plan de fertilización se plantea en base a las diferentes etapas fenológicas que presenta el palto en condiciones de crecimiento de la provincia de Cañete. La campaña productiva empieza con el proceso de floración que inicia en septiembre y se extiende hasta mediados de noviembre, durante este rango de tiempo emergen y se abren flores que nacen de yemas diferenciadas sobre ramas de diferentes edades (Figura 3). A medida que las flores se van abriendo y polinizando, empieza el proceso de cuajado desde fines de septiembre hasta inicios de diciembre. Las caídas fisiológicas de fruta se dan desde octubre hasta mediados de febrero, siendo los tres primeros meses el periodo más intenso de abscisión. Respecto de los flujos de crecimiento vegetativo, se distingue un primer periodo que inicia lentamente en septiembre, junto con la floración, llega a su pico en noviembre y se detiene en diciembre; un segundo flujo vegetativo inicia en enero, más vigoroso que el primero, y continúa hasta mediados de abril. Igualmente, dos flujos de crecimiento radicular se presentan en los paltos, empezando luego de los picos de cada uno de los periodos de crecimiento vegetativo. Finalmente, luego de nueve meses de crecimiento, la fruta es cosechada entre los meses de julio y agosto. La Figura 3 muestra la distribución de las diferentes etapas fenológicas del cultivo del palto ‘Hass’ identificadas a lo largo de dos campañas de producción comercial en condiciones de Cañete.

		Crecimiento radicular			Crecimiento radicular						
		Crecimiento vegetativo		Crecimiento vegetativo							
		Cuaja		Crecimiento de fruta					Cosecha		
Floración		1era Caida		2da caida				Diferenciación floral			
Primavera		Verano			Otoño			Invierno			
Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto

Figura 3: Etapas fenológicas de palto ‘Hass’ en condiciones de Cañete

De acuerdo con las etapas fenológicas presentadas por el cultivo a lo largo del año en condiciones de Cañete, es que se establecen los tiempos de aplicación de los elementos establecidos dentro del programa de fertilización. En la Tabla 7 se resume la distribución de cada nutriente del programa de fertilización de acuerdo con las estaciones del año, previamente relacionadas con las etapas fenológicas del cultivo.

Tabla 7: Programa de fertilización según etapas fenológicas

Elemento	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
N	25%	40%	25%	10%
P ₂ O ₅	15%	50%	25%	10%
K ₂ O	25%	35%	30%	10%
CaO	55%	40%		5%
MgO	20%	60%	20%	
B	50%			50%
Zn	65%			35%
Fe	50%	50%		

El aporte de nitrógeno y magnesio se concentra junto con los flujos de crecimiento vegetativos, aportando el 40% y el 60% de estos elementos, respectivamente, en los meses de verano que se intensifica la emergencia de este tipo de brotes. El fósforo se aporta como ácido fosfórico durante todo el año, con propósito adicional de lavar el sistema de riego y prevenir posibles obturaciones de los emisores. Las cantidades de fósforo aplicadas incrementan en los periodos en los que se presentan flujos de crecimiento radicular. Los aportes de potasio se concentran en las etapas de crecimiento de la fruta, buscando promover la traslocación de nutrientes en los árboles. La mayor parte del calcio se suministra desde la cuaja hasta el fin de las caídas fisiológicas de los frutos; con el objetivo de que este elemento, importante para definir la vida postcosecha, se concentre en los frutos en desarrollo. Los aportes de micronutrientes como boro y zinc se concentran desde un mes antes del inicio de la floración y hasta un mes después de finalizado este proceso, con el objetivo de asegurar la correcta fecundación y cuajado de frutos. El hierro se aplica en forma quelatada, EDDHA, en dos aplicaciones al inicio de los flujos de crecimiento vegetativo de primavera y verano, para garantizar su estabilidad y disponibilidad en la solución de fertirriego por el hecho de manejar agua moderadamente alcalina.

4.6 Seguimiento Nutricional

En un lote de producción representativo del campo, donde se tienen rendimientos históricos promedio, se realizó un seguimiento nutricional a lo largo de la campaña 2020, que inicia en

la floración del año 2019, para el que se consideraron realizar análisis foliares, de solución fertirriego (SFR) y de solución suelo a veinte centímetros de profundidad. Estos análisis se realizaron en siete diferentes etapas fenológicas del palto, considerando: floración, cuaja, primera caída de fruta, segunda caída de fruta, fruta al 50% de su peso final, diferenciación floral y, finalmente, a la cosecha. En el muestreo para análisis foliares, se consideró identificar árboles representativos dentro del lote en estudio, para recolectar hojas sanas y maduras, presentes en el tercio medio de ramas emergidas en el último periodo de crecimiento vegetativo, de esta forma se colectaron hojas maduras disponibles al momento del muestreo sin diferenciar el flujo de crecimiento en el que habían emergido las ramas seleccionadas.

A lo largo de la campaña, las concentraciones de nitrógeno en hoja oscilaron en el rango de 2.06 a 2.96%, presentándose el valor más bajo a la cosecha que es el momento en el que las aplicaciones de este elemento se reducen de acuerdo con el plan de fertilización. Esos valores se mueven alrededor del límite superior del rango óptimo de nitrógeno en hojas establecido por Lahav et al. (2015), que va del 1.6 al 2.8%. En este caso se recomienda hacer una reducción sobre el plan de fertilización para disminuir los aportes de nitrógeno que presentan altas concentraciones, de esta forma se redujo en un 30% las unidades totales de nitrógeno usadas en la campaña 2020, 180 unidades, respecto de las empleadas en la campaña 2019, 258. La Figura 4 muestra la evolución en las concentraciones de nitrógeno en hoja a lo largo de los siete momentos de muestreo. Al reducir en un 30% las unidades totales de nitrógeno en la campaña 2020 respecto de la campaña 2019, el porcentaje de nitrógeno en hojas a la cosecha tuvo 0.26 puntos porcentuales menos de este elemento que al inicio de la campaña, durante la floración.

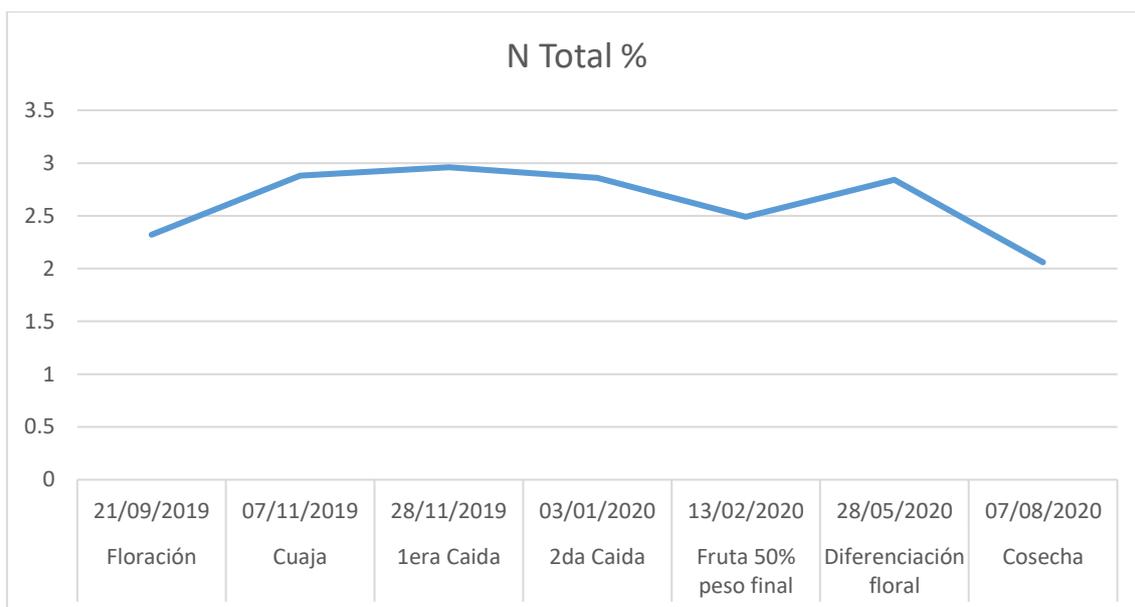


Figura 4: Concentraciones de nitrógeno foliar según etapas fenológicas de palto ‘Hass’

Las concentraciones de nitrato en solución suelo a veinte centímetros de profundidad se encontraban altas al inicio de campaña (13.10 meq/L), muy por encima de lo que se estaba aportando en la solución fertirriego (3.60 meq/L). Esta acumulación de nitrato en el suelo se refleja en la alta concentración de nitrógeno en las hojas, por lo que se decidió reducir el plan de fertilización de este elemento durante los flujos de crecimiento vegetativos buscando consumir la acumulación de nitratos a nivel suelo, y así regular la concentración de nitrógeno en las hojas de palto. A partir del muestreo realizado durante la segunda caída fisiológica, a inicios de verano, con el que se llegó a un equilibrio entre las concentraciones de nitrato en la solución fertirriego y las del suelo a los 20 centímetros de profundidad, se mantuvieron constantes los aportes de nitrógeno durante los flujos de crecimiento de verano. Hacia la maduración de los flujos de crecimiento vegetativos de verano se redujo considerablemente la concentración de nitratos en la solución suelo muestreada a 20 centímetros de profundidad, época en la que se reducían de la misma forma los aportes de nitrógeno a través del fertirriego según el plan de nutrición. La Figura 5 muestra la evolución de las concentraciones de nitrato en solución fertirriego y en solución suelo a 20 centímetros de profundidad a lo largo de los siete momentos de muestreo.

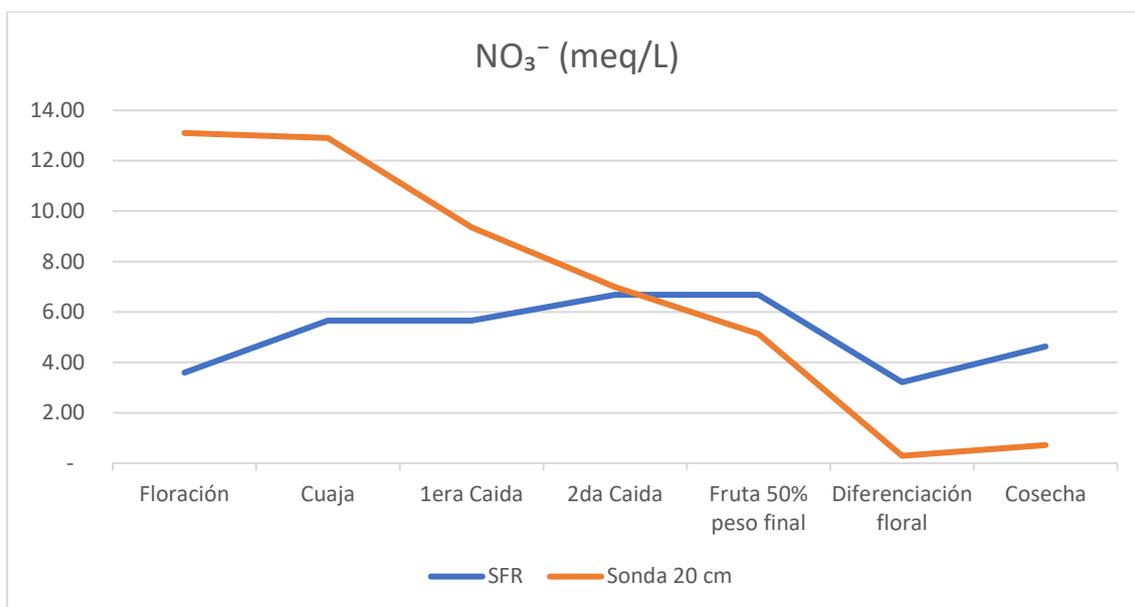


Figura 5: Concentraciones de nitrógeno en solución fertirriego (SFR) y en solución suelo a veinte centímetros de profundidad

El potasio se presenta dentro del rango de concentraciones en hojas propuesto por Lahav et al. (2015) durante las diferentes etapas fenológicas evaluadas durante la campaña 2020; llegando a un pico de 1.58% durante la cuaja, momento a partir del cual aumentan los aportes de este elemento según el plan nutricional. En etapas posteriores, a lo largo del crecimiento de los frutos, las concentraciones de potasio en hojas maduras se mantienen ligeramente por encima del 1 por ciento a pesar de que se ejecutaron altos aportes de potasio a través del fertirriego. El hecho de que las concentraciones de potasio en hojas maduras disminuyan a partir de la cuaja, a pesar de que los aportes nutricionales de este elemento aumentan, estaría relacionado con la demanda producida por parte de la fruta en crecimiento. Cuando la fruta alcanza su tamaño final, hasta la cosecha, las concentraciones de potasio en hoja aumentan hasta alcanzar un porcentaje similar al que se encontraban al inicio de la campaña, durante la floración, alrededor del 1.2%. Durante la campaña 2020 se esperaba tener un año de alta producción, año ON, en base al hecho de que la campaña 2019 se habían presentado bajas producciones, obteniendo un promedio por hectárea de 6.13 toneladas de producción; por este motivo se consideró un aumento sobre el potasio en el plan nutricional, manejando las mismas unidades empleadas en la campaña 2018 en la que se presentaron altas producciones. La Figura 6 muestra la evolución de las concentraciones de potasio en análisis foliares realizados a lo largo de los siete momentos de muestreo.

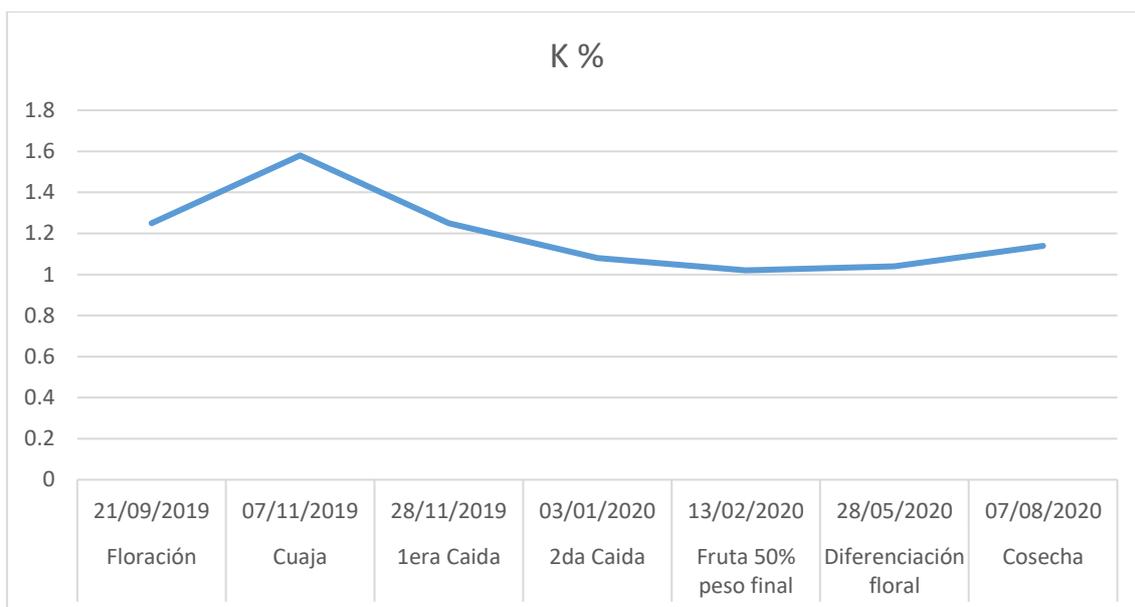


Figura 6: Concentraciones de potasio foliar según etapas fenológicas de palto ‘Hass’

Durante fines de primavera e inicios de verano se aumentó el aporte de potasio, durante las etapas iniciales de crecimiento de fruta luego de la cuaja, de acuerdo con el programa de fertilización. En la campaña 2020 se tenía proyectado un mayor rendimiento a la cosecha, en comparación con la campaña 2019, por lo que se aumentó el aporte de este elemento en el plan. Para mediados de verano, luego de finalizada la segunda caída de fruta, se estimó un rendimiento promedio de 16 toneladas por hectárea, luego de realizar conteos de números de fruta por árbol. Con esta estimación a la cosecha se mantuvieron los altos aportes de potasio según el plan nutricional hasta mediados de otoño. Sin embargo, este aumento en el aporte de potasio no se ve reflejado en las concentraciones foliares que disminuyeron sin llegar a niveles por debajo de lo recomendado por Lahav et al. (2015), quienes indican como límite inferior un 0.9%, lo que podría estar relacionado con el movimiento de este nutriente hacia la fruta cuajada y en crecimiento. En base a esta última observación se puede plantear el realizar mayores aportes de potasio en una campaña de altas producciones, años ON, con el objetivo de aumentar las concentraciones de potasio en hoja durante los meses en los que se presenta un mayor crecimiento de fruta. Del mismo modo, en los análisis de solución suelo no se aprecia una acumulación de potasio. La Figura 7 muestra la evolución de las concentraciones de potasio en solución fertirriego y en solución suelo a 20 centímetros de profundidad a lo largo de los siete momentos de muestreo.

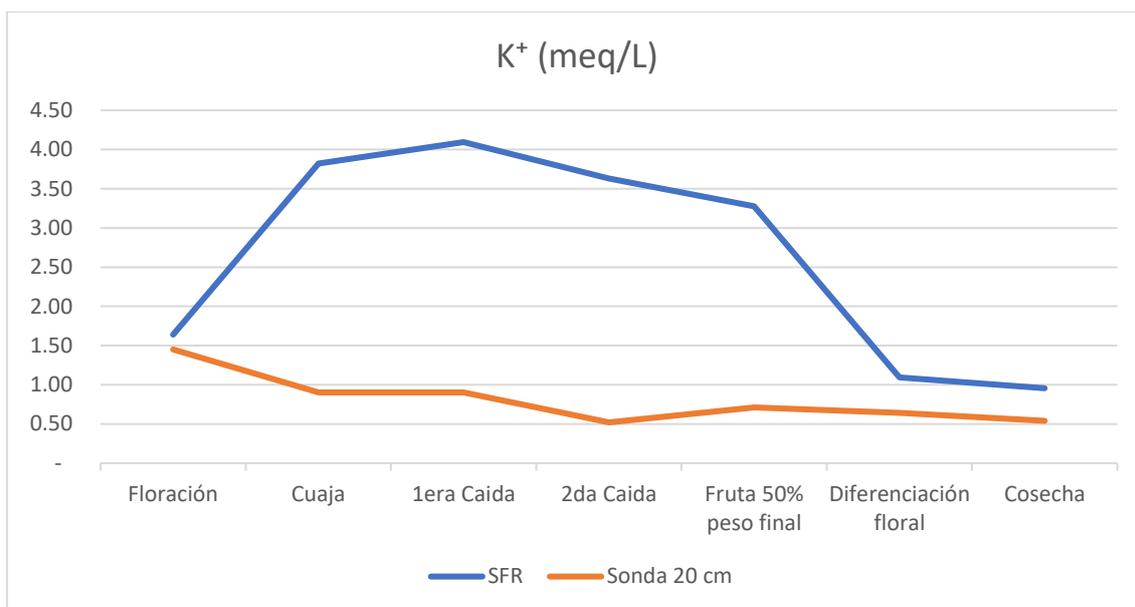


Figura 7: Concentraciones de potasio en solución fertirriego (SFR) y en solución suelo a veinte centímetros de profundidad

Las concentraciones de calcio en hojas, durante la campaña de seguimiento nutricional, se encuentran dentro del rango óptimo establecido por Lahav et al. (2015), quienes señalan que el porcentaje de calcio debe fluctuar entre el 1 y el 3 por ciento. Durante el seguimiento nutricional las concentraciones más bajas de calcio en hoja se dieron entre las etapas fenológicas de cuaja y caídas de fruta, periodos en los que existe una fuerte competencia entre los brotes vegetativos y las frutas en desarrollo. Durante la campaña 2020 se consideró aumentar el aporte de calcio, manejando un total de 50 unidades mientras que en la campaña 2019 se consideró un aporte de 30 unidades de calcio. El aumento de este elemento en el plan nutricional se debe a la estimación de mayores producciones a la cosecha para la campaña 2020 y al propósito de garantizar una adecuada concentración de calcio en la fruta, para garantizar una adecuada calidad de esta. Los mayores aportes de calcio durante toda la campaña se centran desde la floración hasta la segunda caída fisiológica de fruta, periodo en el que se aplicó el 85% del aporte de calcio de toda la campaña. Durante las etapas posteriores, desde la segunda caída fisiológica, el calcio tiende a continuar acumulándose en las hojas hasta llegar a su concentración más alta durante la cosecha, época en la que no se presenta otro tipo de crecimientos en los tejidos del árbol, que puedan competir por la demanda de este nutriente. La Figura 8 muestra la evolución de las concentraciones de calcio en análisis foliares realizados a lo largo de los siete momentos de muestreo.

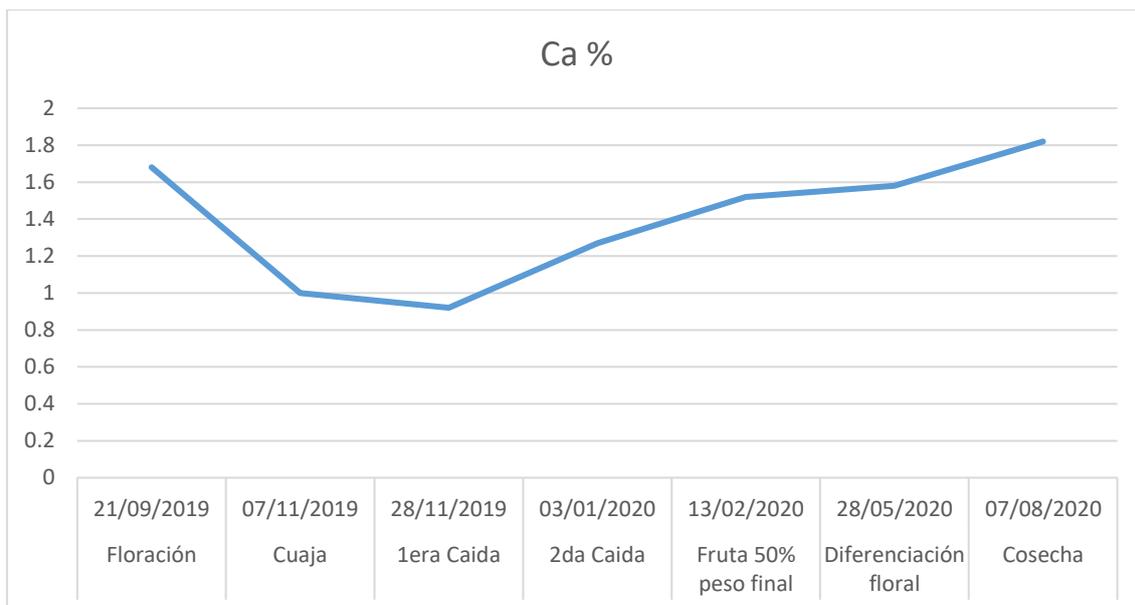


Figura 8: Concentraciones de calcio foliar según etapas fenológicas de palto ‘Hass’

En el suelo se observa una gran acumulación de calcio, muy superior a la cantidad de calcio aportada en la solución fertirriego. A pesar de que el agua de riego durante toda la campaña presenta aportes importantes de calcio, manejando un rango de concentraciones que varía entre los 3.80 y los 5.79 meq/L, se considera realizar aportes adicionales para cubrir la demanda del cultivo. Hacia el verano se observa una reducción en la concentración de este elemento en la solución suelo, hecho que pudiera estar relacionado con el aumento en el consumo de calcio por parte de los frutos en desarrollo durante ese mismo periodo de tiempo y/o por el aumento de la demanda hídrica del cultivo, ya que nos encontramos a mitad del verano. El hecho de presentar concentraciones bajas de calcio en hoja durante la primera caída fisiológica de fruta, con porcentajes menores al 1%, indica que se puede pretender aumentar los aportes de este nutriente durante años de altas producciones. Por su parte, el hecho de tener altas concentraciones de calcio en solución suelo, a los 20 centímetros de profundidad, con concentraciones que llegan a ser seis veces más altas que las que se presentan en el agua de riego, indica que el suelo presenta problemas de drenaje que están causando la acumulación de este elemento a nivel suelo. La Figura 9 muestra la evolución de las concentraciones de calcio en solución fertirriego y en solución suelo a 20 centímetros de profundidad a lo largo de los siete momentos de muestreo.

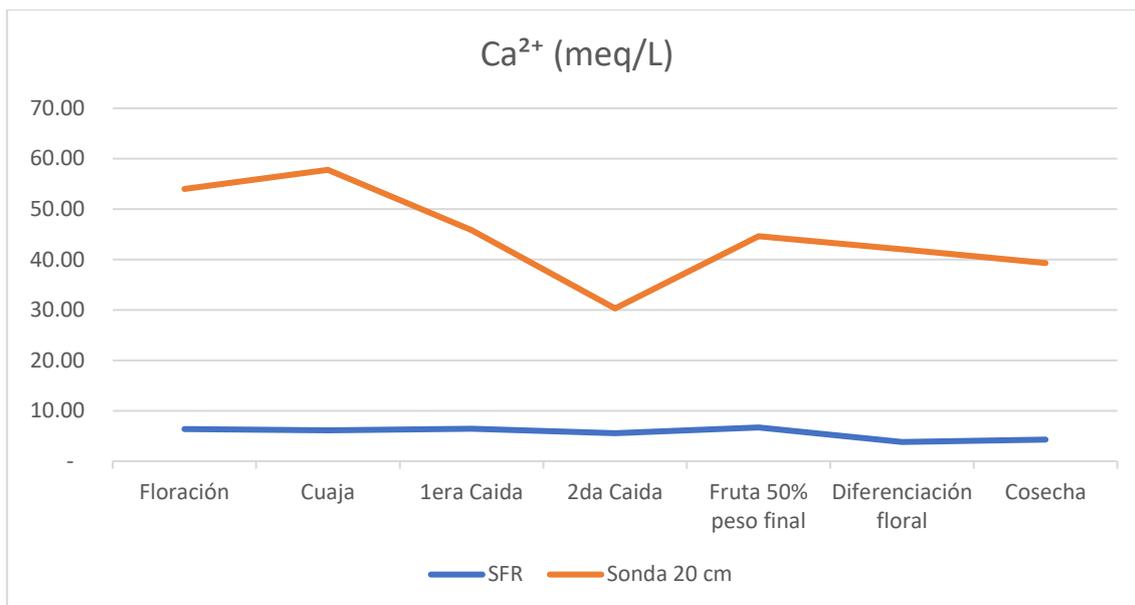


Figura 9: Concentraciones de calcio en solución fertirriego (SFR) y en solución suelo a veinte centímetros de profundidad

El cloro muestra una curva de crecimiento ascendente a lo largo de la campaña de producción, presentando las más altas concentraciones durante la cosecha, en invierno, donde supera los 8,500 ppm. Este último resultado supera el rango de 0.23 a 0.7 por ciento establecido por Cooper y Gorton (1950), para concentraciones de cloro en hojas de portainjertos que no presentan síntomas de toxicidad por este elemento. Las quemaduras de hojas bajo estas condiciones se intensifican durante el invierno, cuando no se presenta flujos de crecimiento vegetativo en los árboles, causando la caída prematura de las mismas. En las diferentes etapas fenológicas evaluadas se registraron elevadas cantidades de cloro en las hojas maduras; presentando la concentración más baja en noviembre durante la cuaja, en la que se tenían 1,927 ppm de cloro. Este elemento no está considerado dentro del plan nutricional del cultivo del palto, sin embargo, se tiene presente su efecto tóxico sobre las hojas por lo que resulta importante saber cuáles son las cantidades de cloro que se acumulan durante la campaña con el objetivo de establecer practicas agronómicas que busquen prevenir esta acumulación y futura toxicidad. La única fuente de cloro, en las condiciones de Cañete, proviene del agua de riego que presenta una concentración que oscila entre los 4.68 meq/L a lo largo de todo el año, estas concentraciones se presentan en el agua del subsuelo que es bombeada a través de pozos tubulares que alcanzan los 120 metros de profundidad. La Figura 10 muestra la evolución de las concentraciones de cloro en análisis foliares realizados a lo largo de los siete momentos de muestreo.

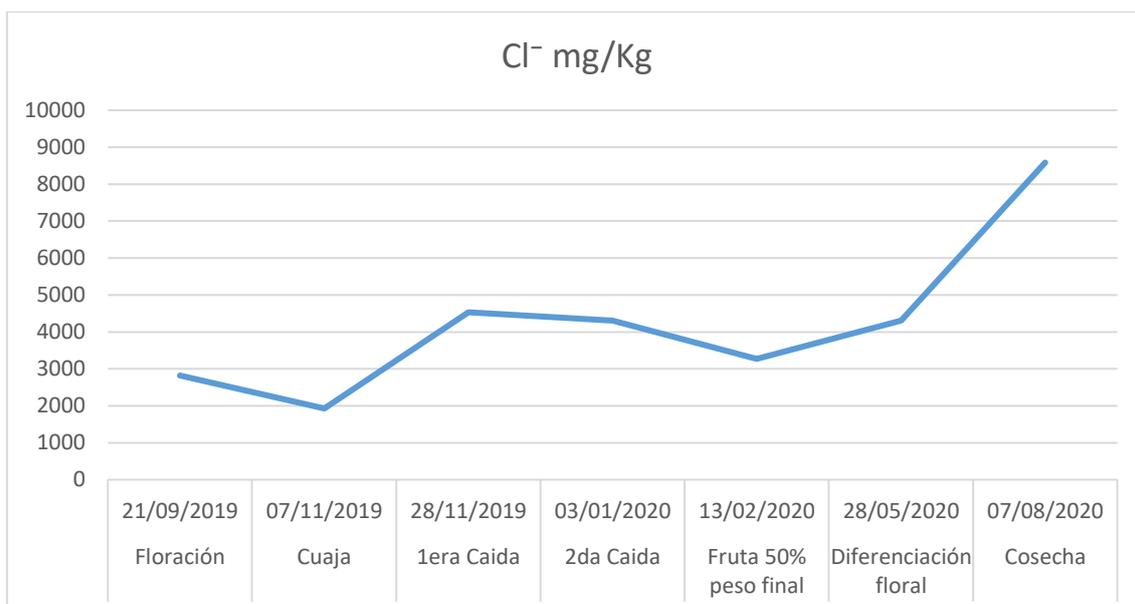


Figura 10: Concentraciones de cloro foliar según etapas fenológicas de palto ‘Hass’

A lo largo de la campaña 2020 se registraron concentraciones de cloro en solución fertirriego que variaban en un rango de 3.46 a 4.92 meq/L, este resultado refleja la calidad del agua que era extraída a través de pozos tubulares durante el transcurso del año. A pesar de que las concentraciones de cloro en el agua se mantenían por debajo de los 5 meq/L, en la solución suelo extraída a 20 centímetros de profundidad siempre se registraron altas concentraciones de cloro que variaban en el rango de 33.20 a 103.00 meq/L de cloro. Las concentraciones de cloro en el suelo disminuían durante el verano, momento en el que se ejecutan 6 días de riego a la semana, realizando aportes diarios a razón de 40 m³/ha. Durante el resto del año se aumentó la lámina de riego de lavado, manejando 80 m³/ha de forma semanal con el objetivo de reducir las concentraciones de cloro en la solución suelo. El hecho de que se hayan mantenido altas concentraciones de cloro en el suelo, a pesar de haber aumentado el volumen de riego de lavados, indica que existe un problema de drenaje en el suelo que impide que el agua se mueva libremente y que el cloro se desplace a mayores profundidades. El hecho de que no se hayan realizado trabajos mecanizados en el lugar de producción con el objetivo de romper capas duras del suelo ha provocado estas condiciones con el pasar de los años. La Figura 11 muestra la evolución de las concentraciones de cloro en solución fertirriego y en solución suelo a 20 centímetros de profundidad a lo largo de los siete momentos de muestreo.

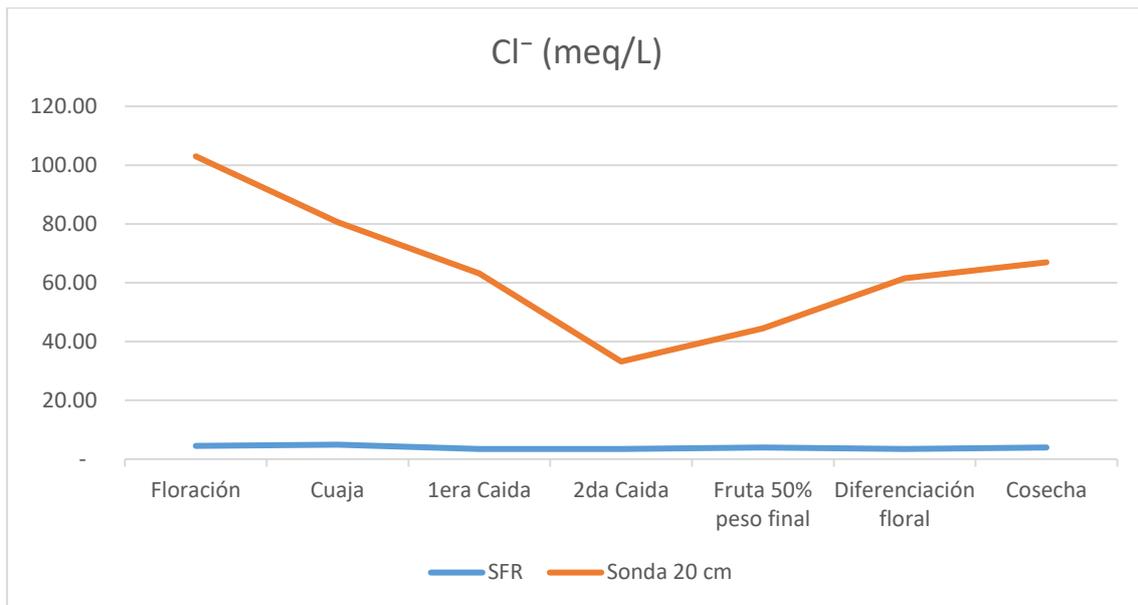


Figura 11: Concentraciones de cloro en solución fertirriego (SFR) y en solución suelo a veinte centímetros de profundidad

V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El programa de fertilización del cultivo de palto 'Hass' debe plantearse en base a las diferentes etapas fenológicas del cultivo por estar asociadas a requerimientos de nutrientes específicos.

El uso de herramientas como los análisis foliares, análisis de solución fertirriego y los análisis de solución suelo permiten realizar ajustes sobre los planes de fertilización con el propósito de hacer más eficientes los aportes de nutrientes.

El palto presenta una alternancia productiva característica que puede permitir el plantear un enfoque específico en el manejo de la fertilización.

Los problemas de drenaje a nivel del suelo favorecen la acumulación de sales a altas concentraciones que producen reacciones tóxicas en el cultivo del palto 'Hass'.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- BERGH, B. O. (1992). The origin, nature, and genetic improvement of the avocado. California Avocado Society Yearbook 76.
- CAMERON, S. H.; MULLER, R. T. y WALLACE, A. (1952). Nutrient composition and seasonal losses of avocado trees. California Avocado Society Yearbook 36.
- CALABRESE, F. (1992). El Aguacate. Ediciones Mundi-Prensa.
- CHANDERBALI, A. S., SOLTIS, D. E., SOLTIS, P. S. y WOLSTENHOLME, B. N. (2015). Taxonomía y Botánica. En: SCHAFFER, B., WOLSTENHOLME, B. N. y WHILEY, A. W. (2015). El Aguacate. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- CHANDLER, W. H. (1958). Evergreen Orchards, 2nd edn. Lea and Febiger.
- COETZER, L. A., ROBBERTSE, P. J., BARNARD, R. O. y TOMER, E. (1994). Uptake and transport of boron in avocado seedlings. South African Avocado Growers' Association Yearbook 17.
- COOPER, W. C. y GORTON, B. S. (1950). Relation of leaf composition to leaf burn of avocados and other subtropical fruits. Texas Avocado Society Yearbook 3.
- COWAN, A.; CRIPS, R.; RICHINGS, E. y TAYLOR, N. (2001). Fruit size: Towards an understanding of the metabolic control of fruit growth using avocado as a model system. *Physiol. Plant.*
- DAVENPORT, T. L. (1982). Avocado growth and development. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 95.
- EMBLETON, T. W. y JONES, W. W. (1964). Avocado nutrition in California. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 77.
- EMBLETON, T. W., JONES, W. W. y GARBER, M. J. (1959). Curvilinear relationship between leaf nitrogen and yield of Fuerte avocados. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 74.

- EMBLETON, T. W., JONES, W. W., GARBER, M. J. y BOSWELL, S. B. (1968). Nitrogen fertilization of the Hass avocado. California Avocado Society Yearbook 52.
- GANDOLFO, S. (2008). Factores ecofisiológicos relacionados con el crecimiento vegetativo, floración y desarrollo del fruto del aguacate. [Tesis Doctoral. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia].
- GARDIAZABAL, F. (2004). Riego y nutrición en paltos. Pp 20-30. En: 2º Seminario internacional de paltos. Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. 29 sep – 1 oct. Quillota, Chile.
- GOODALL, G. E., EMBLETON, T. W. y PLATT, R. G. (1965) Avocado fertilization. University of California Cooperative Extension Bulletin 2024. University of California, California.
- HERNÁNDEZ, F. (1991). Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cultivar Hass, para la zona de Quillota, V región. [Taller de Licenciatura. Quillota, Chile: Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía].
- HOFMAN, P. J., FUCHS, Y. y MILNE, D. L. (2002). Harvesting, packing, postharvest technology, transport and processing. En: WHILEY, A. W., SCHAFFER, B. y WOLSTENHOLME, B. N. (2002) The avocado: Botany, Production and Uses. CAB International.
- JAGANATH, I. y LOVATT, C. J. (1998). Efficacy studies on prebloom canopy applications of boron and/or urea to ‘Hass’ avocados in California. In: Proceedings of the 3rd World Avocado Congress, Tel Aviv, Israel.
- KADMAN, A. (1963). Soil treatments with iron chelates to cure chlorotic avocado trees in Israel. California Avocado Society Yearbook 46.
- KADMAN, A. (1964). The uptake and accumulation of sodium in avocado seedlings. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 85.
- LAHAV, E. y KALMAR, D. (1980). Avocado fertilization. Bulletin of the International Potash Institute No. 6. Worblaufen-Bern.
- LAHAV, E., WHILEY, A. W. y TURNER, D. W. (2015). Riego y Nutrición Mineral. En: SCHAFFER, B., WOLSTENHOLME, B. N., WHILEY, A. W. (2015). El Aguacate. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso.

- LOVATT, C. (1990). Factors affecting fruit set/early fruit drop in avocado. California. Avocado Society Yearbook, 74.
- MARTÍNEZ, J.P., MUENA, V. y RUIZ, R. (2014). Nutrición y fertilidad en paltos. Boletín INIA N° 283. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.
- MINISTERIO DE DESARROLLO DE AGRICULTURA Y RIEGO (2020). www.midagri.gob.pe/. [Consultado 12 de marzo, 2021].
- MONSELISE, S. P. y GOLDSCHMIDT, E. E (1982). Aternate bearing in fruit trees. Horticultural reviews. 4.
- MORENO, Y. M. (1988). Estudio De La Situación Nutricional Del Palto (*Persea Americana* Mill) Cv. Fuerte Y Hass, En La Quinta Región Del País [Taller de Titulación como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Católica De Valparaíso Facultad De Agronomía].
- POOVAIAH, B. W., GLENN, G. M. y REDDY, A.S.N. (1988). Calcium and fruit softening: physiology and biochemistry. Horticultural Reviews 10.
- RICHARDS, L.A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture Handbook No 60. United States Department of Agriculture.
- RODRIGUEZ, F. (1982). El aguacate. México. AGT.
- SALAZAR-GARCIA, S., COSSIO-VARGAS, L. E., LOVATT, C. J., GONZALES-DURAN, I. J. L. y PEREZ-BARRAZA, M. H. (2006). Crop load affects vegetative growth flushes and shoot age influences irreversible commitment to flowering of 'Hass' avocado. Journal of the American Society for Horticultural Science 41.
- SALAZAR-GARCIA, S., LORD, E. M. y LOVATT, C. J. (1999). Inflorescence development of the 'Hass' avocado: commitment to flowering. Journal of the American Society for Horticultural Science 124.
- SALAZAR-GARCIA, S., LORD, E. y LOVATT, C. (1998). Inflorescence and flower development of the Hass avocado (*Persea americana* Mill.) during on and off crops years. Journal of the American Society for Horticulture Science, 123 (4).
- SCHROEDER, C. A. (1953). Growth and development of the Fuerte avocado fruit. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 61.

- SEDGLEY, M., 1987. Flowering, pollination and fruit-set of avocado. South African Avocado Growers Association Yearbook, 10.
- TAPIA, P. (1993). Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass, para la zona de Quillota, V Región. [Tesis Ingeniero Agrónomo. Quillota, Chile: Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía].
- TOMER, E. y GOTTRICH, M. (1978). Abnormalities in avocado (*Persea americana* Mill.) ovule development. Botanical Gazette 139.
- VALMAYOR, R. V. (1967). Cellular development of the avocado fruit – blossom to maturity. Philippine Agriculturist.
- WALLIHAN, E.F., EMBLETON, T.W. y PRINTY, W. (1958). Zinc deficiency in avocado. California Avocado Society Yearbook 42.
- WESTFALIA FRUIT (2020). Hass Avocado Fertilisation Protocol. Westfalia Fruit Global Avocado Protocols.
- WHILEY, A. W., CHAPMAN, K. R. y SARANAH, J. B. (1988). Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte during flowering. Australian Journal of Agricultural Research 39.
- WHILEY, A. W., SARANAH, J. B., CULL, B. W. y PEGG, K. G. (1988). Manage avocado tree growth cycles of productivity gains. Queensland Agricultural Journal 4.
- WHILEY, A. W., SMITH, T. E., SARANAH, J. B. y WOLSTENHOLME, B. N. (1996). Boron nutrition of avocados. Talking Avocados, 7(2).
- WHILEY, A. W., WINKS, C. W., STEPHENSON, R. A. y WINSTON, E. C. (1988). Boron nutrition of subtropical and tropical fruit and nut crops in Queensland. En: Winks, C.W. (1988) Maroochy Horticultural Research Station Report 5.
- WITNEY, G. W., HOFMAN, P. J. y WOLSTENHOLME, B. N. (1990). Mineral distribution in avocado trees with reference to calcium cycling and fruit quality. Scientia Horticulturae 44.
- WITNEY, G. W., HOFMAN, P. J. y WOLSTENHOLME, B. N. (1990). Effect of cultivar, tree vigour and fruit position on calcium accumulation in avocado fruit. Scientia Horticulturae 44.

WOLSTENHOLME, B. (1990). Resource allocation and vegetative reproductive competition: opportunities for manipulation in evergreen fruit trees. *Acta Horticulturae*, 275.

WOLSTENHOLME, B. (1990). Some thoughts on flowering in avocado trees. *Journal of the South African Avocado Growers Association* 10.

WRIGHT, C. J. (1989). Interactions between vegetative and reproductive growth. En: WRIGHT, C. J. (1989). *Manipulation of fruiting*. Butterworths & Co. Publishers.