

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE AGRONOMIA



**“DETERMINACION DE LA EXTRACCIÓN DE
MACRONUTRIENTES EN PALTO (*Persea
americana* Mill) VARIEDADES HASS Y FUERTE,
MEDIANTE EL ANALISIS FOLIAR EN EL VALLE
DE SAN MIGUEL, LA MAR AYACUCHO”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRONOMO**

PRESENTADO POR:

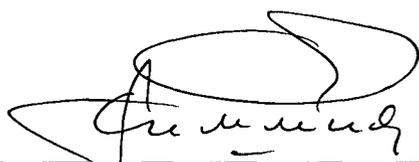
WILDER YUPANQUI PILLIHUAMÁN

AYACUCHO – PERU

2009

**“DETERMINACION DE LA EXTRACCIÓN DE MACRONUTRIENTES
EN PALTO (*Persea americana* Mill) VARIEDADES HASS Y FUERTE,
MEDIANTE EL ANALISIS FOLIAR EN EL VALLE DE SAN
MIGUEL, LA MAR AYACUCHO”**

Recomendado : 01 de septiembre de 2009
Aprobado : 04 de septiembre de 2009



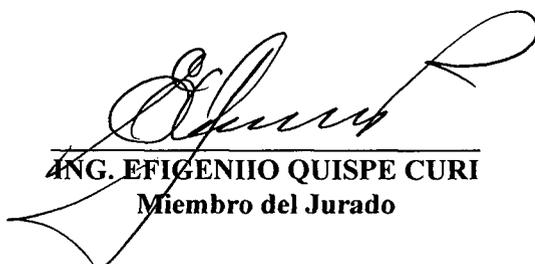
M.Sc. ING. FRANCISCO CONDEÑA ALMORA
Presidente del Jurado



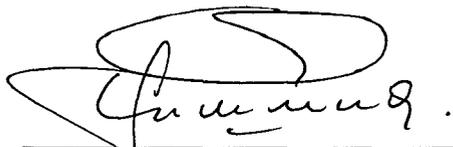
ING. JUAN BENJAMIN GIRON MOLINA
Miembro del Jurado



ING. EDUARDO ROBLES GARCIA
Miembro del Jurado



ING. EFIGENIO QUISPE CURI
Miembro del Jurado



M.Sc. ING. FRANCISCO CONDEÑA ALMORA
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres

Fidel Yupanqui León y Adalberto Pillihuamán Lagos,
con mucho cariño y eterna gratitud, por su esfuerzo y
abnegado sacrificio que realizó por la
superación de sus hijos y que
hizo posible la culminación de mi
carrera profesional

AGRADECIMIENTO

- Mi más sincero agradecimiento a nuestra Primera Casa Superior de Estudios la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a la Facultad de Ciencias Agrarias y con ellos a los profesores de esta prestigiosa Facultad, por impartir sus conocimientos durante mi formación profesional.

- Al Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar "**NICOLAS ROULET**" del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias, que brindó las facilidades del caso para los respectivos análisis del trabajo de investigación.

- Al Ing. Juan B. Girón Molina, docente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por haberme brindado el asesoramiento respectivo para la elaboración, ejecución y culminación de la tesis.

- Finalmente a todas aquellas personas que desinteresadamente colaboraron en la realización del presente trabajo.

INDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	01
1.1. GENERALIDADES	01
1.2 SISTEMA VEGETATIVO	02
1.3 RAZAS Y CULTIVARES	12
1.4 DESCRIPCIÓN DE VARIEDADES	13
1.5 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA FRUTA	18
1.6 REQUERIMIENTO DE SUELO Y CLIMA	22
1.7 MANEJO DEL CULTIVO	23
1.8 ABSORCIÓN Y FUNCIONES DE NUTRIENTES	31
1.9 ANÁLISIS FOLIAR	39
1.10 SÍNTOMAS VISUALES DE DEFICIENCIA Y/O TOXICIDAD	53
1.11 ÉPOCA DE APLICACIÓN DE LOS ABONOS	53
1.12 NECESIDADES DE NUTRIENTES POR EL CULTIVO DE PALTO	54
1.13 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	57
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	63
2.1 INFORMACIÓN GENERAL	63
2.2 VARIEDADES UTILIZADAS	64
2.3 MUESTREO DE PLANTAS PARA EL ANÁLISIS FOLIAR	65
2.4 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	67
2.5 ANÁLISIS DE MUESTRAS	68

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSION	79
3.1 CONTENIDO DE NITRÓGENO	79
3.2 CONTENIDO DE FÓSFORO	81
3.3 CONTENIDO DE POTASIO	83
3.4 CONTENIDO DE CALCIO	86
3.5 CONTENIDO DE MAGNESIO	88
3.6 CONTENIDO DE AZUFRE	91
3.7 COMPARATIVO DEL NIVEL DE NUTRIENTES EN HOJAS	94
3.8 EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES POR EL FRUTO	96
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
4.1 CONCLUSIONES	98
4.2 RECOMENDACIONES	100
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	101
ANEXOS	105

INTRODUCCION

El palto (*Persea americana* Mill.) es originario de México y Centroamérica, especie que convencionalmente es dividida en tres razas, ecológicas: Mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), Guatemalteca (*Persea americana* var. *guatemalenses*) y Antillana (*Persea americana* var. *americana*).

El palto es un cultivo tropical que puede desarrollarse en la costa, valles interandinos. En el Perú, su manejo puede permitir cosechas de una misma variedad en diferentes épocas del año, lo cual significa una ventaja para la exportación de frutos de la variedad Hass y Fuerte a diferentes países del mundo.

El análisis foliar es una de las herramientas para determinar el estado nutricional de las plantas; sin embargo, desde hace años se han realizado diferentes investigaciones tendientes a evaluar los tejidos complementarios a la hoja, en procura de una mayor precisión en el diagnóstico nutricional de los elementos minerales, habiéndose obtenido como resultado el uso rutinario de análisis de la arginina en sarmientos de vid y el análisis de nitrógeno, calcio y potasio en frutos de manzano.

El tejido foliar constituye la base activa de reservas nutrimentales dentro de la planta, puesto que muchos elementos se encuentran en estado mineral dentro de la vacuola, por lo tanto, cumplen un rol fundamental como fuente de aporte inmediato de nutrientes a los centros de crecimiento como los frutos.

Cuando el análisis foliar indica deficiencias en las plantas, se realizarán las inmediatas aplicaciones correctoras, particularmente en los casos del potasio y en menor grado el fósforo. El calcio de escasa importancia es de gran utilidad para asegurarse que el muestreo de hojas para el análisis foliar haya sido adecuado.

El análisis foliar en las plantas y en cada uno de los órganos requieren una determinada concentración de cada nutriente esencial para el normal desenvolvimiento de las funciones que realizan en las plantas y contribuyen en la producción de las mismas.

Siendo la hoja el órgano principal donde se efectúa la elaboración de las sustancias de reserva para el crecimiento y fructificación, esta debe reflejar el estado nutricional de la planta mejor que en los otros órganos.

La concentración óptima de un nutriente dado en las hojas depende del rol o papel que juega un elemento nutritivo en el metabolismo de las plantas, debiendo determinarse experimentalmente; siendo el principio básico del análisis foliar, la comparación entre los resultados del laboratorio y los niveles propuestos como óptimos para un determinado cultivo.

Por esta razón, los tejidos foliares es un buen indicador del estado nutricional de los frutales, siempre que los resultados del análisis químico sea comparado con estándares originados en zonas edafoclimáticas similares y para muestras colectadas en fechas relativamente similares; a su vez, la fecha de colección de las muestras foliares está relacionada a la variable fisiológica de la planta, que dice relacionada con los estados fenológicos de la planta y que el tejido foliar manifiesta cierta estabilidad en los contenidos nutricionales.

El palto actualmente es un producto de exportación y su producción se realiza en diferentes tipos de suelos, siendo necesario garantizar la calidad del producto, por lo tanto, es posible lograr dándole los nutrientes necesarios y oportunos a las plantas.

Por las consideraciones antes mencionadas, en el presente trabajo de investigación se redacta los siguientes objetivos:

- 1°. Determinar el nivel del estado nutricional de palto variedades Hass y Fuerte.
- 2°. Determinar el nivel de extracción de macronutrientes por las variedades de palto Hass y Fuerte.

CAPITULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 GENERALIDADES:

Según Razeto (2002), el palto tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Ranales

Sub Orden: Magnolíneas

Familia: Lauráceas

Género: Persea

Subgénero: Persea - *Eriodaphne*.

Especie: *Persea americana* MILL

El subgénero Persea se conoce como el verdadero palto. La forma de identificar los subgéneros es a través de la cara interior de los sépalos; ya que Persea tiene ambas caras pubescentes, en cambio el Eriodaphne presenta generalmente la cara interna de los sépalos sin pubescencia.

El subgénero *Persea* presenta un menor número de variedades botánicas que el subgénero *Eriodaphne*, sin embargo, *Persea* tiene un mayor número de especies y razas de importancia productiva y comercial (Razeto, 2002).

1.2. SISTEMA VEGETATIVO:

El palto es un árbol que puede adquirir un tamaño mediano a grande, llegando a tener en plantaciones comerciales un ancho variable de 10 a 12 m y una altura de 8 a 10m (Rodríguez, 1992), por lo que se recomienda que su distancia de plantación definitiva sea de 12 a 15 metros (Gardiazabal, 1991).

Las hojas son alternas, persistentes, coriáceas, de color verde, con forma elíptica o elíptica lanceoladas, glabras, de 10 a 40 cm de largo y glandecentes en la cara inferior (Palma, 1991).

Las hojas son almacén de grandes cantidades de carbohidratos y minerales que se reciclan durante períodos de demanda (Whiley, 1990). Una vez que se ha interrumpido el crecimiento de los brotes las yemas terminales se protegen con algunas escamas (Chandler, 1962). Luego, la actividad comienza con la hinchazón de yemas, separándose las escamas y brácteas protectoras, produciéndose el llamado desborre (Rodríguez, 1992).

El desarrollo de los paltos se caracteriza por presentar períodos de gran crecimiento separados por períodos de reposo (Whiley, 1990).

La densidad de estomas de hojas de paltos es alta (40000 a 73000 por cm²), siendo mayor al comienzo de la expansión foliar (Whiley, 1990),

Las hojas de paltos se demoran cerca de 42 días en tener una tasa de asimilación de CO₂ neta positiva y empezar la exportación de carbohidratos para su crecimiento, existiendo previamente una pérdida neta de energía para el crecimiento de ese brote (Whiley, 1990a).

La brotación de primavera tiene una fuerte competencia por reservas y nutrientes con la floración, pero son esas hojas las que nutrirán los frutos que hayan cuajado de la panícula. El brote de verano tiene un impacto positivo a nivel nutricional para la fruta que se encuentra en ese momento en el árbol y para la continua productividad, ya que aporta carbohidratos para la fruta y la producción de flores que darán los frutos de la próxima primavera (Whiley, 1990).

Floración e inducción

La floración comienza después de un pequeño período de semiactividad en el árbol (Whiley, 1990), donde se produce el máximo período de acumulación de reservas. Así, las reservas van declinando progresivamente durante la floración, crecimiento de brotes y desarrollo de frutos. Las flores del palto van dispuestas en una inflorescencia llamada panícula (Whiley, 1990). La flor es actinomorfa y hermafrodita, compuesta de nueve estambres fértiles y un ovario sésil, con estilo alargado.

Gardiazabal (1991). Señala que ordinariamente en la porción terminal de las panículas la yema permanece vegetativa, las que son llamadas indeterminadas. Ocasionalmente existen las determinadas, que terminan en

una yema floral que no permite que se produzca crecimiento. Además señala, que el sistema de yema frutal en palto es derivado de yemas terminales y subterminales en crecimiento de la temporada previa, aunque también en los brotes del mismo año.

Los paltos florecen excesivamente, pero se caracterizan por presentar un bajo porcentaje de frutos que llegan a cosecha, llegando tan sólo al 0,1% (Bergh, 1992).

La flor del palto presenta dicogamia protoginea, abriendo antes los pistilos (estado femenino) que los estambres (Bergh, 1992). Cuando la flor femenina abre en la mañana, ese árbol pertenece al grupo A y cuando abre en la tarde pertenece al grupo B (Gardiazabal, 1991). Otros autores reafirman este complejo ciclo de floración y su extremada sensibilidad a la temperatura (Fernández, 1983). Osea, la definición convencional de clase A y clase B de variedades son probablemente sólo válidas a ciertas temperaturas que en algunas localidades son más bien la excepción de la regla indicando que el traslape para cualquier grupo de variedades no es absoluto y depende de distintas condiciones de temperatura (Fernández, 1991).

La inducción, que es el paso de un tejido vegetativo a reproductivo ocurre entre los meses de abril y mayo. La diferenciación de tejidos ocurre entonces en julio (Gardiazabal, 1991).

Gardiazabal (1991) afirman que la iniciación floral ocurre en la estación de otoño, ocurriendo justo antes del segundo flush. Determinaron que en el cv. Fuerte al sur de Australia ocurría entre los meses de abril y mayo.

Bergh (1992) define que la formación de yemas florales ocurre sólo hasta unas cuantas semanas antes de floración. Afirma que en California, las estructuras florales ya son evidentes dos meses antes de la aparición de flores y que las yemas florales se formarían desde dos meses a seis semanas antes de la plena flor, en cualquier cultivar.

La alternancia de la producción está muy relacionada con los niveles de reservas de la planta acumulados en la temporada anterior, es decir carbohidratos y especialmente el almidón. Así, una alta acumulación de almidón durante la temporada anterior se asocia a una alta producción, la que a su vez provoca un gran gasto y a una baja en los niveles de almidón, con la respectiva pobre cosecha (Whiley, 1990). Más aún, existe evidencia con los estudios de que la inhibición de yemas florales en un estado de desarrollo de primordio floral avanzado, frente a temperaturas de 33°C en el día y 23°C en la noche, sería debido a la alta respiración de la canopia frente a estas temperaturas, por lo que sugiere que cierto umbral de carbohidratos estimularía la iniciación floral y que la diferenciación se puede detener, siendo un proceso reversible.

La inducción floral ocurre en el momento de mínimo contenido de carbohidratos en las ramas principales durante la temporada. Los bajos niveles

de carbohidratos pueden provocar un cese de la actividad vegetativa y este factor estaría más relacionado con la inducción floral Bergh, (1992).

Al anillar paltos, se mejoran serios problemas de diferenciación de yemas, por lo que se sugiere que un cierto umbral de carbohidratos es necesario durante el proceso Bergh, (1992).

Respecto a las reservas, hay marcadas diferencias en la concentración de almidón en el tronco según el clima, así en la zona templada de Australia con un extenso verano se logran niveles del 18% Gardiazabal, (1991) y en el norte subtropical de Australia, donde el crecimiento puede ocurrir aun temprano en el invierno, se logran 8,5% (Whiley, 1990).

Las panículas pueden contener desde cientos a miles de flores, por lo que el número total de flores en un árbol puede llegar a "millones", en un árbol maduro se habla de un millón, por lo que solamente bastaría un 0.02% de cuaja para obtener una óptima producción (Bergh, 1985).

Cuajado

La cuaja y el periodo temprano de caída de frutos es el estado más crítico del ovario en desarrollo (Lopez, 1980).

Frutos pequeños con embriones y endospermas anatómicamente normales presentan detención del desarrollo, degeneración del tejido celular y una abscisión del pedúnculo. Esto sugiere que la ineficiente distribución de agua y nutrientes a los frutos es la responsable de la detención del crecimiento (Lopez, 1980).

El desarrollo de frutos es fuertemente competitivo con la raíz y los brotes nuevos, demandando la mayor cantidad de recursos disponibles; por lo tanto, en etapas críticas del ciclo de crecimiento, los requerimientos para el desarrollo de la fruta y los brotes hacen bajar las reservas de los árboles. La estimulación de un crecimiento vegetativo vigoroso durante este período crítico, trae como resultado una caída excesiva de frutos (Whiley, 1990).

El éxito del desarrollo de los frutos durante los primeros 60 días posteriores a la floración, depende de los fotosintatos almacenados, de la fotosíntesis del momento (hojas maduras del brote de verano) y del tiempo de sink a fuente de metabolitos de los brotes renovados en primavera (Whiley, 1990)

Con respecto a la segunda caída de frutos, Fernández (1991) señalan, a diferencia de Whiley (1990), que se registró para Hass sólo un peak importante de caída de frutos, entre fines de noviembre hasta primera quincena de enero, y luego, se registró una caída de frutos de baja intensidad. Además concluyen, que la floración y la cuaja coinciden con el crecimiento vegetativo de primavera, y por lo tanto, compiten por una fuente limitada de recursos.

Las reservas de almidón caen rápidamente durante la floración y cuaja, llegando a la más baja concentración durante la caída de fruta de verano, posteriormente aumenta para llegar al máximo en invierno (Whiley, 1990).

Fenología de palto

Fenología es la relación entre el clima y fenómenos biológicos periódicos. Los árboles muestran fases de desarrollo (fenofases) a medida que pasa una estación.

Para Hass, Fernández (1983), describen que el desarrollo vegetativo presentó dos periodos (flush) de crecimiento, uno de mayor intensidad en primavera y otro menor en otoño. El desarrollo radicular presentó aparentemente dos periodos de crecimiento. La floración se concentró desde mediados de octubre a mediados de noviembre aproximadamente, paralelamente al flush de crecimiento vegetativo de primavera y a un escaso desarrollo radicular (Fernández, 1983).

El ciclo de crecimiento fenológico en el palto suministra una representación visual general del constante cambio en la competencia entre fuentes y sink en el mismo árbol (WHILEY, 1990).

Whiley (1990) señalan que la floración parte junto al crecimiento vegetativo de primavera, el cual es un período de traslape y competencia intensa por los nutrientes (incluyendo carbohidratos), elementos minerales y agua del árbol. Por lo tanto, puede ser necesario el control del vigor del flush de primavera, especialmente en los cultivares vigorosos (Fuerte), para mejorar la energía de sink de las flores y frutos, siendo así retenidos en mejor forma.

Cada brotación es seguida por un aumento en el crecimiento radicular (Whiley, 1990), por lo que existe una interdependencia entre las raíces y los

brotos que se traduce en un patrón cíclico en el desarrollo de los paltos. Cuando la relación entre los nuevos brotes y las raíces aumenta, el crecimiento vegetativo declina y el crecimiento radicular aumenta, recuperándose el balance. Así el ciclo se repite sucesivamente (Whiley, 1990).

Según Fernández (1983), cuando se inicia el crecimiento de brotes, las temperaturas del suelo son muy bajas aun para el crecimiento de las raíces, en consecuencia el crecimiento vegetativo cesa, ya que el sistema radicular no es capaz de abastecer de agua y nutriente a la parte aérea.

El follaje a su vez, reanuda su crecimiento cuando el volumen radicular es suficiente para satisfacer la demanda de agua y nutrientes, dándose inicio así al segundo pulso de crecimiento vegetativo, el cual se prolonga hasta que las temperaturas ambientales comienzan a disminuir (Fernández, 1983). Por lo tanto, las plantas rebajadas por su bajísima relación follaje/raíces tienen un casi continuo crecimiento aéreo (Gardiazabal, 1993).

Cuando ha habido un gran crecimiento vegetativo la evapotranspiración aumenta considerablemente, se produce un desequilibrio entre la parte aérea y radicular, de manera que el crecimiento vegetativo se detiene, dándole paso al crecimiento del sistema radicular (Fernández, 1983).

Durante el crecimiento de primavera gran cantidad de reservas son divididas entre la floración y el crecimiento vegetativo, y luego, entre el crecimiento vegetativo y la cuaja, y posterior desarrollo de frutos (Gardiazabal, 1993).

El desarrollo de frutos es fuertemente competitivo con la raíz y con los brotes nuevos, demandando la mayor cantidad de recursos disponibles, por lo tanto, en etapas críticas del ciclo de crecimiento los requerimientos para el desarrollo de la fruta y el crecimiento de los brotes, bajan las reservas de los árboles. La estimulación de un crecimiento vegetativo vigoroso durante este período crítico, trae usualmente como resultado una caída excesiva de frutitos (Whiley, 1990).

Si artificialmente se controla el crecimiento vegetativo habrá un impacto en la productividad del árbol. Esto se debe a que tanto la brotación de primavera como la de verano son importantes (Whiley 1990). Además, el vigor del crecimiento de primavera puede ser físicamente manipulado, despuntando el brote anillando una rama o aplicando paclobutrazol (Whiley 1990).

El vigor puede ser manipulado, despuntando el crecimiento de primavera o por medio de la realización de un anillado, reduciendo temporalmente la fuerza del crecimiento vegetativo. De esta forma se puede incrementar la producción de fruta (Whiley, 1990).

Fases de desarrollo del palto

El palto en su ciclo de crecimiento posee un largo período vegetativo (de 8 a 10 meses). Algunos tipos de palto en condiciones ambientales favorables, crecen ininterrumpidamente, es decir que no tienen un período de reposo definido y están en constante actividad vegetativa.

El ciclo de vida refiriéndose a su longevidad y período productivo, es prolongado. la germinación de las semillas con una temperatura de 25° C y una humedad edáfica del 75% puede ocurrir en promedio en 40 días.

Luego, entre el período de injerto y el de plantación puede transcurrir un año (sí el plantón es obtenido en invernadero). Se considera un palto joven si lleva de 1 a 4 años de plantado en el monte frutal, de 8 años en adelante ya es considerado un palto adulto en plena producción, extendiéndose este período por encima de los 20 o 25 años.

A continuación se describirá el proceso de crecimiento y desarrollo del palto, en el que se consideran:

Fase Vegetativa

Se consideran 5 estados fenológicos de acuerdo a la evolución y desarrollo a las yemas vegetativas:

- a) yema terminal delgada y alargada,
- b) yemas hinchadas,
- c) brote con 4 o 5 hojitas,
- d) brote juvenil rojo o rosado y
- e) diferenciación de las hojas.

Floración

Generalmente el desarrollo de la inflorescencia ocurre en ramas de madera de un año de edad, aunque también en los brotes de un mismo año.

Fase de desarrollo

- a) yema apical amarilla rodeada de yemas axilares verde claras (yemas de floración),
- b) diferenciación de las yemas axilares y formación del botón floral.
- c) alargamiento de pedúnculos florales, el ápice puede alargarse o no.
- d) están individualizados los racimos florales alrededor del eje de la inflorescencia.
- e) separación de los pedúnculos florales, apertura de los pétalos, la yema terminal se desarrolla en la antesis o después de ella.

Fructificación

Luego de la fecundación y las primeras divisiones celulares ocurren una serie de fases:

- a) pétalos secos que recubren el ovario con su estilo visible,
- b) caída natural de frutos y
- c) el pedúnculo floral se alarga y el fruto queda individualizado.

1.3. RAZAS Y CULTIVARES

Dentro de la especie *P. americana* se reconocen tres razas ecológicas distintas las cuales han sido agrupadas del siguiente modo.

- Mexicana (*P. americana* var. *Drymifolia*)
- Guatemalteca (*P. americana* var. *Guatemalensis*).
- Antillana (*P. americana* var. *americana*).

Se ha encontrado una mayor relación filogenética entre los paltos de la raza Antillana y Guatemalteca que entre Antillana y Mexicana, por otro lado muchos híbridos de importancia comercial corresponde a cruzamientos entre la raza Guatemalteca y Mexicana (Razeto, 2002).

1.4. DESCRIPCIÓN DE VARIEDADES:

1.4.1. Características de la variedad Hass

Es la principal variedad comercial del mundo, cuenta con el 10 y 15% de genes de la raza mexicana y el resto de la raza guatemalteca, los genes mexicanos le dan una mejor adaptación a climas cálidos lo que le permite ubicarse en una gran amplitud de latitudes (Razeto, 2002).

Es una variedad obtenida a través de una rigurosa selección de la raza Guatemalteca. Esta variedad es sensible al frío en especial en el momento de la floración. Además, es muy sensible a la humedad ambiental, debiéndose evitar instalar en regiones con fuertes vientos desecantes, pues se deshidratan tanto las flores como los brotes jóvenes, perdiendo el área foliar necesaria para la alimentación fotosintética del fruto.

Es una variedad de gran producción de flores que dará luego una gran producción de frutos, que inevitablemente serán de poco peso individual. Una vez que el fruto ha llegado a su madurez tanto fisiológica como comercial,

puede permanecer en la planta por un tiempo en el árbol sin que desmejore su calidad, característica que permite una mejor recolección.

El fruto es de forma oval-periforme, de epidermis gruesa (le da resistencia al transporte) y rugosa, es de color verde tomando un tono violáceo a la madurez se oscurece. La pulpa es de excelente calidad y con un contenido de aceite de 20%, la semilla es pequeña y adherida al mesocarpio.

Fruto periforme a ovoide, algo más pequeño que la Fuerte cuyo peso varia entre 180 a 360 gramos. La cáscara es gruesa, rugosa, de color verde, ligeramente negruzca cuando está en el árbol, pero cosechada se va poniendo morada a negra a medida que la fruta se ablanda al madurar. Semilla pequeña, con contenido de aceite de 15 a 20% (Gardiazabal, 1990).

El fruto alcanza su maduración con un porcentaje de aceite entre 22 a 23% (Calabre, 1992). La piel es gruesa y rugosa, inicialmente de color verde y después al madurar cambia a negro (Sotomayor, 1992). La semilla es pequeña, esférica y adherida a la pulpa (Bergh, 1992).

Cuadro N° 1. Características del fruto y árbol Hass.

CARACTERISTICA DEL FRUTO DE LA VARIEDAD HASS	
Peso Promedio	150-350 g
Contenido de Pulpa	Cremosa sin fibra visible 65%
Color cáscara	Púrpura oscura a negro opaco
Flexibilidad cáscara	Muy buena
Grosor cáscara	Media
Tamaño semilla	Pequeña
Tolerancia al frío	-2°C
Post cosecha	Excelente
Calidad en embalaje	Buena
Respuesta a etileno	Excelente
Sabor	Excelente
ÁRBOL	
Habito producción	Alternante
Tolerancia al viento	Baja
Tolerancia al frío (follaje)	-1°C
Precocidad	2-3 años
Forma	Abierta
Tipo floral	A
Periodo de cosecha	Agosto - abril

FUENTE: Razeto (2002).

La buena calidad de la fruta permite que la variedad Hass sea la más comercializada, tanto a nivel de mercado nacional como internacional, no existiendo hasta el momento una que la reemplace.

Su rendimiento es más regular que la variedad Fuerte y además es alto, además de ser precoz, encontrándose frutos en árboles de 2 y 3 años Siendo este cultivar de la raza guatemalteca es mucho más afectado que la Fuerte por la helada, resiste sólo -1,1 °C. La floración dura tres meses y el fruto se puede cosechar durante 8 meses en una misma zona (Gardiazabal, 1990).

1.4.2. Características de la variedad Fuerte

Es una variedad originario de California, que se considera un híbrido natural entre la raza Mexicana y Guatemalteca. El fruto es de buena calidad pero el principal problema de esta variedad es su árbol de **porte muy alto** y su

tardanza en entrar en producción lo que para las necesidades actuales es sin duda una limitación importante al comenzar el cultivo.

Presenta la característica de producir además de los frutos normales, frutos partenocárpicos, en forma de pepinillo.

Es de color verde, también llamada "Californiana", tiene características intermedias entre los de raza mexicana y guatemalteca, por lo que se le considera al parecer, un antiguo híbrido natural de estas dos razas (Gardiazabal, 1990).

El peso medio de la fruta varía entre 180 a 420 gramos. Su largo medio es de 10 a 12 centímetros y su ancho es de 6 a 7 centímetros. El extremo del fruto es algo aplanado y el pedúnculo se inserta un poco oblicuo. Con cáscara de 1 milímetro de espesor, ligeramente áspera, algo cueruda, que se separa con facilidad de la pulpa. Contenido medio de aceite, 18 a 20% con excelente sabor (Gardiazabal, 1990).

Se ha considerado que el cultivar fuerte es un híbrido entre las razas guatemalteca y mexicana (Chandler, 1962).

Es una palta de color verde, tiene características intermedias entre la raza mexicana y guatemalteca, siendo considerada un híbrido natural de estas dos rasas (López, 1980).

El árbol de este cultivar es vigoroso, de extensión principalmente horizontal, muy poco productivo. Tardío en entrar en producción, época aproximada de cosecha julio a octubre (Latorre, 1994).

Pulpa con textura mantecosa y con excelente sabor debido en gran parte a su alto contenido de aceite (Chandler, 1962; López, 1980).

El gran contenido de aceite del cultivar fuerte, hace que su valor energético sea considerado el doble que el de los plátanos (Chandler, 1962).

El contenido de aceite del cultivar Fuerte puede ser menor a un 2% en los dos primeros meses de desarrollo, aumentando lentamente hasta cerca de la época de recolección, y posteriormente con mucha rapidez hasta el final del período, donde puede alcanzar entre 18 y 26% (Chandler, 1962).

Suele cosecharse con contenido bajo de aceite, antes de su madurez efectiva. Si la cosecha es muy tarde (octubre en adelante) la fruta se reblandece y se mancha. Su período de flor a cosecha es de 9 a 13 meses (Chandler, 1962; Sotomayor, 1992).

El cultivar Fuerte, sin duda es la más difundida en todo el mundo por la excelente calidad del fruto. En el Perú es la segunda después de la Hass. El contenido oleico es de 22%. La baya tiene forma periforme, peso medio de 300 gramos, la epidermis es flexible y elástico, de color verde sin brillo. Su calidad y su resistencia al transporte lo ubican entre los aguacates más difundidos en

América y Europa. Esta variedad tiene tendencia a la formación de frutos no polinizados y sin semilla que son más alargada y pequeña que reciben el nombre de pepinillos.

Es muy exigente en la floración y en el momento de cuajado es sensible al frío y a las temperaturas elevadas, situación que afecta los órganos de la flor y la viabilidad del polen. Es importante determinar correctamente el hábitat al que se destinará el cultivo.

1.5. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA FRUTA

El fruto corresponde a una baya carnosa, periforme, ovalada, redonda, elíptica. La pulpa de consistencia mantequillosa, coloreada de amarillo claro al interior y verduzca al exterior (López, 1980).

En el fruto se pueden distinguir exocarpio, mesocarpio y endocarpio que en conjunto constituyen el pericarpio. El mesocarpio está constituido por un tejido parenquimático homogéneo alcanzando sus células un diámetro de 60 μ cuando el fruto está maduro. El principal constituyente de este tejido es el aceite, que produce en las células especializadas o idioblastos y que se distinguen por su gran tamaño y por paredes celulares lignificadas (Biale y Young, 1971).

La biosíntesis de aceite se realizaría a través de la formación de ácidos grasos, los cuales serían sintetizados a partir del ácido palmítico (Lehninger, 1976).

Desarrollo del fruto La curva de crecimiento del fruto en el árbol es del tipo sigmoidea; sin embargo, en contra posición con lo que ocurre en la mayor parte de las especies frutales de hoja caduca, en que la división celular cesa cuando los frutos son pequeños y el crecimiento posterior se realiza a merced de un gran aumento del tamaño de las células, en la palta, la división celular continúa hasta la maduración completa, así, el tamaño de las paltas resulta principalmente del número de células mas que de el tamaño de ellas (Chandler, 1962).

El período de floración, competencia nutricional del árbol y condiciones externas durante el período de desarrollo son factores que influyen en el tiempo que transcurre entre la floración y maduración del fruto (Hulme, 1971).

Una de las características más sobresalientes de la palta, es que no se ablanda en el árbol. Así, a lo largo de dos meses de cosecha, los valores de resistencia a la presión difieren en ocasiones con menos de 1 libra (Berger y Galletti, 1987).

Los lípidos aumentan durante el desarrollo del fruto en forma paralela al incremento de peso a la vez que se observa una disminución en el contenido de humedad (Mazliak, 1971).

Al comienzo del período de desarrollo, el contenido de aceite es bajo, (1-2%) y aumenta lentamente a medida que se desarrolla el fruto; cerca de la época de cosecha lo hace con mayor rapidez y es tanto más alto mientras mayor sea el tiempo que la fruta permanece en el árbol, alcanzando en la variedad Fuerte, valores iguales o mayores a 25% del peso fresco (Berger y Galletti, 1987; González, 1979).

Está demostrado que la acumulación de reservas de lípidos en el mesocarpio durante el desarrollo de la fruta, es acompañada por una disminución en alcoholes solubles y azúcares alcohólicos insolubles (Davenport y Ellis 1983, citados por Kikuta y Erickson, 1968).

El sabor del fruto presenta muy buena correlación con el contenido de aceite, humedad y tamaño (Martinez de Urquidi, 1984).

Características de la madurez, maduración de consumo, el ablandamiento y otros procesos de maduración sólo tienen lugar después de la cosecha (Swarts, 1979); por lo tanto, el estado de madurez de cosecha es muy

importante ya que frutos inmaduros pueden no madurar correctamente presentando características inadecuadas para su consumo (Vakis et al. 1985).

El proceso de maduración de la palta Fuerte se acelera mientras más tardía sea la cosecha y más prolongado sea el almacenaje. Se pueden encontrar diferencias de hasta diez días en el tiempo de alcanzar madurez de consumo entre frutos cosechados temprano y tarde en la temporada (Swarts, 1979).

En el palto se ha demostrado que existen factores inhibitorios de la madurez, los cuales continúan ejerciendo su influencia durante un período limitado después de la cosecha (Fernández y Ruiz, 1983).

El ablandamiento de los tejidos durante el almacenaje es acompañado por un aumento general de la pectina soluble y disminución de la protopectina, además el grado de esterificación de las pectinas disminuye lo que contribuye al proceso de ablandamiento (Dolendo et al, 1966).

El cultivar Fuerte es calificado como de sabor agradable con un contenido de aceite a la cosecha de 9,8%, y alcanza su mejor sabor con un contenido entre 18 y 20%.

CUADRO N° 2. Características del fruto y árbol Fuerte.

Características	
Peso	180-400g
Pulpa	Cremosa, sin fibra visible
Color cáscara	Verde opaco
Flexibilidad cáscara	Muy buena
Grosor cáscara	Media
Tamaño semilla	Mediana
Tolerancia al frío	-2°C
Post cosecha	Aceptable
Calidad en embalaje	Aceptable
Respuesta a etileno	Pobre
Sabor	Excelente
Árbol	
Habito de producción	Alternante
Tolerancia al viento	Alta
Tolerancia al frío (follaje)	-2.5°C
Precocidad	5-6 años
Forma	Muy abierta
Tipo floral	B
Periodo de cosecha	Junio- octubre

FUENTE: RAZETO (2002).

1.6. REQUERIMIENTOS DE SUELO Y CLIMA DEL CULTIVO

Para tener una buena conformación del árbol, alta productividad y larga vida, el suelo debe tener una profundidad entre 1,20 y 1,50 metros, una textura media con tendencia liviana, y una estructura física tal que permita un buen drenaje y evite la posibilidad de estancamiento de agua, pues esta especie es susceptible al hongo *Phytophthora cinnamomi*.

Por esta razón no son adecuados suelos con alto porcentaje de arcilla, con baja velocidad de infiltración, y/o una napa freática a una profundidad inferior a un metro (López, 1980).

En general el palto requiere temperaturas ambiental entre 20 y 26°C, temperaturas mínimas no inferiores a - 4°C (López ,1980).

En relación a las heladas, es necesario señalar que tan importante como las bajas temperaturas, es la duración de este fenómeno. Esto puede determinar la sobrevivencia o muerte de un huerto frutal (Gardiazabal, 1990).

Por otro lado, las bajas temperaturas en épocas de floración (menores a 20°C en el día y bajo 10°C en la noche) pueden provocar una reducción considerable de la cuaja, hecho que se registra periódicamente en las principales zonas productoras de paltas y que afectan mayoritariamente a los huertos que están muy cercanos al mar (Gardiazabal, 1990).

En lo referente a la humedad relativa, son perjudiciales los climas secos y baja humedad relativa, los que muchas veces perjudican el desarrollo vegetativo y la fructificación (López, 1980).

1.7. MANEJO DEL CULTIVO:

1.7.1. Consideraciones ecológicas.-

a. Suelo:

El suelo donde se establecerá un huerto de paltos debe tener por lo menos un metro de profundidad en suelo plano, 70 cm para el desarrollo del sistema radical y al menos 30 cm para drenaje, ya que el sistema radical del palto es superficial (80% de las raíces se encuentran en los primeros 30 cm de suelo), (López, 1980).

Antes de plantar debe realizarse un estudio de suelo, mediante calicatas, para conocer las características como: textura, estructura, moteados, que señalan la presencia de sales que pueden afectar el desarrollo del árbol y compactación, que también es un impedimento al crecimiento de raíces y, por consecuencia, de la planta.

La principal limitante del suelo para el palto es la presencia de textura arcillosa y mal drenaje, debido a la gran sensibilidad de esta especie a la asfixia radicular (López, 1980).

El mejor suelo para este cultivo es de textura liviana, suelto y se ha observado que el desarrollo de las raíces, así como una adecuada condición de drenaje se tiene en suelos que presentan una gran cantidad de piedras. Lo importante, en definitiva, es que el suelo tenga un gran porcentaje de macroporos, característica de suelos con buena estructura, dado principalmente por su contenido de materia orgánica

(López, 1980).

Los macroporos permiten una apropiada fluidez en el movimiento del agua como del oxígeno, que debe estar presente en las raíces en una concentración suficiente para que se realicen los procesos de absorción de agua como de nutrimentos, así como el desarrollo de nuevas raíces, que aseguran el crecimiento de la planta, en general.

Una posible solución ante la existencia de texturas pesadas o escasa profundidad efectiva es hacer camellones, montículos, terrazas, subsolado y sistemas de drenaje, entre otros (López, 1980).

b. Clima

El clima es uno de los factores más importantes para el cultivo del palto, debido a que no se tiene superficies de clima subtropical, que es el más natural para la especie. Por lo tanto, este factor deberá tenerse en cuenta para decidir la especie y cultivar a establecer, así como también el diseño del huerto o posibles inversiones para disminuir riesgos. (Gardiazabal, 1990).

c. Temperatura

El palto es muy sensible a las bajas temperaturas, en especial el cultivar Hass, que sufre daño con temperaturas menores a -1°C .

Al momento de la floración la temperatura óptima es de 18° a 25°C durante el día y 10°C en la noche, con las cuales se presenta una exitosa fecundación y un buena cuajado (Gardiazabal, 1990).

Cuadro N° 3 Tolerancia del palto a la helada

CULTIVARES	RAZA	TEMPERATURA CRÍTICO
HASS	Guatemalteca x Mexicana	-1,1
FUERTE	Mexicana x Guatemalteca	-2,7

Fuente: Gardiazabal, F., 1998

d. Viento:

Este factor afecta el crecimiento de los paltos principalmente en sus primeros años al producir doblamiento, problemas en la sombreamiento y

muerte de yemas. También genera daños mecánicos en planta, “russet” en los frutos, caída de yemas, flores y frutos. Además, el viento produce un aumento en la demanda hídrica de las plantas y dificulta el vuelo de las abejas afectando la polinización.

Entre las soluciones para evitar el daño producido por el viento es establecer cortinas cortaviento que pueden ser naturales o artificiales.

Las primeras consideran el uso de especies arbóreas como Cassuarina sp; álamo u otra especie de rápido crecimiento, que no interfiera con el cultivo y que no sea hospedera de plagas potenciales para el palto. Las cortinas artificiales pueden construirse con malla plástica desarrollada para este propósito. En ambos casos, el porcentaje de intercepción debe ser de alrededor de 50%, considerando que la protección de la cortina depende de su altura y se ha determinado que protege hasta una distancia no superior a 3 y 4 veces su altura (Gardiazabal, 1990).

e. Radiación

Un exceso de radiación solar provoca lo que se denomina “golpe de sol” en madera o frutos. La solución a este problema es pintar el tronco y ramas principales con cal o con látex agrícola de color blanco y mantener un equilibrio en la distribución del follaje. En los últimos años se evalúa la aplicación de caolinita para mantener el follaje protegido del exceso de radiación y así evitar el daño de golpe de sol en la fruta (Gardiazabal, 1990).

f. Precipitación

La lluvia que ocurre durante el período de floración afecta la producción, favoreciendo el desarrollo de hongos que afectan el cuajado. Si las lluvias de invierno son abundantes y producen anegamiento, se puede producir la asfixia radical o favorecer el daño del hongo *Phytophthora cinnamomi*. Por ello es importante que el diseño de la plantación considere la evacuación de las aguas-lluvia (Gardiazabal, 1990).

g. Agua

Un factor muy importante a considerar antes de establecer un huerto de palto es el recurso hídrico con el que se cuenta. Es importante considerar los requerimientos hídricos de la especie en plena producción que fluctúan entre 8.000 a 10.000 m³ por hectárea en la temporada.

El área de plantación dependerá de la capacidad de la fuente de agua del predio de suplir las necesidades hídricas del cultivo, por lo tanto es importante conocer el volumen de agua con que se cuenta para reponer el agua evapotranspirada por la planta en momentos de máxima demanda.

Otra consideración importante se relaciona con la calidad del agua es su conductividad eléctrica, que para palto debe ser menor a 0,75 dS/m. Otro parámetro importante es la salinidad, ya que altos contenidos salinos provocan quemaduras en el ápice de las hojas viejas por acumulación de sales, reduciendo su potencial productivo (Gardiazabal, 1990).

Porta injertos:

El porta injerto o patrón puede obtenerse por vía vegetativa (patrón clonal) o a partir de semilla (patrón franco). Entre los patrones francos que se utilizan están los cultivares mexícola, Topa Topa y Nabal. El portainjerto mexícola, debido a que presenta alta capacidad de germinación, adecuado vigor y una gran uniformidad en vivero y existe una gran disponibilidad de semillas en el mercado.

Este portainjerto se desarrolla rápidamente en un ambiente de suelo esterilizado y con la agregación de micorrizas. En la temporada 2001-2002, en el CRI La Platina, se aplicó la micorriza *Glomus intraradices* (0,05 g de inóculo/planta), aplicada a la bolsa de siembra de la semilla de palto, mezclado con 1 g de turba. Se midió periódicamente el crecimiento de la plántula y el engrosamiento del tallo. Se evaluó, además, germinación, sobrevivencia, el desarrollo de raíces, cantidad de nutrientes en las hojas (análisis foliar) y número de malezas.

Este tratamiento se comparó con la mezcla de suelo tratada con bromuro de metilo y el tratamiento mixto (Bromuro más micorriza). Las plantas testigo correspondieron a suelo sin tratar. La mayor sobrevivencia la presentó el tratamiento Bromuro + micorrizas (92%), la menor, un 55%, el testigo. La altura de la planta alcanzó 114,01 cm en el tratamiento Bromuro + micorriza, mientras que el bromuro solo, dejó las plantas de 80,91 cm. La curva de crecimiento mostró que el testigo creció rápidamente en la primera etapa, pero

a partir de abril fue superado por el tratamiento Bromuro más micorriza. Algunos cambios de la estructura radical se pueden atribuir al efecto de los tratamientos. Se concluyó que el tratamiento más importante, en el crecimiento de la planta de palto, es la desinfección de la mezcla de suelo con Bromuro de metilo, agregando inóculo de la micorriza (López, 1980).

El cultivo del palto tiene niveles de productividad bajo su potencial, debido a la existencia de una serie de limitantes, como por ejemplo una alta sensibilidad a déficit y excesos de humedad, suelos calcáreos, suelos salinos, bajas temperaturas, hongos del suelo y otros. Es por esta razón, que se da mucha importancia a la correcta elección de un buen portainjerto para obtener éxito en la plantación. Actualmente existe disponibilidad de portainjertos clonales en el mercado mundial, situación que al corto plazo será una realidad en nuestro país. Las diferencias entre patrones francos y clonales son tanto genéticas como de comportamiento.

d. Plantación:

La plantación en suelos de alta calidad debe hacerse en pozas que van desde 40x40x40cm. y de 60 x 60 x 60cm. en aquellos que no presentan características óptimas. Se recomienda excavar las pozas dos meses antes de la plantación. Es importante que al momento de realizar esta labor, la primera mitad de tierra que se saque se coloque en un lado y la segunda en otro, con la finalidad de que al momento de colocar la planta, la primer mitad de tierra se aplique primero y la segunda sea la más superficial,

ya que de esta manera la mejor tierra quedará en contacto directo con las raíces de la planta. Es conveniente adicionar una capa de estiércol de cualquier fuente de 10 a 15 centímetros en el fondo de la poza a fin de mejorar la tierra. Se sugiere que la planta conserve el tutor por un tiempo aproximado de un año, a fin de evitar el desgajamiento del injerto por vientos u otros factores (López, 1980).

Distanciamiento:

La distancia técnicamente recomendable para cualquier tipo de variedad, incluyendo al criollo, es de 10x10m, que aproximadamente a los 18 años habrá entrecruzamientos de las ramas, pero ahora la nueva tecnología nos sugiere plantar a 7x7m ó 8x8m. ya que podemos manejarlo con podas para que no se crucen ramas (López, 1980).

Cuadro N° 4: Distancias de plantación en palto.

Distancia entre árboles (metros)	Número de árboles por hectárea	
	Marco Real	Tresbolillo
5 x 5	400	462
10 x 10	100	115
6 x 6	277	321
12 x 12	69	79
7 x 7	204	237
14 x 14	51	73

Fuente: López, 1980.

e) Fertilización inicial:

Después de establecida la plantación, se recomienda realizar una adecuada fertilización, para lo cual se sugieren las siguientes fuentes y cantidades para los primeros 5 años.

Cuadro N° 5: Fertilización del palto

EDAD DEL HUERTO (Años)	UREA	FERTILIZANTES SUPER FOSFATO TRIPLE	CLORURO DE POTASIO
1	0.2	0.1	0.0
2	0.5	0.2	0.0
3	1.0	0.6	0.0
4	1.5	1.2	0.5
5	2.0	1.5	1.0

Fuente: López, 1980.

1.8. ABSORCIÓN Y FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES

1.8.1 Nitrógeno en la planta

Los vegetales absorben el nitrógeno en sus formas solubles: nitratos, amonio y otros compuestos nitrogenados solubles, siendo el anión nitrato (NO_3^-) el más utilizado por la palta (INPOFOS, 1997).

Rodríguez (1992), sostiene que cada estado de crecimiento y desarrollo del cultivo tiene una necesidad específica de nitrógeno las que se encuentra en las plantas cumpliendo importantes funciones bioquímicas y biológicas.

El N es un elemento muy móvil, y una vez en el interior de las células pasa a constituir las bases nitrogenadas para las distintas funciones fisiológicas. El nitrógeno (NO_3^- y NH_4^+), ingresa en la formación de aminoácidos

y proteínas vegetales y tiene una función estructural dentro de la planta (Simpson, 1991).

El N es componente de las vitaminas y los sistemas de energía en la planta. Es también un componente esencial de los aminoácidos, los cuales forman proteínas; por lo tanto, el N es directamente responsable del incremento de proteínas en la planta (INPOFOS, 1997).

Según Rodríguez (1992), el nitrógeno se halla en la formación de hormonas, de los ácidos nucleicos y de la clorofila, por lo tanto cuando hay suficiente cantidad de nitrógeno se producen mayor cantidad de clorofila y mayor asimilación y síntesis de productos orgánicos, lo que se traduce en:

- Mayor vigor vegetativo, por el aumento de la velocidad de crecimiento.
- Color verde intenso de la masa foliar, debido a una mayor densidad clorofílica.
- Mayor producción de hojas de buena sanidad y calidad.

1.8.2 Fósforo en la planta:

Las plantas absorben la mayoría del P como ión ortofosfato primario (H_2PO_4^-) y en menor cantidad como ión ortofosfato secundario (HPO_4^{2-}).

Las concentraciones más altas de P en plantas tiernas se encuentran en el tejido de los puntos de crecimiento (INPOFOS, 1997).

Según Rodríguez (1992), la función que realiza el fósforo en la planta es la de intervenir en la formación de las nucleoproteínas y ácidos nucleicos y

fosfolípidos, que tiene una importancia vital en la división y crecimiento celular, la respiración y fotosíntesis, síntesis de azúcares, grasas y proteínas, la acumulación de energía y los compuestos de ATP y NADP, transferencia de características hereditarias, la regulación del pH de las células.

Por lo tanto la disponibilidad del fósforo conduce a:

- Mayor desarrollo y crecimiento acelerado de las raíces.
- Mayor crecimiento y desarrollo general de la planta.
- Aceleración de la floración, fructificación y mejora la calidad de los cultivos.
- Mayor resistencia a las condiciones adversas.

1.8.3 Potasio en la planta:

INPOFOS (1 997), nos indica que para satisfacer las necesidades de la planta, las raíces absorben el K en forma iónica (K^+) de la solución del suelo. A diferencia del N y el P, el K no forma compuestos orgánicos en la planta. Su función principal esta relacionada con los procesos metabólicos.

- El K es vital para la fotosíntesis, cuando existe deficiencia de K la fotosíntesis se reduce y la respiración de la planta se incrementa. Estas dos condiciones reducen la acumulación de carbohidratos.
- El K interviene en la síntesis de proteínas y es importante en la descomposición de carbohidratos, un proceso que provee de energía a la planta para su crecimiento.
- El K ayuda a controlar el balance iónico y es importante en la translocación como en el caso del hierro.

- Además, ayuda a la planta a resistir el ataque de enfermedades y mejora la resistencia de las plantas a las heladas.
- Está involucrado en la activación de 60 sistemas enzimáticos que regulan las principales reacciones metabólicas de la planta.
- Otra función importante del K en el crecimiento de la planta, es la influencia de este nutriente en la apertura y cerrado de estomas de la hoja, que es regulado por la concentración de K en las células que rodean estos poros. A mayor escasez de K se produce la menor apertura de estomas.

Rodríguez (1,992) y Simpson (1,991), sostienen que cuando el potasio entra en el sistema metabólico de las células, forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las mismas para regular el potencial osmótico celular, regulando así el contenido de agua interna. Además el potasio interviene fisiológicamente en los siguientes procesos:

- Síntesis de azúcares y almidones.
- Traslado de azúcares.
- Síntesis de proteínas en las uniones peptídicas
- En la fosforilación oxidativa se produce las membranas de las mitocondrias.
- Interviene en la estimulación enzimática.

1.8.4 Azufre en la planta

INPOFOS (1997), sostiene que a diferencia de Ca y el Mg, son absorbidos por las plantas como cationes. El S es absorbido principalmente

como anión sulfato (SO_4^{2-}), también puede entrar en la planta a través de las hojas como dióxido de S (SO_2) presente en el aire.

El S es parte de cada célula viviente y forma parte de 2 de los 21 aminoácidos esenciales que forman las proteínas. El azufre en el interior de las células tiene características de escasa movilidad, cumple algunas funciones importantes, además de constituir distintas sustancias vitales (Rodríguez, 1992). El S interviene en los procesos siguientes:

- Forma parte constituyente de las proteínas.
- Forma parte de las vitaminas.
- Es constituyente de las distintas enzimas, con el sulfidrilo como grupo activo.
- Interviene en los mecanismos de oxido-reducción de las células.
- Interviene en la estructura terciaria de las proteínas.
- Es necesaria en la producción de clorofila a pesar de no ser constituyente de este compuesto.

Según Azabache (2003), el S es requerido para la síntesis de cistina, cisteína y metionina que son componentes esenciales de las proteínas, aproximadamente el 90% de S en las plantas se encuentra en estos aminoácidos. Una de las principales funciones del S en las proteínas es la formación de los enlaces disulfuro entre los canales polipéptidos.

El S es necesario para la síntesis de coenzima A, biotina y tiamina o vitamina B, de estas sustancias la más importante es la coenzima A, pues esta involucrada en la oxidación y síntesis de ácidos grasos, la síntesis de

aminoácidos y la oxidación de ciertos productos intermedios del ácido tricarbóxico o ciclo del ácido cítrico.

INPOFOS (1 997), indica que las plantas con deficiencia de S presentan un color verde pálido en las hojas más jóvenes, ya que es un nutriente poco móvil en la planta, aún cuando en casos de deficiencia severa toda la planta puede presentar el color verde pálido y crecimiento lento.

1.8.5 Calcio en la planta:

INPOFOS (1 997), sostiene que, el Ca es absorbido por las plantas en forma de catión Ca^{++} , una vez dentro de la planta, el Ca funciona en varias formas, incluyendo las siguientes:

- Estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas.
- Forma compuestos que son parte de las paredes celulares. Esto fortalece la estructura de la planta.
- Ayuda a reducir el nitrato en la planta.
- Ayuda a activar varios sistemas de enzimas.
- Ayuda a neutralizar los ácidos orgánicos en la Planta.
- Influye indirectamente en el rendimiento al reducir la acidez del suelo (carbonato de calcio). Esto reduce la solubilidad y toxicidad del manganeso (Mn), Cobre (Cu) y Aluminio (Al).
- Influye indirectamente en el rendimiento al mejorar las condiciones de crecimiento de las raíces y estimula la actividad microbiana, la disponibilidad del Molibdeno (Mo) y la absorción de otros nutrientes.

- Es requerido en grandes cantidades por las bacterias fijadoras de N.

Para Rodríguez (1,992) y Simpson (1,991). Las principales funciones que cumple el Ca son:

- En el interior de las células es un elemento poco móvil, interviene en la formación de los pectatos de calcio de la laminilla media de las células que intervienen en el proceso general de absorción de alimentos.
- El calcio forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos en el interior de las células, regulando la presión osmótica de las mismas.
- Interviene en la formación de la lecitina, que es un fosfolípido importante de la membrana celular.
- Actúa en la división mitótica de las células, en el crecimiento de los meristemas y en la absorción de nitratos.
- Un síntoma común de la deficiencia de este nutriente es el pobre crecimiento de las raíces; las raíces con deficiencia de Ca se tornan negras y se pudren.
- Las hojas jóvenes y otros tejidos nuevos desarrollan síntomas debido a que el Ca no se transloca dentro de la planta.
- Los tejidos nuevos necesitan Ca para la formación de sus paredes celulares, por lo tanto la deficiencia de Ca, causa que los filos de las hojas y que los puntos de crecimiento sean gelatinosos. En casos severos, los puntos de crecimiento mueren (INPOFOS, 1 997).

1.8.6 Magnesio en la planta:

Rodríguez (1992), sostiene que, el magnesio es absorbido por las plantas en su forma catiónica Mg^{++} de la solución del suelo y a través de la

difusión o flujo de masas por las raíces. Ingresa a las células participando en distintas funciones y constituciones moleculares. Estas son:

- Forma parte de la molécula de clorofila.
- Forma parte constituyente de los pectatos de Ca y Mg en las semillas, tejidos meristemáticos y frutos.
- Entra en la constitución molecular de 15 enzimas del grupo de las sintetizadoras de polipéptidos, las transfosforilasas y descarboxilasas.
- Interviene en la síntesis de los aceites esenciales.

INPOFOS (1,997), sostiene que el Mg es el átomo central de las moléculas de clorofila, por lo tanto esta involucrado activamente en la fotosíntesis. El Mg y el nitrógeno son los únicos nutrientes provenientes del suelo que son parte de la clorofila y por esta razón la mayoría del Mg en las plantas se encuentra en este compuesto. Las semillas también tienen un contenido relativamente alto de Mg, aún cuando los cereales como el maíz tienen bajos niveles en sus semillas.

El Mg es el componente estructural de los ribosomas, estabilizándolos en la configuración necesaria para la síntesis de proteína. El Mg actúa como complemento en todas las enzimas que activan el proceso de fosforilación mediante la formación de un enlace, entre la estructura pirofosfato de ADP y ATP y la molécula de la enzima. Este elemento se acumula en los frutos y órganos de reserva.

Debido a su movilidad en el floema puede ser transportado fácilmente de las partes viejas a las jóvenes y sus síntomas de deficiencia aparecen en hojas

viejas como la clorosis internerval. Las hojas presentan un color amarillento y bronceado rojizo, mientras que las venas de las hojas se mantienen verdes.

Cuando la relación de Ca y Mg es muy alta las plantas absorben menos Mg, las relaciones adecuadas están entre 10 y 15. La deficiencia también puede acentuarse con la aplicación de altas dosis de K (K/Mg ideales son 5 - 2) por una alta disponibilidad de amonio que origina la competencia con el Mg (Azabache, 2 003).

1.9. ANALISIS FOLIAR:

El análisis foliar ha sido la herramienta mas certera para determinar el estado nutricional de las plantas. No obstante desde hace años se ha realizado diferentes investigaciones tendientes a probar tejidos complementarios a la hoja, en procura de una mayor precisión en el diagnóstico nutricional de algunos elementos minerales. Ello ha dado como resultado, por ejemplo, el uso ya rutinario del análisis de arginina en sarmientos de vid y el análisis de nitrógeno, calcio y potasio en frutos de manzano.

Para el análisis foliar, es importante elegir las hojas cuando el árbol no está creciendo activamente. Esto esta relacionado como la estabilidad de los nutrientes en esa etapa. Es importante recolectar las hojas antes de que haya demasiado desarrollo floral, ya que se produce la translocación de éstos hacia las partes florales (Whiley, 1990).

Las hojas pueden almacenar grandes cantidades de carbohidratos y minerales que se reciclan durante los periodos de demanda (Palma, 1990).

Las hojas de palto presenta un medio hostil para la absorción de nutrientes aplicados foliarmente. Varios análisis foliares han entregado resultados que no han demostrado que exista una deficiencia de Zn ó B; sin embargo, se cree más en lo que muestra la condición del árbol. En la mayoría de los casos, el productor aplica el B ó Zn foliarmente. La técnica estándar de lavar las hojas previo análisis no remueve la contaminación de estos nutrientes que quedan atrapados en la cutícula cerosa de la hoja, de manera que el análisis de estas hojas no refleja la verdadera situación del árbol (Palma, 1990).

El mismo autor señala que debido a la capa cerosa que tiene las hojas del palto, la posibilidad para lograr una eficiente absorción de nutrientes aplicados foliarmente es asperjado antes de que se forme la cutícula y durante la expansión de las hojas nuevas.

Adicionalmente, se señala que el análisis de flores es una herramienta útil para evaluar el nivel de hierro en duraznero, elemento que, como es sabido, no tiene buena respuesta al análisis foliar (Sanz et al, 1997).

En lo referente al Boro se sostiene que las flores son muy útiles para el estudio de la deficiencia de este nutriente en la vid (Fregoni, 1980). Algo similar ocurre con el exocarpo de la almendra, que se señala como interesante de

estudiar para determinar el nivel de abastecimiento de Boro en el árbol, por ser el tejido donde más se acumula este elemento (Nyomara y Brown, 1997).

En el caso de la palta, después de realizar una prospección en 14 huertos de la zona central de Chile, en que se comprobó diversos tejidos, se determinó que la flor y el pedúnculo del fruto es muy promisorio para determinar el nivel de abastecimiento de los elementos minerales en esta especie frutal (Granger 2001; Razeto et al, 2003). En estos estudios, la flor presentó una concentración de boro más alta que la hoja.

El crecimiento y desarrollo anual de un frutal en la etapa productiva manifiesta variaciones que responden al manejo de la especie y a la interacción con los factores edáficos y climáticos. Estas variaciones pueden inducir a cambios estacionales reversibles en la concentración interna de los diferentes nutrientes esenciales, lo cual finalmente puede afectar el rendimiento y/o calidad de la fruta cosechada.

Durante las diferentes etapas de desarrollo de un frutal se van produciendo cambios estacionales en la concentración de nutrientes a nivel de hojas y pecíolos (algunos elementos bajan su concentración y otros la suben). Estos cambios de concentración están relacionados a las necesidades nutricionales del fruto y al grado de movilidad interna de cada elemento. El tejido foliar constituye el pool activo de reservas nutrimentales dentro de la planta, puesto que muchos elementos se encuentran en estado mineral dentro de la vacuola, y por tanto cumplen un rol fundamental como fuente de aporte inmediato de nutrientes a los centros de crecimiento (frutos).

Cuando el análisis foliar indica deficiente, se observarán respuestas inmediatas a las aplicaciones correctoras. Especialmente espectacular es el caso del potasio y en menor grado el fósforo. El calcio de poca importancia acá, es de gran utilidad para asegurarse que el muestreo de hojas para el análisis foliar ha sido adecuado. Los valores de calcio aumentan con la edad de las hojas (hasta más o menos cinco meses), por lo tanto, si el valor de calcio es muy bajo podemos sospechar que las hojas de las muestras son demasiado nuevas. El magnesio, al igual que los otros elementos, rara vez se encuentran deficientes.

Por esta razón, el tejido foliar es un buen indicador del estado nutricional estacional de los frutales, siempre que el resultado de su análisis químico sea comparado con estándares originados en zonas edafoclimáticas similares para muestras colectadas en fechas relativamente similares. A su vez, la fecha de colección de la muestra foliar está relacionada a una variable fisiológica de la planta, que dice relación con el momento fenológico en que el tejido foliar manifiesta cierta estabilidad en los contenidos nutricionales (Granger, 2001; Razeto et al, 2003).

De este modo, para cada especie frutal existe una época recomendada para el muestreo del tejido foliar, (Cuadro 6).

Cuadro N° 6. Muestreo de tejidos foliares para su diagnóstico.

Especie	Época de muestreo	Tejido	Cantidad de tejido
Palto	Marzo / Abril	Hojas de 5 - 7 meses de edad provenientes de brotes de primavera que no presenta frutos	100

Granger, 2001; Razeto et al, 2003.

Una vez que la muestra es colectada (en una bolsa de papel), ésta debe ser llevada al laboratorio de análisis más cercano, idealmente aislada de la temperatura ambiente, para no alterar el resultado de la muestra. En aquellas situaciones en que se presenten dificultades para el traslado inmediato de la muestra al laboratorio, ésta se debe mantener refrigerada a 5°C hasta el momento de su envío. Cuando se ha obtenido el resultado del análisis, éste debe compararse con un estándar que indique niveles deficientes, adecuados y excesivos.

En este sentido, se denomina concentración deficiente o nivel deficiente a aquella concentración nutrimental bajo la cual se ve afectada la producción y/o calidad de la fruta. A su vez, la concentración excesiva es aquella en la cual se produce un efecto adverso en la producción, ya sea por competencia interna con otros nutrientes o por toxicidad de algún elemento. Por su parte, la concentración adecuada es aquella que asegura una producción cercana al potencial que permite cada condición edafoclimática, cumpliendo además con la calidad exigida en la fruta cosechada.

Para fines interpretativos en el Cuadro 8 se muestra los niveles adecuados para las variedades Hass y Fuerte.

Los límites de rango indican a su vez, el punto de partida para una concentración deficiente o excesiva. La interpretación del resultado del análisis de tejido foliar, debe ser realizada por un profesional capacitado.

Cuadro N° 7. Rangos de concentraciones adecuadas de nutrientes en tejidos foliares de la variedad de Hass y Fuerte.

Especie	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	%BMS					ppm				
Hass	2,0 - 2,4	0,1 - 0,2	0,8 - 2,0	1,0 - 2,0	0,4 - 1,0	50 - 900	50 - 700	30-200	5-24	30 - 90
Fuerte	1,6 - 2,0	0,1-0,2	0,8 - 2,0	1,0 - 2,0	0,4 - 1,0	50 - 900	50 - 700	30-200	5-24	30 - 90

Adaptado de Hirzel, 2007.

El conocer el contenido de nutrientes de las hojas es cada vez más despectivo, siempre que los laboratorios nos ofrezcan confianza, este es un punto clave, pero débil en Perú y en otros países como Chile.

En general, se siguen considerando válidos los valores que se reporta en el Cuadro 8.

Goodall (1979) en colaboración con Embleton y Pratt (1961), indican que las hojas a muestrear con fines de análisis, se tomarán de árboles bien regados y sin problemas de salinidad, deben tener 5 a 7 meses de edad y corresponder al ciclo de crecimiento primaveral y de brotes sin frutos. Se cortan desde mediados de febrero a mediados de abril, debiendo ser secadas rápidamente.

Sin embargo, Whiley (1990), recomienda hacer uso de las hojas más nuevas, del brote de verano, recolectadas en otoño, cuando el árbol está dormido; la razón para este análisis refleja el estado nutricional de las hojas

que son la fuente de nutrientes que influirán en la fruta que va a producir el árbol, o sea, en la floración, cuajado y brotamiento vegetativo de la primavera posterior.

CUADRO N° 8. Guía de análisis de hojas para el diagnostico del nivel de nutrientes en hojas de paltos

Elementos	Medición en	Niveles en Base a Materia Seca - Hojas		
		Deficientes Menos de:	Adecuado	Excesivo Más de:
N	%	1,06	1,60 - 2,0	2,0**
P	%	0,05	0,08 - 0,25	2,3
K	%	0,35	0,75 - 2,0	3
Ca	%	0,5	1,00 - 3,0	4
Mg	%	0,15	0,25 - 0,8	1
S	%	0,05	0,20 - 0,6	1
B	ppm***	Oct-20	50 - 100	150 - 200
Fe	ppm	20 - 40	50 - 200	?
Mn	ppm	Oct-15	30 - 500	1,000
Zn	ppm	Oct-20	30 - 150	300
Cu	ppm	02-Mar	May-15	25
Mo	ppm	0,01	0,05 - 1,0	?
Cl	%	?	?	0,25 - 0,60
Na	%	-	-	0,25 - 0,50
Li	ppm	-	-	50 - 75

FUENTE: "Avocado Fertilización" U. de California. Leaflet, 1965.

Además, en California se ha llegado a tabular el nivel óptimo de nitrógeno en las hojas de de las dos variedades de palto.

CUADRO N° 9. Contenidos de análisis foliar completa de análisis de hojas en paltos

Elemento	Deficiente	Bajo	Normal	Alto	Exceso	Medición en
Nitrógeno (Hass)	1.4	1.41-2.19	2.20-2.40	2.41-2.69	2.7	%
Nitrógeno (Fuerte)	1.3	1.31-1.69	1.70-2.00	2.01-2.49	2.5	%
Nitrógeno (Otros)	1.3	1.31-1.89	1.90-2.20	2.21-2.49	2.5	%
P	0.05	0,06-0.07	0,08 - 0,15	0.16-0.24	0.25	%
K	0.35	0,36-0.74	0,75 - 1.25	1.26-2.24	2.25	%
Ca	0.50	0,51-0.99	1,00 - 2,00	2.01-2.99	3	%
Mg	0.25	0,26-0.39	0,40-0.80	0.81-0.99	1	%
S	0.05	0,06-0.19	0,20 - 0,60	0.61-0.99	1	%
Cl	-	-	0.07-0.23	-	0.25	%
Na	-	-	0.01-0.06	0.06-0.24	0.25	%
B	14	15-49	50 - 80	81-149	150	ppm
Fe	40	41-49	50 - 150	151-249	250	ppm
Mn	19	20-49	50 - 250	251-749	750	ppm
Zn	20	21-24	25-100	101-299	300	ppm
Cu	3	4	5.0-15	16-24	25	ppm
Mo	0.01	0.02-0.04	0,05 - 1,0	-	-	ppm

FUENTE: Gardiazabal 2004.

CUADRO N° 10: Niveles de nitrógeno sugerido en hojas de palto.

Variedad	N° Foliar (%)
Hass	1,6 a 2,0
Fuerte	Alrededor de 2,0

FUENTE: "Avocado Fertilización" U. de California. Leaflet, 1965

Otro cambio, sugerido por EMBLETON (1984), después de 5 años de ensayos en paltos Hass, aumentaría el rango adecuado de fósforo a 0,10 en vez de 0,08 que entrega la tabla. Otros especialistas recomiendan incluso practicar dos análisis foliares al año.

1.9.1. Método de muestreo para el análisis foliar

Actualmente el análisis foliar es el mejor método para determinar el estado nutricional del árbol.

El muestreo debe ser estacional como la fecha señalada debido a que se producen cambios estacionales en los niveles de Ca, K, N, B, Fe y Mn, por esta razón los niveles detectados en otras épocas de muestreos nos inducirán a errores de la interpretación. Como dato práctico las hojas avanzadas en el periodo de febrero a marzo señalarán los niveles más bajos de calcio respecto a su etapa, de manera que el nivel calcio de las hojas de crecimiento de verano nunca sobrepasaran el 1.6%, en cambio las de crecimiento de primavera siempre estarán sobre 1.8% (Lahav et al, 1990).

En muchos casos se encuentra la situación de que no existen, para algunos cultivos e instrucciones específicas de muestreo. Aquí, la regla general reconoce que se debe muestrear las hojas que han madurado recientemente y su crecimiento ha terminado pero que no han entrado en senilidad.

Para determinar la época de muestreo se debe tener en cuenta el comportamiento que ha tenido la plantación durante la campaña anterior así como los estados fenológicos como la floración, el cuajado, la maduración, etc. La investigación para este caso ha prestado bastante atención y para cada especie vegetal ha definido esta época. Definida esta época, se procede a la delimitación del campo y que permitirá obtener la muestra representativa. En general, se muestrea en la parcela definida entre el 5 a 10% de los árboles; durante el recorrido se sigue en diagonal o en forma zig-zag. Cada lote debe estar formado por una plantación homogénea que permita la uniformidad de la muestra. La suma de las muestras individuales al final del recorrido en la parcela, constituye la muestra compuesta y a partir del

cual se obtendrá la muestra representativa (Lahav et al, 1990).

1.9.2. Preparación y análisis de la muestra

El proceso de preparación de la muestra para el análisis sigue una serie de pasos que modifica las propiedades físicas y químicas del tejido muestreado. Estos cambios deben ser minimizados y para lo cual se han determinado procedimientos adecuados para el manejo de las muestras en el laboratorio (Lahav et al, 1990).

En el proceso de preparación de la muestra se logran dos objetivos

- Homogenizar la muestra compuesta.
- Acondicionar la muestra para ser analizada.

a) Lavado y secado de la muestra

El proceso es necesario en muestras que están sujetas a la acción del viento o que las plantas han recibido aplicaciones de pesticidas o fertilizantes foliares. La muestra se debe lavar con una solución diluida de HCl (generalmente 0.3 N) o una solución de detergente al 2%. El proceso de lavado debe ser rápido procurando la menor exposición posible de la solución de lavado con el tejido para evitar la pérdida de elementos solubles como el boro (B) y el potasio (K).

El secado es la remoción de agua de la superficie del tejido y luego en una estufa a 75°C para eliminar toda el agua de los tejidos. Un secado a

temperatura más alta que la señalada puede descomponer la muestra reduciendo el peso seco. Para secar la muestra se coloca en un recipiente de papel y dentro del horno debe haber suficiente espacio para permitir la circulación del aire.

b) Molienda de las muestras

La muestra secada es molida para reducir el tamaño de las partículas y obtener una muestra lista para ser analizada en el laboratorio. Se usa un molino del tipo Wiley y con una criba N° 60. El tiempo debe ser lo suficiente para pasar la muestra por el molino. Si el elemento fierro (Fe) es el de mayor interés se debe evitar la contaminación. Si en el molino se pone en contacto la muestra con piezas de acero se recomienda usar el mortero para moler las muestras. Terminado la molienda, las muestras son guardadas en un frasco en un ambiente fresco, seco y oscuro.

c) Digestión de la muestra para análisis de minerales

El proceso consiste en la destrucción de la materia orgánica (carbono) del tejido y la liberación de los minerales. Los dos métodos de uso común son: digestión seca con la combustión a alta temperatura y la digestión ácida llamada vía húmeda. Ambas técnicas pueden dar resultados comparativos si se conducen adecuadamente; sin embargo, existen excepciones como en el boro (B), arsénico (As), plomo (Pb) y selenio (Se) que pueden perderse por volatilización durante la digestión seca, contenidos más altos de aluminio (Al), fierro (Fe) y zinc (Zn) se pueden obtener cuando la muestra se prepara por digestión húmeda en comparación a la seca.

La digestión seca se lleva a cabo colocando muestra en crisoles de porcelana y dentro de una mufla. La temperatura se debe elevar en forma lenta hasta los 450°C y se mantiene esta por lo menos 4 horas. Luego, se remueven los recipientes de la mufla y se enfrían antes de proceder a disolver las cenizas con ácido nítrico (HNO₃) al 20 % y/o ácido clorhídrico (HCl) o con agua regia. (Una parte de HNO₃ y tres de HCl); este proceso se puede realizar con o sin calentamiento y permite llevar las cenizas a solución.

Durante la digestión húmeda, la muestra es digerida utilizando una combinación de ácido nítrico (HNO₃) y perclórico (HClO₄). Se puede añadir peróxido de hidrógeno (H₂O₂) para completar la digestión. No se recomienda utilizar el H₂SO₄ en muestras muy ricas en calcio debido a que se puede formar sulfato de calcio (CaSO₄) insoluble, reduciendo la recuperación de calcio de la solución analizada.

El HClO₄, cuando se calienta es un oxidante altamente reactivo y puede causar explosión cuando se pone en contacto con compuestos fácilmente oxidables. Normalmente se digiere primero la muestra en HNO₃ y se añade HClO₄ después de que la primera digestión se haya completado y la muestra se fría.

d) Determinación de Nitrógeno:

Chapman y Pratt (1973), menciona que la determinación de nitrógeno se basa en tres fases:

- a) Digestión
- b) Destilación

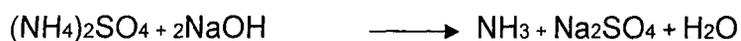
c) Titulación

a) Digestión: Consiste en la digestión de los compuestos nitrogenados (N-orgánico + N-NH₄), por oxidación de la M.O con H₂SO₄ hirviendo en presencia en una mezcla catalítica (K₂SO₄ + CuSO₄ + Na₂SeO₃ +H₂O), los que incrementa la temperatura de ebullición.



En esta fase toda las formas orgánicas del N pasan a la forma amoniaca.

b) Destilación: Consiste en desdoblar el compuesto amoniacal formado de la sustancia digerida (NH₄)₂SO₄, alcalizando el medio con NaOH;



El amoniaco que se desprende es recogido cuantitativamente en solución de ácido bórico (H₃BO₃) en exceso, en presencia de indicador mixto: NH₃ + H₂O



c) Titulación.- Es la última fase que consiste en valorar y/o titular con un ácido estándar H₂SO₄ 0.025N, que reacciona con el borato de amonio formado en la fase anterior y se convierte en H₃BO₃ a un pH 5.0:



1.9.3. Formas de expresar el contenido de nutrientes en los tejidos

La concentración de los elementos: N, P, K Ca, Mg, y S en los tejidos se expresa como porcentaje (%) en base a peso seco. Para los

micronutrientes B, Fe, Cu, Zn, Mn y Cl, se expresan en partes por millón (ppm). Cuando se usa el sistema internacional, los elementos mayores se expresan en gramos/kilogramo (gr/kg) y los cationes en centimoles/kilogramo (cmol/kg), para el caso de los micronutrientes se pueden expresar en partes por millón (ppm) miligramos / kilogramo (mg/kg.); mili moles/kilogramo (Cuadro 11).

Cuadro N° 11: Formas de expresar la concentración de nutrientes en los tejidos de las plantas en base a peso seco.

Elementos	%	g/Kg	cmol/Kg
N	3,15	31.50	221
P	0.32	3.20	-----
K	1.95	19.50	50
Ca	2.00	20.00	50
Mg	0,48	4.80	20
Elementos	ppm	mg/kg	mmol/kg
B	20	20	1,85
Cu	12	12	0.19
Fe	111	111	1.98
Mn	55	55	1,00
Zn	33	33	0,50

Fuente: Goodall, 1979 "Avocado Fertilización" California

1.10. SINTOMAS VISUALES DE DEFICIENCIA Y/O TOXICIDAD:

Algunos elementos, como el zinc y hierro al estar deficientes muestran síntomas muy característicos en el follaje y en los frutos. Los síntomas visuales permiten además identificar un problema muy serio en muchos paltos, como el exceso de cloro.

El cloro se acumula en las hojas viejas, en forma lenta llegando a quemar la punta y borde de las hojas adultas. Se producen también manchas amarillentas más atrás, y las hojas pueden caer prematuramente.

El exceso de Sodio origina quemaduras ínter venoso y muerte de las puntas en los brotes tiernos. La experiencia californiana indica que hasta fechas recientes sólo que había que aplicar nitrógeno, zinc y aunque el zinc también ofrece dificultades. Raras veces y sólo en años más recientes en suelos arenosos y áridos se encontró carencia de fósforo, siendo aún más rara la de potasio; de manera que ateniéndose a las normas californianas en Chile se recomiendan básicamente Nitrógeno y Zinc (Goodall, 1979).

1.11. EPOCA DE APLICACIÓN DE LOS ABONOS

La recomendación es agregar el nitrógeno en junio a julio para que las lluvias ayuden a distribuirlo. En parcelas regadas por goteo o aspersión se puede incluir en el agua durante ocho meses, desde septiembre a marzo y aún en agosto, si el análisis foliar es menor de 1.6 a 1.7%. (Goodall, 1979), menciona que el momento más crítico para tener un adecuado suplemento de nitrógeno es cuando las hojas nuevas salen y la floración comienza.

Whiley (1990), asevera que se debe agregar el nutriente al suelo, en los meses de agosto a septiembre, meses en que también se aplicarían el fósforo, potasio, calcio y boro, aunque estos también se podrían distribuir en abril.

1.12. NECESIDADES DE NUTRIENTES POR EL CULTIVO DE PALTO

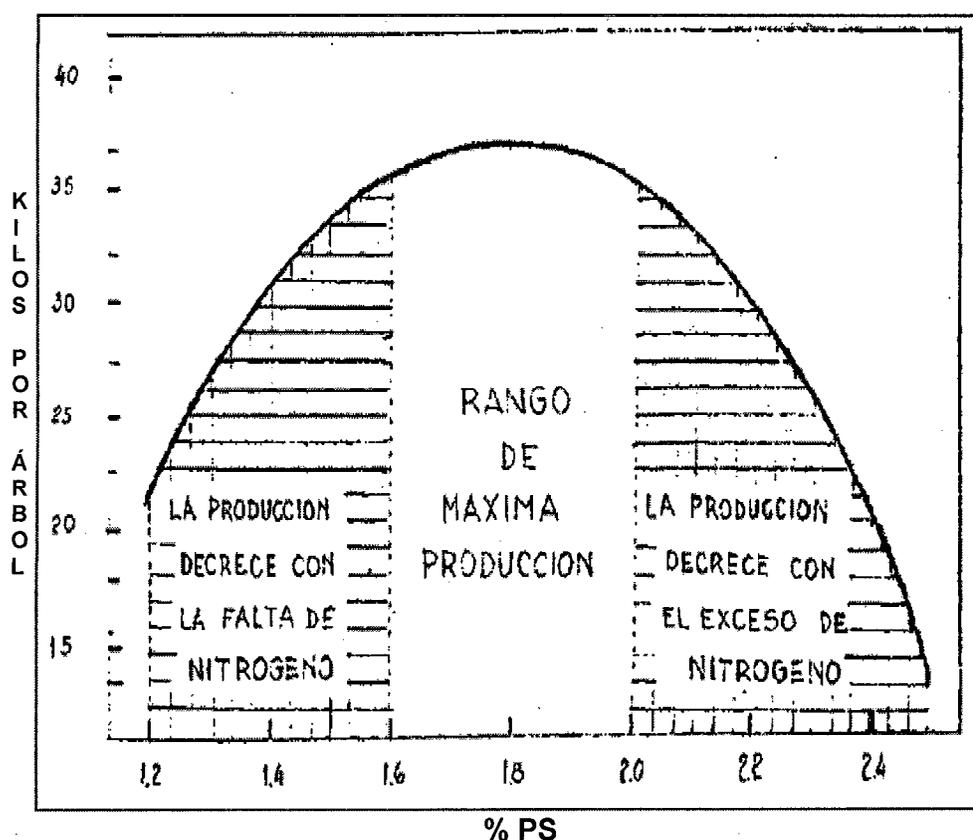
Nitrógeno

Hay que tener cuidado en la variedad Fuerte de no sobrepasar el 2% en el análisis foliar. Tal como se indica claramente la Figura 1, tomada de

"Avocado Fertilization" (Goodall, Embleton y Platt 1979), un exceso 2.7% y 2.5% para Hass y Fuerte respectivamente, sobre este contenido reduciría la productividad del huerto. Para Hass la cifra es mayor de 2,2% de N.

Como referencia se calcula que una hectárea de Hass debería recibir entre 250 y 400 kg de N al año, es decir, en urea entre 500 y 800 kg. El **análisis foliar** anual es la herramienta fundamental para recomendar la cifra conveniente, siendo la fuerte bastante menor.

FIGURA 1: Niveles de productividad del palto de acuerdo al contenido de nitrógeno en las hojas.



Fuente: Galiano, 1984, Fertilidad de suelos

Nitrógeno: 60 a 300 g de nitrógeno puro al año en plantas de 1 a 7 años
350 a 1000 g de nitrógeno puro al año en plantas de mas de 8 años.

Fósforo: árboles jóvenes (1 a 7 años): 200 a 450 g/árbol /año, árboles adultos mayores de 8 años, 900 a 1,100 g/árbol/año.

Potasio: es requerido en los primeros años y aumenta la necesidad en plantas en producción - árboles jóvenes de 1 a 8 años de edad, 100 a 450 g/árbol/año árboles adultos mayores de 5 años: 900 a 1,400 g/árbol/año.

pH Ideal 5.5 a 6.5

Materia orgánica 2.5 a 5 %

Salinidad: Conductividad eléctrica menor a 3 dS/m.

El **zinc** es un elemento que debe observarse con cuidado. Sus deficiencias se presentan con frecuencia y son fáciles de detectar visualmente y se corrigen fácilmente. Si el análisis foliar arroja resultados cercanos o inferiores a 20 ppm, es aconsejable hacer aplicaciones foliares.

Finalmente, respecto a estos valores es importante recalcar que son guías y no pretenden ser estándares. La idea es la siguiente: si los valores de su parcela caen cercanos a los niveles deficientes, los árboles y el huerto deberán observarse más crítica y cuidadosamente (Embleton, 1984).

Teliz (2000), señala que la variación nutrimental en al planta esta influenciado por la edad y posición de la hoja, el estado fenológico, el porta injerto y el cultivar, las interacciones nutrientes con al fertilización y la cosecha

del año anterior. Las concentraciones del N, P y K en las hojas disminuyen con la edad de esta, en tanto que las de Ca, Mg, Fe, Cu y Zn se incrementan, considerándose que la edad fisiológica es probablemente el factor más importante que tiene influencia en la composición de las hojas.

1.13. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:

Los resultados del análisis foliar busca interpretar los valores simples como la concentración crítica o concentración estándar. Se debe tener en cuenta que para poder utilizar los resultados del análisis foliar se utiliza los niveles críticos, siendo necesario que parte de la planta muestreada y el tiempo de muestreo sean idénticos a aquellos que se utilizaron para desarrollar la norma.

Se pueden encontrar diferencias en la concentración de nutrientes en el tejido si existen diferencias en la parte de la planta muestreada, en el estado de crecimiento, en el genotipo, etc.

Una confirmación de lo expuesto es el Cuadro 12, donde se aprecia ligeras variaciones entre los niveles bajo, medio y alto para un mismo cultivo para diferentes países.

Cuadro N° 12: Rango porcentual de concentración foliar de nutrientes en palto en varios países.

Nutrientes	Nivel	Colombia	Costa Rica	Brasil
Nitrógeno	Bajo	2.0 - 2.5	2.0 - 2.3	2.0 - 2.5
	Medio	2.5 - 3.0	2.3 - 2.8	2.6 - 3.0
	Alto	> 3.0	2.8	> 3.0
Fósforo	Bajo	<0.11	0.09 - 0.12	0.05 - 0.1
	Medio	0.11-0.15	0.12 - 0.20	0.11-0.15
	Alto	0.15 - 0.18	> 0.20	> 0.15
Potasio	Bajo	1,1 - 1.5	1,0 - 1.7	1.5 - 2.0
	Medio	1.5 - 1,8	1.7 - 2.7	2.1 - 2.5
	Alto	> 1.8	> 2.7	> 2.5
Calcio	Bajo	<0.7	<0.8	1.0 - 1,2
	Medio	0.7 a 1.3	0.8 - 1.1	1.2 - 1.5
	Alto	>1.3	> 1.1	> 1.5
Magnesio	Bajo	<0.16	0.1 - 0.2	0.1 - 0.2
	Medio	0.16 - 0.35	0.2 - 0.35	0.2 - 0.4
	Alto	> 0.35	> 0.35	> 0.4.

Fuente: Galiana, E 1984, Fertilidad de suelos, Ed. por E. Salvador. Bogota, SCCS, p. 202.

El procedimiento permite tomar medidas correctivas antes que las deficiencias nutricionales reduzcan el rendimiento o la calidad del producto.

La correcta interpretación de los resultados obtenidos en el análisis foliar es la parte más compleja del método, debido a los múltiples factores que intervienen en el contenido de nutrimentos en las hojas.

La interpretación requiere en primer término, estudios previos para establecer los índices o concentraciones de nutrimentos en hoja que corresponden al estado nutricional bajo, medio, adecuado o excesivo del cultivo que se diagnostica, o sea, se establece los niveles críticos (Bertsch, 1998).

Existen varias vías de investigación para determinar estos niveles críticos, aunque los métodos se basan en gráficas de calibración que

relacionan el rendimiento absoluto o relativo, con el contenido del elemento en cierto tejido indicador. El rendimiento puede ser de materia seca obtenida de plantas cultivadas en solución nutritiva o en macetas, con suelo en invernadero o puede ser la cosecha final de grano, fruto o raíces obtenida en ensayos de campo.

Los niveles críticos determinados en el campo son más confiables que los obtenidos en el invernadero.

a). Uno de los métodos que define el nivel crítico como el contenido de nutrientes corresponde al 90 ó 95% del rendimiento máximo. En este caso, el método consiste en dibujar o calcular la curva que mejor se ajuste a los puntos que relacionan el rendimiento con el contenido de nutrientes, determinar el rendimiento máximo, y calcular el contenido correspondiente al 90 ó 95% del rendimiento máximo.

b). Otra alternativa es utilizar la técnica de Cate y Nelson, que se aplica también en los suelos. Mediante el trazado de dos líneas en cruz, es posible ubicar la mayoría de los puntos en los cuadrantes inferior izquierdo y superior derecho, de modo que la población quede dividida por medio de un nivel crítico en dos grupos: por debajo de ese nivel crítico es esperable la respuesta a la aplicación del elemento, y por encima no (Bertsch, 1998).

c). El tercer método define el nivel crítico como el contenido de nutrientes por debajo del cual se producen síntomas de deficiencia o por encima del cual se producen síntomas de toxicidad. Estos niveles críticos son siempre más

bajos, en el caso de deficiencia y más altos en el caso de toxicidad, que los obtenidos a través de los otros dos métodos (Bertsch, 1998).

Cualquiera sea el método empleado, es imprescindible tener datos de concentración de nutrientes asociados a valores de rendimiento adecuado.

En forma práctica, cuando no se dispone de tablas que indiquen los rangos adecuados para un determinado cultivo, por ejemplo, por ser éste de muy reciente introducción o escasamente investigado, o cuando se desea afinar la información a nivel de finca, sí no se cuenta con las posibilidades de realizar un experimento sistemático para obtenerlos, los rangos adecuados pueden empezar a establecerse en base a los resultados de análisis de plantaciones que al menos visualmente y en términos de rendimiento, estén en condiciones mas adecuadas.

También, la asociación de los registros continuos de producción de una plantación con los correspondientes registros de los análisis foliares es el mecanismo para abastecerse de información local.

Los niveles críticos o los rangos publicados en la literatura para cada cultivo son muy importantes como una guía para interpretar los datos de los análisis foliares obtenidos; sin embargo, estos datos solamente deben utilizarse como una guía, porque los contenidos de nutrientes también varían con las variedades, las condiciones climáticas (temperatura, lluvia) y con el

suelo.

En general, plantas que crecen rápido debido a un clima favorable, presentan contenidos de nutrientes muchas veces más bajos por el "efecto de dilución", es decir, que los nutrientes absorbidos son distribuidos en mayor cantidad de materia seca, resultando en concentraciones más bajas. Por el contrario, si la planta crece lentamente debido a una temperatura baja y otras condiciones adversas, los contenidos de nutrientes en ella pueden ser muy altos. Estos factores se deben tener muy en cuenta en la interpretación de los análisis foliares.

Otro factor que afecta el contenido de los nutrientes es la interacción entre ellos mismos. Por ejemplo, es bien conocido que la aplicación de P disminuye el contenido foliar de zinc, o que la aplicación de K disminuye el contenido de Ca y Mg. Este antagonismo entre elementos también es muy notable en la absorción de Fe, Cu, Mn y Zn. Altas concentraciones de Fe, disminuyen los contenidos de Cu, Mn y Zn, y altas aplicaciones de estos tres, disminuyen la absorción de Fe, causando síntomas de deficiencia de este elemento en los brotes. Por otro lado, también sinergismo, o sea, que en ausencia de P y K, el contenido de N es más bajo que *en su* presencia, y los contenidos más altos de N, P y K se obtienen, por lo general, con las combinaciones más altas de estos tres elementos.

Dada esta condición la concentración de nutriente en la hoja no es independiente de los demás, el diagnóstico nutricional por medio del equilibrio nutritivo ha sido utilizado por muchos investigadores. Por lo general, se

considera el equilibrio entre aniones y el que existe entre los cationes K - Ca - Mg, aunque también se utiliza el equilibrio N - P - K con buenos resultados.

También se utilizan relaciones binarias entre los contenidos de nutrientes en las hojas. La técnica, se basa en establecer una relación gráfica entre la producción de una planta y la proporción de cualquier pareja de elementos esenciales. La gráfica siempre genera una curva convexa que alcanza un máximo bien definido en el punto de proporción óptima entre los dos nutrimentos (Figura 20). Como existe una relación de causa efecto entre el medio externo (elemento en el suelo) y medio interno (nutriente en la hoja), se admite que las proporciones binarias en las hojas corresponden a las máximas producciones, constituyendo una "constante nutritiva" para cada especie, ya que cada equilibrio viene establecido por el genotipo. De las relaciones binarias óptimas puede deducirse la proporción múltiple óptima, o sea el equilibrio nutritivo global.

CAPITULO II

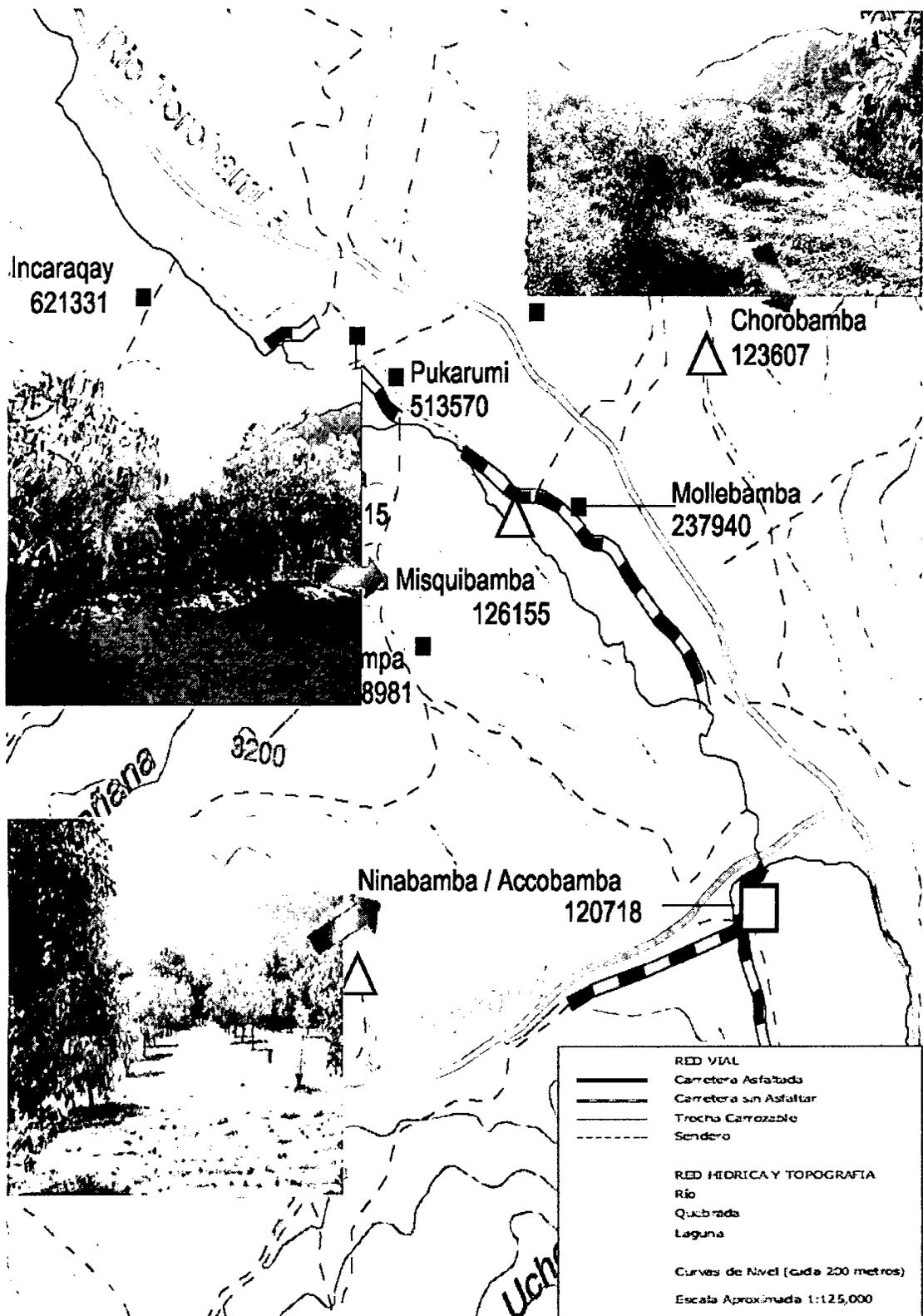
MATERIALES Y METODOS

2.1. INFORMACIÓN GENERAL

2.1.1. Ubicación del ensayo

El presente estudio se realizó en tres localidades: Ninabamba, Chorrobamba y Miskibamba, donde se obtuvieron las muestras de hojas de palto de las variedades Hass y Fuerte.

Las muestras se recolectaron en las comunidades de Ninabamba con 18 parcelas de la variedad Hass y 12 parcelas de la variedad Fuerte; Chorrobamba con 5 parcelas de la variedad Hass y una parcela de la variedad Fuerte; en Miskibamba se muestreo sólo una parcela de la variedad Hass, haciendo un total de 37 parcelas muestreadas en el valle de San Miguel (Torobamba), ubicado al noreste de la ciudad de Ayacucho, a una altitud de 2,500 m.s.n.m., cuyas coordenadas son 13° 03' 23" latitud sur y 73° 42' 17" longitud oeste, situadas en el distrito de San Miguel, provincia de La Mar, departamento de Ayacucho. Por lo general presenta un clima templado, con



temperatura media anual de 13° C, con una marcada diferencia entre el sol y la sombra y mucho mayor entre el día y la noche.

Los análisis foliares de las variedades se realizaron en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar "Nicolás Roulet", del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de La Facultad de Ciencias Agrarias – UNSCH.

2.1.2. Características climáticas

El valle de San Miguel (Torobamba), presenta un clima templado seco con presencia de lluvias en los meses de enero a abril, con una temperatura promedio de 22 a 5 °C y una precipitación de 600 mm anuales.

2.2. VARIEDADES UTILIZADAS

a) Variedad Hass

- Híbrido de raza guatemalteca y raza mexicana.
- Vigor medio a grande, redondeado, fruto color negro a violáceo.
- Rendimiento: 6.7 tn/ha.
- Período flor a fruto en San Miguel: 1.5 años.
- Cosecha: abril a julio.
- Cultivar precoz.

b) Variedad Fuerte

- Híbrido de raza guatemalteca y raza mexicana.
- Alto vigor, crecimiento desordenado y piel verde del fruto.
- Rendimiento: 5.1 tn/ha.
- Época de cosecha: abril a julio.

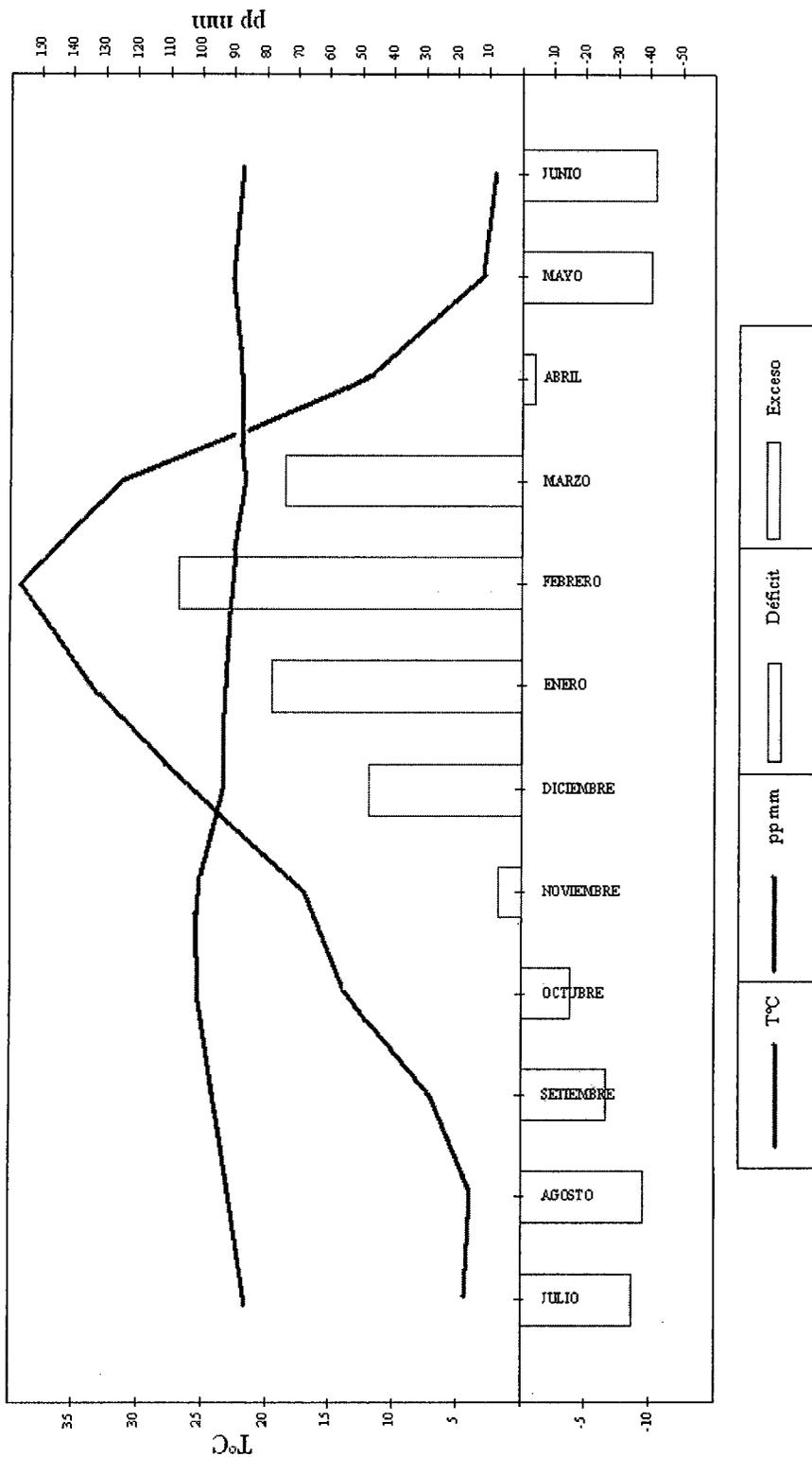
Cuadro Nº 13: Datos climáticos del distrito de Tambo - San Miguel, La Mar

Meses	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Suma	Prom
T°C	21.8	22.7	24.1	25.3	25.4	23.3	23.2	22.6	21.7	22.0	22.5	21.9	276.5	23.0
PPmm.	18.1	16.9	29.3	45.1	68.0	104.6	135.0	157.3	126.8	47.8	13.8	8.8	771.5	64.3
ETP real	108.1	112.6	115.7	125.5	121.9	115.6	115.1	101.2	107.6	105.6	111.6	105.1	1345.6	112.1
Fc Mes	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	58.4	4.9
Fc 0,49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	5.88	0.5
ETP corr.	53.0	55.2	56.7	61.5	59.7	56.6	56.4	49.6	52.7	51.7	54.7	51.5	659.4	54.9
Exceso	-	-	-	-	8.3	48.0	78.6	107.7	74.1	-	-	-	-	-
Deficit	34.9	38.3	27.4	16.4	-	-	-	-	-	3.9	40.9	42.7	-	-

Fuente: Estación meteorológica de la Agencia Agraria La Mar, San Miguel 2007.

Cuadro N° 13: Datos climáticos del distrito de Tambo - La Mar San Miguel

Figura N° 02: Balance hídrico Julio 2006-julio 2007



- Sensible a bajas temperaturas.
- Alta sensibilidad a nitrógeno

2.3. MUESTREO DE PLANTAS PARA EL ANALISIS FOLIAR

Se obtuvieron muestras de 37 parcelas de palto Hass y Fuerte, injertos de cinco años de edad se seleccionaron al azar 25 árboles, de cada planta se sacaron cuatro hojas las que hacen un total 100 muestras compuestas de las cuales se obtuvieron una muestra representativa por parcela (productor), haciendo un total 37 muestras; se realizó el muestreo de plantas visualmente similares en tamaño, sanas (sin daños físicos, químicos ni afectadas por plagas o enfermedades), Una vez seleccionados al azar, fueron identificados mediante la colocación de cintas de plástico amarillas las que fueron colocadas en el tronco del palto. Del mismo modo se recolectaron hojas del tercio superior de la planta, para este efecto se tomaron en cuenta las normas de muestreo del análisis foliar. Luego se colocaron en bolsas de papel Kraft perforadas y se almacenaron a temperatura de 0 a 5°C en una hielera para su conservación y transporte, previo a su preparación y análisis (Bazán, 1996).

Se muestreó hojas maduras pero que no han entrado en senilidad, interceptados durante el recorrido siguiendo diagonales o en forma zig-zag. En cada lote se muestreó plantas homogéneas que permita uniformidad de la muestra. La suma de las muestras individuales al final del recorrido en la parcela, constituyó la muestra compuesta y que a partir de la cual se obtuvo la muestra representativa.

2.3.1. Preparación de las muestras para el análisis

Para el análisis se siguió el procedimiento adecuado para el manejo de las muestras en laboratorio.

a. Pesado

Las muestras fueron pesadas en peso húmedo en una balanza analítica antes de ser lavadas y llevadas a estufa.

b. Lavado

Este proceso fue necesario en muestras que estuvieron sujetas a la acción del viento (deposición de polvo) o las plantas recibieron aplicaciones de pesticidas o fertilizantes foliares.

Para eliminar las muestras de posibles contaminantes se procedió al lavado con una solución diluida de HCl (0.03N) y luego enjuagado rápidamente con agua destilada tres veces, evitando el excesivo lavado para evitar la pérdida de elementos solubles como el boro (B) y potasio (K).

c. Secado

La muestra se colocó en un sobre de papel luego se llevó a la estufa previo etiquetado, sometiéndose a temperatura de 70 °C durante 48 horas, para eliminar el agua de los tejidos. Luego se pesó antes de la molienda y se determinó la materia seca.

d. Molienda

Se procedió a la molienda utilizando el molino de mano, por tratarse solamente del análisis de los macronutrientes, luego se tamizó con malla de 0,05 mm de diámetro, obteniéndose el tamaño de las partículas adecuadas para su análisis en laboratorio. Terminado la molienda de las muestras se almacenaron en frascos de vidrio en un ambiente fresco, seco y oscuro para su posterior análisis.

2.4. PARAMETROS DE EVALUACION

Para cumplir con los objetivos del presente trabajo de investigación, se determinaron los siguientes parámetros de evaluación:

- Determinación del contenido de Nitrógeno.
- Determinación del contenido de Fósforo.
- Determinación del contenido de Potasio.
- Determinación del contenido de Azufre.
- Determinación del contenido de Calcio.
- Determinación del contenido de Magnesio.
- Determinación de la extracción de macronutrientes por el fruto.

2.5. ANALISIS DE LAS MUESTRAS

2.5.1. Determinación de Nitrógeno: Para el análisis se utilizó el método Kjeldahl propuesto por Ibañez et al(1976), en tres etapas:

1º. Digestión

a) Se pesó en una balanza analítica de precisión de 200 gr de muestra, (muestra tamizado por 0.5 mm de diámetro), en un papel copia cortado aproximadamente de 5x3 cm (previamente tarado).

b) La muestra se envolvió en un papel (para evitar que la muestra se pegue en las paredes del balón), luego se introdujo en el balón Kjeldahl limpio y seco (balón N° 1).

c) Se agregó 4 ml de de la solución digestora previamente agitado y se mezcló con un ligero giro del balón para humedecer homogéneamente el papel de ambos balones.

d) Se preparó la muestra blanco que contenía únicamente el papel tarado más la mezcla digestora, con el fin de realizar las correcciones de posibles impurezas (balón N° 2).

e) Se ubicaron cada uno de los balones en la cámara de digestión, a temperatura que osciló entre 350 y 450°C, cuando se presentó la formación de espumas se añadió gotas de alcohol amílico (anti-espumante).

f) Se concluyó la digestión cuando el líquido tomó una coloración blanco lechosa que ocurre aproximadamente a los 4 horas de digestión y luego se retiró los balones de la fuente calórica y se dejó enfriar.

2º. Destilación

a) Se calentó el balón matraz del destilador MARKHAN hasta que el agua hierve por unos minutos y por el condensador se liberó el vapor de agua.

b) Se colocó el vaso de precipitación de 250 ml en el extremo inferior del condensador (tubo de salida del destilador), conteniendo 10 ml de solución H_3BO_3 al 2% más 3 a 4 gotas de indicador mixto (se torna color azul – violeta). La salida del tubo estuvo sumergida en solución ácida.

c) Se transfirió la muestra digestaza por el embudo del equipo destilador, lavando el balón 2 a 3 veces con agua destilada (fuertes chorros) inmediatamente se añadió la solución de NaOH 40% para alcalinizar el medio a fin de liberar el nitrógeno amoniacal (+/- 30 ml, hasta que se produzca el cambio de coloración marrón a verde lechoso.

d) Se cerró la llave respectiva del embudo y se llenó con agua destilada 1/3 de la boquilla de entrada del condensador.

e) Luego se procedió con la destilación (la solución H_3BO_3 + indicador cambia a una coloración verde clara) hasta agotar todo el nitrógeno (aproximadamente un volumen de 130 ml), y comprobar con el reactivo Nessler cuando la destilación ha concluido.

3°. Titulación

a) Una vez concluida la destilación se procedió a la titulación con solución valorada de H_2SO_4 0.025N (previamente enrazada en bureta graduada de 25 ml) hasta que la solución de coloración verde clara viró al color inicial azul – violeta.

b) Luego de dos minutos se realizó la lectura del gastols de H_2SO_4 0.025N, tanto en la muestra como en el blanco.

c) Finalmente por diferencia se halló el gasto real en la titulación de la muestra.

Para los cálculos se aplicó la fórmula siguiente:

$$\% N_{\text{Total}} = \frac{(G_m - G_b) \cdot N \cdot 14}{P_m} \cdot 100$$

Donde:

G_m : Gasto de ácido sulfúrico en la titulación de la muestra

G_b : Gasto de ácido sulfúrico en la titulación del blanco

N : Normalidad del ácido sulfúrico

P_m: Peso de muestra seca expresado en miligramos

2.5.2. Determinación de minerales: DIGESTION HUMEDA

El proceso consistió en la destrucción de la materia orgánica (carbono) del tejido y la liberación de los minerales. Este proceso se efectuó por VIA HUMEDA.

La digestión húmeda se realizó con el ataque de la muestra vegetal con ácidos altamente oxidantes como el ácido nítrico (HNO₃) y el perclórico (HClO₄). La misma que se efectuó por etapas, a fin de obtener una solución extracto (Licor), luego de haber oxidado todos los componentes orgánicos. No es recomendable usar H₂SO₄ en muestras muy ricas en calcio debido a que se puede formar sulfato de calcio (CaSO₄) insoluble, reduciendo la recuperación de calcio de la solución analizada.

El HClO₄ cuando se calentó es un-oxidante altamente reactivo y puede causar explosión cuando se pone en contacto con compuestos fácilmente oxidables. Normalmente se digiere primero la muestra en HNO₃ y se añade

HClO₄ después de que la primera digestión se ha completado y la muestra está fría.

Para esto se utilizó 0.5 g de muestra, que fue colocado en un matraz y/o balón, luego se añadió 5 ml de HNO₃ (a razón de 10ml por cada gramo de muestra), procediéndose a la primera digestión hasta que quedó un tercio del volumen inicial y luego se retiró de la fuente de calor dejando enfriar.

Una vez enfriado se agregó 2.5 ml de HClO₄ (a razón de 5 ml por cada gramo de muestra), luego se procedió a la segunda digestión hasta que la muestra quedó incolora (un tercio del volumen inicial), dejándose entibiar y procediéndose al filtrado. Posteriormente se llevó a un volumen de 100 ml (volumen conocido) para la determinación de los macroelementos (Ibañez et al, 1976).

a) Determinación de Fósforo

Se utilizó el método colorimétrico Bray-Kurtz I modificado, cuya reacción específica consistió en los siguientes pasos:

- Se tomó 2 ml de extracto (alícuota), colocándose en un tubo de ensayo y luego se añadió 5 ml de agua destilada, agregándose las siguientes soluciones:
- 2 ml de molibdato de amonio al 1.5%
- 1ml de cloruro estano diluido (330 ml de agua destilada + 1 ml de SnCl₂ concentrado)

- Después de 5 minutos se procedió a la lectura de la intensidad de color (densidad óptica) en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 660 nm.

Se procedió a los cálculos con la siguiente relación:

$$\text{ppm P} = S \times a/b \times c/g \times D$$

Donde: S = Lectura de la concentración de P en la recta patrón

a = Volumen de reacción específica (10 ml)

b = Alícuota (2 ml)

c = Volumen de extracto o licor (100 ml)

g = Peso de muestra seca (0.5 g)

D = Número de diluciones (10 ml)

Una vez calculado los ppm de P, se llevó a porcentaje.

b) Determinación de Potasio

Se utilizó el método turbidimétrico Morgan-Peech cuya reacción específica consistió en los siguientes pasos:

- Se tomó 2ml de extracto (alícuota), colocándose en un tubo de ensayo, luego se añadió 2.75 ml de agua destilada, luego se agregó las siguientes soluciones:
 - 1 ml de solución Buffer de K
 - 1 ml de Formaldehído concentrado
 - 1 ml de solución de Cobalto nitrito de sodio al 20%

- 0.25 ml de solución de goma acacia al 2%, luego de 5 minutos
- 2 ml de alcohol isopropílico
- Después de 15 minutos se procedió a la lectura de la turbidez (% transmitancia) en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 680 nm.

Se procedió a los cálculos con la siguiente relación:

$$\text{ppm K} = S \times a/b \times c/g$$

Donde: S = Lectura de la concentración de K en la recta patrón

A = Volumen de reacción específica (10 ml)

b = Alícuota (2 ml)

c = Volumen de extracto o licor (100 ml)

g = Peso de muestra seca (0.5 g)

Una vez calculado los ppm de K, se llevó a porcentaje.

c) Determinación de Azufre

Se utilizó el método turbidimétrico de Massoumi modificado cuya reacción específica consistió en los pasos siguientes:

- Se tomó 5 ml de extracto (alícuota), colocándose en un tubo de ensayo.
- 5 ml de ácido nítrico al 6.25%
- 2.5 ml de ácido acético 8.7 Normal
- 200 mg de Cloruro de bario

- Después de 15 minutos se procedió a la lectura de la turbidez (% transmitancia) en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 440 nm.

Se procedió a los cálculos con la siguiente relación:

$$\text{ppm S} = L_r \times a/b \times c/g$$

Donde: L_r = Lectura de la concentración de S en la recta patrón

a = Volumen de reacción específica (12.5 ml)

b = Alícuota (5 ml)

c = Volumen de extracto o licor (100 ml)

g = Peso de muestra seca (0.5 g)

Una vez calculado los ppm S, se llevó a porcentaje.

d). Determinación de Calcio y Magnesio

MÉTODO COMPLEXOMÉTRICO

El fundamento de la valoración complexométrica o quilométrica, se basa en añadir progresivamente una solución valorada de EDTA (Etilen Diamino Tetra Acético, sal bisódica), cada vez se combinó más el ión metálico libre hasta obtener el punto óptimo en el que el metal forma un complejo; para ello se utilizaron indicadores coloreados, que se observó visualmente (Ibañez, et al; 1976).

El procedimiento técnico consistió en los siguientes pasos:

- **Determinación de Ca + Mg**

- Se tomó 5 ml de extracto (alícuota) depositar en matraz de 125 ml, luego agregar:
- 30 ml de agua destilada
- 10 ml de solución tampón pH:10
- 3 ml de solución de Cianuro de sodio al 2%
- 4 a 5 gotas de indicador NET (Negro de Eriocromo T), que reportó el color rojo vinoso.
- Titular con EDTA 0.01M hasta que cambó a color azul brillante, anotándose el gasto para los cálculos.

- **Determinación de Calcio (Ca)**

- Se tomó 5 ml de extracto (alícuota) y se depositó en un matraz de 125 ml, luego se agregó las soluciones siguientes :
- 30 ml de agua destilada
- 10 ml de solución hidróxido de potasio al 10%
- 3 ml de solución de cianuro de sodio al 2%
- 20 mg de indicador Calceína (fluorexona), da color verde fluorescente.
- Titular con EDTA 0.01M hasta que cambó a color lila y se anotó el gasto para los cálculos.

El gasto para magnesio, se obtuvo por diferencia: (Ca+Mg) – Ca

$$\% \text{ Ca} = \frac{\text{G} \times \text{N} \times 0.02 \times \text{Ve}}{\text{Alícuota} \times \text{Pm}} \times 100$$

Alícuota x Pm

Donde: G = Gasto de EDTA en la titulación de Calcio

N = Normalidad del EDTA (N=0.02)

0.02 = Factor de transformación de meq a gramos de calcio

Ve = Volumen de extracto o licor (100 ml)

Alícuota = 5 ml

Pm = Peso de muestra (0.5 g)

- **Determinación de Magnesio (Mg)**

$$\% \text{ Mg} = \frac{\text{G} \times \text{N} \times 0.012 \times \text{Ve}}{\text{Alícuota} \times \text{Pm}} \times 100$$

Alícuota x Pm

Donde: G = Gasto de EDTA en la titulación de Magnesio (Diferencia)

N = Normalidad del EDTA (N=0.02)

0.012 = Factor de transformación de meq a gramos de magnesio

Ve = Volumen de extracto o licor (100 ml)

Alícuota = 5 ml

Pm = Peso de muestra (0.5 g)

Extracción de nutrientes en los frutos

Se utiliza la misma metodología para el análisis anterior, cuyos resultados expresados en porcentaje se llevaron a kg de nutrientes por el rendimiento, aplicando el método indirecto de la regla de tres simple.

Cuadro N° 14 Nutrientes extraídos de una plantación de palto con 10 tn/ha de producción

Nutrientes	Peso Seco %	kg/ha	Nutrientes	ppm Peso Seco	kg/ha
N	0.54	11.50	Na	400	0.80
P	0.08	1.70	B	19	0.04
K	0.93	19.50	Fe	42	0.09
Ca	0.10	2.10	Zn	18	0.04
Mg	0.24	5.00	Mn	9	0.02
Cl	0.07	1.50	Cu	5	0.01
S	0.30	8.00	-	-	-

Fuente: Lahav, 1998.

Cuadro N° 15 Extracción de nutrientes por variedades Hass y Fuerte

Var.	Rdto	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Fe	Cu	Mn	Zn/B
HASS	tm/ha	4.2	1.7	19.1	1.5	0.022	0.012	0.006	0.019	0.015
FUERTE		3.2	1.2	4.2	-	-	-	-	-	-

Fuente: Lahav, 1998.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CONTENIDO DE NITROGENO

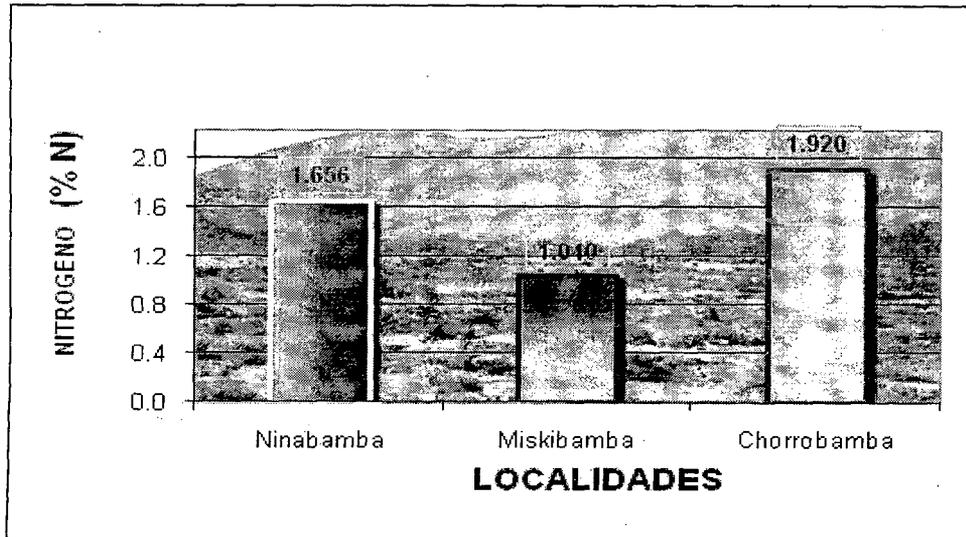


Gráfico 3.1. Contenido promedio de nitrógeno en hojas de la variedad Hass en las tres localidades.

En el Gráfico 3.1 se muestra el contenido promedio de nitrógeno en la parte foliar del palto variedad Hass en las tres localidades estudiadas

observándose que en la localidad de Chorrobamba existe mayor contenido de nitrógeno con 1.920 %N, seguido de las localidades de Ninabamba y Miskibamba con 1.656 y 1.040 %N, respectivamente. El nivel de nitrógeno en las hojas del palto Hass en las tres localidades se encuentra por debajo de los rangos de 2.0-2.4% reportado por Hirzel (2007) y Gil (2000); asimismo, según, Embleton (1984) el nivel de N encontrado en hojas de palto es aproximadamente de 2.0% para la variedad Hass.

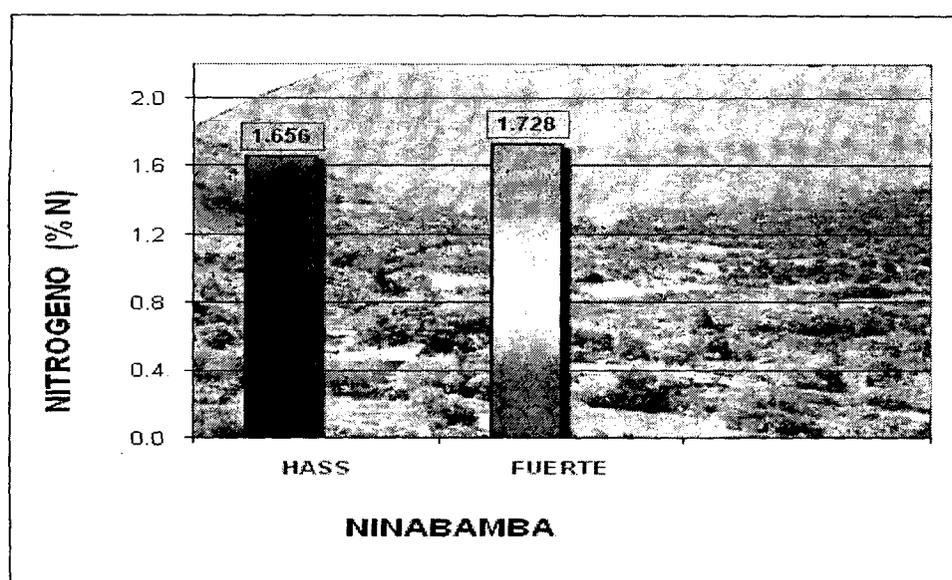


Gráfico 3.2. Contenido promedio de Nitrógeno en hojas de las variedades de Palto Hass y Fuerte en la localidad de Ninabamba.

En el Gráfico 3.2 se observa un comparativo del contenido promedio de nitrógeno en las hojas de las variedades Hass y Fuerte, apreciándose que la variedad Fuerte contiene mayor nitrógeno que la variedad Hass con 1.728% frente a 1.656%, respectivamente. Cabe indicar que el nivel de nitrógeno en la variedad Fuerte se encuentra dentro del rango de concentración adecuada para tejidos foliares de 1.6-2.0% (Hirzel, 2007 y Gil, 2000; Embleton, 1984). De acuerdo a esta último el nivel de nitrógeno encontrado en la variedad Hass

sería insuficiente, ya que para obtener una buena producción se requiere alrededor de 2.2% N, mientras que para la variedad Fuerte no debe sobrepasar el 2% N, porque el exceso de nitrógeno hace descender la productividad de las plantas.

Al intervenir el nitrógeno en la formación de hormonas, ácidos nucleicos y la clorofila (Rodríguez, 1992), su deficiencia ocasionaría una baja producción de clorofila así como la menor asimilación y síntesis de productos orgánicos, con la consecuente menor producción de fotosintatos que intervienen en la producción de frutos.

3.2. CONTENIDO DE FOSFORO

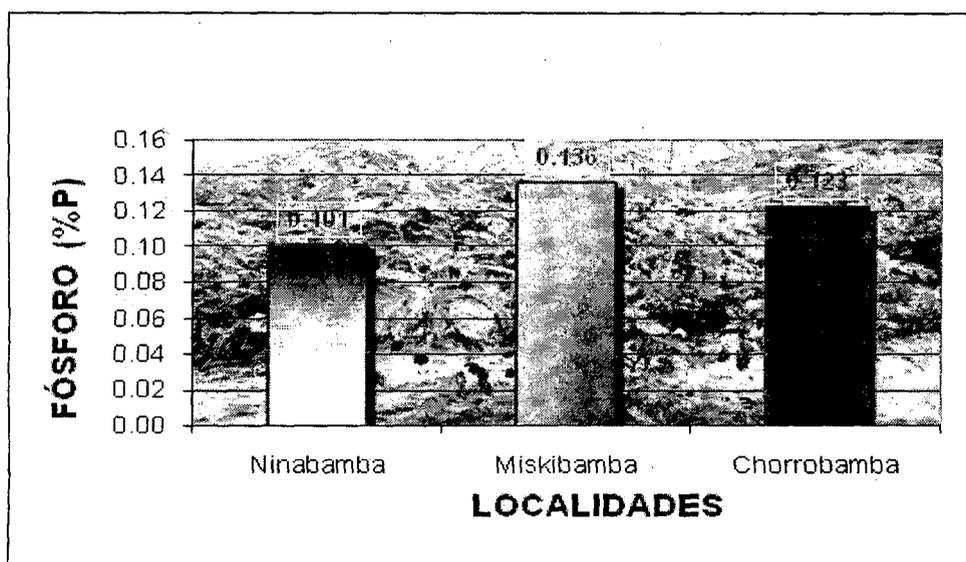


GRAFICO 3.3. Contenido promedio de fósforo en hojas de la variedad Hass en las tres localidades.

En el Gráfico 3.3 se reporta el contenido promedio de fósforo en la parte foliar del palto variedad Hass en las tres localidades estudiadas, observándose que en la localidad de Miskibamba existe mayor contenido de Fósforo con

0.136 % P, seguido de las localidades de Chorrobamba y Ninabamba con 0.123 y 0.101 % P, respectivamente. El nivel de fósforo en las hojas del palto Hass en las tres localidades se encuentra dentro del rango que varía entre 0.1 - 0.2 % P reportado por Hirzel (2007) y Gil (2000); asimismo, Embleton (1984) señala que el nivel de P en las hojas de palto debe estar entre 0.08-0.25% P. Frente a los resultados obtenidos por estos autores podemos indicar que el nivel de fósforo es adecuado; sin embargo, comparando con lo que reporta Galiano (1984) existe diferencias según las localidades, se considera bajo: <0.11% (Colombia), 0.09-0.12% (Costa Rica) y 0.05-0.10% (Brasil), por lo tanto se puede considerar deficiente en fósforo la localidad de Ninabamba.

La deficiencia de fósforo puede conllevar a la disminución de las funciones que realizan las plantas como la de intervenir en la formación de las nucleoproteínas, los ácidos nucleicos y fosfolípidos, cuya importancia es vital en la división y crecimiento celular, la respiración y fotosíntesis, síntesis de azúcares, grasas y proteínas, la acumulación de energía y los compuestos de ATP y NADP, transferencia de características hereditarias y la regulación del pH de las células (Rodríguez, 1992).

Al realizar el comparativo del contenido promedio de fósforo en las hojas de las variedades Hass y Fuerte se aprecia que la variedad Fuerte contiene mayor fósforo que la variedad Hass con 0.189% frente a 0.101% P, respectivamente. Cabe indicar que el nivel de fósforo en ambas variedades se encuentran dentro del rango de concentración de 0.1 – 0.2% P para los tejidos

foliares (Hirzel, 2007 y Gil, 2000; Embleton, 1984); lo mismo es corroborado por Galiano (1984)

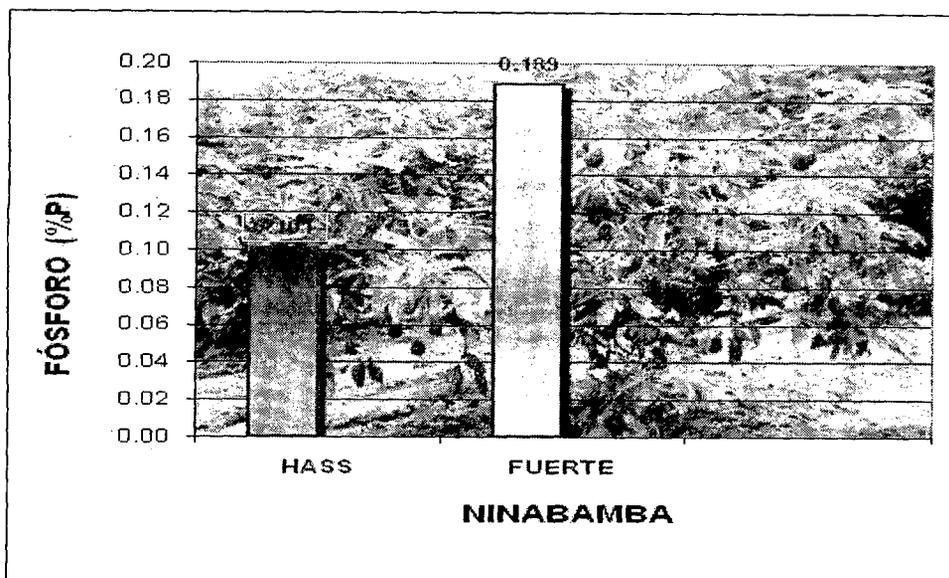


Gráfico 3.4. Contenido promedio de Fósforo en hojas de las dos variedades de palto Hass y Fuerte en la Localidad de Ninabamba.

3.3. CONTENIDO DE POTASIO

En el contenido promedio de potasio en la zona foliar del palto variedad Hass en las tres localidades estudiadas (Gráfico 3.5), se observa que en la localidad de Miskibamba existe mayor contenido de potasio con 1.187 %K, seguido de las localidades de Ninabamba y Chorrobamba con 0.324 y 0.203 %K, respectivamente. El nivel de potasio en las hojas del palto Hass en las localidades de Ninabamba y Chorrobamba se encuentra por debajo de los rangos de 0.8-2.0% reportado por Hirzel (2007) y Gil (2000); mientras que en la localidad de Miskibamba se encuentra con un nivel adecuado; asimismo, según Embleton (1984) el nivel de K adecuado en hojas de palto debe estar entre 0.75 a 2.0% K para obtener una buena producción de frutos.

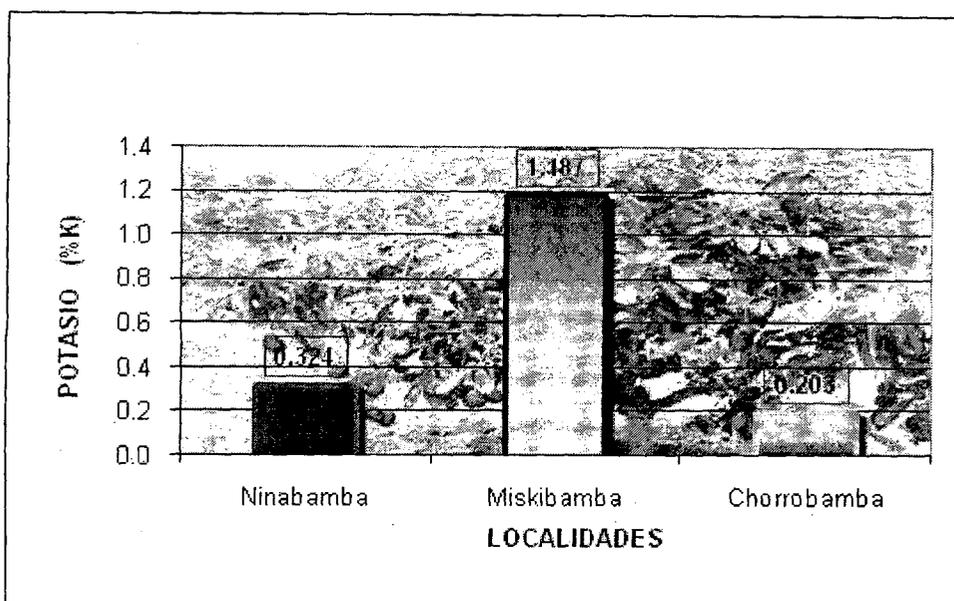


Gráfico 3.5. Contenido promedio de Potasio en hojas de la variedad Hass en las tres localidades.

Al comparar los resultados con lo que reportado por Galiano (1984) existe diferencias en el contenido de potasio según las localidades, considerando nivel como 1.5 - 1.8% (Colombia), 1.7-2.7% (Costa Rica) y 2.1-2.5% (Brasil). Por lo tanto, según dicho autor, se puede considerar que el cultivo de palto Hass en las tres localidades muestran deficiencias con el contenido de potasio.

En el Gráfico 3.6, se observa el comparativo del contenido promedio de potasio en las hojas de las variedades Hass y Fuerte en la localidad de Ninabamba, donde se muestra que la variedad Fuerte contiene mayor potasio que la variedad Hass con 0.427% frente a 0.324% K, respectivamente. Es necesario señalar que el nivel de potasio en ambas variedades se encuentran por debajo del rango de concentración de 0.8-2.0% para tejidos foliares (Hirzel, 2007 y Gil, 2000; Embleton, 1984). A su vez, de acuerdo a los rangos

reportados por Embleton (1984) para cultivos de palto, los resultados obtenidos para ambas variedades se encuentran por debajo de dichos niveles.

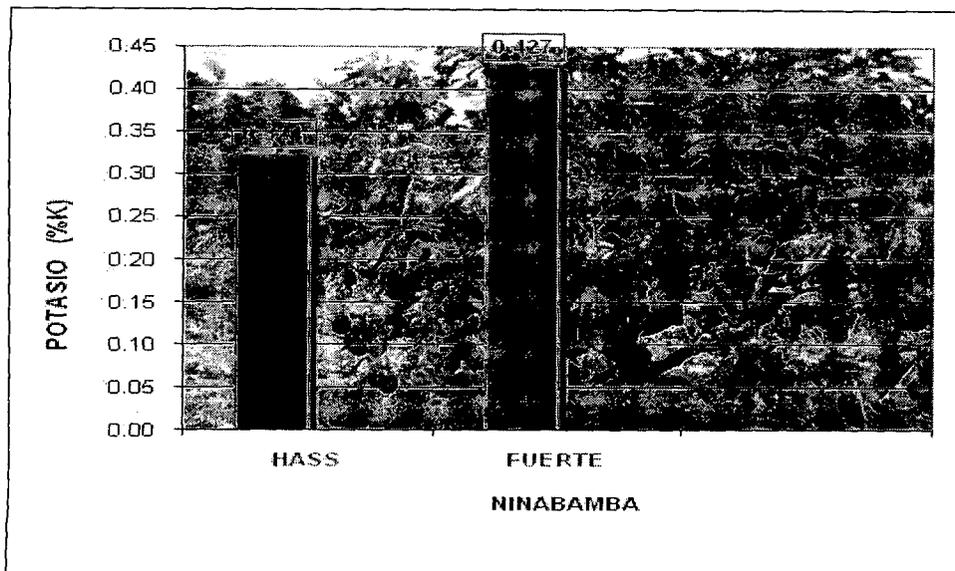


Gráfico 3.6. Contenido promedio de potasio en hojas de variedades de palto para síntesis de proteínas, Hass y Fuerte en la localidad de Ninabamba.

La deficiencia de potasio encontrado el cultivo de palto conllevaría a la disminución de los diversos procesos metabólicos de la planta como son la azúcares y almidones, traslación de azúcares, así como en la fosforilación oxidativa y en la estimulación enzimática (IMPOFOS, 1997; Rodriguez, 1992), con la consecuente disminución de la producción y calidad del fruto.

3.4. CONTENIDO DE CALCIO:

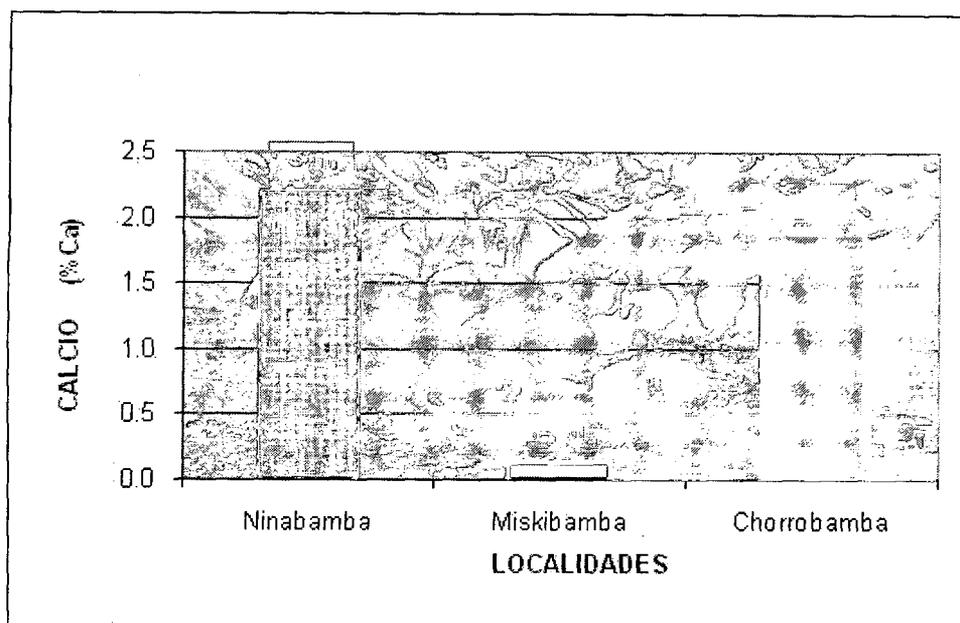


Gráfico 3.7. Contenido promedio de calcio en hojas de la variedad Hass en las tres localidades.

El contenido promedio de calcio encontrado en las hojas del palto variedad Hass en las tres localidades estudiadas (Gráfico 3.7), se observa que en la localidad de Ninabamba existe mayor contenido de calcio con 2.206 %Ca, seguido de las localidades de Chorrobamba y Miskibamba con 1.900 y 0.130 %Ca, respectivamente. El nivel de calcio en las hojas del palto Hass en la localidad de Miskibamba se encuentra por debajo del rango de 1.0-2.0% reportado por Hirzel (2007) y Gil (2000); mientras que en la localidad de Chorrobamba se encuentra dentro del nivel adecuado en la localidad de Ninabamba se ubica por encima del nivel adecuado; sin embargo, según Embleton (1984) el nivel de Ca adecuado en hojas de palto debe estar entre 1.0 a 3.0% K para obtener una buena producción de frutos por las plantas.

Por otro lado, comparando con lo que reportó Galiano (1984) que existe diferencias en el contenido de calcio en las localidades, y que encuentra debajo del medio: 0.7-1.3% (Colombia), 0.8-1.1% (Costa Rica) y 1.2-1.5 % (Brasil); por lo tanto, se estaría corroborando que en las localidades de Ninabamba y Chorrobamba existe un nivel alto de calcio, mientras que en la localidad de Miskibamba un nivel bajo de calcio; lo que podemos deducir que existe un desbalance en cuanto al nivel de calcio en las tres localidades.

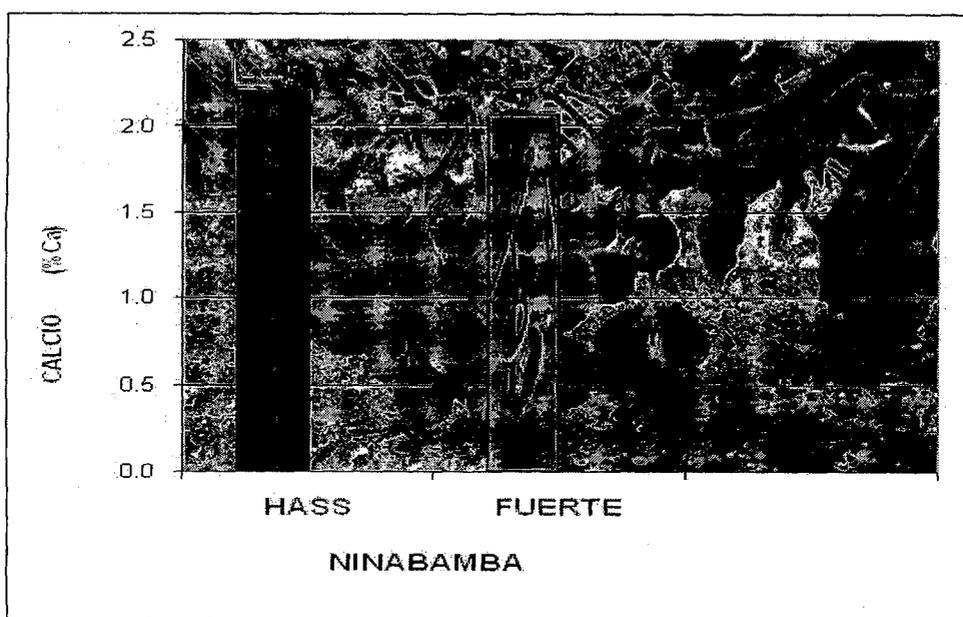


Gráfico 3.8, Contenido promedio de calcio en hojas de las dos variedades de palto Hass y Fuerte en la localidad de Ninabamba.

En el Gráfico 3.8 se muestra el comparativo del contenido promedio de calcio en las hojas de palto variedades Hass y Fuerte en la localidad de Ninabamba, donde se aprecia que la variedad Hass contiene mayor contenido de calcio que la variedad Fuerte con 2.206% frente a 2.063% Ca, respectivamente, siendo necesario señalar que el nivel de calcio en ambas variedades se encuentran por encima del rango de concentración de 1.0 –

2.0% Ca para tejidos (Hirzel, 2007 y Gil, 2000); sin embargo, para Embleton (1984) el contenido de calcio para la variedad Hass estaría dentro del rango que varía entre 1.0-3.0 % Ca.

La deficiencia de calcio podría afectar la formación de los pectatos de calcio que intervienen en el proceso general de absorción de alimentos, regulación de la presión osmótica formación de licetina y pobre crecimiento del sistema radicular (Rodriguez, 1992; Simpson, 1991). Por otro lado, el exceso de calcio estaría generando un proceso antagónico con otros elementos nutritivos.

3.5. CONTENIDO DE MAGNESIO

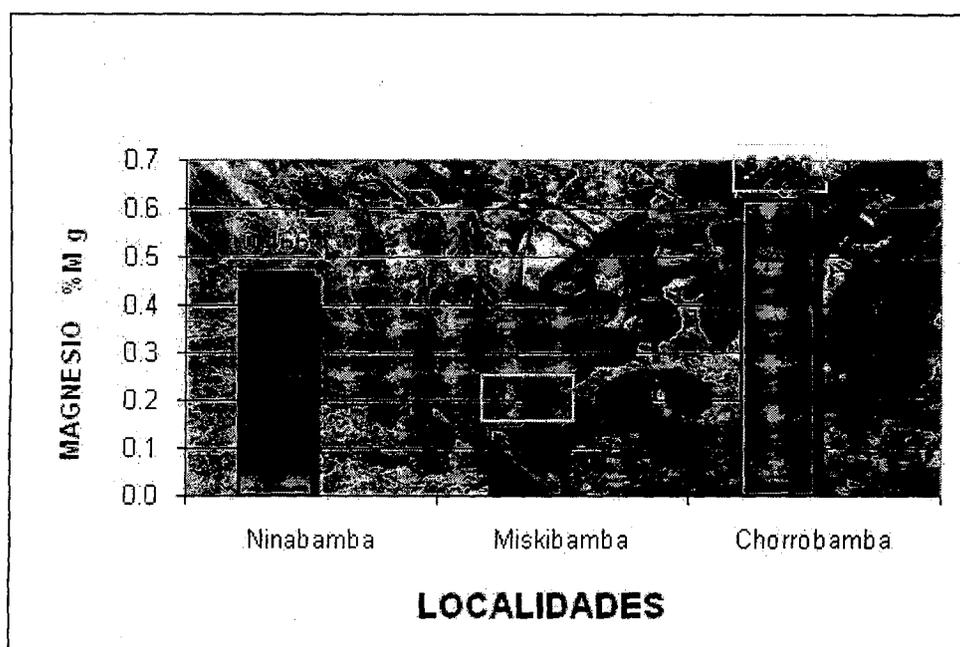


Gráfico 3.9: Contenido promedio de magnesio en hojas de la variedad Hass en tres localidades.

En el Gráfico 3.9 se muestra el contenido promedio de magnesio en las hojas del palto variedad Hass en las tres localidades estudiadas, observándose que en la localidad de Chorrobamba existe mayor contenido de magnesio con 0.620 %Mg, seguido de las localidades de Ninabamba y Miskibamba con 0.466 y 0.140 %Mg, respectivamente. El nivel de magnesio en las hojas del palto Hass en la localidad de Miskibamba se encuentra por debajo del rango que varía entre 0.4-1.0% Mg. reportado por Hirzel (2007) y Gil (2000); mientras que para las localidades de Chorrobamba y Ninabamba se encuentra por encima del nivel adecuado. Por otro lado según Embleton (1984) el nivel de magnesio en hojas de palto debe estar entre 0.25 a 0.8% para obtener una buena producción de frutos.

Por otro lado, comparando los resultados con los de Galiano (1984) existe diferencias del contenido de magnesio según las localidades, se considera nivel medio: 0.16-0.35% (Colombia), 0.2-0.35% (Costa Rica) y 0.2-0.4% (Brasil); por lo tanto, se estaría corroborando que en las localidades de Ninabamba y Chorrobamba existe un nivel alto de magnesio, mientras que en la localidad de Miskibamba el nivel es bajo lo que podemos deducir que existe un desbalance de los niveles de magnesio en las tres localidades.

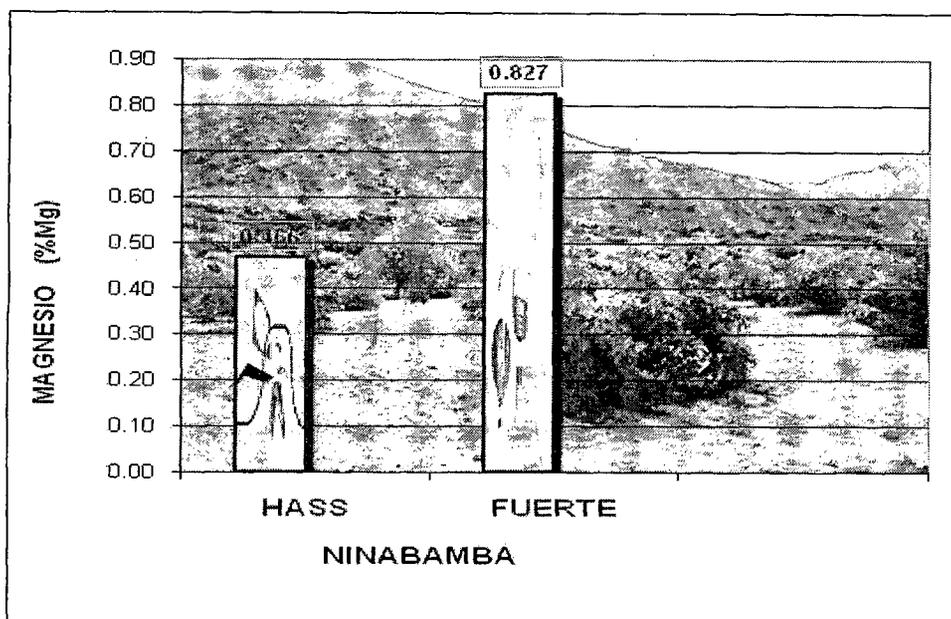


Gráfico 3.10. Contenido promedio de magnesio en hojas de variedades de palto Hass y Fuerte en la localidad de Ninabamba.

Al realizar el comparativo del contenido promedio de magnesio en las hojas para las variedades Hass y Fuerte en la localidad de Ninabamba (Gráfico 3.10), se aprecia que la variedad Fuerte contiene mayor nivel el magnesio que la variedad Hass con 0.827% frente a 0.466% Mg, respectivamente. El nivel de magnesio en ambas variedades se encuentran dentro del rango de concentración adecuada para tejidos foliares que es de 0.4-1.0% (Hirzel, 2007 y Gil, 2000), corroborado por Embleton (1984), que el contenido de magnesio para la variedad Hass estaría dentro del rango que reporta entre 0.25-0.8 % Mg.

El magnesio forma parte de la molécula de clorofila y es parte constituyente de los pectatos de Ca y Mg en las semillas, tejidos meristemáticos y frutos, participa en la constitución molecular de 15 enzimas

del grupo de las sintetizadoras de polipéptidos, las transfosforilasas y descarboxilasas e interviene en la síntesis de los aceites esenciales (Rodríguez, 1992). Asimismo, INPOFOS (1,997), sostiene que, el Mg es el átomo central de las moléculas de clorofila, por lo tanto esta involucrado activamente en la fotosíntesis.

3.6. CONTENIDO DE AZUFRE:

En el **Gráfico 3.11** se reporta el contenido promedio de azufre en la zona foliar del palto variedad Hass para las tres localidades estudiadas, observándose que en la localidad de Ninabamba existe mayor contenido de azufre con 0.27 %S, seguido de las localidades de Chorrobamba y Miskibamba con 0.231 y 0.077 %S, respectivamente. El nivel de azufre en las hojas del palto Hass en las localidades de Ninabamba y Chorrobamba se encuentran dentro del rango de 0.2-0.6% reportado por Embleton (1984); mientras que en la localidad de Miskibamba se encuentra por debajo del nivel adecuado; por lo que podemos deducir que en las localidades de Ninabamba y Chorrobamba los suelos aportan adecuadamente dicho nutriente, mientras que en la localidad Miskibamba existe la probable deficiencia de este nutriente en el palto Hass.

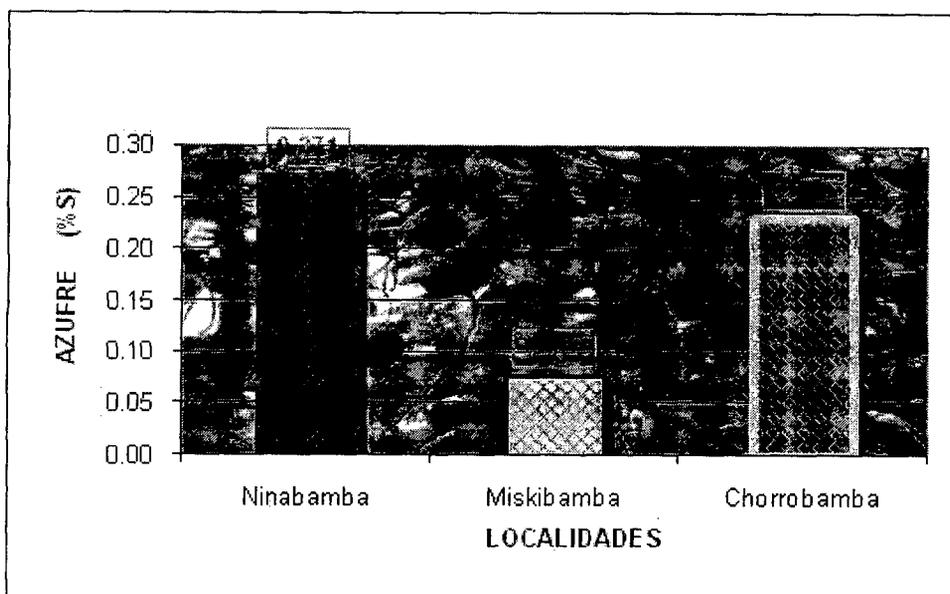


Gráfico 3.11: Contenido promedio de Azufre en hojas de la variedad Hass en las tres localidades.

En el Gráfico 3.12 se presenta el comparativo del contenido promedio de azufre en las hojas de las variedades Hass y Fuerte en la localidad de Ninabamba, donde la variedad Fuerte contiene mayor azufre que la variedad Hass con 0.291% frente a 0.271% S, respectivamente. El nivel de azufre en ambas variedades se encuentran dentro del rango de concentración adecuada para tejidos foliares de palto de 0.2-0.6% S reportado por Bertsch (1998). Comparando el reporte del mencionado autor y los resultados obtenidos podemos afirmar que los suelos de Ninabamba presentan la disponibilidad adecuada de azufre.

Es necesario señalar que no fue posible encontrar la variedad Fuerte en las otras localidades, lo que no permitió contar con la información respecto a este cultivar.

Al intervenir el azufre como constituyente de las proteínas parte de las vitaminas, forma parte de las distintas enzimas al intervenir en los mecanismos de oxido-reducción de las células, en la estructura terciaria de las proteínas y siendo necesaria en la producción de clorofila a pesar de no ser constituyente de este organelo (Rodríguez, 1 992; Azabache, 2003).

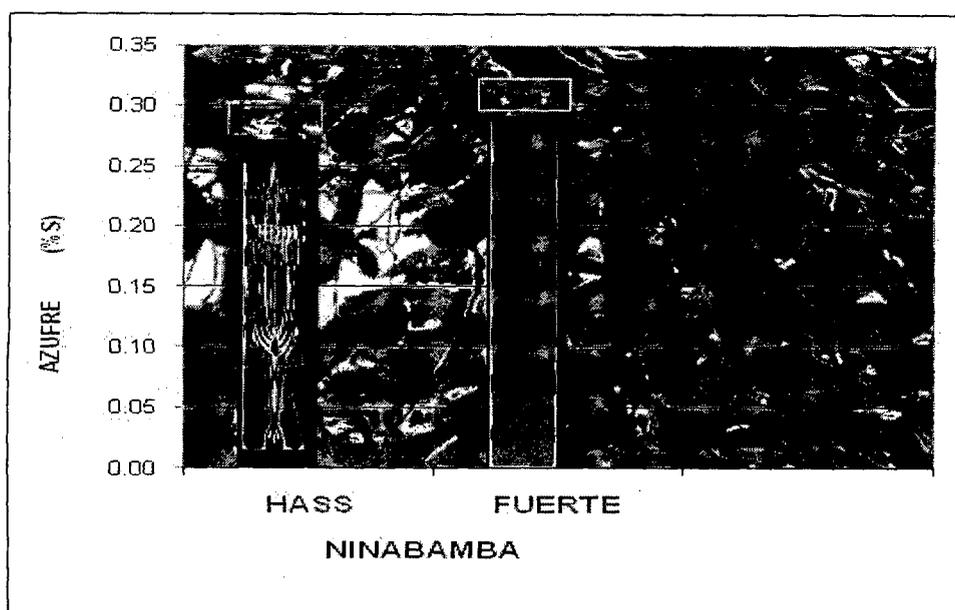


Gráfico 3.12: Contenido promedio de Azufre en hojas de las dos variedades de palto Hass y Fuerte en la localidad de Ninabamba.

Por otro lado no fue posible trabajar con variedad Fuerte en las otras localidades, debido a su inexistencia, imposibilitando generar la información respecto a esta variedad.

Al intervenir el azufre como constituyente de las proteínas a parte de las vitaminas es constituyente de las distintas enzimas que, intervienen en los mecanismos de oxido-reducción de las células, en la estructura terciaria de las

proteínas que también es necesaria en la producción de clorofila a pesar de no ser constituyente de este organelo (Rodríguez, 1 992; Azabache, 2003).

Según INPOFOS (1 997), las plantas con deficiencia de S presentan un color verde pálido en las hojas más jóvenes, siendo un nutriente poco móvil en la planta, aún cuando en casos de deficiencia severa toda la planta puede presentar color verde pálido y crecimiento lento.

Por informaciones de los autores anteriores podemos afirmar que en las plantaciones de palto en la localidad de Miskibamba presentarán serios problemas en las diversas funciones que debe cumplir éste elemento como las funciones metabólicas, las cuales repercutirán en la elaboración de sustancias de reserva y posterior calidad de los frutos.

3.7. COMPARATIVO DEL NIVEL DE NUTRIENTES EN LAS HOJAS:

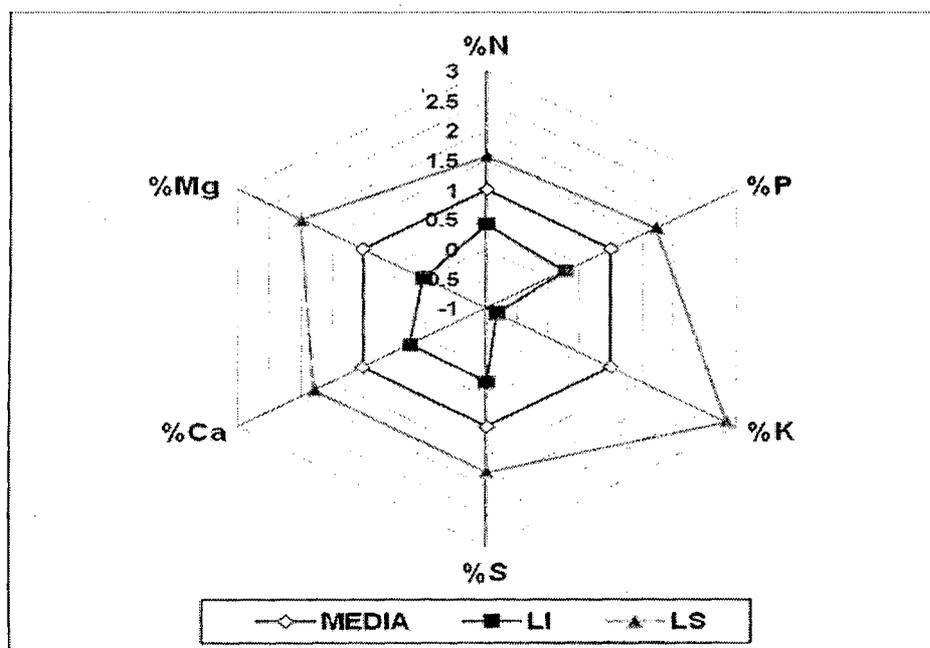
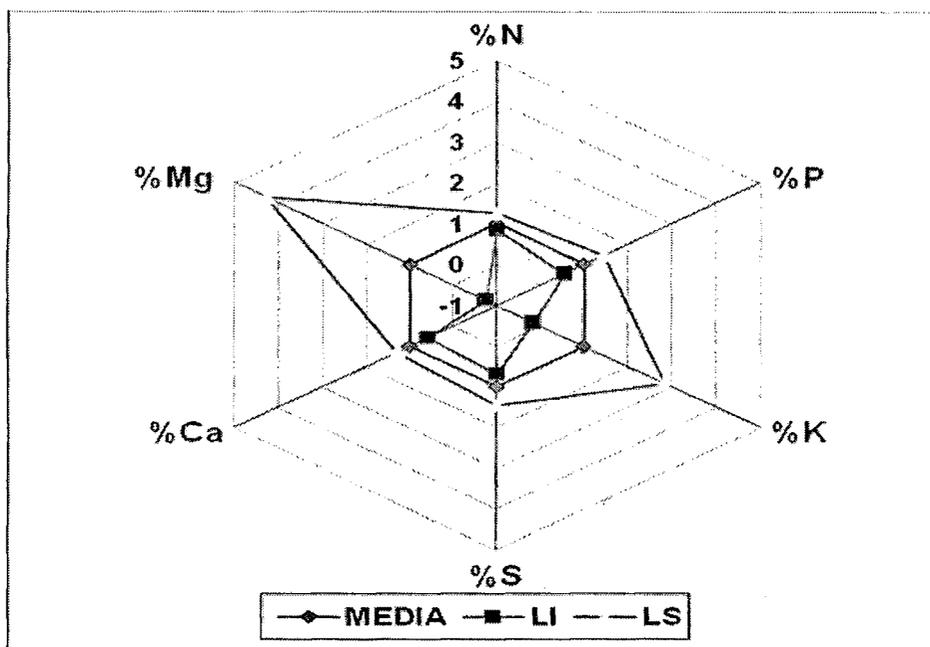


Gráfico 3.13. Polígono de límites del contenido de palto variedad Hass.

En el Gráfico 3.13 apreciamos que en los límites inferior y superior respecto a la media de los macronutrientes acumulados en las hojas de palto variedad Hass, consideramos como niveles promedios: 1.66 %N, 0.10 %P, 0.32 %K, 2.21 %Ca, 0.47 %Mg y 0.27 %S; sin embargo, los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio comparados con lo que reporta Hirzel (2007) y Gil (2000) se encuentran por debajo de los niveles adecuados para esta variedad, excepto para el calcio, magnesio y azufre.



Gráfica 3.14: Polígono de límites del contenido de palto variedad Fuerte.

Asimismo, en el Gráfico 3.14, se observan los límites inferior y superior respecto a la media de los macronutrientes acumulados en las hojas de palto variedad Fuerte, consideramos como niveles promedios: 1.73 %N, 0.10 %P, 0.43 %K, 2.06 %Ca, 0.83 %Mg y 0.29 %S. El nivel de fósforo y potasio

comparados a lo reportado por Hirzel (2007) y Gil (2000) se encuentran por debajo de los niveles fijados para esta variedad, excepto para los demás elementos.

3.8. EXTRACCION DE NUTRIENTES POR EL FRUTO:

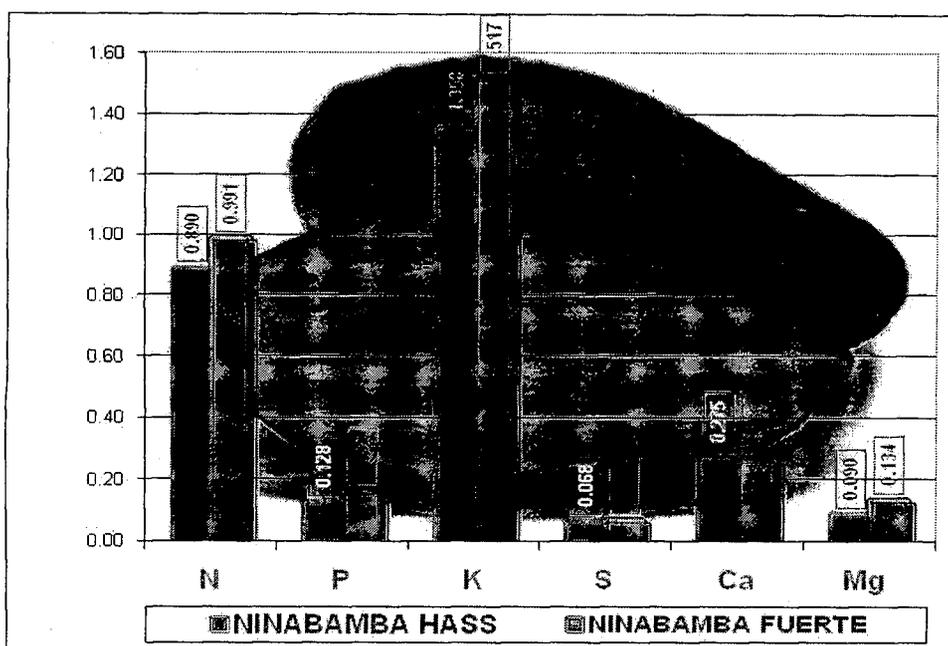


Gráfico 3.15: Comparativo del contenido de macronutrientes en % de la MS en frutos de palto variedad Hass y Fuerte.

En el Gráfico 3.15 se muestra la exportación de macronutrientes en porcentaje de la materia seca en el palto variedades Hass y Fuerte, lo que podemos señalar que en frutos de la variedad Hass extrae 0.890 %N, 0.128 %P, 1.358 %K, 0.275 %Ca, 0.090 %Mg y 0.068 %S; el fruto de la variedad Fuerte extrae 0.991 %N, 0.159 %P, 1.517 %K, 0.266 %Ca, 0.134 %Mg y 0.073 %S; por lo tanto, existe mayor extracción de nutrientes en porcentaje por la

variedad Fuerte frente a la variedad Hass excepto el calcio que es mayor en la Hass que en la Fuerte.

En el Cuadro N° 3.1 se muestra la exportación de macronutrientes en kilogramos por hectárea en los frutos de palto variedades Hass y Fuerte en promedio de las tres localidades (Ninabamba, Miskibamba y Chorrobamba) del valle de San Miguel, siendo el mayor rendimiento de la variedad Hass, por la mayor exportación de macronutrientes de la variedad frente a la variedad Fuerte; lo que podemos afirmar que existirá mayor pérdida de nutrientes con la producción de palto Hass, siendo importante restituir al menos lo que extrae los frutos del palto.

Cuadro N° 3.1: Extracción de nutrientes en palto - San Miguel, La Mar

Variedades	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	%S
HASS	0.89	0.128	1.358	0.275	0.09	0.068
FUERTE	0.991	0.159	1.517	0.266	0.134	0.073

Cuadro N° 3.2: Nutrientes extraídos de una plantación de palto con 6.7 y 5.10 tm/ha de producción. San Miguel, La Mar

Variedad	Rendimiento (kg/ha)	Macronutrientes (kg/ha)					
		N	P2O5	K2O	Ca	Mg	S
HASS	6 700	59.63	19.63	109.6	14.43	6.03	4.56
FUERTE	5 100	50.54	18.56	93.23	13.57	6.83	3.72

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACION

De los resultados obtenidos podemos arribar a las siguientes conclusiones:

4.1 CONCLUSIONES

1. En la variedad del palto Hass se encontró la mayor acumulación de nitrógeno en la localidad de Chorrobamba con 1.92 %N, seguido de las localidades de Ninabamba y Miskibamba con 1.656 y 1.040 % N, respectivamente. Mayor contenido de fósforo en Miskibamba con 0.136 % P seguido de Chorrobamba y Ninabamba con 0.123 y 0.101 % P, respectivamente. Mayor contenido de potasio en Miskibamba con 1.187 % K seguido de Ninabamba y Chorrobamba con 0.324 y 0.203 % K, respectivamente. Mayor contenido de calcio en Ninabamba con 2.206 % Ca seguido de Chorrobamba y Miskibamba con 1.900 y 0.130 % Ca, respectivamente. Mayor contenido de magnesio en Chorrobamba con 0.620 % Mg, seguido de Ninabamba y Miskibamba con 0.466 y 0.140 % Mg, respectivamente. Mayor contenido de azufre en Ninabamba con 0.271 %S, seguido de Chorrobamba y Miskibamba con 0.231 y 0.077 %S, respectivamente.

2. El nivel de nitrógeno, fósforo y potasio en las tres localidades se encuentran por debajo del nivel crítico, siendo el nivel de calcio 0.13, magnesio 0.14 y azufre 0.07, mientras que en la localidad de Miskibamba se encuentra por debajo del nivel crítico.
3. El nivel medio de acumulación de nutrientes en la parte foliar del palto Hass es de 1.66 %N, 0.10 %P, 0.32 %K, 2.21 %Ca, 0.47 %Mg y 0.27 %S, considerándose como niveles críticos en la localidad de Ninabamba, sin embargo requiere de mayor estudio.
4. El nivel medio de acumulación de nutrientes en la parte de foliar del palto Fuerte es de 1.73 %N, 0.10 %P, 0.43 %K, 2.06 %Ca, 0.83 %Mg y 0.29 %S, considerándose niveles críticos en la localidad de Ninabamba, lo que requiere un mayor estudio.
5. En sentido decreciente los elementos extraídos con la cosecha de palto variedad Hass y Fuerte presentaron el siguiente orden: K, N, P, Ca, Mg y S.
6. La producción promedio de variedad Hass es de 6700 kg/ha de frutos y que extraen aproximadamente 59.63 kg de N, 19.63 kg de P₂₀₅, 109.61 kg de K₂₀, 18.43 kg de Ca, 6.03 kg de Mg y 4.56 kg de S por hectárea, respectivamente.
7. La producción promedio de variedad Fuerte de 5100 kg/ha de frutos y que extraen aproximadamente 50.54 kg de N, 18.56 de kg de P₂₀₅, 93.23 kg de K₂₀, 13.57 kg de Ca, 6.83 kg de Mg y 3.72 kg de S por hectárea, respectivamente.

4.2. RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos podemos recomendar los siguientes:

1. Suministrar nutrientes al suelo para elevar el nivel de absorción por las variedades de palto en las tres localidades del valle de San Miguel, para mejorar las funciones metabólicas de las plantas lo que repercutirá en mejorar la productividad y calidad de frutos del palto.
2. Realizar el análisis de suelo en las parcelas donde se trabajó el presente ensayo, a fin de obtener la mayor información sobre el que debe cumplir los nutrientes.
3. Para evitar el agotamiento de los nutrientes extraídos por los frutos de palto, se debe incorporar en forma de fertilizantes lo exportado por los frutos cosechados.
4. Continuar con este tipo de estudios para establecer el nivel crítico de nutrientes por el cultivo, además realizar estudios de los niveles de microelementos debido a los niveles críticos que presentan los frutales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) AZABACHE, A. 2003. Fertilidad de suelos para una agricultura sostenible. 1^{era} edición. UNCP. Huancayo - Perú.
- 2) AGROECONOMICO. 1991. Producción mundial y avances en el manejo del cultivo de paltas. Fundación Chile. 3:15-20.
- 3) BAZAN T., 1996. Manual para el análisis químico de suelos, aguas y plantas. UNA "La Molina". Lima – Perú.
- 4) BERGER, H y GALLETI, J. 1987. Maduración de paltas y su conservación en almacenaje refrigerado. Rev. Aconex 16: 5-7. Disponible en: [http://www.avocadosource.com/papers/Chile Papers A-Z/G-H- I/GardiazabalFrancisco1991](http://www.avocadosource.com/papers/Chile%20Papers%20A-Z/G-H-1/GardiazabalFrancisco1991).
- 5) BERGH, B. 1992. The origin, nature and genetic improvement of the avocado. California avocado Society yearbook. 76: 71-75.
- 6) BERTSCH, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José - Costa Rica.
- 7) BIALE, J.B y YOUNG, R. 1971. el palto: Hulme, A.C. The biochemistry of fruit and their products. London and New York Acad. Press v(2): pp. 1-63
- 8) CALABRESE, F. 1992. El aguacate. Madrid. Ediciones Mundiprensa. 249p.
- 9) CHANDLER, W. 1962, Frutales de hoja perenne. UTHEA, México, n Hispanoamericana. 666p,
- 10) CHAPMAN, H. Y PRATT, 1973. "Métodos de análisis para suelos, plantas y agua". Edit. Trillas ATD. México.
- 11) EMBLETON, T. 1984. Nutrición y fertilización en paltos. ACONEX 8: 47-48
- 12) ELLIS, B; y KNEZEK, B. 1983. Reacciones de Adsorción de los Micronutrientes en los suelos. In: Mortvedt, J.; Giardono, p.; Lindsay, W. ed. Micronutrientes en Agricultura. México, A.G.T. pp. 65- 86
- 13) ESCOBEDO, A., J. 1995. Fruticultura General. Primera edición - Lima.

- 14) FERNANDEZ, D. y RUIZ, C, 1983. Maduración programada de paltos (Persea americana Mill) cv. Hass. Tesis Ing. Agrónomo de Fac. de Cs. Agrarias Veterinarias y Forestales. Universidad Católica de Valparaíso Santiago de Chile, 106p.
- 15) FREGONI, M. 1980. Nutrición y fertilización del palto. Edagriocole Bologna, Italia. 418 pg.
- 16) GALIANO, F. 1964, Diagnostico foliar, fundamento y encalado en algunos cultivos. In Fertilidad de suelos: diagnostico y control. Ed. por F, Silva. Bogota, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Pag. 201 - 224.
- 17) GARDIAZABAL, F. y G. ROSENBERG. 1991. Cultivo del palto. Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso, Quillota. Chile. Pg. 201.
- 18) GOODALL, G. E.; EMBLETON, T. W.; PLATT, R. G. 1979. Avocado fertilization. Univ. Calif. Coop. Ext. Bull. 2024.
- 19) GRANGER, C. 2001. Análisis químico de flores y frutos para el diagnóstico de la nutrición mineral en el palto. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Católica de Valparaíso Quillota. Chile. 16 pg.
- 20) HULME, A.C. 1971. The biochemistry of fruits and their productos Norwich, England Food Res. Institute 788p.
- 21) IBAÑEZ A., R. et al 1976. Química Agrícola. Manual de Laboratorio. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- 22) INPOFOS (POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE). 1 997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. 1^{era} Impresión, versión en español. Potash & Phosphate Institute. USA.
- 23) KIKUTA, Y. and ERICKSON, LC, 1968. Seasonal changes of avocado lipids during fruit development an storage. California Avocado Soc. Yearbook 53 : 102-108
- 24) LATORRE, F. 1994. Estimación del porcentaje de aceite mediante la determinación del porcentaje de humedad en frutos de palto (Persea americana Mill) cvs. Zutano, Fuerte, Gwen y Whitsell, Tesis Ing.

- Agrónomo, Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Agronomía 69p.
- 25) LAHAV, E, BAR, and KADMAN. 1980. Avocado fertilización. International Potash Institute Bern/Switzerland. 23 p. 102 Commun, in Soil Sci. PL. Anal.
 - 26) LOPEZ, S.C. 1980. El cultivo del palto y sus perspectivas futuras. El Campesino 110: 20-51.
 - 27) LEHNINGER, A. 1976. Bioquímica. Editorial Omega S.A. México 506p.
 - 28) MARTINEZ DE URQUIDI, O. 1984. Variación estacional en el contenido de aceite, humedad, tamaño y palatabilidad en frutos de palto (*Persea americana* Mill) cvs. Negra de la Cruz, Bacon, Zutano, Fuerte, Edranol y Hass. Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela de Agronomía Universidad Católica de Valparaíso Quillota. Chile 83p.
 - 29) MINAG. 2003. Estadística Agraria. Dirección General de Información Agraria. Ministerio de Agricultura, Lima-Perú. Disponible en: http://www.minag.gob.pe/info_agri/infoagricola02.shtml
 - 30) MAZLIAK, P. 1971. Constitution Lipidiques de l "avocat. Fruit 26: 615-623.
 - 31) NYOMARA, A. and BROWM, P. 1997. Fall Foliar – applied boron increased tissue boron concentration and nut set in almond. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122 (3): 405 – 410.
 - 32) PALMA, A. 1991. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cultivar Fuerte. Tesis Ingeniero agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile 127 pg.
 - 33) RAZETO, B., C. T. FICHE, 2003. Análisis de diferentes tejidos como indicadores del nivel de boro en el árbol de aguacate. Pp. 359 – 363 In. Actas (volumen) Congreso Mundial del Aguacate. Málaga, España.
 - 34) RODRIGUEZ, F. 1 992. Fertilizantes y nutrición vegetal. 2^{da} reimpresión. AGT Editores. México.
 - 35) SANZ, M. 1997. Floral análisis as a possible tool for the prognosis of iron deficiency in peach. Acta Horticultura 448:241 – 426.

- 36) SIMPSON, K. 1991. Abonos y estiércoles. 1^{era} edición en lengua española. Edit. Acribia. Zaragoza - España.
- 37) SOTOMAYOR, C.S. 1992. Chile Agrícola Vol. 17 N2 183 p 408-411,
- 38) SWARTS, D.H. 1979. A method for determining the ripeness of avocados research report. South Africa Avocado growers Association Yearbook 3 : 70-73.
- 39) SQM (Soquimich Comercial S.A.). 2006. Fundamentos básicos de la nutrición vegetal aplicados a la producción de paltos. 22p.
- 40) TELIZ, D. 2000. El aguacate y su manejo integrado. Ediciones Mundi-Prensa. México, D.F. Madrid. Barcelona, (on line)
www.fertitec.com/informaciones/tristeza_palto
- 41) VAKIS, N.J.; GREGORION, C. and PAPADEMTRION, L. 1985. Maturity and picking dates of avocado under Cyprus conditions. California Avocado Soc. Yearbook 69 : 81-87.
- 42) WHILEY, A. 1990. Nutrición-Una herramienta estratégica para lograr una alta productividad y calidad en el cultivo del palto. Universidad Católica de Valparaíso y FAO. Viña del Mar, Chile.

ANEXO

CUADRO A1: Resultados del análisis de macronutrientes en hojas de palto Var. Fuerte

%N	%P	%K	%S	%Ca	%Mg
Ninab.	Ninab.	Ninab.	Ninab.	Ninab.	Ninab.
1,710	0,088	0,736	0,281	1,680	0,580
1,670	0,077	0,336	0,224	2,240	0,630
1,550	0,086	0,196	0,283	2,090	0,820
1,850	0,097	0,244	0,312	2,000	0,810
2,040	0,125	0,260	0,216	1,440	0,580
1,620	0,082	0,282	0,303	2,560	0,620
1,780	0,134	0,736	0,331	1,920	2,200
1,570	0,117	0,443	0,305	2,320	0,480
1,760	0,101	0,607	0,363	2,320	0,720
15,550	0,907	3,840	2,618	18,570	7,440
1,728	0,101	0,427	0,291	2,063	0,827

CUADRO A2: Resultados del análisis de macronutrientes en hojas de Var. Hass

%N	%P	%K	%S	%Ca	%Mg
1.890	0.096	0.236	0.373	2.160	0.580
1.600	0.091	0.204	0.274	3.280	0.500
2.180	0.119	0.448	0.324	2.560	0.430
0.740	0.103	0.188	0.294	2.320	0.580
1.830	0.101	0.148	0.304	2.160	0.720
2.110	0.108	0.145	0.363	2.080	0.620
1.690	0.119	0.199	0.156	2.160	0.620
1.920	0.132	0.475	0.264	2.080	0.240
1.460	0.106	0.325	0.353	2.640	0.530
1.710	0.010	0.139	0.205	2.640	0.530
1.090	0.127	0.037	0.076	2.190	0.230
18.220	1.112	3.544	2.986	24.270	5.130
1.656	0.101	0.322	0.271	2.206	0.466

CUADRO A3: Resultados de la extracción de macronutrientes por frutos Var. Hass

%N	%P	%K	%S	%Ca	%Mg
0,740	0,120	1,529	0,059	0,420	0,040
1,040	0,136	1,187	0,077	0,130	0,140
1,780	0,256	2,716	0,136	0,550	0,180
0,890	0,128	1,358	0,068	0,275	0,090

CUADRO A4: Resultados de la extracción de macronutrientes por frutos Var. Fuerte

%N	%P	%K	%S	%Ca	%Mg
0,800	0,154	1,779	0,039	0,260	0,120
0,530	0,137	1,093	0,034	0,190	0,130
0,920	0,167	1,040	0,058	0,220	0,150
1,090	0,127	1,037	0,076	0,190	0,230
1,130	0,208	1,918	0,110	0,160	0,130
8,920	1,433	13,657	0,657	2,395	1,210
0,991	0,159	1,517	0,073	0,266	0,134

CUADRO A5: Zonas de muestreo de hojas en el Valle San Miguel La Mar

FRUTO			
Peso Húmedo	Peso Seco	%H	%MS
129.54	33.42	103.74	-3.74
106.72	24.1	84.14	15.86
142.34	34.86	117.85	-17.85
109.73	32.8	79.84	20.16
114.43	24.62	92.91	7.09
84.7	18.99	62.28	37.72
113.92	22.07	94.55	5.45

CUADRO A5: Zonas de muestreo de frutos en el Valle San Miguel La Mar

Cod.	Productor	Provincia	Distrito	Localidad	Parcela	Variedad
1	Froylan Quispe Calderas	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San Juan	Hass
2	Ignasio, Vargas Araucó	La Mar	San Miguel	Ninabamba	Chirimoyayoq	Hass
3	Arcela, Lizana Cervantes	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Fuerte
4	Fausto, Polaco Arango	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Fuerte
5	Felipe, Ramirez García	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San Francisco	Fuerte
6	Oswaldo, Vargas Umareda	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Fuerte
7	Ignasio, Vargas Araucó	La Mar	San Miguel	Ninabamba	Chirimoyayoq	Fuerte

CUADRO A5: Zonas de muestreo de hojas en el Valle San Miguel La Mar

Cod.	Productor	Provincia	Distrito	Localidd	Parcela	Var.	HOJAS		Cant.
							Peso Húmedo	Peso Seco	
1	Senovio Lizana Casaverde	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Hass	119.58	56.1	18
2	Oswaldo, Vargas Umareda	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Hass	141.47	65.71	
3	Felipe, Marapi Arango	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Hass	134.92	60.83	
4	Arcela, Lizana Cervantes	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Hass	128.37	59.16	
5	Jorge, Calle Palomino	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San Juan	Hass	139.23	42.06	
6	Victor, Marapi Castro	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Hass	128.81	57.46	
7	José Dipas	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San, Fransisco	Hass	129.96	59.68	
8	Claudio, Sanches Rodrigues	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Hass	138.81	58.68	
9	Luciano, Choque Minaya	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San, Fransisco	Hass	140.37	58.96	
10	Wifredo, Rodrigues Luque	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Hass	146.1	69.68	
11	Matilde, Arango	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Hass	128.1	63.98	
12	Valentín, Jerí Marapi	La Mar	San Miguel	Ninabamba	Chirimoyayoq	Hass	120.97	58.47	
13	Wilfredo, Rodrigues Navarro	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San Francisco	Hass	136.56	63.96	
14	Aquino, Gutierrez Campos	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Hass	127.48	61.28	
15	Froylan Quispe Calderas	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San Juan	Hass	122.84	57.89	
16	Simón, Palomino Allcca	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Hass	133.99	63.18	
17	Felipe, Ramírez García	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San Francisco	Hass	142.67	61.49	
18	Guicerio, Rodrigues Castro	La Mar	San Miguel	Ninabamba	Guindasniyoq	Hass	117.27	56.2	
19	Virgilio, Quispe Muyro	La Mar	San Miguel	Chorrobamba	Ranrayoq	Hass	137.94	66.22	5
20	Julio, Vilca Ochoa	La Mar	San Miguel	Chorrobamba	Vista Alegre	Hass	146.04	58.67	
21	Martha, Quispe	La Mar	San Miguel	Chorrobamba	Paqayniyoq	Hass	132.24	62.93	
22	Cirilo, Cárdenas Huamán	La Mar	San Miguel	Chorrobamba	Ranrayoq pampa	Hass	147.25	67.83	
23	Florencio, Peralta Huallpa	La Mar	San Miguel	Chorrobamba	Paqayniyoq	Hass	133.82	60.25	
24	Valentin Jerí Marapi	La Mar	San Miguel	Ninabamba	Chirimoyayoq	Fuerte	145.12	57.15	12
25	Rubén Saez Navarro	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Fuerte	133.11	63.78	
26	Arcela, Lizana Cervantes	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Fuerte	139.33	64.19	
27	Victor, Marapi Castro	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San Francisco	Fuerte	146.16	76.71	
28	Fausto, Polaco Arango	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Fuerte	131.34	64.09	
29	Cirilo, Cárdenas Rojas	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San Francisco	Fuerte	126.29	62.8	
30	Rayda, Romani Gutierrez	La Mar	San Miguel	Ninabamba	Santa Rosa	Fuerte	149.86	73.65	
31	Felipe, Ramírez García	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San Francisco	Fuerte	146.44	69.15	
32	Matilde, Arango	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Fuerte	148.26	71.69	
33	Tulio, Gutierrez	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San Juan	Fuerte	147.52	67.03	
34	Wilfredo, Rodrigues Luque	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San Francisco	Fuerte	141.8	68.1	
35	Oswaldo, Vargas Umareda	La Mar	San Miguel	Ninabamba	San José	Fuerte	139.17	67.67	
36	Florencio, Peralta Huallpa	La Mar	San Miguel	Chorrobamba	Raqaypampa	Fuerte	141.7	69.43	1
37	Francisco, Ruiz Santafe	La Mar	San Miguel	Miskibamba	Santafé	Hass	143.84	64.78	1

CUADRO A6: Funciones de los nutrientes y síntomas de deficiencia en palto

Elementos	Funciones	Síntomas de deficiencia
Nitrógeno (N)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Forma parte de todas las proteínas. ➤ Forma parte estructural de toda la clorofila. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Restricción del crecimiento. ➤ Amarillamiento, reducción y Caída prematura de las hojas. Frutos pequeños y escasos con bajos contenidos de N, P, K y Ca. ➤ Plantas sensibles a las heladas.
Fósforo (P)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fotosíntesis, Macollamiento y transferencia de energía ➤ Acelerar la Madurez, Formación de semilla 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reducción del crecimiento, del tamaño de las hojas y caída prematura de estas. ➤ Marchitamiento de las hojas con presencia de quemaduras.
Potasio (K)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Activación de encimas, Fotosíntesis ➤ Resistencia, Fito patógenos, Caída del fruto. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Coloración café en el envés de las hojas y manchas cloróticas entre las venas.
Calcio (Ca)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Crecimiento ➤ Resistencia a enfermedades. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Quemaduras en el ápice de la hoja ➤ Rigidez de las células.
Magnesio (Mg)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Activador enzimático ➤ Forma parte de la clorofila, Respiración. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Restricción del crecimiento ➤ Amarillamiento de las hojas con manchas café en los márgenes.
Azufre (S)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Síntesis de aminoácidos y proteínas ➤ Fotosíntesis. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Amarillamiento de las hojas y necrosis en los márgenes.
Zinc (Zn)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Activación enzimática 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Amarillamiento internerval de las hojas jóvenes ➤ Hojas pequeñas ➤ Arroquetamiento de los brotes Frutos y redondos.
Hierro (Fe)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fotosíntesis, Síntesis de proteínas ➤ Respiración, Transferencia de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hojas amarillas jóvenes con las nervaduras verdes.
Cobre (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Coloración café - rojiza de las nervaduras de las hojas, Defoliación prematura, Brotación anormal.
Manganeso (Mn)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Crecimiento (activación enzimática, Reproducción. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Clorosis internerval, Manchas cloróticas en la hojas ➤ Amarillamiento internerval.
Boro (B)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Crecimiento, reproducción, floración y desarrollo del fruto. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Caída de hojas, hojas nuevas secas, enrollada y quebradizas.
Cloro (Cl)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fotólisis del agua en la fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No se tiene evidencias al respecto, pero podría presentarse como clorosis generalizada en la hoja.
Molibdeno (Mo)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reducción de nitratos 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No hay evidencias de deficiencias de molibdeno en palto.

Fuente, Sánchez y Ramírez, 2000.