

**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**“NIVELES DE AZUFRE EN SUELO ALCALINO Y MICROELEMENTOS  
EN LA PRODUCTIVIDAD DE PALTO (*Persea americana L.*) HASS Y  
FUERTE EN SAN MIGUEL Y OCROS - AYACUCHO”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**Presentado por:**

**MARILUZ VALDIVIA RISCO**

**AYACUCHO – PERÚ**

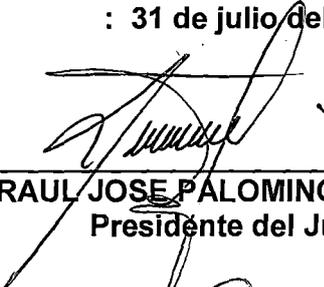
**2015**

Tesis  
Ag 1146  
Val  
Ej. 1

**"NIVELES DE AZUFRE EN SUELO ALCALINO Y MICROELEMENTOS  
EN LA PRODUCTIVIDAD DE PALTO (*Persea americana* L.) HASS Y  
FUERTE EN SAN MIGUEL Y OCROS - AYACUCHO"**

Recomendado : 23 de julio del 2015

Aprobado : 31 de julio del 2015



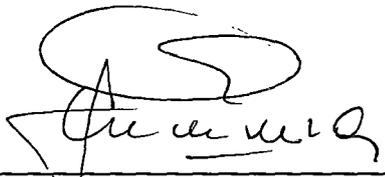
---

**Dr. RAUL JOSE PALOMINO MARCATOMA**  
Presidente del Jurado



---

**M.Sc. MARHLENI CERDA GOMEZ**  
Miembro del Jurado



---

**M.Sc. FRANCISCO CONDEÑA ALMORA**  
Miembro del Jurado



---

**M.Sc. ALEX LAZARO TINEO BERMUDEZ**  
Miembro del Jurado



---

**Dr. ANTONIO JERÍ CHAVEZ**  
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

## **DEDICATORIA**

A Dios, mis padres y a mis hermanos, quienes fueron la guía y el camino para llegar a este punto de mi carrera, con su ejemplo, dedicación y palabras de aliento nunca bajaron los brazos para que yo tampoco lo haga aun cuando todo se complicaba.

Los amo

## **AGRADECIMIENTO**

Mis infinitos agradecimientos a la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía, alma máter en la formación profesional, ética y moral en mi persona, por los valiosos conocimientos y experiencias adquiridas durante estos largos pero valiosos años que conllevaron a la culminación de mis estudios profesionales.

A mis entrañables docentes de la Escuela de Formación Profesional de Agronomía, quienes me brindaron su conocimientos y experiencias a lo largo de mi formación profesional. Especial agradecimiento a la M.Sc. Ing. Marhleni Cerda Gómez, por su asesoramiento incondicional y desinteresado. Gracias por su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento para la realización de esta tesis.

A SOLID – PERU, bajo la dirección del Ing. Jhon Palomino, por brindarme todo el apoyo y las comodidades para la ejecución del presente trabajo y en forma especial a los productores Nemesio Cáceres y Luis Ramírez por permitirme realizar el trabajo de investigación en sus parcelas con cultivo de palto y por las muestras de apoyo y amistad durante la conducción del presente trabajo.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	6
Objetivo general:.....	7
Objetivos específicos: .....	7
<b>CAPÍTULO I</b> .....	8
<b>1.1. ORIGEN Y CAUSAS DE LA REACCIÓN DEL SUELO.</b> .....	8
<b>1.2. EFECTOS DEL pH.</b> .....	9
<b>1.3. SUELOS ALCALINOS</b> .....	10
<b>1.4. FÓSFORO</b> .....	20
<b>1.5. FERTILIZACIÓN FOLIAR</b> .....	26
<b>1.6. EL PALTO</b> .....	28
<b>CAPÍTULO II</b> .....	47
<b>2.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO</b> .....	47
<b>2.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS</b> .....	49
<b>2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS</b> .....	53
<b>2.3. ANTECEDENTE EXPERIMENTAL</b> .....	55
<b>2.4. FACTORES EN ESTUDIO</b> .....	55
<b>2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL</b> .....	55
<b>2.6. TRATAMIENTOS</b> .....	56
<b>2.7. DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS</b> .....	56
<b>2.8. DURACIÓN DEL EXPERIMENTO</b> .....	57
<b>2.9. CONDUCCIÓN DEL ENSAYO</b> .....	58
<b>2.10. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN</b> .....	63
<b>CAPÍTULO III</b> .....	64
<b>3.1. REACCIÓN DEL SUELO (pH)</b> .....	64
<b>3.2. CONTENIDO DE CARBONATOS</b> .....	71
<b>3.3. FÓSFORO DISPONIBLE.</b> .....	76
<b>3.4. NÚMERO DE FRUTOS DE PALTO</b> .....	84
<b>3.5. DIÁMETRO Y LONGITUD DE FRUTOS DE PALTO</b> .....	86
<b>3.6. PESO TOTAL DE FRUTOS</b> .....	89
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	93
<b>4.1. CONCLUSIONES</b> .....	93

<b>4.2. RECOMENDACIONES</b> .....	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	96
ANEXOS .....	103
ANEXO 1. ....	104
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.....	104
ANEXO 2. ....	110
COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS .....	110
ANEXO 3. ....	115
PANEL FOTOGRÁFICO .....	115

## INTRODUCCIÓN

Los cultivos, obedecen para producir adecuadamente a un conjunto de factores de producción, siendo importante el suelo o más exactamente el manejo que se da al recurso, porque la planta aproximadamente el 70 % de los nutrientes lo obtienen a través de las raíces. De otro lado, sabemos que la nutrición mineral de las plantas es dependiente, de los otros factores, siendo la solubilidad de los minerales determinado por la reacción del pH del suelo; de manera que una adecuada absorción está sujeta a la solubilidad mineral y disponibilidad de nutrientes.

La disponibilidad en el caso de suelos cuyo pH sea superior a 7.5 con alto grado de saturación de bases, (presencia de sales, especialmente de calcio, magnesio, sodio y potasio en forma de carbonatos y bicarbonatos) permite la preponderancia de iones  $\text{OH}^-$  sobre los  $\text{H}^+$  en la solución del suelo; en tales condiciones, son consideradas como alcalinas, siendo la alcalinidad del suelo la que interfiere en la solubilidad de los nutrientes como el P, Fe, Zn y B, limitando la nutrición de las plantas.

En relación al fósforo, que es uno de los elementos indispensables para las plantas, clasificado invariablemente como uno de los macronutrientes cuya deficiencia limita el desarrollo de los cultivos, por las múltiples funciones que cumplen en las plantas, por lo que es imprescindible su presencia en la solución del suelo en cantidades y formas que permitan su asimilación oportuna.

En la comunidad de Ninabamba del distrito de San Miguel y la comunidad de Ninabamba en el distrito de Ocros, ambas en el departamento de Ayacucho, los suelos poseen un pH que se caracteriza por su elevado valor, se trata de suelos cuya reacción es superior a 7.9; en cultivos de palto, cuyo fruto es exportable, sin embargo se ve afectado en la nutrición por las condiciones del pH alcalino.

Frente a este problema existen otras alternativas de manejo tales como la aplicación de flor de azufre, enmienda que gracias a ciertas bacterias autótrofas del suelo, el azufre elemental es oxidado hasta formar ácido sulfúrico. Los iones  $H^+$  del  $H_2SO_4$  permiten disminuir el pH del suelo lo que podría influir en el desplazamiento de los cationes del complejo de cambio, permitiendo un nuevo equilibrio así como disponibilidad de nutrientes.

Por las consideraciones antes expuestas el siguiente trabajo se ha planteado aplicar flor de azufre en suelos alcalinos instalados con plantaciones de palto en producción, en las variedades Hass y Fuerte de las localidades de Ninabamba en San Miguel y Ninabamba en Ocosingo. Además de aplicar micronutrientes en el follaje de las plantas con los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

- Evaluar el efecto de dos niveles de flor de azufre en suelos alcalinos y micro elementos en el rendimiento de palto, variedades Hass en San Miguel y Fuerte en Ocosingo.

**Objetivos específicos:**

- Evaluar el efecto de flor de azufre en el pH y disponibilidad de fósforo en suelos alcalinos cultivados con palto.
- Evaluar el efecto de flor de azufre y micro elementos en el rendimiento de frutos de dos variedades de palto.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1. ORIGEN Y CAUSAS DE LA REACCIÓN DEL SUELO.

Un suelo puede tener una reacción ácida, neutra o alcalina (básica). En suelos ácidos predominan los protones  $H^+$  sobre los aniones  $OH^-$ , mientras que en sustratos alcalinos o básicos predominan los aniones  $OH^-$  sobre los cationes  $H^+$  y en suelos neutros existe un equilibrio entre ambos.

La reacción del suelo es una propiedad química importantísima del suelo. No existe casi ningún proceso del suelo que no sea influenciado por el carácter de acidez, neutralidad o alcalinidad. Las propiedades físicas, químicas y biológicas son influenciadas por la reacción del suelo (Fassbender, 1983). La reacción del suelo viene expresada por el pH ( $-\log H^+$ ), que corresponde a su fase acuosa o disolución salina (Navarro, 2013).

## **1.2. EFECTOS DEL pH**

La reacción es una de las más importantes, ya que su estudio ha puesto de manifiesto la estrecha relación que existe en la configuración de su estructura, meteorización, humificación, movilidad de nutrientes, intercambio iónico, lo que facilita que las especies vegetales tengan un mayor desarrollo en cada tipo de suelo.

Casanova (2005) menciona que uno de los efectos del pH de los suelos está relacionado con la nutrición mineral de las plantas. La absorción de elementos nutritivos esenciales para el normal funcionamiento de las plantas se ve afectada por los valores extremos de pH en suelos ácidos y alcalinos.

En general, la mayor solubilidad y aprovechamiento por las plantas de la mayoría de los nutrientes ocurre en el rango del pH correspondiente a los suelos neutros (6.5 – 7.0). Elementos como nitrógeno, azufre, potasio, fósforo, calcio y magnesio son típicos ejemplos de esta situación siendo menos solubles cuando los suelos son más ácidos o más alcalinos. Otros elementos nutritivos esenciales para la planta, pero requeridos en menores cantidades que los mencionados anteriormente son: el hierro, manganeso, boro, cobre y zinc, cuya solubilidad tiende a aumentar en la solución del suelo en pH ácido y a disminuir en pH alcalino.

El menor aprovechamiento de un nutrimento en un suelo generalmente está asociada con reacciones químicas que culminan en la formación de compuestos no adsorbidos por el sistema radicular de las plantas, creando deficiencias en las plantas que

muchas veces se hace evidente a través de síntomas característicos en las hojas y frutos.

También es conocido que el pH tiene gran influencia sobre la microflora y microfauna presente en el suelo y su actividad, a valores pH menores que 5.5 la actividad de las bacterias y actinomicetes es baja; éstos aumentan óptimamente bajo condiciones neutras. Los hongos son por lo general más adaptables y se desarrollan en suelos con pH más amplio; de esto, se desprende que todos los procesos biológicos del suelo son influenciados por el pH. La nitrificación y fijación de N prosperan mejor bajo condiciones neutras, ya que la participación de las bacterias en estos procesos es decisiva.

Por lo tanto el proceso de mineralización de la materia orgánica también es influenciada por el pH. La velocidad de los procesos de la amonificación y mineralización de compuestos sulfatados y fosforados son proporcionales al pH siendo mejores bajo condiciones de pH neutro. La proporción de sulfatos y fosfatos orgánicos en el contenido total de S y P del suelo disminuye a valores de pH altos (Fassbender, 1975).

### **1.3. SUELOS ALCALINOS**

Buckman y Brady (1977), mencionan que la alcalinidad se presenta cuando existe un alto grado de saturación de bases. La presencia de sales, especialmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, en forma de carbonatos, da también preponderancia a los

iones  $\text{OH}^-$  sobre los  $\text{H}^+$  en la solución del suelo. Bajo tales condiciones el suelo es alcalino.

### **1.3.1. Origen**

Los suelos alcalinos se forman a causa de una o más de las condiciones siguientes:

- a. Regiones áridas, con precipitación insuficiente para lavar el suelo.
- b. Las aguas freáticas transportan bases a los suelos situados en topografías deprimidas y las concentran en ellos al evaporarse.
- c. Algunos materiales parentales proporcionan cantidades de bases excepcionalmente elevadas, manteniendo una alta concentración de las mismas en los suelos jóvenes.

La combinación de las dos primeras condiciones es particularmente adecuada para la formación de suelos alcalinos. Los lugares más adecuados para encontrarlos son los fondos de valle en regiones áridas. Los suelos alcalinos son de gran interés en la agricultura de regadío ya que los relieves deprimidos en que se localizan suelen ser las áreas que pueden regarse con mayor facilidad (Thompson y Troeh, 1988).

### **1.3.2. Tipos de suelos alcalinos**

Según Thompson y Troeh (1988) existen cuatro tipos distintos de suelos alcalinos como son: suelos salinos, sódicos, sódico salinos y calizos o carbonatados cada uno de ellos presenta un conjunto diferente de problemas actuales y potenciales.

### **1.3.3. Suelos calizos o calcáreos**

#### **a. Origen**

Los suelos calcáreos son ricos en carbonato cálcico, con un pH entre 7.3 y 8.5, cubren aproximadamente un tercio de la superficie terrestre y se presentan predominantemente en regiones que reciben menos de 500 mm de precipitación anual (Thompson y Troeh, 1988).

- d. Algunos materiales parentales proporcionan cantidades de bases excepcionalmente elevadas, manteniendo una alta concentración de las mismas en los suelos jóvenes.

La combinación de las dos primeras condiciones es particularmente adecuada para la formación de suelos alcalinos. Los lugares más adecuados para encontrarlos son los fondos de valle en regiones áridas. Los suelos alcalinos son de gran interés en la agricultura de regadío ya que los relieves deprimidos en que se localizan suelen ser las áreas que pueden regarse con mayor facilidad (Thompson y Troeh, 1988).

### **1.3.4. Tipos de suelos alcalinos**

Según Thompson y Troeh (1988) existen cuatro tipos distintos de suelos alcalinos como son: suelos salinos, sódicos, sódico salinos y calizos o carbonatados cada uno de ellos presenta un conjunto diferente de problemas actuales y potenciales.

### 1.3.5. Suelos calizos o calcáreos

#### b. Origen

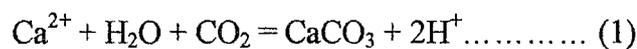
Los suelos calcáreos son ricos en carbonato cálcico, con un pH entre 7.3 y 8.5, cubren aproximadamente un tercio de la superficie terrestre y se presentan predominantemente en regiones que reciben menos de 500 mm de precipitación anual (Thompson y Troeh, 1988).

Bohn et al., (1992) mencionan que en las regiones de lluvias escasas, los carbonatos (particularmente  $\text{CaCO}_3$ ) se acumulan en los suelos donde la evapotranspiración excede a la precipitación, el flujo de agua hacia abajo a través del perfil del suelo es suficiente solo para remover los productos de intemperización más solubles, como las sales de  $\text{Na}^+$ .

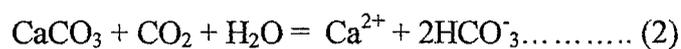
Las lluvias intermitentes pueden arrastrar las sales solubles aun cuando la cantidad de agua percolante sea del 1% o menos de lluvias totales. En cambio, los compuestos menos solubles se acumulan debido al flujo limitado de agua. El  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{K}^+$  forma aluminosilicatos secundarios. Los silicatos secundarios que contienen  $\text{Ca}^{+2}$  como ion estructural, son raros, pero en lugar de eso, el  $\text{Ca}^{+2}$  permanece como catión intercambiable y se precipita como calcita, aragonita o vaterita (todos son  $\text{CaCO}_3$ ) y, ocasionalmente, como el yeso, que es más soluble, ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). La calcita formada en el suelo permite la sustitución mínima de  $\text{Mg}^{+2}$  en su estructura y la dolomita  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  al parecer se forma únicamente bajo condiciones marinas.

La calcita, aragonita y vaterita también se pueden acumular a partir de las aguas subterráneas cuando la presión hidrostática o acción capilar desplaza las aguas ricas en  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{CO}_2$  hacia arriba en el perfil del suelo. La pérdida de  $\text{CO}_2$  hacia la atmósfera y la evapotranspiración del agua, conducen a la precipitación de  $\text{CaCO}_3$  en los suelos de las regiones húmedas.

Aunque las condiciones ambientales que llevan a cabo la acumulación de carbonatos en los suelos son mucha y variadas, la reacción química se puede representar simplemente como.



Las condiciones alcalinas favorecen la acumulación de  $\text{CaCO}_3$ , al consumir  $\text{H}^+$  y desplazar la reacción hacia la derecha. El incremento de  $P_{\text{CO}_2}$  origina que el  $\text{CaCO}_3$  reacciones aún más.



De tal manera que el  $\text{CaCO}_3$  se disuelve de nuevo al incrementar la concentración de  $\text{CO}_2$  en la fase gaseosa. En los suelos, las concentraciones relativamente altas de  $\text{Ca}^{2+}$  y contenidos limitados de agua tienen a forzar a que se complete la reacción (1) y a moderar la reacción (2).

Cuando la masa de  $\text{CaCO}_3$  en los suelos excede determinado porcentaje, controla tanto el pH del suelo como las concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  en la solución del mismo.

### **a. Problemas nutricionales**

Las condiciones alcalinas del suelo causan varios problemas nutricionales a las plantas como la clorosis, en razón de la incapacidad de las plantas de absorber suficiente hierro o manganeso. También pueden ocurrir deficiencias de cobre, zinc y fósforo a causa de su baja solubilidad. Si el suelo tiene alto contenido de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  puede ocurrir una deficiencia de potasio porque este puede ser rápidamente lixiviada. También puede haber deficiencia de nitrógeno debido al generalmente bajo contenido de materia orgánica (Rowell, 1994).

Otro de los problemas nutrimentales que se presentan en suelos calcáreos es la disponibilidad de fósforo, puesto que la máxima disponibilidad se encuentra entre 6.5 y 7.5 a partir de un pH 8, la disponibilidad disminuye rápidamente y cuando además el contenido de caliza es alto, se produce en gran escala el fenómeno de “*retrogradación*”, por el cual una parte del fósforo disponible, por ser soluble al agua y a los ácidos débiles, pasa a insoluble y, por consiguiente, no dispone para la cosecha (Guerrero, 2000)

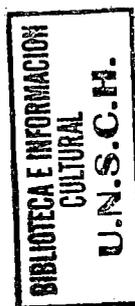
Según Fassbender (1983) en suelos calcáreos la disponibilidad de los fosfatos asimilables decrece, cuyos iones están adsorbidos a la superficie del  $\text{CO}_3\text{Ca}$  finamente dividido y subsecuentemente convertido en apatito insoluble o precipitado como fosfato de calcio insoluble, directamente desde la solución del suelo.

En cuanto a los micro elementos como son:

- **Hierro:** Las condiciones de deficiencias de Fe son frecuentemente relacionadas con suelos calcáreos. Factores como pH alto, exceso de fosfatos, bicarbonatos y sales de calcio en medio de crecimiento interfieren la absorción de Fe por las plantas. La solubilidad de los óxidos de Fe es mínima en el intervalo de pH 7.5 – 8.5 y es precisamente ese el pH que tienen los suelos calizos. Por ello, en el problema de la clorosis férrica están implicadas la naturaleza y las características de las distintas formas de hierro y de los carbonatos presentes en el suelo (Del Campillo y Torrente, 1994). Los síntomas más claros de la carencia de Hierro se producen en las hojas, que pierden su color verde por falta de clorofila (Fuentes, 2002).
- **Magnesio:** Las deficiencias de Mn son raras en suelos calcáreos; pero MnO<sub>2</sub> estuviera controlando la fase sólida de Mn, se esperarían deficiencias de este elemento en suelos neutro y alcalino. El Mn precipita como compuesto insoluble en suelos alcalinos.
- **Zinc:** la solubilidad del Zn es dependiente del pH y disminuye 100 veces por cada aumento en la unidad de pH. El zinc precipita más fácilmente a pH alto debido a concentración creciente de CO<sub>3</sub><sup>=</sup> y OH<sup>-</sup>.
- **Cobre:** precipita más fácilmente por el CO<sub>3</sub><sup>=</sup> y OH<sup>-</sup> pero la capacidad de acomplejarse en suelos alcalinos impide deficiencias (Adams, 1995).

### 1.3.6. Mejoradores de suelos calcáreos

Según Bárbaro et al., (1986) una de las alternativas para bajar el pH es mezclando el compost con materiales ácidos, como cortezas y acículas de pino, o mediante la adición de azufre, sulfato ferroso, sulfato de aluminio u otros compuestos azufrados



En estudios realizados con compost de desechos hortícolas, de jardín, cáscara de almendras, estiércol de ganado y la utilización de azufre micronizado permitió corregir el pH a los valores deseados.

Colacelli (1997) menciona que la efectividad de cada mejorador depende de ciertas condiciones de los suelos, en especial el contenido de  $\text{CO}_3^{=}$  (carbonato) de Ca y Mg, las sustancias correctoras a utilizarse pueden ser  $\text{CaCl}_2$  (cloruro de calcio),  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (yeso), azufre, ácido sulfúrico, polisulfuro de calcio y otros productos como conchilla marina molida, espumas azucareras, etc.

**a. El azufre elemental o flor de azufre.**

Según Buckman y Brady (1977) mencionan que la flor de azufre es un cuerpo de color amarillo pardo con un olor ligero, con una densidad a 20 °C DE 0.9 g/cm<sup>3</sup>; pH (solución al 1 %) de 5 a 8, no corrosivo, no inflamable, no tóxico; produce una vigorosa oxidación microbiana en el suelo retiene ácido sulfúrico que no solo cambia el carbonato sódico en sulfato más o menos peligroso, sino que también tiende a reducir la intensa alcalinidad y bajo condiciones favorables es 4 ó 5 veces más eficaz peso por peso en desarrollar acidez que el sulfato ferroso. Además es más barato en comparación que éste, fácil de obtener y es un material usado frecuentemente para otros quehaceres en la propiedad agrícola.

Fassbender y Bornemisza (1987) mencionan que el azufre elemental, o flor de azufre, se utiliza para disminuir el pH de los suelos alcalinos, ya que al oxidarse y reaccionar con el agua, forma el ácido sulfúrico. El efecto acidificante de la oxidación del azufre baja el pH del suelo.



La adición de azufre elemental al suelo es esencialmente equivalente a la aplicación de ácido sulfúrico, debido a la actividad de las bacterias del género *Thiobacillus*, las cuales pueden disminuir el pH de un suelo desde 3 a 2 unidades, después de un tiempo de incubación. Generalmente *T. thiooxidans* es el principal responsable, pero también *T. thioparus*, metaboliza el azufre elemental (Nakamura, et al., 1995).

#### **b. Thiobacillus.**

Los microorganismos que intervienen en el proceso de oxidación del azufre son principalmente del género *Thiobacillus*, siendo *Thiobacillus thiooxidans* la especie más importante.

*Thiobacillus thiooxidans* es una bacteria autótrofa quimilitotrófica, la cual se encuentra ampliamente distribuida en los suelos, aguas dulces, ambientes marinos y sedimentos. Además, desempeña una función fundamental ya que se encarga de la oxidación de azufre elemental ( $S^{\circ}$ ) hasta sulfato ( $SO_4$ )<sup>-2</sup>, ion que combinado con el agua puede formar el  $H_2SO_4$ . Estas bacterias del género *Thiobacillus* son capaces de oxidar y reducir los componentes orgánicas del azufre (Lacombe y Lueking, 1990).

#### **1.3.7. Factores que afectan la oxidación del azufre en el suelo.**

El proceso de oxidación del azufre en el suelo, es gobernado por un gran número de factores, muchos de los cuales están sujetos a las prácticas de manejo; los factores pueden ser de tipo biológico, físico y químico del suelo, así como, también se incluyen las propiedades de los fertilizantes. Los factores biológicos son los

principales agentes que gobiernan la oxidación del azufre en el suelo, las cuales a su vez están influenciados por otros factores que directamente afectan la actividad microbiana en el suelo, como temperatura del mismo potencial hídrico y aireación (Janzen, et al., 1987).

La temperatura que debe de tener el suelo para la oxidación del azufre se encuentra en el rango de 4 a 45 °C, con un rango óptimo entre los 25 y 40 °C para la mayoría de ellos (Deng y Dick, 1990).

Según Miyamoto (1998) se ha demostrado que con potenciales de agua cercanos a capacidad de campo, la oxidación del azufre procede más rápidamente, que con un menor contenido de agua, la actividad microbiana se ve limitada y se reduce a la accesibilidad de las partículas de azufre, que es altamente hidrológico, por el contrario, con un contenido alto de humedad, la oxidación está limitada posiblemente por una reducción de la aireación del suelo.

Otros elementos que también tiene influencia en el coeficiente de oxidación son: la incorporación de sustratos orgánicos, efecto de rizósfera, por el área superficial expuesta a la actividad de los microorganismos, así como el tamaño, forma y grado de dispersión de las partículas que son consideradas en las propiedades de los fertilizantes (Watkinson, 1993).

#### 1.4. FÓSFORO

El fósforo es relativamente estable en los suelos. No presenta compuestos inorgánicos como los nitrogenados que pueden ser volatilizados y lixiviados. De esta alta estabilidad resulta una baja solubilidad que a veces causa deficiencias de disponibilidad de fósforo para las plantas, a pesar de la continua mineralización de compuestos orgánicos del suelo (Fassbender, 1983).

La cantidad total de fósforo presente en la capa arable de los suelos oscila, normalmente, entre 200 y 500 mg. kg<sup>-1</sup>. Tomando valores medios de 500 mg. kg<sup>-1</sup> para los horizontes sub superficiales, esto equivaldría a valores del orden a unos 2000 a 4000 kg. ha<sup>-1</sup> de fósforo; ésta cantidad sería, en principio, más que suficiente para abastecer de fósforo a cualquier cultivo.

Desafortunadamente, solo una parte muy pequeña de la misma, normalmente menos de 1%, está disponible para la planta. Por otra parte los horizontes superficiales pueden ser incluso más ricos en fósforo inorgánico que los profundos. En la disolución del suelo hay una pequeña cantidad del fósforo, de donde las plantas lo pueden extraer directamente, aunque si solo utilizara éste, tendría únicamente para un periodo muy corto de tiempo. Procesos como el de desorción, solubilización o mineralización ponen a disposición de la planta diversas formas de fósforo (Afif, 2005).

La deficiencia de fósforo afecta directamente el metabolismo de la planta, porque el fósforo participa en la transferencia de energía y es componente estructural de muchos compuestos que intervienen en el metabolismo. En general esta deficiencia

afecta de diversas maneras a las plantas, a consecuencia de los cual hay una reducción de la tasa de crecimiento (Salinas y Sanz, 1981).

#### **1.4.1. Aspecto físico - químico del fósforo en el suelo.**

Quintero (1990) menciona que desde el punto de vista de la nutrición vegetal existen tres importantes fracciones del fósforo en los suelos: a) fósforo en la solución del suelo; b) fósforo en la fracción lábil y c) fósforo en la fracción no – lábil.

La primera fracción está definida claramente como el ion fosfato “actualmente” en la solución del suelos. La segunda es el fosfato que se mantiene moderadamente unido a superficies activas y que está en equilibrio con el fosforo de la solución; usualmente también se denomina fosfato intercambiable. La tercera es el fosfato insoluble tanto orgánico como inorgánico y que solo se puede liberarse hacia la fracción lábil en forma muy lenta. Estas dos últimas fracciones comprenden entre el 95 y 99 % del fosforo total del suelo.

#### **1.4.2. Dinámica del fósforo en el suelo**

Básicamente, el fosfato está sometido a un equilibrio entre las fases líquidas y sólidas del suelo, el cual controla la disponibilidad del ión  $\text{PO}_4\text{H}^{-2}$  que es la forma iónica que utilizan preferentemente las plantas

Según Quintero (1990) en el conjunto de procesos por los cuales el fosfato existente en solución desaparece de ella para pasar a la fase sólida del suelo, ocurren dos fenómenos diferentes: por un lado, parte del fosfato es retenido por el suelo de tal

manera que es posible su posterior extracción con ácidos diluidos. Este fósforo se considera disponible para la planta, pues se encuentra en un equilibrio dinámico con el fósforo que permanece en la solución del suelo. A este proceso la mayoría de los autores lo denominan “*retención de fosfato*”, de otro lado, parte del fósforo en solución o el mismo fósforo retenido en forma intercambiable va siendo paulatinamente fijado por la fase sólida en forma no intercambiable, es decir que a medida que estas formas “*envejecen*” van pasando lentamente de la fracción lábil a la no-lábil. A este proceso se le suele denominar “*fijación*”, aunque el término es una exageración, puesto que las reacciones del fósforo no son totalmente irreversibles. La extensión y características de la superficie de adsorción son los factores más importantes que controlan la concentración de fósforo en la solución del suelo.

#### **1.4.3. Factores que influyen en la disponibilidad del fósforo.**

##### **a. Factores del suelo**

Según Rojas (1997) el contenido de fósforo disponible en el suelo es una variable dinámica, fuertemente influenciada por las propiedades del suelo, la planta y las condiciones ambientales.

Cualquier cambio en las propiedades del suelo se encuentra relacionada con la concentración de fósforo en la solución (intensidad) la magnitud del fósforo de la fase sólida del suelo susceptible de pasar a la solución o fósforo lábil (cantidad), la capacidad del suelo de restablecer el fósforo de la solución (capacidad o poder tampón del fosforo) y las características del suelo que permiten el paso de iones

fosfato desde las zonas de alta concentración a la superficie de la raíces (difusión), explican los cambios producidos en la cantidad de fósforo disponible.

**b. Efectos de la planta**

Todas las especies exhiben característicos sistemas radiculares, atendiendo a la longitud y densidad de los pelos radiculares, así como a la morfología de su sistema radicular, lo que afecta sensiblemente la capacidad de extracción de fósforo por las raíces de las plantas. Al respecto, se puede afirmar que menos de un 1 % del volumen total del suelo está ocupado por las raíces.

Otra de las características de la planta que afectan la capacidad de remoción del fósforo disponible, se refiere a la capacidad individual de las especies de absorber fósforo por  $\text{cm}^2$  de la raíz o poder de absorción del fósforo. Además, ciertas condiciones ambientales afectan la capacidad específica de absorción de fósforo por las raíces, tales como la infección de micorrizas activas (ciertos hongos del suelo), uso de altas densidades de siembra, etc. (Rojas, 1997).

**1.4.4. Otros factores que afectan la disponibilidad del fósforo.**

Según Rojas (1997) son numerosos los factores ambientales que modifican la disponibilidad del fósforo, se refiere aquí a aquellos más relevantes.

**a. Acidez del suelo y fósforo disponible:** el óptimo rango de pH del suelo dentro del cual se observa la máxima disponibilidad de fósforo se encuentra entre 6.5 y 7.5.

Las causas de este comportamiento se asocian fundamentalmente a que a este rango ocurre la máxima solubilidad de las formas de fósforo inorgánico del suelo.

**b. Materia Orgánica y fósforo disponible:** la materia orgánica del suelo se encuentra predominantemente cargada en forma negativa, por lo que ácidos orgánicos reaccionan con cationes hidroxilados tales como  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  y  $\text{Al}(\text{OH})_2$ , combinaciones complejas que inmovilizan estos iones dejando en libertad los iones fosfatados. Por esta razón, la agregación de estiércol y otros compuestos orgánicos favorecen la asimilación del fósforo e incrementan el contenido de fósforo disponible de los suelos.

**c. Relación sílice/sesquióxidos:** Según la naturaleza mineralógica de los suelos, estos varían en su contenido de silicio, hierro y aluminio. Los suelos que contienen una más baja relación Sílice ( $\text{SiO}_2$ )/sesquióxidos ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ) están generalmente más fuertemente intemperizados; por lo tanto, contienen más hierro y aluminio libres que pueden inmovilizar a los fosfatos.

**d. Relación humedad del suelo y fósforo disponible:** el incremento del contenido de agua en el suelos índice necesariamente a un incremento de iones fosfato en solución, fenómeno observado después de las lluvias en suelos de secano o por el efecto mismo del riego en valles regados. Este hecho está estrechamente ligado a las características de las formas inorgánicas del fósforo presentes en el suelo (P – Ca, P-Fe y P- A) cuya naturaleza cristalina relativamente insoluble, tiene en

realidad variables constantes de productos se solubilidad. Así, solo una cierta cantidad del compuesto se disuelve alrededor de las partículas cristalinas.

e. **Fertilizantes fosfatados y el nivel de fósforo disponible:** uno de los mayores efectos sobre el incremento del fósforo disponible, se ha logrado con la adición de fertilizantes fosfatados. La fijación del fósforo soluble ocurre rápidamente después de la aplicación de un fertilizante fosfatado, especialmente si el fertilizante se ha mezclado con el suelo. Después de varios días desde su aplicación en un cultivo, cualquier aplicación posterior de fosfatos probablemente originaria cambios mínimos debido al equilibrio alcanzado entre fosfatos solubles y el “*fósforo fijado*”.

#### **1.4.5. Capacidad tampón del fósforo y su residualidad.**

Se ha observado que los suelos en general, muestran diferente efectividad inicial frente al fósforo aplicado como fertilizante, así los suelos de acuerdo a esta característica, pueden dividirse en reactivos y poco reactivos. En un suelo poco reactivo, una mayor proporción del fósforo aplicado permanece lábil y en suelo de alta reactividad, se requiere agregar una mayor cantidad de fósforo para lograr el mismo contenido de fósforo lábil, el que puede expresarse por ejemplo en mg P/kg (P- Olsen) por kg de fósforo – fertilizante aplicado.

La capacidad tampón del suelo o capacidad tampón del fósforo corresponde a la resistencia de un suelo particular a elevar sus contenidos de fósforo-disponible al incrementar la aplicación de fósforo- fertilizante. En otras palabras, es la cantidad de

fósforo– fertilizante que es necesario agregar para elevar el fósforo – disponible en 1 mg/kg (ppm) de fosfato por kg de fósforo aplicado.

La capacidad tampón del fósforo es una característica química del suelo, que se refiere a la relación entre el fósforo- disponible que éste es susceptible de mantener en equilibrio en la solución suelo por cada kg de fósforo agregado como fuente fertilizante soluble al agua, tal como el Superfosfato Triple (Rojas, 1997).

### **1.5. FERTILIZACIÓN FOLIAR**

La fertilización foliar es un medio complementario de la fertilización del suelo, ya que cuando las condiciones del mismo no son propicias, para una pronta asimilación de los nutrientes, se aplican fertilizantes foliares en las fases críticas: floración, crecimiento y maduración de frutos (León, 1999).

Salazar et al. (2014) menciona que el uso de abonos foliares es recomendado para corregir deficiencias de micronutrientes y para promover la recuperación de la planta afectada por condiciones bióticas y abióticas adversas. La eficiencia de su aplicación está en función de la edad del cultivo, área foliar, época y forma de aplicación y movilidad del nutriente en la planta.

Galán (2009) menciona que en los suelos ácidos la mayoría de los micro elemento están disponibles para su absorción por las raíces, pero no en los suelos alcalinos donde se precisa la aplicación de los mismos, mejor en forma quelatada, ya que la estabilidad de los quelatos permite mantener los micronutrientes en forma disponible

en un amplio rango de pH a diferencia de lo que ocurre con las formas inorgánicas. Además, los micronutrientes quelatados son resistentes a factores desfavorables como alto pH o alta concentración de fosfatos o carbonatos, es decir los quelatos protegen los micro elementos garantizando su absorción efectiva por las plantas en las condiciones más extremas. La aplicación de micronutrientes por vía foliar, es imprescindible en estos suelos alcalinos, debe hacerse, en todos los casos, cuando las hojas son tiernas o cuando el árbol está en floración, ya que las hojas maduras tienen escaso poder de absorción de nutrientes. En estos suelos de elevado contenido en pH es recomendable repetir estas aplicaciones foliares al menos mensualmente durante los meses de activo crecimiento.

#### **1.5.1. Fetrilon combi**

Fetrilon Combi 2 es un fertilizante foliar que contiene todos los nutrientes esenciales para las plantas, los micronutrientes metálicos (Fe, Cu, Zn y Mn) están 100 % quelatizados con EDTA, que neutraliza las cargas y evita que ion metálico se fije o forme compuestos insolubles en el suelos. Además, contienen magnesio (Mg) y azufre (S), elementos secundarios de gran importancia para las plantas. Su uso principal es vía foliar. Sin embargo, pueden usarse también en fertirriego y en mezclas con sustratos.

Según Finck (1988) el Fetrilon Combi se utiliza para superar las fases de deficiencias que aparecen con motivo de un insuficiente suministro por parte del suelo. Las pulverizaciones se aplican una o varias veces dependiendo de la edad de la planta y el estado fenológico

## **1.6. EL PALTO**

### **1.6.1. Origen y distribución.**

Según Morera (1983), el aguacate (*Persea americana Miller*) es originario de América tropical, abarcando desde México hasta Perú, incluyendo las Antillas, en donde se ha venido introduciendo mucho tiempo. El fruto fue conocido por los españoles en la época de la conquista, como uno de los frutos preferidos por las poblaciones indígenas de México, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Venezuela, Colombia y Ecuador.

El nombre de aguacate deriva de la antigua lengua Nahuatl, con la cual se expresaban los aztecas, los cuales llamaban ahuacacuahuatl el árbol y ahuacatl el fruto. Además, los indígenas designaron con los vocablos de tlacozalauacatl y de quilauacatl, respectivamente, las variedades de frutos grandes y pequeños.

El área de cultivo es extensa, abarcando el centro y Sudamérica, algunas áreas de Norteamérica (California y Florida), las Antillas (principalmente Puerto Rico), todo el continente africano, China e Indochina, La Filipinas, Las Islas de Hawaii, Las Canarias y regiones mediterráneas como Israel, Argelia y España.

### **1.6.2. Taxonomía y botánica.**

Según Razeto y Fiche (2003), el palto tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Clase	: Dicotiledoneas
Orden	: Ranales
Sub orden	: Magnolinas
Familia	: Lauraceas
Genero	: Persea
Sub genero	: Persea- Eriodaphne
Especie	: <i>Persea americana Mill</i>
Nombre comercial	: Palta, Aguacate, Aguaco, Ahuaca, Avocado.

### **1.6.3. Variedad Hass**

#### **a. Origen**

Franciosi (2003) menciona que este cultivar fue desarrollado en California por Rudolph G. Hass, este cultivar es considerado de la raza Guatemalteca aunque parece ser un híbrido de esta raza con la raza Mexicana. En la actualidad, es considerado el cultivar más cultivado a nivel mundial debido a su alto nivel de productividad y excelente calidad de pulpa, pudiendo permanecer la fruta un tiempo prolongado en la planta, sin sufrir cambios en su calidad.

#### **b. Tipo de híbrido.**

Razeto y Fiche (2003) señala que, es la principal variedad del mundo, cuenta con el 20 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, 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 deshidratan tanto flores como los brotes jóvenes, perdiendo el área foliar necesaria para la alimentación fotosintética del fruto.

### **c. Grupo floral**

Según Cockrell (1995) a su comportamiento en la floración corresponde al tipo A, las flores se abren por primera vez a media mañana. Los 6 sépalos se extienden hacia afuera y los estambres se colocan adheridos a los sépalos y pétalos, formando ángulo recto con el eje de la flor y están completamente cerrados. El pistilo en cambio queda solo en el centro con el estilo recto y receptivo, listo a ser fertilizado. La secreción de néctar de las glándulas de los estambres es muy activa y atrae a muchos insectos. Hacia el mediodía se cierran las flores por completo para abrirse de nuevo al día siguiente por la tarde. Entonces, los estambres aparecen erguidos y emiten polen en abundancia mientras que el estilo aparece marchito y no es receptivo. En los paltos de este grupo todas las flores abiertas aparecen en uno u otro de los estados indicados, o sea, que por la mañana del primer día funcionan como flores femeninas o pistiladas y por la tarde del segundo día como masculino o estaminadas.

Rodríguez (1992) menciona que la fecundación en el grupo A es posible a través del polen de una flor B, coincidiendo la apertura del primer día de la flor A por la mañana, con la apertura del segundo día de la flor B, que también es por la mañana;

en este caso se complementan un ovulo receptivo A con el polen fértil B. Esta variedad se caracteriza por la gran producción de flores, tendiendo, a veces, a un cuajado de muchos frutos, los que inevitablemente serán de poco peso. En general, es un árbol muy productivo.

**d. Características del fruto**

Según Calebrese (1992) el fruto es oval y asimétrico, con epicarpio rugoso y de color entre violáceo y café. Su peso medio está comprendido entre 180 y 280 g, pero muchos frutos particularmente en las zonas de cultivo mediterráneo no alcanzan a este peso. El grado de conservación y de resistencia al transporte es óptimo. La pulpa es excelente, la maduración se alcanza con un porcentaje medio de aceite del 22- 23%.

Gardiazabal y Rosenberg (1991) reportan que el fruto es periforme a ovoide, algo más pequeño que la Fuerte cuyo peso varía entre 180 a 360 gramos. La cáscara es gruesa, rugosa, de color verde, ligeramente negruzca cuando está en el árbol, pero cosechadas se va poniendo morada a negra a medida que la fruta se ablanda al madurar. La semilla es pequeña, con contenido de aceite a 15 a 20 %.

**e. Permanencia del fruto en la planta**

Cockrell (1995) menciona que una vez que el fruto ha llegado a su madurez fisiológica como comercial, puede permanecer en la planta por un tiempo en el árbol sin que baje la calidad, característica que permite la recolección.

#### **1.6.4. Variedad Fuerte**

##### **a. Origen**

Originada en Atlixco, Puebla, colectada en 1911 por Carl Schmidt y liberada en 1912. Se identifica que es híbrido entre la raza Mexicana y Guatemalteca. Este cultivar fue el estándar por varias décadas hasta que en los años 1960 se dio paulatinamente el cambio de Fuerte a Hass (Calabrese, 1992).

##### **b. Tipo de híbrido**

Calabrese (1992) señala que genéticamente se trata de un híbrido entre las razas mexicana y guatemalteca, el árbol original fue obtenido en Atlixco (México). A partir del momento, en 1911, en que dicha variedad es llevada a California y se considera el que comienza de la etapa moderna en el cultivo del aguacate.

Según Rozeto y Fiche (2003) es un árbol ligeramente abierto; alternancia en la producción lo cual es uno de los grandes inconvenientes de este cultivar, es muy exigente en la floración y en el momento de cuajo, es sensible al frío y a las temperaturas elevadas, situación que afecta los órganos de la flor y la viabilidad del polen.

Este cultivo, fue en su momento el más plantado en el ámbito mundial. Diversos problemas, principalmente relacionados a su alternancia en la producción y dificultades en la conservación de la fruta han hecho que sea paulatinamente reemplazada por otros cultivares. La planta es muy vigorosa con tendencia a formar ramas horizontales y muy baja altura; su desarrollo inicial es lento y tiene un bajo

índice de precocidad para iniciar su primera cosecha y esto la diferencia de “Hass” (Rozeto, 1996).

### **c. Grupo floral**

Según Rodríguez (1992) de acuerdo a su comportamiento en la floración corresponde al tipo B; la flor de tipo B posee otro mecanismo de apertura y cierre, después de su formación en el panículo tiene su primera apertura (el primer día) por la tarde, poseyendo, de igual manera que la anterior, los estigmas dilatados receptivos. Por la noche las flores permanecen cerradas y se abren al segundo día por la mañana con los estambres dehiscentes.

En lo referente a la fecundación de una flor del tipo B, esta será posible a través de una flor A. los estigmas receptivos del grupo B, abiertos por la tarde del primer día, recibirán el polen de las flores A perteneciente a la apertura de su segundo día por la tarde.

### **d. Características del fruto**

Calabrese (1992) menciona que el fruto es periforme, color verde y peso que varía entre 200 a 350 g, la pulpa es de sabor excelente alcanzando su contenido en aceite de 24 a 26 % e incluso más, La baya es de forma típicamente piriforme, tamaño y peso medio de 300 gramos (entre 200 y 350 g). La epidermis es flexible y elástica, color verde sin brillo.

Según Agrodata (2007) citado por Chávez (2010) los frutos presentan aspecto periforme, de tamaño mediano, con 300 a 400 g, de peso en promedio. Su largo medio es de 10 a 12 cm. y su ancho de 6 a 7 cm, la piel ligeramente áspera. El mesocarpio es vistoso y no posee fibras, dándole una buena calidad culinaria y facilidad para pelarlo. La semilla mediana, forma cónica y muy adherida a la pulpa. La calidad y su resistencia al transporte (que es una importante característica comercial) lo ubican entre los aguacates más difundidos en América y Europa.

Franciosi (1992) reporta que este cultivar puede tener amarre de frutos llamados “pepinillos” o “dedos” y son producto del aborto del embrión y no de lo que se conoce como partenocarpia sino la estenospermocarpia, causada probablemente por las altas temperaturas durante el desarrollo del embrión.

Según León (1999) esta variedad tiene la tendencia a la formación de frutos no polinizados y sin semillas, que son más alargados y pequeños (parecidos al pepino), y a los que se conoce como pepinillos o *cukes* (en Norte América).

**e. Permanencia en la planta.**

Una vez terminada la madurez fisiológica del fruto, si se la deja hasta muy tarde en el árbol se mancha y se reblandece rápidamente al cosecharla y no se puede comercializar; O sea, se cosecha de 9 a 13 meses después de la floración, tiene pues un largo periodo de comercialización y un excelente sabor.

En cuanto a la maduración es de precocidad media, el cultivar Fuerte por la calidad de su fruto, tamaño y la resistencia al transporte es apreciado en todo los mercados (Calebrese, 1992).

#### **1.6.5. Cosecha y Post cosecha**

Según Huamán (2003) la cosecha en el valle de San Miguel y Ocros de la variedad Fuerte se inicia a fines del mes de noviembre y se prolonga en algunos casos hasta el mes de marzo. Las cosechas adelantadas y las retrasadas se realizan con la finalidad de obtener mejores precios.

En el caso de la variedad Hass, ocurre a partir del mes de enero hasta abril. La Asociación de Exportadores del Perú (2006) reportan que la fruta se clasifica según su destino, nacionales o para exportación; para el mercado nacional, la clasificación es la siguiente:

- **Primera:** fruta con características propias de la variedad, de mayor tamaño, con un peso aproximado de 250 g a mas, buen estado sanitario, sin manchas ni mal formaciones, con presencia del pedúnculo.
- **Segunda:** frutas de menos tamaño, con un peso menor a 250 g en buen estado sanitario, sanas y limpias, con ligeros defectos en la forma y el color.
- **Descarte:** frutas con daños por golpes, insectos (Mosca de la fruta, trips, etc.) o pudrición del pedúnculo, defectos en forma y color, quemado por el sol.

Cuando el destino de exportación, se utiliza métodos para calibrar la fruta, es decir agruparlas según tamaños y pesos homogéneos, para que el mismo número de frutos entren en una caja. Los calibres varían según el país de destino.

#### 1.6.6. Rendimiento Nacional y Local

CEPES (2008) reportó que el rendimiento depende de la variedad de palta, del número de paltas por hectárea, del manejo del monte frutal, edad de las plantas y alternancia en la producción, el rendimiento promedio nacional de palta en el año 2005 fue de 8.7 t. ha<sup>-1</sup>.

Según AGAP (2013), Perú es un país competitivo en la producción de palta con rendimiento promedio de 11.048 t. ha<sup>-1</sup>, ubicándose en el año 2011 en el puesto seis entre los países con mayores rendimientos productivos, como se detalla a continuación:

**Cuadro 1.1.** Rendimiento promedio en el mundo.

Región	Rendimiento t.ha <sup>-1</sup>
Keyna	17.916
Brasil	14.915
Indonesia	12.744
Israel	11.104
Perú	11.048
Chile	10.129
México	9.986
Ecuador	9.867
Colombia	8.777
Estados Unidos	8.468
Nueva Zelanda	4.825
Sudáfrica	4.603

*Fuente:* Ministerio de Agricultura (MINAG).

Según CEPES (2008) el rendimiento promedio en Ayacucho en el 2006 fue de 6.49 t.ha<sup>-1</sup>, cifra muy por debajo del promedio nacional (8.7 t.ha<sup>-1</sup>). El rendimiento depende de la cantidad de paltos sembrados por hectárea, lo que varía mucho, debido a que para muchos productores el palto no es cultivo principal

**Cuadro 1.2.** Rendimiento promedio en las Provincias de Ayacucho.

Departamento/Provincia	Rendimiento t.ha-1
<b>AYACUCHO</b>	<b>6.49</b>
Huanta	9.2
Huamanga	8.46
La Mar	7.56
Paúcar del Sara Sara	5.88
Parinacochas	5.8
Cangallo	5.5
Sucre	5.5
Lucanas	5.46
Víctor Fajardo	5.09

*Fuente:* Estudio de mercado de los frutos: Granadilla, palta, chirimoya y lúcuma.

*Elaboración:* CEPES.

SOLID PERÚ (2007) reporta que el departamento de Ayacucho en el 2007 tiene un rendimiento promedio de 6.76 t.ha<sup>-1</sup>, ocupando el octavo lugar a nivel nacional, a partir de plantas mayores de cuatro años. El distrito que destaca con mayor rendimiento es Ocos (provincia de Huamanga), con un 7.84 t.ha<sup>-1</sup>. Esta productividad fue posible debido a que se trató de instalaciones nuevas con mayores distanciamientos, con riego frecuente y menor incidencia de plagas y enfermedades. En cambio el menor rendimiento se encontró en el distrito de San Miguel (provincia de La Mar) debido al inadecuado manejo y la alta incidencia de plagas y enfermedades en plantas jóvenes.

**Cuadro 1.3. Rendimiento promedio las provincias de Ayacucho.**

Provincia/Distrito	Rendimiento t.ha <sup>-1</sup>
<b>AYACUCHO</b>	<b>6.76</b>
Huamanga - Ocros	7.84
Huanta	8.46
La Mar - San Miguel	5.28

*Fuente:* Entrevistas a líderes, técnicos, Agencias Agrarias

*Elaboración:* Solid Perú

AGP (2013) reporta que en el año 2011 las regiones que lideran los mayores rendimientos en nuestro país son: Arequipa, La Libertad, Ica; Piura; Lima, Ancash; Cajamarca; Ayacucho; Junín y Apurímac.

**Cuadro 1.4. Rendimiento promedio en Perú.**

Región	Rendimiento t.ha <sup>-1</sup>	Producción Tm (%)
Arequipa	19,177	17.1
La Libertad	15,295	13.6
Ica	14,514	12.9
Piura	11,699	10.4
Lima	10,712	9.5
Ancash	10,071	9
Cajamarca	8,745	7.8
Ayacucho	8,137	7.2
Junín	8,003	7.1
Apurímac	5,987	5.3
<b>TOTAL</b>	<b>112,340</b>	<b>100</b>

*Fuente:* Ministerio de Agricultura.

En Luricocha, el rendimiento reportado por los productores es altamente variable. Hay quienes tienen un rendimiento de 16 t.ha<sup>-1</sup> y hay quienes producen menos de 1 t.ha<sup>-1</sup>, sin embargo; la mayoría de los productores presenta rendimiento de 4 a 6

t.ha<sup>-1</sup>. Es importante reconocer que algunos agricultores diversifican sus cultivos y otros le dan tratamiento empresarial.

En el 2005, el Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo (SNV) determinó que el rendimiento por palto era aproximadamente de 30 kg; sin embargo, de acuerdo con los resultados de la encuesta Taller de Promoción Andina (TADEPA), el rendimiento por planta fluctúa entre 5 y 50 kg, siendo el promedio 20 kg por planta.

### **1.6.7. Manejo del cultivo**

#### **a. Clima**

El clima es uno de los factores más importantes para el cultivo de 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 de huerto o posibles inversiones para disminuir riesgos.

La palta puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 2.500 m.s.n.m.; sin embargo, su cultivo se recomienda en altitudes entre 800 y 2.500 m.s.n.m., para evitar problemas de con enfermedades, principalmente en las raíces (Gardiazabal y Rosenberg, 1991).

#### **b. Temperatura.**

El palto es muy sensible a las bajas temperaturas, en especial el cultivar de Hass, que sufre daño con temperaturas menores a -1°C y la fuerte a -2.7 °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 los cuales se presenta una exitosa fecundación y un buen cuajado y la temperatura mínima crítica para el cuajado de los frutos en la variedad Fuerte esta alrededor de 13.5°C (Gardiazabal y Rosemberg, 1991).

Según Calabrese (1992) los cultivares que mejor se adaptan a los ambientes con temperaturas frescas en primavera son los del grupo A mientras que lo de grupo B, fundamentalmente el cultivar Fuerte, tienen mucha necesidad de calor. El fuerte, en algunos ambientes (por ejemplo en Menfi, Sicilia), finaliza la floración relativamente pronto, antes que algunos cultivares del grupo A lo que hace problemático el posterior cuajado del fruto.

La variedad Hass requiere una temperatura media anual de 14 a 24°C. Se recomienda establecer plantaciones en zonas libres de heladas, aunque resiste temperaturas extremas esporádicas del orden de 1.1 °, sin embargo la variedad Fuerte es quizá una de las más afectadas por los cambios de temperatura así se considera que la floración puede ser afectada si las temperaturas nocturnas se encuentran debajo de 13°C, cuando alternan días fríos y cálidos durante este periodo pueden formar los frutos denominados “dedos”.

Escobedo (2010) menciona que si se presentan en forma inesperado días calurosos durante la floración o después, cuando el fruto está recién cuajado, puede haber una seria caída de flores o frutos. También las temperaturas de 40°C o superiores causan la caída de frutos a medio desarrollar.

### **c. 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 y Rosemberg, 1991).

### **d. Radiación solar**

Según INIA (2008) el palto requiere de luminosidad, sin que resulte excesiva para lograr una apropiada diferenciación floral y también estimular la actividad de agentes polinizadores. Una radiación fuerte e intensa ocasiona el quemado de la superficie de los frutos. Esta quemadura es mayor en plantas deficientes en nutrientes especialmente en potasio.

La exposición completa a la luz solar es altamente benéfica para el cultivo, sin embargo, el tallo y las ramas primarias son susceptibles a las quemaduras del sol. INIA investigó el efecto de la longitud del día y temperatura como estimulantes de la floración del aguacate Fuerte y demostraron que ambos, temperatura baja y días cortos promovieron la floración.

Gardiazabal y Rosemberg (1991) mencionan que 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 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 daño de golpe de sol a la fruta.

**e. Humedad relativa.**

Calebrese (1992) menciona que la palta proviene de zonas donde al calor se asocian las lluvias y la alta humedad atmosférica. Si la humedad relativa baja de ciertos límites en determinados momentos biológicos las consecuencias son graves. Particularmente durante la floración y el cuajado del fruto se precisa una humedad atmosférica de 70 – 80%. La baja humedad del aire activa la transpiración, necrotiza los estigmas y disminuye la capacidad de germinación del polen.

La humedad relativa óptima es del 60 al 70 %, aunque variedades como el Hass toleran hasta el 80%. Este factor influye en la calidad del fruto y la sanidad de las partes aéreas del árbol. Humedades relativas altas, favorecen la proliferación de enfermedades fungosas en hojas, ramas y frutos; por el contrario, humedades debajo del mínimo requerido, ocasiona el cierre estomático, la consecuente deshidratación y ausencia de fotosíntesis.

**f. Precipitación**

La cantidad de lluvia anual en una determinada localidad influye en el cultivo del palto de varias maneras. A medida que la cantidad de lluvia es mayor, la necesidad de irrigación decrece. Aumenta la incidencia de enfermedades y disminuye los problemas de plagas. Con la mayor precipitación pluvial, el lavado de los nutrientes minerales presentes en el suelos incrementa, así como la acción erosiva de los suelos y en algunos causando dificultades en el drenaje, situación que se torna adversa a los paltos (Calebrese, 1992).

Según Gardiazabal y Rosemberg (1991) la lluvia que ocurre durante el periodo 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 de lluvia.

El aguacate demanda regímenes pluviales de 1,000 a 2,000 milímetros bien distribuidos a lo largo del año. La variedad Hass requiere de 1,200 a 1,800 milímetros de lluvia anual.

#### **g. Vientos**

Es otro factor climático que tiene marcada influencia en el comportamiento del palto, ya que las plantas tienen madera quebradiza y sus ramas, que son bastante grandes pueden ser deterioradas por los vientos fuertes, los frutos ya pesados que cuelgan de largo pedicelo pueden desprenderse y caer, inhiben la polinización y la fructificación, causando fuertes daños y caídas de ramas, flores y frutos; además, producen lesiones por rozamiento entre frutos y ramas. Por otro lado, los vientos cálidos y secos pueden causar mucho daño principalmente durante la floración, ya que provocan un rápido desecamiento de los estigmas florales y dificultan el vuelo de los agentes polinizadores, además, deshidratan y purgan los frutos pequeños, por lo tanto afectan el cuajado de los frutos (INIA, 2007).

#### **h. Agua**

Gardiazabal y Rosemberg (1991) menciona que 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 fluctúa entre 8000 a 10 000 m<sup>3</sup> por hectárea en la temporada.

El agua es el componente principal del fruto, en la mayoría de las especies oscila entre un 50 y 90%; en el aguacate es del 70% en la madurez. Las disponibilidades de agua en este periodo deben ser altas y el perfil del suelo debe poseer una cantidad adecuada. El aguacate es muy exigente con respecto a este elemento; por ejemplo, en una zona con precipitaciones de 800 mm anuales, necesita en un ciclo de cultivo unos 5000 m<sup>3</sup>/ha adicionales, sin embargo, debe también tenerse en cuenta que es sensible a la asfixia radicular, por lo que deben evitarse suelos con poco drenaje o demasiado arcillosos.

El agua, además de constituir la formación del fruto, interviene en la circulación de las sustancias hidrocarbonatadas y minerales. Una deficiencia de la misma provocara en el aguacate desde la reducción del tamaño de los frutos hasta la caída y pérdida de la cosecha.

#### **i. Suelos**

El suelo donde se establece un huerto de palto debe tener por lo menos un metro de profundidad en suelo plano, 70 cm para el desarrollo del sistema radicular y al menos

30 cm para el drenaje, ya que el sistema radicular del palto es superficial (80% de las raíces se encuentran en los primeros 30 cm del suelo (López, 1980).

La principal limitante del suelo para el palto es la presencia de la textura arcillosa y mal drenaje, debido a la gran sensibilidad de esta especie a la asfixia radicular, 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 macro poros, característica de suelos con buena estructura, dado principalmente por su contenido de materia orgánica.

Los macro poros permiten un apropiado 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 nutrimentos, así como el desarrollo de nuevas raíces, que aseguren el crecimiento de la planta, sin embargo los suelos arcillosos compactos, con drenaje insatisfactorio facilitan la incidencia y daños serios causados por la proliferación de patógenos, particularmente del hongo *Phytophthora cinnamomi* (López, 1980).

#### **j. pH de los suelos.**

Según León (1999) el rango de pH requerido para el desarrollo del aguacate, es de 5 a 7.5, si es superior al neutro, se presentan síntomas de clorosis férrica y también disminuye la disponibilidad de microelementos como el Zinc, Manganeso y Boro.

Porta et al., (1994) menciona que los paltos se desarrollan en suelos con pH neutro a ligeramente ácido (5.5 a 7), siempre que no existan problemas de acumulación de sales de sodio. En estas condiciones, son también comunes las deficiencias de micronutrientes. La mayor disponibilidad de los nutrientes del suelo a pH cercanos a la neutralidad (6.5 a 7.5) y la mayor retención de estos a medida que el pH se aleja de 7.0. El caso más típico de retención es de los elementos como son fósforo, boro, zinc y hierro, entre otros elementos.

La inadecuada disponibilidad de boro y zinc afectan la cuaja y el tamaño de la fruta en el caso del de hierro afecta la fotosíntesis y por consiguiente la producción.

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO**

El trabajo de investigación se desarrolló en los predios de los productores Nemesio Cáceres Martínez ubicado en la comunidad de Ninabamba perteneciente al distrito de San Miguel, provincia de La Mar y Luis Ramírez Dipas ubicado en la comunidad de Ninabamba, en el distrito de Ocros, ambos en la región de Ayacucho. Cuyas coordenadas y altitudes se detallan a continuación:

❖ **Ninabamba (San Miguel)**

Altitud: 2095 msnm.

Latitud Sur: 13°00'33''

Longitud este: 73°58'45''.

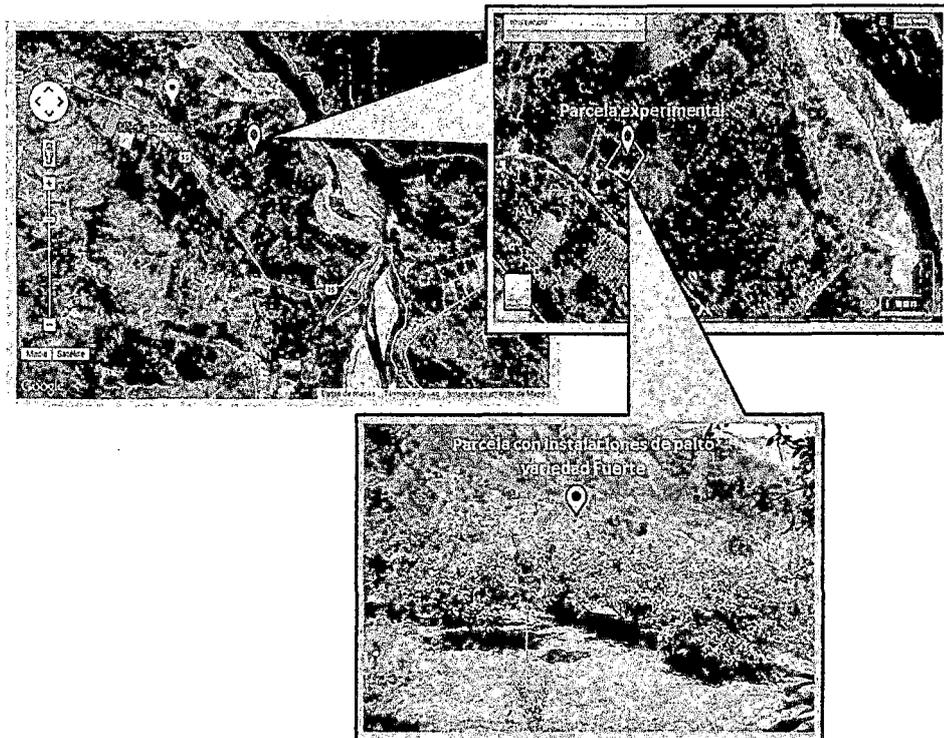
❖ **Ninabamba (Ocros)**

Altitud: 2080 msnm.

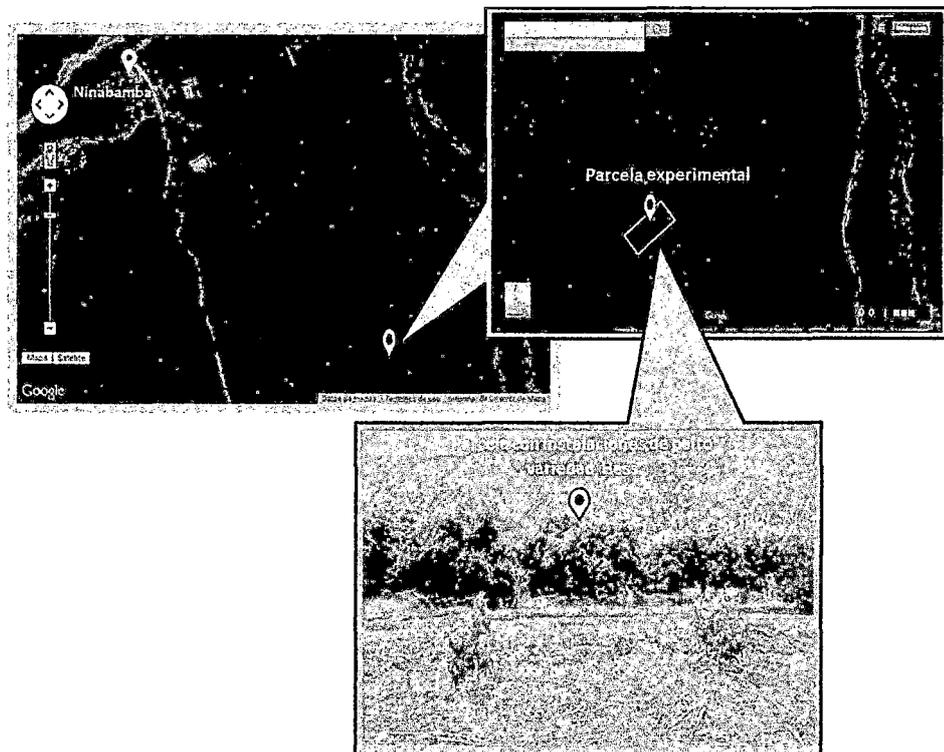
Latitud Sur: 13°25'

Longitud este: 73°05'

### 2.1.1. Parcela Demostrativa en Ninabamba, Ocosingo



### 2.1.1. Parcela Demostrativa en Ninabamba, San Miguel



## **2.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS**

Los valles de Ninabamba (San Miguel) y Ninabamba (Ocos) presentan un clima templado seco con presencia de lluvias en los meses de enero a abril. La localidad de Ninabamba en el distrito de Ocos posee una temperatura máxima de 30°C y temperatura mínima de 9°C, con precipitación anual de 800 mm; en el caso de Ninabamba del distrito de San Miguel la temperatura máxima es de 29°C y la mínima de 8.36 °C; con precipitación anual de 750 mm.

### **2.1.1. Balance hídrico**

Para realizar el balance hídrico se tomó la información de datos meteorológicos registrado en la Estación Meteorológica de Pampas, ubicado en el distrito de Huaccana, Provincia de Chincheros en el departamento de Apurímac, a 2032 msnm y situado entre las coordenadas 73°49'29''W y 13°26'12''S. Los resultados se muestran en los cuadros y gráficos 2.1, 2.2 y 2.3.

En los cuadros 2.1, 2.2 y 2.3 se observan los registros meteorológicos de los 24 meses es decir dos campañas de producción de palta en ambas variedades (Hass y Fuerte) tanto en San Miguel como en Ocos, donde la temperatura máxima fluctúa entre 32.40 a 33.50 °C en los meses de octubre y noviembre, la temperatura mínima fluctúan entre 10.80 a 10.60 °C en los meses de junio y diciembre respectivamente; las mayores precipitaciones se registran en los meses de enero y diciembre con 325 y 260 mm respectivamente; luego entre mayo y julio no hay registro de precipitación.

**Cuadro 2.1** Temperatura máxima, media y mínima, precipitación y balance hídrico durante la instalación de flor de azufre y fertilón combi, en los cultivos de palto de las variedades Hass y Fuerte en San Miguel y Ocos, Ayacucho.

AÑO/MES	2010												PROMEDIO
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
Tº Máxima (°C)	31.00	32.00	32.20	32.00	32.60	31.00	32.00	31.20	31.00	32.40	30.00	31.00	31.53
Tº Mínima (°C)	12.40	12.40	12.00	11.00	11.20	10.80	11.40	12.00	12.10	12.00	10.00	10.60	11.49
Tº Media (°C)	21.70	22.20	22.10	21.50	21.90	20.90	21.70	21.60	21.55	22.20	20.00	20.80	21.51
Factor	15.00	5.81	7.85	5.40	0.64	0.00	0.00	1.06	1.32	1.62	1.77	5.10	-
Precipitación (mm)	325.40	129.00	173.40	116.00	14.00	0.00	0.00	23.00	28.40	36.00	35.40	106.00	986.60
E.T.P (mm)	162.77	156.94	156.59	143.14	146.24	121.06	148.35	168.06	169.11	173.27	174.18	175.75	1895.46
E.T.P ajustado	84.72	81.69	81.51	74.51	76.12	63.01	77.22	87.48	88.02	90.19	90.66	91.48	-
Exceso (mm)	240.68	47.31	91.89	41.49	-	-	-	-	-	-	-	14.52	-
Déficit (mm)	-	-	-	-	-62.12	-63.01	-77.22	-64.48	-59.62	-54.19	-55.26	-	-

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 2.2** Temperatura máxima, media y mínima, precipitación y balance hídrico durante la cosecha de frutos de palta de las variedades Hass y Fuerte (Primera campaña) en San Miguel y Ocos, Ayacucho.

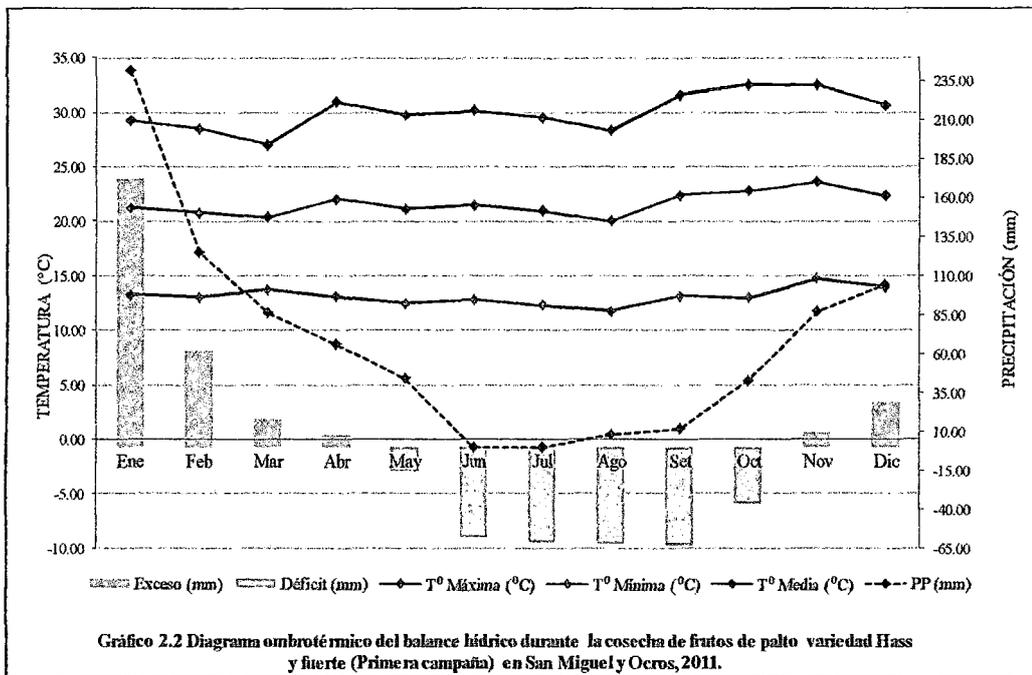
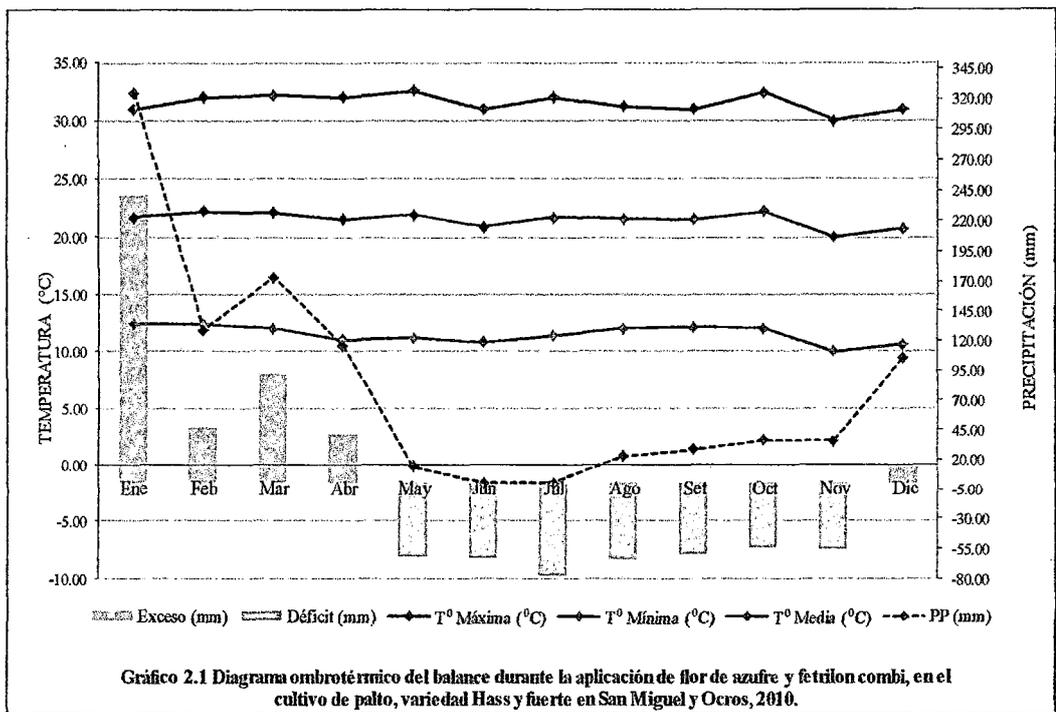
AÑO/MES	2011												PROMEDIO
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
Tº Máxima (°C)	29.24	28.51	27.03	30.99	29.79	30.17	29.55	28.33	31.64	32.55	32.50	30.72	30.08
Tº Mínima (°C)	13.26	13.06	13.75	13.13	12.47	12.81	12.29	11.75	13.15	13.00	14.73	13.98	13.12
Tº Media (°C)	21.25	20.79	20.39	22.06	21.13	21.49	20.92	20.04	22.40	22.77	23.62	22.35	21.60
Factor	11.39	6.01	4.23	3.00	2.09	0.00	0.00	0.40	0.54	1.89	3.68	4.66	-
Precipitación (mm)	242.00	125.00	86.30	66.20	44.20	0.00	0.00	8.10	12.10	43.00	87.00	104.20	818.10
E.T.P (mm)	160.92	146.27	157.43	134.41	138.54	134.36	143.28	162.98	174.64	183.79	179.29	173.43	1889.34
E.T.P ajustado	69.68	63.34	68.17	58.20	59.99	58.18	62.04	70.57	75.62	79.58	77.63	75.10	-
Exceso (mm)	172.32	61.66	18.13	8.00	-	-	-	-	-	-	9.37	29.10	-
Déficit (mm)	-	-	-	-	-15.79	-58.18	-62.04	-62.47	-63.52	-36.58	-	-	-

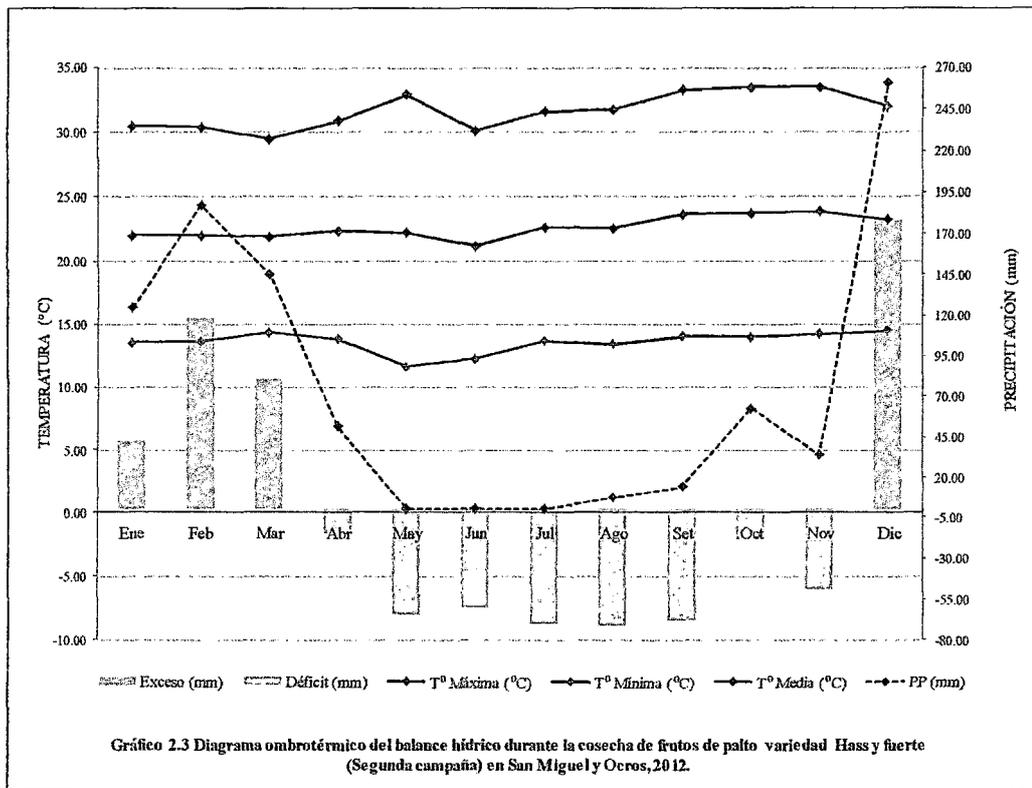
Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 2.3** Temperatura máxima, media y mínima, precipitación y balance hídrico durante la cosecha de frutos de palta de las Variedades Hass y Fuerte (Segunda campaña) en San Miguel y Ocros, Ayacucho.

AÑO/MES	2012												PROMEDIO
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
T° Máxima (°C)	30.46	30.39	29.46	30.88	32.88	30.09	31.59	31.73	33.27	33.50	33.50	32.00	31.65
T° Mínima (°C)	13.51	13.62	14.34	13.86	11.61	12.26	13.68	13.41	14.02	14.00	14.20	14.50	13.58
T° Media (°C)	21.98	22.01	21.90	22.37	22.25	21.18	22.64	22.57	23.64	23.75	23.85	23.25	22.62
Factor	5.68	8.52	6.64	2.30	0.00	0.00	0.00	0.31	0.59	2.64	1.43	11.22	-
Precipitación (mm)	124.80	187.40	145.40	51.50	0.00	0.00	0.00	7.00	14.00	62.80	34.00	260.90	887.80
E.T.P (mm)	176.55	148.18	138.75	142.06	139.09	129.15	151.14	168.79	175.69	174.27	177.26	177.32	1898.25
E.T.P ajustado	82.57	69.30	64.89	66.44	65.05	60.40	70.69	78.94	82.17	81.51	82.90	82.93	-
Exceso (mm)	42.23	118.10	80.51	-	-	-	-	-	-	-	-	177.97	-
Déficit (mm)	-	-	-	-14.94	-65.05	-60.40	-70.69	-71.94	-68.17	-18.71	-48.90	-	-

Fuente: Elaboración propia





## 2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

Los suelos de las áreas de investigación en las comunidades de Ninabamba en Ocos y Ninabamba en San Miguel se caracterizan por ser fisiográficamente de terraza alta de origen coluvial, con pendientes de 5% en la parcela con instalaciones de palto variedad Hass (San Miguel) y 3% en la parcela con instalaciones de palto variedad Fuerte (Ocos); estos suelos resaltan por su carácter alcalino, siendo el pH de 7.98 (Ocos) y 8.16 (San Miguel), los mismos que obedecen a la naturaleza del material carbonatado que poseen como material parental. Los resultados del análisis físico – químico, se muestran en los cuadros 2.4 y 2.5.

**Cuadro 2.4** Resultado del análisis de suelo de la parcela con palto Hass en Ninabamba, San Miguel.

pH	C.E	CO <sup>=3</sup>	Nt	MO	P	K	Análisis Mecánico			Clase	CIC	Cationes Cambiables					%
							Arena	Limo	Arcilla			Textural	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>++</sup>	
					ppm	ppm	%	%	%			Cmol (+). Kg <sup>-1</sup>					Bases
8.16	0.15	4.35	0.12	2.51	19.32	96	56.56	19.28	24.11	Fr. Ar. A	28.2	19	2.49	1.2	0.34	0	100

*Fuente:* Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes “AGROLAB”

**Observación:** El fósforo extractable se determina por el método de Olsen, utilizando bicarbonato de sodio, 1 M, a pH 8,5. Las categorías de disponibilidad corresponden a rangos expresados en partes por millón (ppm) o miligramos por kilogramo (mg/kg), según los resultados del análisis de suelos de San Miguel, la disponibilidad de fósforo.

**Cuadro 2.5** Resultado del análisis de suelo de la parcela con palto Fuerte en Ninabamba, Ocos.

pH	C.E	CO <sup>=3</sup>	Nt	MO	P	K	Análisis Mecánico			Clase	CIC	Cationes Cambiables					%
							Arena	Limo	Arcilla			Textural	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>++</sup>	
					ppm	ppm	%	%	%			Cmol (+). Kg <sup>-1</sup>					Bases
7.98	0.18	0.75	0.2	3.4	33	450	69.6	16.6	13.6	Fr. A	27	20	5.5	1.2	0.4	0	100

*Fuente:* Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes “AGROLAB.”

**Observación:** según los resultados de análisis de suelos de Ocos, la disponibilidad de fósforo es alta.

### **2.3. ANTECEDENTE EXPERIMENTAL**

Se empleó como planta indicadora, plantas de palto de las variedades Hass en Ninabamba (San Miguel) y Fuerte en Ninabamba (Ocros), ambas de 6 años de edad. Las instalaciones de los paltos de la variedad Hass, están dispuestas con distanciamiento de 6x6 metros entre filas e hileras en una extensión de ¼ hectárea y los paltos de la variedad Fuerte están dispuestas con distanciamiento de 6x5 entre filas e hileras en una extensión de ¼ hectárea.

### **2.4. FACTORES EN ESTUDIO**

**Niveles de flor de azufre (factor A).**

$$A1= 1000 \text{ kg.ha}^{-1}$$

$$A2= 2000 \text{ kg.ha}^{-1}$$

**Niveles de microelementos (factor B)**

$$B1= 400 \text{ g.ha}^{-1}$$

$$B2= 600 \text{ g.ha}^{-1}$$

### **2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Los 4 tratamientos correspondientes al estudio de 2 niveles de flor de azufre y 2 niveles de fetrilon combi, así como dos adicionales y un testigo fueron dispuestos en el Diseño Completamente Randomizado, con tres repeticiones, haciendo un total de 12 unidades experimentales, siendo un árbol una unidad experimental.

El modelo aditivo lineal del diseño es el siguiente:

$$\text{M.A.L: } Y_{ij} = \mu + A_i + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  = pH, P disponible (en suelo), carbonatos y Rendimiento de palto.

$\mu$  = Promedio general

$A_i$  = Efecto del factor niveles de flor de azufre y fertilon combi.

$e_{ij}$  = Efecto del error.

## 2.6. TRATAMIENTOS

En el cuadro 2.6 se muestra la descripción de los tratamientos correspondientes al estudio de 2 niveles de flor de azufre y 2 niveles de fertilon combi, así como dos adicionales (solo azufre y solo fertilon combi con la dosis alta) y un testigo.

**Cuadro 2.6** Tratamientos y descripción en las parcelas de Ninabamba (San Miguel) y Ninabamba (Ocos).

Tratamientos	Factores		Niveles de flor de azufre	Niveles de fertilón combi
	A	B	(Kg/planta)	(g/planta)
1	A1	B1	3.0	400
2	A1	B2	3.0	600
3	A2	B1	6.0	400
4	A2	B2	6.0	600
<b>Adicionales</b>				
1	A2		3.0	---
2	B2		---	600
3	Testigo		---	---

## 2.7. DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

La distribución de los tratamientos en Ninabamba (San Miguel) y Ninabamba (Ocos) se muestra en las figuras 2.1 y 2.2.

## 2.8. DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se inició el 26 de agosto en Ninabamba (San Miguel) y el 28 de agosto en Ninabamba (Ocros) del año 2010, finalizando el 26 de agosto del 2012 en ambas localidades, siendo la evaluación del experimento 24 meses en campo.

	A1 - B1		A1 - B1		A2
				TESTIGO	
	A1 - B1		A1 - B2		A1 - B2
					
			A1 - B2		
	A2 - B1				A2
B2			A2 - B1		
		TESTIGO			A2 - B2
	A2 - B1		A2 - B2		
B2					
	B2			TESTIGO	
			A2 - B2		A2

Figura 2.1 Distribución de los tratamientos en Ninabamba, San Miguel

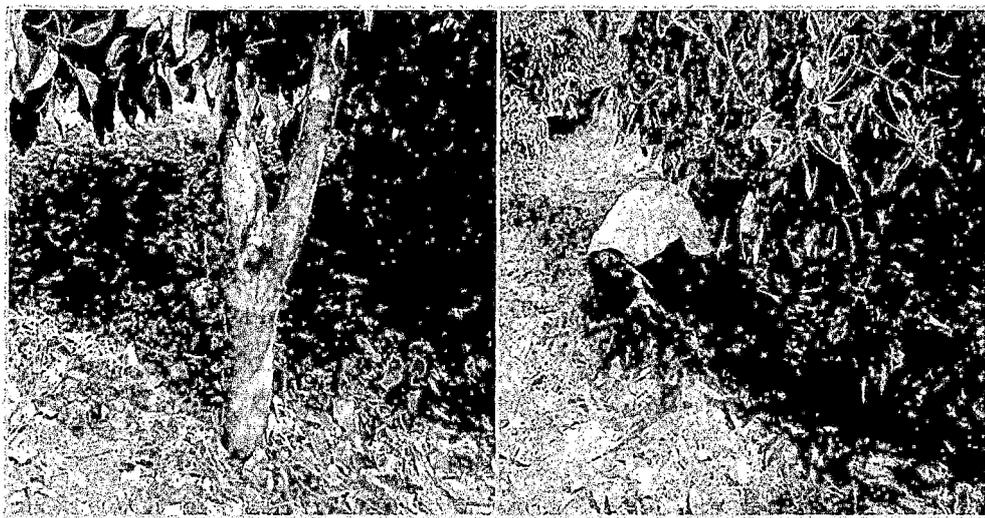
						
A1 - B1		B2		A1 - B1		A1 - B2
					TESTIGO	
		A1 - B1				
B2				A1 - B2		A1 - B2
			TESTIGO			
A2		A2 - B1		B2		A2 - B2
						
	TESTIGO			A2 - B2		
A2		A2 - B1				A2 - B2
				A2 - B1		
						A2

Figura 2.2 Distribución de los tratamientos en Ninabamba, Ocros

## **2.9. CONDUCCIÓN DEL ENSAYO**

### **2.9.1. Selección de plantas**

Previa a la instalación, las plantas fueron elegidas al azar en las localidades de Ninabamba (San Miguel) y Ninabamba (Ocros), procediéndose a marcar con pintura a aquellas, de acuerdo a los tratamientos para su diferenciación. Se contó con 12 plantas producto de 4 tratamientos con tres repeticiones y 9 plantas para los 2 adicionales (A1 y B2) además de un testigo.

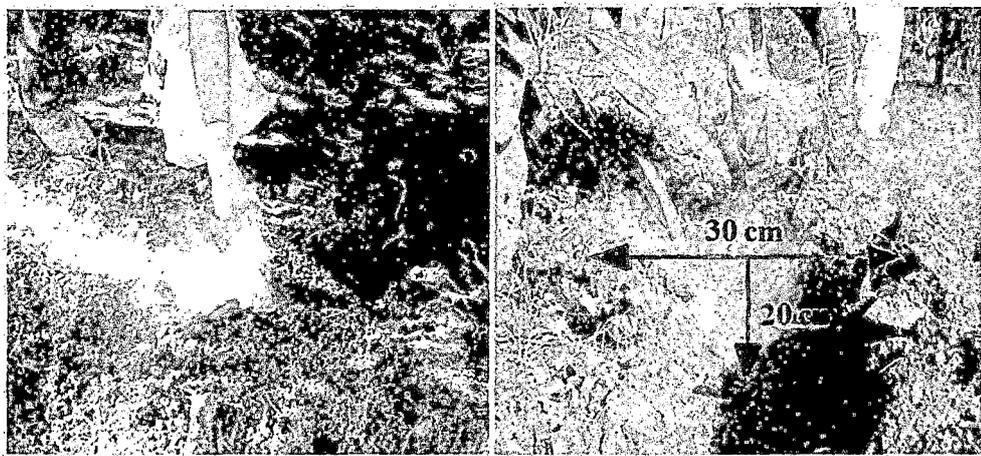


**Foto 1.** Selección, marcado y limpieza de plantas

### **2.9.2. Preparación y aplicación de la enmienda (flor de azufre)**

En el mes de agosto del año 2010 de acuerdo a los tratamientos formulados se aplicó flor de azufre fraccionado las dosis en cantidades iguales para su distribución en la planta. Se aplicó una mitad a chorro continuo en surco de 20 cm de profundidad y 30 cm de ancho en la proyección de la copa alrededor de la planta; la segunda mitad fue al voleo, dentro de la copa del árbol dejando un radio de 20 cm alrededor de la planta. En Ocros sobre el azufre al voleo se aplicó una capa de abono equivalente a

7.0 kg de estiércol y 2.0 kg de guano de isla por planta, para luego cubrir con una capa entre 5 a 8 cm de tierra. En tanto que en San Miguel se cubrió con tierra y rastrojos.



**Foto 2.** Aplicación de flor de azufre a chorro continuo alrededor de la planta en la proyección de la copa.



**Foto 3.** Aplicación de flor de azufre al voleo dentro de la copa de la planta.

### 2.9.3. Abonamiento de las plantas.

El abonamiento a las plantas de la variedad Fuerte en Ninabamba (Ocros) se realizó hasta en dos oportunidades al año, a base se guano de isla y estiércol (7 kg de estiércol + 2 kg de guano de isla); sin embargo las plantas de la variedad Hass en Ninabamba (San Miguel) no fueron abonadas durante el primer año de evaluación, a partir del segundo año de evaluación las plantas de palto son abonadas en dos oportunidades con 1.5 kg de guano de isla y 0.5 kg de urea por árbol.

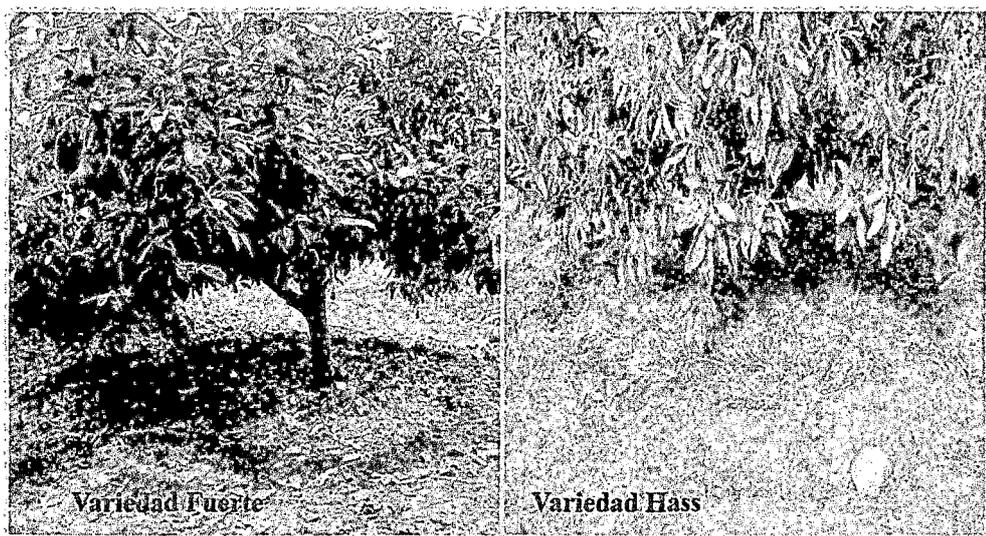


Foto 4. Aplicación de abono a las plantas de palto de variedades Fuerte y Hass.

### 2.9.4. Riego.

Los riegos se realizaron mediante el sistema de riego por gravedad en ambas localidades, siendo el tiempo de riego aproximado de 1 hora y con frecuencia de 10 días en Ninabamba (San Miguel) y cada 15 días en Ninabamba (Ocros). La época de lluvia no fue necesario realizar los riegos.

### 2.9.5. Aplicación del Fetrilón combi 2

Los micro elementos se aplicaron de acuerdo a los tratamientos, habiéndose preparado el producto en solución al que se adicionó acidificante y adherente. La solución fue aplicada en horas de la mañana al follaje del árbol hasta en 4 oportunidades, durante la etapa de floración y cuajado de frutos.

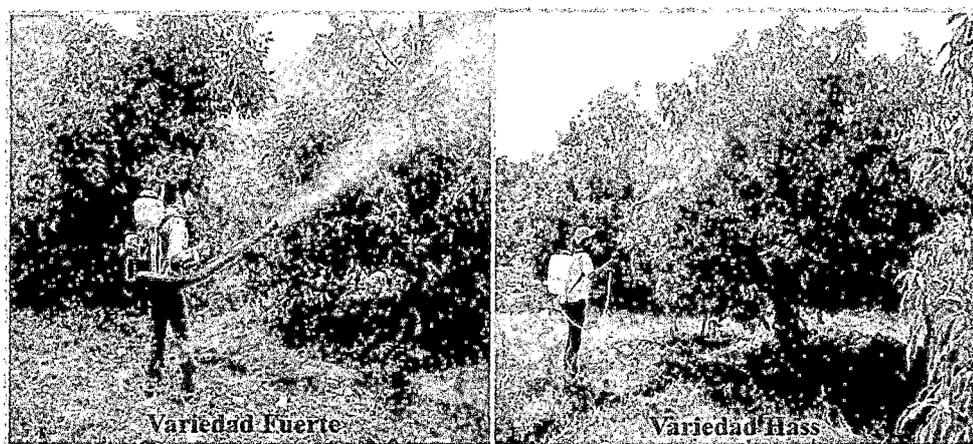
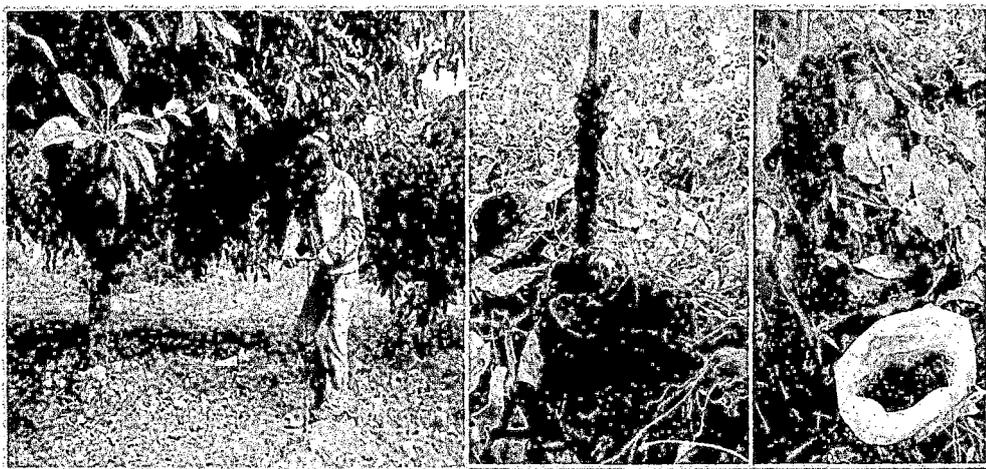


Foto 5. Aplicación de Fetrilón combi a las plantas de paltos de variedades Fuerte y Hass.

### 2.9.6. Muestreo y análisis de suelo

Se evaluaron los parámetros del suelo en 8 oportunidades durante 24 meses para lo cual se realizó el muestreo por unidad experimental, de este modo se extrajo muestras en forma de cruz alrededor y al interior de la copa del árbol, muestras de aproximadamente 1 kg debidamente etiquetadas fueron llevadas al laboratorio, en Ayacucho.



**Foto 6.** Muestreo de suelos.

### **2.9.7. Cosecha de frutos**

La cosecha de las frutas en Ninabamba (Ocros) empezó en enero y terminó en abril, en tanto que en San Miguel inició en el mes de enero y finalizó en marzo.

La cosecha de frutos se realizó considerando los criterios que para tal efecto utilizan los productores, de este modo en la variedad Fuerte se considera el cambio de color verde claro amarillo a verde oscuro, además de la pérdida de brillo del fruto, la aparición de puntitos a manera de corcho de color marrón. En la variedad Hass se consideró el cambio de color en la fruta de verde a morado oscuro.

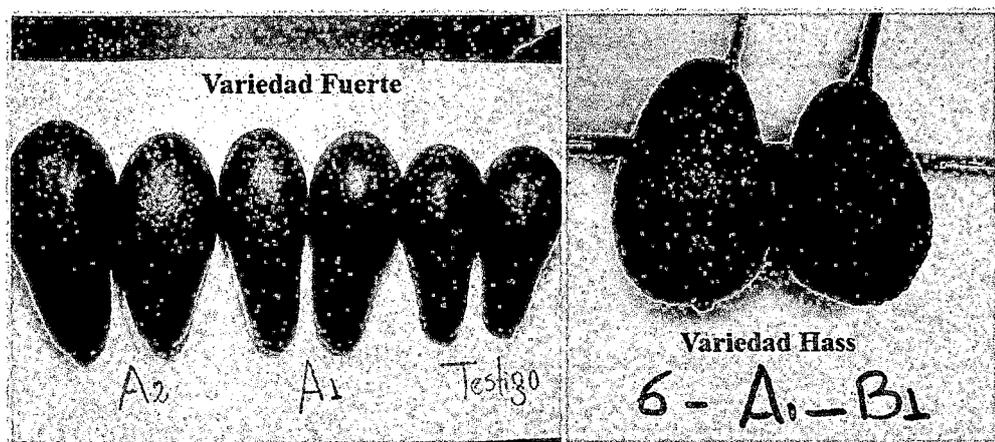


Foto 7. Cosecha de frutos de palto de las variedades Fuerte y Hass.

## 2.10. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

### 2.10.1. Parámetros químicos del suelo.

- Se determinó el pH (1:2.5 en agua).
- Se determinó fósforo disponible (Olsen modificado).
- Se determinó contenido de carbonatos (Gasométrica).

### 2.10.2. Evaluación del cultivo.

- Se evaluó el número de frutos por árbol, realizándose el conteo de frutas cosechadas por tratamiento en ambas variedades evaluadas.
- Se evaluó el diámetro y longitud de frutos (cm) de variedades Hass y Fuerte, para lo cual se escogió al azar 8 frutas de palta durante la cosecha para luego medir con una regla graduada.
- Se determinó el rendimiento de frutos por planta ( $\text{kg.árbol.ha}^{-1}$ ) de las variedades Hass y Fuerte, se hizo uso de una balanza electrónica, pesándose las frutas cosechadas de cada tratamiento y obtener el peso total de frutos, para luego calcular el rendimiento por hectárea

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. REACCIÓN DEL SUELO (pH)**

En los cuadros 3.1 y 3.2 se muestran el ANVA del pH, luego de la aplicación de 2 niveles de flor de azufre y micro elementos, en la evaluación realizada en 8 periodos durante 2 años, habiéndose obtenido diferencia significativa o altamente significativas en uno o ambos factores (A y B) o en las interacciones A x B; en algunos periodos de evaluación en ambas localidades; sin embargo en la interacción factorial por testigo se encontró altamente significativa en todos los periodos evaluados en ambas localidades, de donde se desprende y afirma que la aplicación de flor de azufre junto con micro elementos definitivamente tiene un efecto diferenciado respecto al testigo.

**Cuadro 3.1.** Análisis de varianza del pH del suelo por efecto de aplicación de flor de azufre en suelo fuertemente alcalino con cultivo de palto variedad Hass en Ninabamba, San Miguel.

FV	GL	2 meses		4 meses		6 meses		8 meses		11 meses		14 meses		18 meses		24 meses	
		CM	Fc	CM	Fc	CM	Fc	CM	Fc	CM	Fc	CM	Fc	CM	Fc	CM	Fc
A	1	0.330	40.91 **	0.035	1.067	0.041	0.510	0.024	0.149	0.037	0.660	0.364	17.659 **	0.468	5.542 *	1.229	8.898 **
B	1	0.190	23.555 **	0.005	0.157	0.041	0.510	0.411	2.520	1.147	20.248 **	0.371	17.998 **	0.027	0.321	0.001	0.004
Interacción A x B	1	0.060	7.464 *	0.017	0.511	0.141	1.760	0.163	1.002	0.161	2.842	0.211	10.22 **	0.004	0.052	0.008	0.054
Factorial x Testigo	1	0.532	65.956 **	1.401	42.469 **	2.571	32.137 **	3.670	22.524 **	3.197	56.438 **	4.521	219.325 **	1.371	16.235 **	2.128	15.411 **
Error	10	0.008		0.033		0.080		0.163		0.057		0.021		0.084		0.138	
Total	14																
CV (%)		1.154		2.407		3.858		5.630		3.289		2.033		3.846		5.017	

**Cuadro 3.2.** Análisis de varianza del pH del suelo por efecto de aplicación de flor de azufre en suelo fuertemente alcalino con cultivo de palto variedad Fuerte en Ninabamba, Ocros.

FV	GL	2 meses		4 meses		6 meses		8 meses		11 meses		14 meses		18 meses		24 meses	
		CM	Fc	CM	Fc	CM	Fc	CM	Fc	CM	Fc	CM	Fc	CM	Fc	CM	Fc
A	1	0.016	0.802	0.021	0.539	0.015	0.505	1.038	22.019 **	2.050	11.849 **	1.216	10.183 **	2.108	11.011 **	2.421	19.073 **
B	1	0.264	13.127 **	0.224	5.803 *	0.291	9.546 **	1.074	22.774 **	2.842	16.427 **	0.213	1.786	0.099	0.517	0.126	0.993
Interacción A x B	1	0.008	0.373	0.002	0.042	0.002	0.079	0.004	0.093	0.068	0.390	0.000	0.000	0.869	4.540	0.014	0.110
Factorial x Testigo	1	2.400	119.324 **	4.749	122.944 **	5.661	185.447 **	7.121	150.993 **	7.448	43.049 **	2.895	24.244 **	3.290	17.182 **	1.236	9.734 **
Error	10	0.020		0.039		0.031		0.047		0.173		0.119		0.191		0.127	
Total	14																
CV (%)		1.975		2.867		2.588		3.289		6.331		4.866		6.213		4.811	

En ambas localidades existen diferencias significativas en algunos periodos; sin embargo, dada la cantidad de evaluaciones realizadas consideramos la variación temporal de la reacción. Así en el gráfico 3.1 se observa que desde los 2 meses de evaluado luego de la aplicación de flor de azufre al suelo y micro elementos al follaje existe una disminución constante del pH del suelo, en el área circundante al árbol de palto en ambas zonas e inclusive se observa que con la mayor dosis de flor de azufre la disminución es mayor, efectos que son explicados por las reacciones de oxidación que se produce en el suelo en presencia de microorganismos en el suelo, como las bacterias del género *Thiobacillus* quienes se encargan de oxidar a la flor de azufre hasta convertirlo en sulfato  $(SO_4)^{-2}$ , ión que mezclado con el agua forma el ácido sulfúrico, que es el que finalmente se encarga de producir tales cambios (Brady et al. 1977).

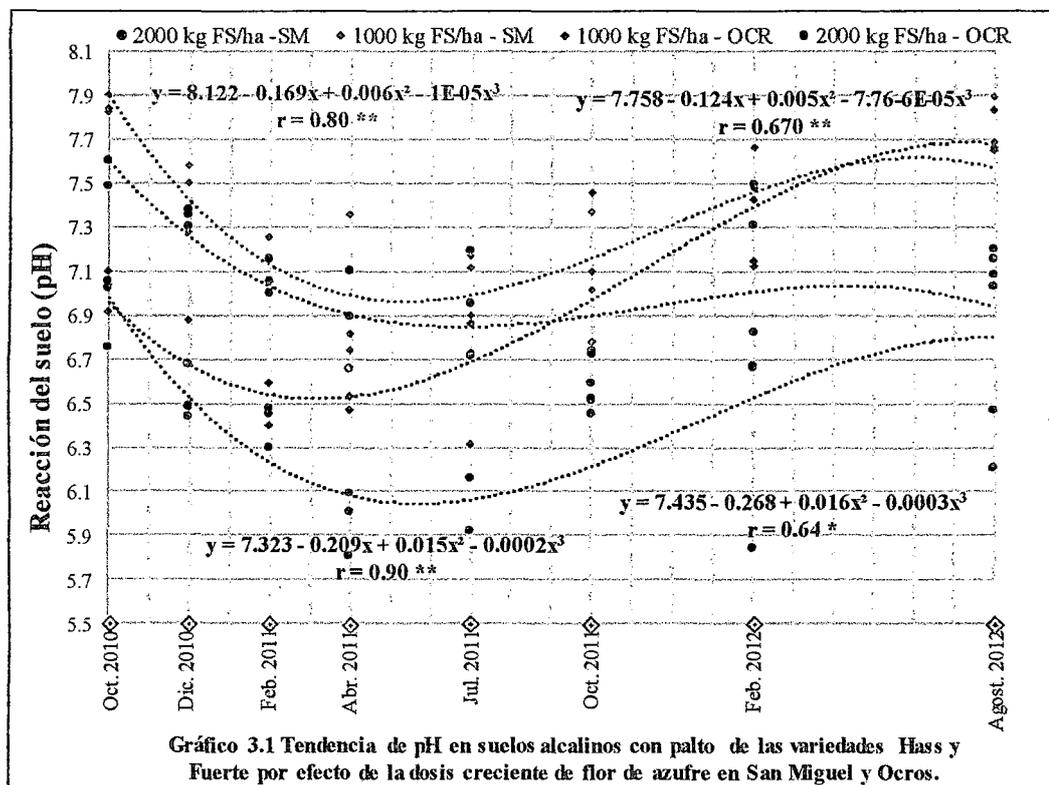


Gráfico 3.1 Tendencia de pH en suelos alcalinos con palto de las variedades Hass y Fuerte por efecto de la dosis creciente de flor de azufre en San Miguel y Ocos.

Es importante señalar que las disminuciones de pH alcanzados durante los 4 primeros meses consecutivos es coincidente con el periodo vegetativo del cultivo, donde existe una intensa actividad fisiológica, se trata de las etapas de cuajado de frutos, de llenado de frutos y crecimiento de brotes vegetativos, por lo tanto se trata de momentos en los que existe raíces activas abundantes, quienes producen un conjunto de exudados influyendo de manera directa en la disminución del pH, de este modo según Núñez (1974) las raíces producen ácidos orgánicos como los cítricos, málicos etc. que se concentran en la zona más próxima de las raíces, logrando tales cambios; existen también efectos indirectos a través de la influencia radicular al crecimiento de microorganismos quienes se multiplican como consecuencia de los carbohidratos y cuya respiración produce  $\text{CO}_2$ , induciendo así a la variación del pH.

De otro lado la actividad radicular también implica en la absorción de nutrientes, como cationes y aniones y para mantener el balance de iones en la solución del suelo, la planta es capaz de eliminar hidrogeniones u oxidrilos produciendo el cambio de pH en la zona radicular circundante; por ello Jones (1999) refiere que los cambios de pH producidos por las raíces son importantes cuando son abundantes, como ocurre con las raíces en el arco circundante de los árboles que poseen un efecto de disminuir el pH del suelo. Se estima que afectan aproximadamente 1mm circundante a la raíz, por ello considerando el volumen y cantidad de raíces, el efecto es apreciable. Por su parte Stumm y Morgan (1981) citados por Zapata (2004) menciona que la acidificación de los suelos por los cultivos depende de la forma como las raíces toman el nitrógeno. Así, cuando la planta toma el catión  $\text{NH}_4^+$  el pH del suelo baja y cuando toma el anión  $\text{NO}_3^-$  el pH tiende a subir. De otro lado la acidificación

también es atribuible a la respiración de los microorganismos y de las raíces; los procesos metabólicos generan  $\text{CO}_2$  y ácidos orgánicos solubles acidificantes, los cuales se comportan como ácidos libres en el suelo. Por el efecto de la hidrólisis del  $\text{CO}_2$  a la presión que alcanza en el suelo, el pH puede llegar a ser menor o cercano a 5.0

Nuestros resultados son apoyados por otros estudios que muestran una disminución en el pH del suelo en el entorno del cultivo, como por ejemplo los de Xu et al., (2002) quienes encontraron una tasa de acidificación de  $1.26 \text{ kmol H}^+/\text{ha/año}$  para la rotación de los cultivos de trigo – soja y  $1.36 \text{ kmol H}^+/\text{ha/año}$  para las rotaciones de trigo – lupino. Del mismo modo Yan et al., (1996) encontró que ocho leguminosas plantadas en 5 kg de suelo liberaron  $32,7 \text{ mmol de H}^+$ , disminuyendo el pH del suelo en 0.4 unidades en 45 días. Las condiciones climáticas durante los 6 primeros meses de evaluación (octubre – 2010; febrero 2011) contribuyen favorablemente a las diversas reacciones que puedan producirse, pues resultan altos, tanto la humedad como la temperatura tal como refiere Deng y Dick (1990) quienes mencionan que existen además de los microorganismos del suelo, factores físicos que influyen en la tasa de oxidación del azufre. Los más importantes son: humedad, temperatura, tipo de suelo y tamaño de la partícula de azufre. La temperatura que debe tener el suelo para la oxidación del azufre se encuentra en el rango de 4 a  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ , con un rango óptimo entre los 25 y  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  para la mayoría de ellos. Miyamoto (1998) menciona que se ha demostrado que con potenciales de agua cercanos a capacidad de campo, la oxidación del azufre procede más rápidamente, con un menor contenido de agua, la actividad microbiana se ve limitada y se reduce a la accesibilidad de las partículas de azufre, que es altamente hidrológico, por el contrario, con un contenido

alto de humedad, la oxidación está limitada posiblemente por una reducción de la aireación del suelo. La disminución del pH continua hasta aproximadamente los 8 meses, sobre todo con la dosis alta de flor de azufre. Este último periodo coincide con la cosecha de frutos e inicio de floración donde también las condiciones climáticas cambiaron disminuyendo.

Se observa que en la zona de Ocros la disminución de pH es mayor lo cual podría estar explicado por el aporte de sustancias orgánicas como el estiércol incorporado al momento de aplicar la enmienda, lo que probablemente influyen en la mayor presencia de microorganismos encargados de oxidar a la flor de azufre. Además se considera que la capacidad tampón de los suelos de Ocros es menor respecto a San Miguel, debido a la textura del suelo (franco arenosa) y menor contenido de carbonatos. Por ello Porta et al., (2013) indica que la capacidad tampón, propiedad que expresa la resistencia del suelo o de alguno de sus componentes frente a los cambios en la concentración de iones en la fase líquida. Puede referirse a cambios en la concentración de cationes o a cambios en la reacción del suelo en el caso de aporte de ácidos o de base. Por su parte Navarro (2013) corrobora indicando que el poder amortiguador del suelo está directamente relacionado con su contenido coloidal y con la capacidad de intercambio que posea: cuanto mayor sea ésta, mayor será su poder de amortiguación.

Después de 8 meses se observa que el pH continúa disminuyendo solamente con el aporte de  $2 \text{ t.ha}^{-1}$  de flor de azufre en Ocros, hasta los 11 meses de evaluación, en

tanto que en San Miguel la reacción prácticamente se mantiene como en el octavo mes.

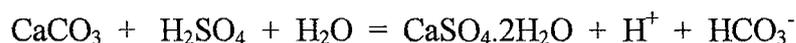
A partir de los 11 meses, se observa que el pH se mantiene en su nivel bajo siendo 5.9 en Ocos con 2 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre; 6.6 cuando se aplica 1 t.ha<sup>-1</sup>. En San Miguel alrededor de 6.6 con 2 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre y 7.0 con 1 t.ha<sup>-1</sup>, coincidiendo nuevamente con el periodo vegetativo más activo de las plantas, tal como referimos líneas arriba.

A partir de los 14 meses el pH del suelo comienza a subir en ambas localidades, alcanzando un máximo de 6.85 en Ocos (2 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre) y 7.7 (1 t.ha<sup>-1</sup>) en tanto que en San Miguel, es de 7.0 (2 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre) y 7.5 (1 t.ha<sup>-1</sup>). Este incremento del pH podría ser por el agotamiento de fuente de energía que sustenta a las bacterias responsables de la oxidación o porque la enmienda se agota, sin embargo a los 24 meses de evaluado se aprecia una ligera disminución del pH especialmente en San Miguel, abonado al segundo esto puede obedecer a la acidificación que genera la materia en el suelo, producto del abonamiento con estiércol y guano de isla, tal como refiere Campillo (1993) el humus contiene grupos activos que se comportan como ácidos débiles liberando iones hidrogeno. La descomposición de los residuos orgánicos produce dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el cual se combina con agua para formar ácido carbónico. La disociación de este ácido débil proporciona otra fuente de acidificación del suelo.

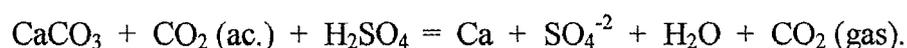
### 3.2. CONTENIDO DE CARBONATOS

Los cuadros 3.3 y 3.4 muestran el ANVA del contenido de  $\text{CO}_3^-$  en el suelo, luego de la aplicación de 2 niveles de flor de azufre y micro elementos en la evaluación realizada en 5 periodos durante 2 años, habiéndose obtenido diferencia significativa y altamente significativas en uno o ambos factores (A y B) o en las interacciones A x B; siendo solamente en algunos periodos como por ejemplo a 8 y 14 meses de valuado en la localidad de San Miguel y a los 8, 11, 18 y 24 meses de evaluado en Ocos; sin embargo para la interacción Factorial x Testigo existe diferencia significativa y altamente significativa en todos los periodos evaluados en San Miguel, y a los 8, 11, 18 y 24 meses de evaluado en Ocos, observándose que paralelamente a la disminución de la reacción del suelo provocada por la aplicación de flor de azufre existe tendencia a disminuir el contenido de carbonatos en el suelo, en ambas localidades, que comparativamente al testigo son bastante diferenciados.

En el gráfico 3.2 se observa que luego de la aplicación de flor de azufre al suelo y micro elementos al follaje existe una disminución progresiva del contenido de carbonatos en el suelo en el área de aplicación de la planta de palto en ambas zonas; además, se manifiesta que a mayores dosis de flor de azufre el contenido de  $\text{CO}_3^-$  es menor. La explicación podría deberse a que uno de los procesos ocurre con alta probabilidad el ataque a los minerales de carbonato que contiene estos suelos por el ácido sulfúrico, producto de la oxidación microbiológica y la reacción más probable sería la siguiente:



En este proceso se podría estar sustituyendo los minerales primarios (por ejemplo calcita) por yeso; también existe la posibilidad de que el ataque del ácido a un carbonato cálcico, en presencia de anhídrido carbónico (gas) en la fase acuosa, ocurra el desprendimiento de CO<sub>2</sub> y el incremento de calcio en la solución, según la reacción siguiente:



Es altamente probable que se den ambas reacciones y sean procesos que hagan ganar notables cantidades de bicarbonatos (primera reacción) o calcio (segunda reacción) (Álvarez y Marinero, 2003).

Es importante señalar que el catión ácido (H<sup>+</sup>) liberado a la solución del suelo producto de la reacción  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ , produce un aumento de la concentración de (H<sup>+</sup>) y por tanto una disminución del pH, así mismo remueve a los iones básicos (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> y K<sup>+</sup>) en los lugares de intercambio, estos iones pueden ser absorbidos por la planta o parte de otro compuesto. De otro lado el yeso formado, tiene el mismo efecto de la aplicación de yeso al suelo, el mecanismo de acción se basa en que el calcio (Ca<sup>++</sup>) precipita como CaCO<sub>3</sub> con los iones de CO<sub>3</sub><sup>=</sup> y bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) solubles, impidiendo la acción alcalinizante de estos aniones (Arias, 2007)

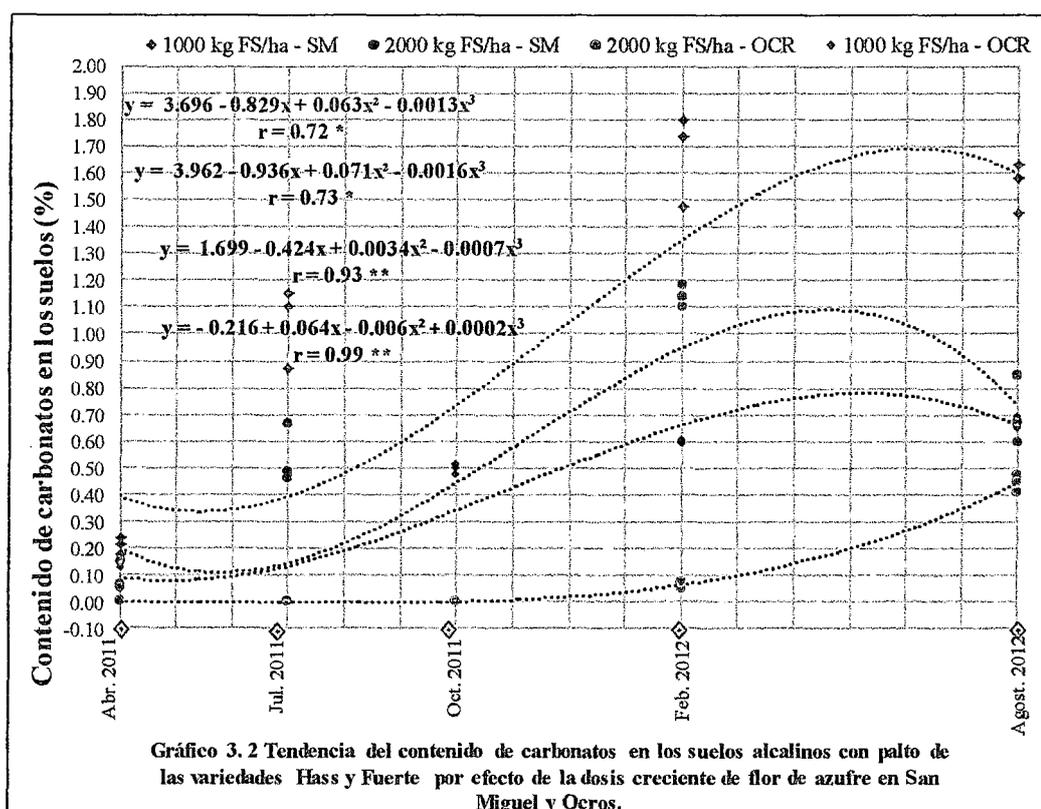
**Cuadro 3.3.** Análisis de varianza del contenido de CO<sub>3</sub><sup>=</sup> en el suelo por efecto de aplicación de flor de azufre en suelo fuertemente alcalino con cultivo de palto variedad Hass en Ninabamba, San Miguel.

FV	GL	8 meses			11 meses			14 meses			18 meses			24 meses		
		SC	CM	Fc	SC	CM	Fc	SC	CM	Fc	SC	CM	Fc	SC	CM	Fc
A	1	0.009	0.009	1.429	0.017	0.017	0.132	3.797	3.797	4.993 *	0.538	0.538	3.563	0.496	0.496	1.867
B	1	0.030	0.030	5.022 *	0.227	0.227	1.770	3.797	3.797	4.993 *	0.077	0.077	0.509	0.034	0.034	0.128
Interacc A*B	1	0.009	0.009	1.429	0.002	0.002	0.015	3.797	3.797	4.993 *	0.403	0.403	2.673	0.016	0.016	0.061
Factorial * Testigo	1	43.350	43.350	7257.254 **	38.640	38.640	301.454 **	34.428	34.428	45.271 **	25.376	25.376	168.187 *	35.821	35.821	134.813 *
Error	10	0.060	0.006		1.282	0.128		7.605	0.760		1.509	0.151		2.657	0.266	
Total	14	43.457			40.168			53.424			27.903			39.024		
CV (%)		8.136			31.405			66.066			22.213			40.932		

**Cuadro 3.4.** Análisis de varianza del contenido de CO<sub>3</sub><sup>=</sup> en el suelo por efecto de aplicación de flor de azufre en suelo fuertemente alcalino con cultivo de palto variedad Fuerte en Ninabamba, Ocros.

FV	GL	8 meses			11 meses			14 meses			18 meses			24 meses		
		SC	CM	Fc	SC	CM	Fc	SC	CM	Fc	SC	CM	Fc	SC	CM	Fc
A	1	0.012	0.012	5.34*	0.069	0.069	1.318	0.508	0.508	0.433	0.875	0.875	17.929 **	1.584	1.584	31.857 **
B	1	0.005	0.005	2.130	0.069	0.069	1.318	0.508	0.508	0.433	0.418	0.418	8.569 *	0.002	0.002	0.033
Interacc A*B	1	0.001	0.001	0.237	0.317	0.317	6.053 *	0.452	0.452	0.385	0.418	0.418	8.569 *	0.016	0.016	0.324
Factorial * Testigo	1	1.193	1.193	529.375 **	0.828	0.828	15.823 **	0.050	0.050	0.042	0.553	0.553	11.333 **	0.314	0.314	6.313 *
Error	10	0.023	0.002		0.524	0.052		11.747	1.175		0.488	0.049		0.497	0.050	
Total	14	1.233			1.807			13.266			2.752			2.413		
CV (%)		25.521			81.717			170.774			60.353			48.407		

En la segunda reacción se tiene la formación de sulfato y liberación de ion ( $\text{Ca}^{++}$ ), en el caso del sulfato este puede precipitar como sales solubles e insolubles en el suelo, el cual puede ser absorbido por organismos vivientes, o reducidos por otros organismos bajo condiciones anaeróbicas, este problema se agudiza con aumento de las precipitaciones y en suelos de textura más gruesas, sin embargo en el horizonte superficial con poca lixiviación, el sulfato puede acumularse en forma de yeso o en sales solubles en agua (Porta et al., 1994).



Después de los 8 meses, los carbonatos en el suelo continúan disminuyendo hasta estabilizarse a los 11 meses en la localidad de San Miguel y manteniendo en niveles por debajo de 0.2 en Ocosingo con  $2 \text{ t.ha}^{-1}$  de flor de azufre; sin embargo, con la aplicación de  $1 \text{ t.ha}^{-1}$  de flor de azufre, los niveles de carbonatos tienden a incrementar llegando a un máximo 1.40 en San Miguel y 0.70 en Ocosingo, así mismo

con  $2 \text{ t.ha}^{-1}$  de flor de azufre se puede notar que a partir de los 11 meses los carbonatos tienden a incrementar llegando en San Miguel a un máximo de 0.9 y 0.7 en Ocos, esta reacción podría ser debido a que los suelos están normalmente húmedos durante los meses de primavera y verano, por las precipitaciones propias de la estación, tal como lo menciona Casanova (2005) la humedad tiene un efecto directo en la formación de bicarbonatos en suelos calcáreos, debido a que el agua satura los espacios porosos, generando niveles bajos en  $\text{O}_2$ , y altos en  $\text{CO}_2$  producto de la respiración radicular y de la fauna microbiana que implica la absorción de  $\text{O}_2$  y explosión de  $\text{CO}_2$ , este dióxido de carbono en contacto con el agua se hidroliza y tiende a producir  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , el que fácilmente se combina con el calcio formando  $\text{CaCO}_3$ , de esta manera incrementa su contenido en el suelo.

La textura del suelo tiene un efecto indirecto en el incremento de los carbonatos, en particular los suelos pesados, como es el caso de San Miguel considerado suelo moderadamente pesado (Franco arcillo-arenoso), Thompson y Troeh (1988) mencionan que estos suelos poseen una mayor capacidad de absorción y retención de agua, llegando a saturarse en épocas de lluvia, la saturación genera bajos niveles de oxígeno y a la par se producirá una alta concentración de  $\text{CO}_2$  producto de la respiración de las raíces y microorganismos, esto concluye con una alta producción de ácido carbónico que incrementara la alcalinidad al suelo.

A partir de los 18 meses el contenido de carbonato en el suelo de Ocos comienza a retomar valores iniciales con  $1 \text{ t.ha}^{-1}$  de flor de azufre; sin embargo la aplicación de  $2 \text{ t.ha}^{-1}$  de flor de azufre mantiene la neutralidad de carbonatos en el suelo a los 2

años de evaluado, en el caso de San Miguel se aprecia una disminución considerable de carbonatos en comparación al periodo anterior, siendo 0.3 con 2 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre y alrededor de 0.7 con 1 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre, la explicación podría deberse al efecto directo de la humedad, considerando el favorecimiento de formación de bicarbonatos en estos suelos calcáreos, tal como refiere Navarro (2013) los suelos durante los meses de invierno y otoño, generalmente están secos, donde la oportunidad para el intercambio gaseoso es mayor durante este periodo, esto resulta en niveles relativamente altos de O<sub>2</sub> y bajos en CO<sub>2</sub> lo que evita la formación de carbonatos en el suelo.

Se observa también que en la zona de Ocosingo la disminución del contenido de carbonatos es mayor lo cual podría estar explicado por el aporte de sustancias orgánicas como el estiércol incorporado al momento de aplicar la enmienda y posteriormente, lo que constituye con la mayor presencia de microorganismos quienes liberan CO<sub>2</sub> durante la respiración y descomposición, que disuelto en agua forma el ácido carbónico (HCO<sub>3</sub>) en la solución del suelo, convirtiéndose en una fuente importante de H<sup>+</sup> para el suelo.

### **3.3. FÓSFORO DISPONIBLE.**

En los cuadros 3.5 y 3.6 muestran el ANOVA del contenido de fósforo disponible en el suelo, luego de la aplicación de 2 niveles de flor de azufre y micro elementos en la evaluación realizada en 5 periodos durante 2 años, habiéndose obtenido diferencia significativa y altamente significativas en uno o ambos factores (A y B) o en las interacciones A x B; siendo en San Miguel solamente en algunos periodos como por

ejemplo a los 8 meses, 11 y 24 meses de valuado y en la localidad de Ocros a los 8, 11, 18 y 24 meses de evaluado; sin embargo para la interacción Factorial x Testigo existe diferencia significativa y altamente significativa en todos los periodos evaluados en San Miguel, y a los 8, 14 y 18 meses de evaluado en Ocros, observándose que paralelamente a la disminución de la reacción del suelo provocada por la aplicación de los tratamientos de flor de azufre, la tendencia a incrementar la disponibilidad de fósforo en el suelo en ambas localidades, los que comparativamente al testigo son bastante altos.



**Cuadro 3.5.** Análisis de varianza del contenido de fósforo disponible, por efecto de aplicación de flor de azufre en suelo fuertemente alcalino con cultivo de palto variedad Hass en Ninabamba, San Miguel.

FV	GL	8 meses			11 meses			14 meses			18 meses			24 meses		
		SC	CM	Fc	SC	CM	Fc	SC	CM	Fc	SC	CM	Fc	SC	CM	Fc
A	1	860.044	860.044	80.82 **	20.073	20.073	0.888	76.003	76.003	2.161	16.922	16.922	0.519	996.087	996.087	12.649 **
B	1	235.765	235.765	22.155**	388.969	388.969	17.206 **	51.253	51.253	1.458	0.114	0.114	0.004	0.001	0.001	0.000
Interacc A*B	1	48.924	48.924	4.598	373.860	373.860	16.538 **	18.253	18.253	0.519	82.740	82.740	2.540	51.377	51.377	0.652
Factorial * Testigo	1	260.208	260.208	24.452 **	350.513	350.513	15.505 **	1058.064	1058.064	30.091 **	275.504	275.504	8.457 *	1259.592	1259.592	15.995 **
Error	10	106.414	10.641		226.068	22.607		351.627	35.163		325.782	32.578		787.488	78.749	
Total	14	1511.356			1359.482			1555.201			701.062			3094.546		
<b>CV (%)</b>		<b>11.798</b>			<b>16.402</b>			<b>16.418</b>			<b>20.464</b>			<b>23.572</b>		

**Cuadro 3.6.** Análisis de varianza del contenido de fósforo disponible, por efecto de aplicación de flor de azufre en suelo fuertemente alcalino con cultivo de palto variedad Fuerte en Ninabamba, Ocos.

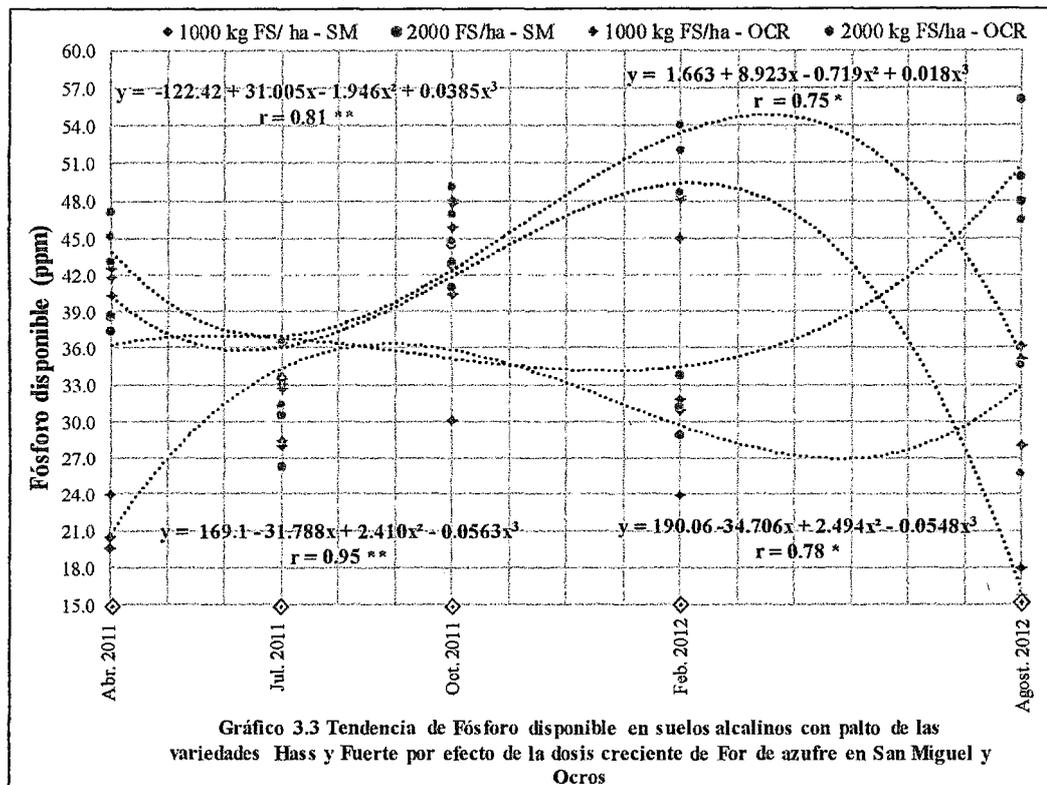
FV	GL	8 meses			11 meses			14 meses			18 meses			24 meses		
		SC	CM	Fc	SC	CM	Fc	SC	CM	Fc	SC	CM	Fc	SC	CM	Fc
A	1	37.136	37.136	5.764 *	8.367	8.367	0.918	0.258	0.258	0.006	59.586	59.586	4.518	1123.268	1123.268	10.92 **
B	1	92.241	92.241	14.316 **	88.890	88.890	9.751 *	0.000	0.000	0.000	12.690	12.690	0.962	327.608	327.608	3.185
Interacc A*B	1	13.504	13.504	2.096	8.069	8.069	0.885	8.467	8.467	0.203	71.932	71.932	5.454 *	190.722	190.722	1.854
Factorial * Testigo	1	233.445	233.445	36.231 **	3.361	3.361	0.369	448.485	448.485	10.733 **	605.600	605.600	45.92 **	135.240	135.240	1.315
Error	10	64.432	6.443		91.155	9.116		417.849	41.785		131.883	13.188		1028.663	102.866	
Total	14	440.759			199.841			875.060			881.690			2805.500		
<b>CV (%)</b>		<b>6.142</b>			<b>9.292</b>			<b>14.567</b>			<b>7.869</b>			<b>36.969</b>		

Como en ambas zonas existen diferencias significativas en algunos periodos; sin embargo dada la cantidad de evaluaciones realizadas consideramos la variación temporal del incremento de fósforo disponible. Así en el gráfico 3.3 se observa que luego de la aplicación de flor de azufre al suelo y micro elementos al follaje existe un incremento constante del fósforo en el suelo del área circundante al árbol de palto en ambas zonas e inclusive se observa que con la mayor dosis de flor de azufre la disponibilidad de fósforo es mayor, efectos que son explicados por la solubilización del fósforo que ocurre gracias a la producción de ácidos orgánicos tales como el ácido nítrico (producido por los agentes nitrificantes), el ácido sulfúrico (producido por los *Thiobacillus*) y el ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ) por acción microbiana, estos productos actúan sobre los componentes insolubles de fosfato inorgánico: fosfato tricálcico, fosfato dicálcico, hidroxiapatita y roca fosfórica, haciendo que el fósforo quede en forma disponible y soluble para la planta (Coyne, 2000).

Partiendo de este hecho, cuando se adiciona azufre al suelo se estimula el coeficiente de oxidación de los microorganismos oxidantes del azufre y como resultado habrá una mayor transformación del azufre elemental a  $H_2SO_4$  por la actividad de *Thiobacillus*, generando la acidificación permanente del medio que facilitará la solubilización del fósforo, como lo refiere Antoun et al., (2012) citado por Patiño y Sanclemente (2014) en la mayoría de las bacterias se ha demostrado que la capacidad de solubilización del Pi está estrechamente relacionado con la producción de ácidos orgánicos, resultante de la respiración oxidativa o de procesos fermentativos microbianos.

Desde una perspectiva mecanicista, la acción de los ácidos orgánicos sobre la solubilización del fósforo resulta de tres procesos generales, el primero es la disociación de los ácidos orgánicos que libera protones y este contribuyen a reducir el pH del suelo y favorecen la disolución de los minerales fosfóricos; el segundo viene a ser las reacciones de quelación en las cuales los componentes aniónicos de los ácidos orgánicos se intercambian por el grupo orto fosfato de los fosfatos de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{Al}^{3+}$ , liberándolo en la solución del suelo y por último el desplazamiento de los fosfatos adsorbidos no específicamente sobre las partículas sólidas del suelo por las componentes aniónicas de los ácidos orgánicos.

Según Corrales (2014) por acciones químicas las bacterias son capaces de convertir el fosfato tricálcico ( $\text{Ca}_3 (\text{PO}_4)_2$ ) en fosfato di y monobásicos asimilables para las plantas.



Es importante señalar que el incremento de la disponibilidad de fósforo alcanzados durante los 8 primeros meses consecutivos es coincidente con la disminución del pH provocado por la incorporación de flor de azufre y también con el periodo vegetativo del cultivo, donde existe una intensa actividad fisiológica, se trata de las etapas de desarrollo de frutos y crecimiento radicular, por lo tanto se trata de momentos en los cuales existe raíces activas abundantes quienes producen un conjunto de ácidos orgánicos influyendo de manera directa en la solubilidad fosfatos; por ello, Capulín et al (2007) refiere que los ácidos orgánicos exudados por la raíz, pueden beneficiar la absorción del fósforo por las plantas, dichos compuestos son exudados de las raíces como aniones orgánicos, tales como citrato y malato. La efectividad de un ácido orgánico para movilizar el fósforo acomplejado con un ión metálico, tales como Al, Fe y Ca, y para desplazar fósforo de una superficie cargada, depende del número de arreglo de sus grupos carboxilo e hidroxilo.

Después de los 8 meses se observa que la disponibilidad de fósforo continúa aumentando hasta los 18 meses, llegando a un máximo de 54 ppm con 2 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre y 51 ppm con 1 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre en Ocos, en el caso de San Miguel 50 ppm con 2 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre y 36 ppm con 1 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre. No obstante el pH del suelo en estos meses oscila entre 6.64 a 7.19 en San Miguel y 5.85 a 6.42 en Ocos, que podrían estar contribuyendo favorablemente a las diversas reacciones que puedan producirse, tal como refiere Afif (2005) con relación al pH, los fosfatos de calcio permanecen insolubles en condiciones alcalinas. El pH más favorable para la disponibilidad del fosforo se encuentra ligeramente por debajo de la neutralidad (pH 6 a 6.5) esta teoría apoya Conti (1998) quien menciona que la mayor parte de la fijación del fósforo ocurre a muy bajos o muy altos valores de pH, cuando el pH cae desde más de 8.0 hasta menos de 6.0, los fosfatos de calcio incrementan su solubilidad. Por tanto, como regla general en los suelos minerales, la fijación de fosfatos es baja cuando el pH se mantiene en el rango de 6 y 7.

De otro lado la incorporación de materia orgánica (estiércol) como abono, podría también estar influyendo en la disponibilidad del fósforo, como refiere Gil et al., (1958), citado por Caballero (1999), cuando se aplican los abonos orgánicos al suelo, estos van a aportar ciertas cantidades de fósforo orgánico y en una mayor cuantía se incorporaría el fósforo inorgánico, él se va a comportar como lo haría el fósforo de cualquier fertilizante fosfatado usual; se puede estimar entonces, que esta adición de abonos orgánicos elevara los contenidos de fósforo disponible del suelo de una manera parecida a la de los fertilizantes minerales.

La materia orgánica en su proceso de descomposición por los microorganismos va a producir determinadas cantidades y tipos de ácidos orgánicos y otros compuestos que como informan Arzola et al., (1985), Guijarro et al., (1982) y Jiao (1983), citado por Caballero (1999) van a facilitar la conversión gradual de fosfatos y otros compuestos fosforados del suelo en forma asimilable y a su vez van a formar complejos estables con el calcio y el magnesio, si se encuentran en altas concentraciones. Esto posibilita que aquellos disminuyan la retención de fósforo y consecuentemente que la solubilidad, de este elemento tanto del propio suelo como del adicionado aumente.

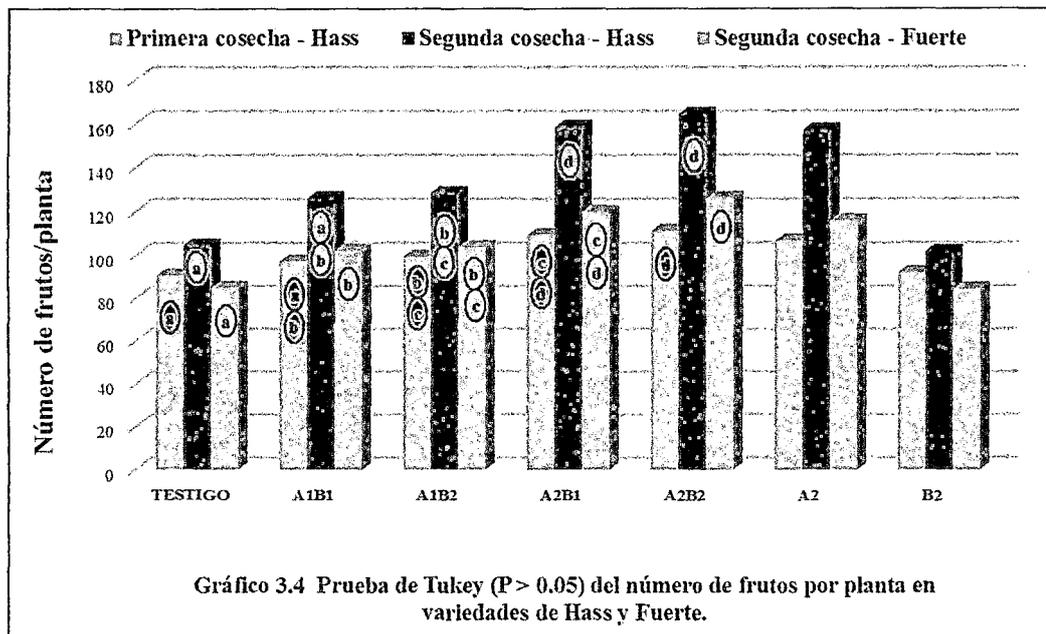
A partir de los 18 meses la disponibilidad de fósforo comienza a disminuir en Ocos, hasta niveles de 16.26 con la aplicación de 1 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre y 36.83 con 2 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre, esto podría ser por la variación del pH en el suelo y/o la disminución de la actividad microbiana producto del agotamiento de fuente de energía (flor de azufre) o simplemente por el agotamiento de este mineral; sin embargo en San Miguel el comportamiento es viceversa, ya que la disponibilidad del fósforo continúa aumentando, a los 2 años de aplicado la enmienda, este incremento podría ser por el contenido alto de fósforo en este suelo, sumado a la acción microbiana y exudación de ácidos por las raíces hacen disponible este mineral para las plantas, tal como refiere Caballero (1999) generalmente los suelos desarrollados a partir de ciertas magras, calizas u otros materiales que contengan esqueletos calizos, son mucho más ricos que los demás en fósforo total; pero gran parte del fósforo en el suelo se encuentra en formas insolubles.

### 3.4. NÚMERO DE FRUTOS DE PALTO

En el cuadro 3.7 se muestra el ANVA del número en los frutos de las variedades Hass y Fuerte, luego de la aplicación de 2 niveles de Flor de azufre y micro elementos en la evaluación realizada en 2 periodos durante 2 años, habiéndose obtenido diferencia altamente significativa para el factor flor de azufre (A), así como en la interacción Factorial x Testigo, observándose que paralelamente a la disminución de la reacción del suelo provocada por la aplicación de los tratamientos de flor de azufre, la tendencia a incrementar el número de frutas en la planta en ambas localidades, los que comparativamente al testigo son bastante altos.

**Cuadro 3.7.** Análisis de varianza del número de frutos/árbol variedades Hass y Fuerte por efecto de aplicación de flor de azufre en suelos fuertemente alcalinos (Ocros y San Miguel).

FV	GL	1ra campaña (Hass)			2da campaña (Hass)			2da campaña (Fuerte)		
		SC	CM	Fc	SC	CM	Fc	SC	CM	Fc
A	1	420.083	420.083	12.478 **	3502.083	3502.083	30.493 **	1200.000	1200.000	34.156 **
B	1	10.083	10.083	0.300	52.083	52.083	0.453	48.000	48.000	1.366
Interacc A*B	1	0.083	0.083	0.002	10.083	10.083	0.088	16.333	16.333	0.465
Factorial * Testigo	1	442.817	442.817	13.153 **	3792.150	3792.150	33.018 **	1859.267	1859.267	52.59 **
Error	10	336.667	33.667		1148.500	114.850		351.333	35.133	
Total	14	1209.733			8504.900			3474.933		
CV (%)		5.715			7.863			5.526		



En la prueba de Tukey que se observa en el gráfico 3.4 el tratamiento que recibió 2 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre con fetrilon combi ocupa el primer lugar con el mayor número de frutos fluctuando entre 109 y 164 (variedad Hass) y 120 a 126 (variedad Fuerte); seguido del tratamiento que recibió 1 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre con fetrilon combi que posee entre 97 a 128 frutos (variedad Hass) y 102 a 104 frutas (variedad Fuerte) y en último lugar el testigo con un promedio de 98 frutos/árbol en la variedad Hass y 85 frutos/árbol en la variedad Fuerte; por cuanto la mayor disponibilidad de nutrientes producto de un pH que induce a mantener solubles los nutrientes se traduce en mayor número de frutos. De otro lado se observa el número de frutas de los tratamientos adicionales, donde las plantas que solo recibieron 2 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre llegaron a producir entre 107 a 157 frutos (variedad Hass) y 116 frutos (variedad Fuerte); estos resultados muestran que no hay mucha diferencia entre las plantas que solo recibieron 2 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre y plantas que recibieron 2 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre con fetrilon, la explicación podría deberse a que ambas dosis de fetrilon combi no tienen mucho efecto en la producción de frutas en ambas variedades, así mismo las

plantas que solo recibieron fetrilon combi llegaron a producir entre 92 a 102 frutas (variedad Hass) y 84 frutas (variedad Fuerte), estos resultados no se diferencian mucho del testigo, por tanto se vuelve afirmar que la aplicación de fetrilon combi tuvo un ligero efecto en la producción de frutas en las variedades Hass y Fuerte.

### 3.5. DIÁMETRO Y LONGITUD DE FRUTOS DE PALTO

En los cuadros 3.8 y 3.9 se muestran el ANVA del diámetro y longitud de frutos de palto de las variedades (Hass y Fuerte) luego de la aplicación de 2 niveles de flor de azufre y micro elementos en la evaluación realizada en 2 periodos durante 2 años, habiéndose obtenido diferencia altamente significativa para el factor flor de azufre (A), así como en la interacción Factorial x Testigo, observándose que paralelamente a la disminución de la reacción del suelo provocada por la aplicación de los tratamientos de flor de azufre, la tendencia a la producción de frutos de mayor tamaño los que comparativamente al testigo, son mayores.

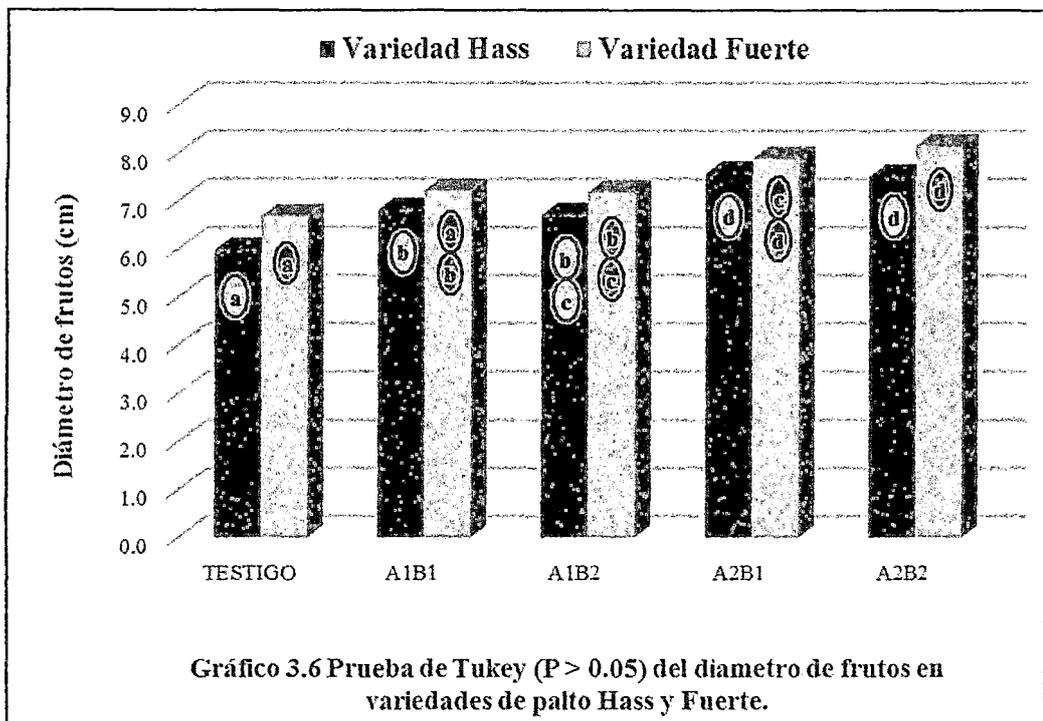
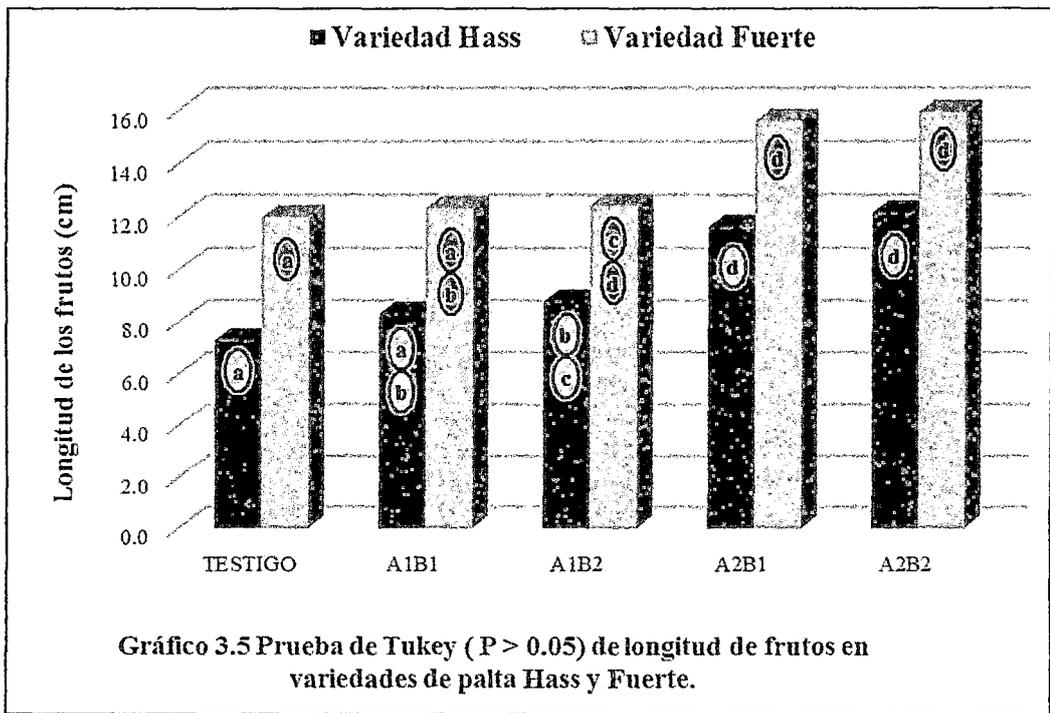
**Cuadro 3.8.** Análisis de varianza del diámetro de frutos variedades Hass y Fuerte por efecto de aplicación de flor de azufre en suelos fuertemente alcalinos (Ocos y San Miguel).

FV	GL	Variedad Hass			Variedad Fuerte		
		SC	CM	Fc	SC	CM	Fc
A	1	33.333	33.333	106.157 **	34.341	34.341	147.175 **
B	1	0.750	0.750	2.389	0.141	0.141	0.604
Interacc A*B	1	0.003	0.003	0.011	0.041	0.041	0.175
Factorial *Testigo	1	20.651	20.651	65.766 **	10.334	10.334	44.286 **
Error	10	3.140	0.314		2.333	0.233	
Total	14	57.877			47.189		
CV (%)		5.829			3.545		

**Cuadro 3.9.** Análisis de varianza de la longitud de frutos variedades Hass y Fuerte por efecto de la aplicación de flor de azufre en suelos fuertemente alcalinos (Ocos y San Miguel).

FV	GL	Variedad Hass			Variedad Fuerte		
		SC	CM	Fc	SC	CM	Fc
A	1	1.841	1.841	29.066 **	2.001	2.001	26.098 **
B	1	0.021	0.021	0.329	0.041	0.041	0.533
Interacc A*B	1	0.001	0.001	0.013	0.067	0.067	0.880
Factorial *Testigo	1	3.313	3.313	52.318 **	2.054	2.054	26.785 **
Error	10	0.633	0.063		0.767	0.077	
Total	14	5.809			4.929		
CV (%)		3.644			3.738		

La prueba de Tukey que se observan en los gráficos 3.5 y 3.6 muestran que el tratamiento que recibió 2 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre junto a fetrilon combi logró la producción de frutos de palto con mayor tamaño en ambas variedades, obteniéndose una longitud promedio de 11.87 cm y 7.53 cm de diámetro en la variedad Hass, así como 15.73 cm de longitud y 8.0 cm de diámetro en la variedad Fuerte, seguido del tratamiento que recibió 1 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre y fetrilon combi donde se obtuvieron frutos de 8.53 cm de longitud y 6.75 cm de diámetro en la variedad Hass y en la variedad fuerte de 12.35 cm de longitud, 7.18 cm de diámetro en la variedad Fuerte; y el último lugar corresponde al testigo con frutos de menor tamaño tanto en longitud como en diámetro con promedio de 7.27 y 5.97cm respectivamente (variedad Hass) 11.97 y 6.67 cm ( variedad Fuerte)

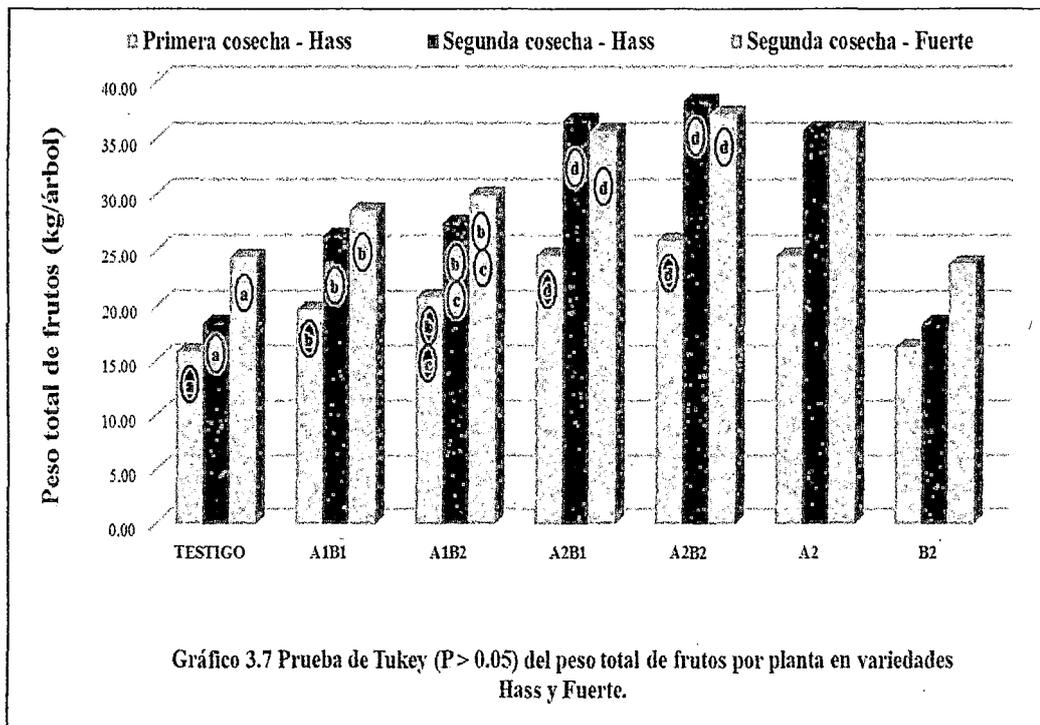


### 3.6. PESO TOTAL DE FRUTOS

En el cuadro 3.10 se muestra el ANVA del peso total de frutos de palto en las variedades Hass y Fuerte, luego de la aplicación de 2 niveles de flor de azufre y micro elementos en la evaluación realizada en 2 periodos durante 2 años, existiendo diferencia altamente significativa para el factor flor de azufre (A), así como la interacción Factorial x Testigo, observándose paralelamente que la disminución de la reacción del suelo provocada por la aplicación de flor de azufre existe una clara tendencia a incrementar el rendimiento de frutas/planta y comparativamente al testigo, todos ellos resultan superiores en la productividad de las plantas.

**Cuadro 3.10** Análisis de varianza del peso de frutos/árbol variedades Hass y Fuerte por efecto de aplicación de flor de azufre en suelos fuertemente alcalinos (Ocos y San Miguel).

FV	GL	1ra campaña (Hass)			2da campaña (Hass)			2da campaña (Fuerte)		
		SC	CM	Fc	SC	CM	Fc	SC	CM	Fc
A	1	75.257	75.257	61.338 **	333.257	333.257	63.156 **	153.532	153.532	90.724 **
B	1	4.380	4.380	3.570	6.079	6.079	1.152	6.332	6.332	3.742
Interacc A*B	1	0.019	0.019	0.015	0.182	0.182	0.034	0.022	0.022	0.013
Factorial *Testigo	1	114.774	114.774	93.547 **	448.243	448.243	84.946 **	169.529	169.529	100.177 **
Error	10	12.269	1.227		52.768	5.277		16.923	1.692	
Total	14	206.699			840.529			346.337		
CV (%)		5.198			7.824			4.181		



En la prueba de Tukey que se observa en el gráfico 3.7 muestra que los mayores rendimientos de palta/árbol, se obtuvieron cuando se aplicó  $2 \text{ t.ha}^{-1}$  de flor de azufre junto a fetrilon combi, que favorecieron la obtención de mayor peso total de frutos de palta de las variedades Hass y Fuerte en cada localidad. Se observa que los rendimientos son crecientes en el tiempo, por lo menos para la variedad Hass. Así durante la primera campaña con menor dosis de flor de azufre ( $1 \text{ t.ha}^{-1}$ ) y fetrilon combi se obtuvo rendimiento de  $20.2 \text{ kg palta/planta}$  equivalente a  $5.62 \text{ t.ha}^{-1}$ , incrementando a  $7.45 \text{ t.ha}^{-1}$  durante la segunda campaña. Aumentando la dosis de flor de azufre ( $2 \text{ t.ha}^{-1}$ ) es el mismo comportamiento obteniéndose  $7.01 \text{ t.ha}^{-1}$  y  $10.4 \text{ t.ha}^{-1}$  de fruta en la primera y según da campaña respectivamente. En la variedad Fuerte evaluada solamente durante la segunda campaña se obtuvo que con dosis baja de flor de azufre el rendimiento de  $9.72 \text{ t.ha}^{-1}$  y con la dosis de  $2 \text{ t.ha}^{-1}$  de flor de azufre el rendimiento de  $12.12 \text{ t.ha}^{-1}$  de frutos.

Los rendimientos con sólo 2 t.ha<sup>-1</sup> de flor de azufre en la variedad Hass fueron de 6.8 t.ha<sup>-1</sup> en la primera campaña, 9.9 t.ha<sup>-1</sup> en la segunda campaña y en la variedad Fuerte con 11.9 t.ha<sup>-1</sup>; y en el último lugar los rendimientos de los testigos que llegaron a 4.39 t.ha<sup>-1</sup> (variedad Hass) y 8.13 t.ha<sup>-1</sup> (variedad Fuerte) siendo éstos menores a los obtenidos en todos los casos.

Estos rendimientos logran superar a todos los reportados por diferentes instituciones e inclusive al promedio regional pues AGAP (2013) reporta que en el año 2011 el departamento de Ayacucho tiene un rendimiento promedio de 8.137 t.ha<sup>-1</sup> y a nivel nacional de 11.048 t.h<sup>-1</sup>. De igual forma en el 2005, el Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo (SNV) determinó que el rendimiento por palto era aproximadamente de 30 kg/planta; sin embargo, de acuerdo con los resultados de la encuesta Taller de Promoción Andina (TADEPA), el rendimiento por planta fluctúa entre 5 y 50 kg, siendo el promedio 20 kg por planta.

Según CEPES (2008) en Luricocha, el rendimiento reportado por los productores es altamente variable. Hay quienes tienen un rendimiento de 16 t.ha<sup>-1</sup> y hay quienes producen menos de 1 t.ha<sup>-1</sup>, sin embargo; la mayoría de los productores presenta rendimiento de 4 a 6 t.ha<sup>-1</sup>. Es importante reconocer que algunos agricultores diversifican sus cultivos y otros le dan tratamiento empresarial. De otro lado el rendimiento promedio en Ayacucho en el 2006 fue de 6.49 t.ha<sup>-1</sup> siendo el rendimiento en La Mar 7.56 t.ha<sup>-1</sup> y Huamanga de 8.46.

SOLID PERÚ (2007) reporta que en el departamento de Ayacucho en el 2007 el rendimiento promedio es de  $6.76 \text{ t.ha}^{-1}$ , el distrito que destaca con mayor rendimiento es Ocos (provincia de Huamanga), con un  $7.84 \text{ t.ha}^{-1}$ , en cambio el menor rendimiento se encontró en el distrito de San Miguel (provincia de La Mar) con  $5.28 \text{ t.ha}^{-1}$ .

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

Los resultados encontrados en el presente estudio permiten arribar a las siguientes conclusiones.

1. La aplicación de flor de azufre disminuye el pH del suelo alcalino, siendo mayor con la dosis de  $2 \text{ t.ha}^{-1}$ , con los cuales incluso a 2 años se obtienen reducciones de hasta 1.26 unidades en San Miguel (6.9 de pH) y 1.13 en Ocos (6.85 de pH).
2. La aplicación de flor de azufre disminuye el contenido de carbonatos en el suelo, habiéndose neutralizado hasta los 14 meses en Ninabamba (San Miguel) y durante dos años en Ninabamba (Ocos).
3. La flor de azufre aumenta la disponibilidad de fósforo en el suelo, cuyo contenido fluctúa en función a la variación del pH; alcanzando niveles de 54 ppm en Ocos y 51 ppm en San Miguel, al incorporar  $2 \text{ t.ha}^{-1}$  de flor de azufre.

4. El número, diámetro y longitud de frutos de palta de las variedades Hass y Fuerte resultan mayores con la aplicación de  $2 \text{ t.ha}^{-1}$  de flor de azufre.
5. La aplicación de  $2 \text{ t.ha}^{-1}$  de flor de azufre, incrementa los rendimientos hasta alcanzar entre  $7.01$  a  $10.04 \text{ t.ha}^{-1}$  (1<sup>er</sup> y 2<sup>do</sup> campaña) en la variedad Hass y  $12.12 \text{ t.ha}^{-1}$  en la variedad Fuerte (2<sup>do</sup> año de aplicado).

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

En suelos alcalinos con pH por encima de 7.98 aplicar  $2 \text{ t.ha}^{-1}$  de Flor de azufre junto al estiercol, para mejorar la disponibilidad del fósforo nativo y/o aplicado.

## RESUMEN

Se estudió la aplicación de 2 niveles de flor de azufre ( $1$  y  $2 \text{ t.ha}^{-1}$ ) y fetrilon combi ( $400$  y  $600 \text{ g ha}^{-1}$ ) en 4 tratamientos, además de 3 adicionales dispuestos en el DCR con 3 repeticiones con el objetivo de evaluar los efectos de aplicar flor de azufre, en la reacción del suelo (pH), fósforo disponible (ppm), carbonatos (%) y el rendimiento de dos variedades de palto (Hass y Fuerte) en dos localidades: Ninabamba (San Miguel) y Ninabamba (Ocros), habiéndose obtenido que el pH disminuye hasta niveles de 6.9 en San Miguel y 6.85 en Ocros al aplicar  $2 \text{ t.ha}^{-1}$  de flor de azufre, de manera similar el fósforo disponible alcanza hasta 54 ppm en Ocros y 51 ppm en San Miguel, se llega a neutralizar en contenido de carbonatos en el suelo en ambas localidades; así mismo se logra aumentar, la longitud, diámetro y el número de frutos de palto que se traduce en mayor rendimiento hasta la segunda campaña, alcanzando  $10.04 \text{ t.ha}^{-1}$  en la variedad Hass y  $12.12 \text{ t.ha}^{-1}$  en la variedad fuerte.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ADAMS, M. (1995).** Fundamentos de Química de Suelos. Caracas, Venezuela. Editorial Anauco, C.A.
2. **AFIF, E. (2005).** Dinámica del Fósforo en Suelos Cálcicos de Áreas Mediterráneas: Trabajo Experimental. Edición Universidad de Oviedo. España.
3. **ÁLVAREZ, J. y MARINERO, P. (2003).** Efecto de la Modificación del pH Sobre la Lixiviación de Cationes en Columnas de Suelos Calizos. Universidad Politécnica Superior De La Rábida. Huelva. España.
4. **ARIAS, A. (2007).** Suelos Tropicales. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José de Costa Rica.
5. **ASOCIACIÓN DE GREMIOS PRODUCTORES AGRARIOS DEL PERÚ (AGAP) (2013).** Rendimiento promedio de palta Hass en la sierra es de 33 % mayor al de la costa. Agencia Agraria de Noticias
6. **BÁRBARO, A., KARLANIAN, M. y MORISIGUE, D. (1986).** Utilización de Azufre Micronizado en la Corrección del pH de Compost de Residuos de Poda. Instituto de Floricultura. Buenos Aires, Argentina.
7. **BUCKMAN, H. y BRADY, N. (1977).** Naturaleza y Propiedades del Suelo. Barcelona.
8. **CABALLERO, R. (1999).** Efecto de los Abonos Orgánicos en la Exploración de Huertos Intensivos. Tesis M.Sc. Universidad de Camagüey. Cuba
9. **CALABRESE, F. (1992).** El Aguacate. Madrid, España. Ediciones Mundi – Prensa.

10. **CAMPILLO, R. (1993).** La Acidificación de los Suelos. Origen y Mecanismos Involucrados. Centro Regional de Investigación INIA Carillanca. Chile.
11. **CAPULÍN, J., NÚÑEZ, R., AGUILAR, J., ESTRADA, M., SÁNCHEZ, P. y MATEO, J. (2007).** Uso de Estiércol Líquido de Bovino Acidulado en la Producción de Pimiento Morrón. Revista Chapingo Serie Horticultura, vol. 13. México.
12. **CASANOVA, E. (2005).** Introducción a la Ciencia del Suelo. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela.
13. **CENTRO PERUANO DE ESTUDIOS SOCIALES (CEPES). (2008).** Estudio de Palta de Luricocha con Criterios de Equidad, Inclusión y Sostenibilidad Ambiental. Lima, Perú.
14. **CHÁVEZ, S. (2010).** Efecto de la Potencia y el Tiempo de Escaldado en horno microondas sobre la Actividad de la Polifenoloxidasas, Características Físicoquímicas y Sensoriales del puré refrigerado de Palta (*Persea americana* Millar) variedad Fuerte. Tesis Ing. Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.
15. **COCKRELL, M. (1995).** El Aguacate y el Mango. Fruticultura Especial. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José de Costa Rica.
16. **COLACELLI, N. (1997).** Suelos: Corrección de Suelos Alcalinos (enyesado). Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán.
17. **CONTI, M. (1998).** Principios de Edafología. Buenos Aires, Argentina. Editorial Fauba.

18. **CORRALES, L. (2014).** Solubilización de Fosfatos: una Función Microbiana Importante en el Desarrollo Vegetal. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Bogotá, Colombia.
19. **COYNE, M. (2000).** Microbiología del Suelo. Un Enfoque Exploratorio. Madrid, España. Editorial parainfo.
20. **DEL CAMPILLO, M. y TORRENT, J. (1994).** La Clorosis Férrica, Predicción a partir de Propiedades Edáficas. Departamento de Ciencia, Recursos Agrícolas y Forestales, Universidad de Córdoba.
21. **DENG, S. y DICK, R. (1990).** Sulfur Oxidation and Rhodanese Activity in Soils. Soil Sci.
22. **ESCOBEDO, J. (2010).** Requerimientos edafoclimáticos del palto. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. Lima, Perú.
23. **FASSBENDER, H. (1983).** Suelos y Sistemas de Producción Agroforestales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Departamento de Recursos Naturales Renovables. Proyecto Agroforestal. Turrialba, Costa Rica
24. **FASSBENDER, H. (1987)** Química de Suelos con Énfasis en Suelos de América Latina. Turrialba, Costa Rica. Editorial IICA.
25. **FINCK, A. (1988).** Fertilizantes y Fertilización. España. Editorial Reverté, S.A
26. **FRANCIOSI, R. (1992).** El Cultivo de Palto en el Perú. Lima, Perú. Editorial Funde agro.
27. **FRANCIOSI, R. (2003).** El Palto. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

28. **FUENTES, Y. (2002).** Manual Práctico sobre Utilización de Suelo y Fertilizantes. Prensa. España. Ediciones Mundi Prensa
29. **GALÁN, V. (2009).** El Cultivo del Mango. España. Ediciones Mundi Prensa.
30. **GARDIAZABAL, F. y G. ROSEMBERG. (1991).** Cultivo del palto. Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile.
31. **GUERRERO, A. (2000).** Los Suelos, los Abonos y la Fertilización de los Cultivos. España. Ediciones Mundi Prensa.
32. **HUAMÁN, R. (2003).** Situación Actual de la Producción de Palto en el Valle de Torobamba, San Miguel. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
33. **INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). (2007).** Factores Ambientales a Considerar en el Cultivo de Palto. Intihuasi, Cusco.
34. **INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). (2008).** Manejo de la Clorosis Férrica en Palto. Región la Cruz, Chile.
35. **JANZEN, H., BETTANY, J. y STEWART, J. (1987).** Sulfur Deficiency in the Praire Provinces of Canadá. In: Proceedings of the international sulfur 82 Conference, 2 (A. I. More, Ed.).
36. **JONES, J. (1999).** Plant Nutrition. CRC Press. Florida. USA.
37. **LACOMBE, B. y LUEKING, D. (1990).** Growth and Maintenance of Thiobacillus Ferrooxidans Cells. Applied and Enviromental Microbiology.
38. **LEÓN, J. (1999).** Manual del Cultivo del Aguacate (*Persea americana*) para los Valles Interandinos del Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quito, Ecuador.

39. **LÓPEZ, S. (1980).** El Cultivo de Palto y sus Perspectivas Futuras. El Campesino.
40. **MIYAMOTO, S. (1998).** Use of Acids and Acidulants on Alkali Soils and Wáter. New York.
41. **MORERA, J. (1983).** El aguacate. Costa Rica. Ediciones Mundi Prensa
42. **NAVARRO, G. y NAVARRO, S. (2013).** Química del Suelo y de los Nutrientes Esenciales para la Planta. España. Ediciones Mundi-Prensa.
43. **NAKAMURA, K., SAITO, M., KUROSAWA, H. y AMANO, Y. (1995).** Improvement of Specificity for Sulfite in *Thiobacillus thiooxidans* JCM by Heat Treatment. Biosci. Biotech. Biochem.
44. **NÚÑEZ, J. (1974).** Fundamentos de Edafología. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José de Costa Rica.
45. **PATIÑO, C. y SANCLEMENTE, O. (2014).** Microorganismos Solubilizadores de Fosforo: una Alternativa Biotecnológica para una Agricultura Sostenible. Universidad Nacional de Colombia.
46. **PORTA, J., LÓPEZ, A. y ROQUERO, C. (1994).** Edafología Para la Agricultura y el Medio Ambiente. Madrid, España. Ediciones Mundi Prensa.
47. **PORTA, J., LÓPEZ, M. y POCH, R. (2013).** Edafología. Uso y Protección de los Suelos. Madrid, España. Ediciones Mundi Prensa.
48. **SALAZAR, S., IBARRA, M., GUTIERREZ, P. y MEDINA, R. (2014).** Fertilizacion con zinc y boro en huertos de aguacate “Hass” sin riego en Nayarit. Nayarit, México.
49. **QUINTERO, J. (1990).** Comportamiento del Fósforo en Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas. Revista Colombiana Cienc.

50. **RAZETO, B. (1996).** Situación Nacional del Palto. Universidad de Santiago de Chile.
51. **RAZETO, B. y FICHE, T. (2003).** Análisis de Diferentes Tejidos como Indicadores del Nivel de Boro en el Árbol de Aguacate. Congreso Mundial del Aguacate. Málaga, España.
52. **RODRÍGUEZ, F. (1992).** Fertilizantes y Nutrición Vegetal. México. Editorial AGT.
53. **ROJAS, C. (1997).** Interpretación de la Disponibilidad de Fosforo en Suelos de Chile. Centro Regional de Investigación INIA La Platina. Santiago, Chile.
54. **ROWELL, D. (1994).** Soil Science: Methods and Applications. London.
55. **SALINAS, J. y SANZ, J. (1981).** Síntomas de Deficiencia de Macronutrientes y Nutrientes Secundarios en Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. Cali, Colombia.
56. **SOLID PERU (2007).** Conociendo la Cadena Productiva de la Palta en Ayacucho. Perú.
57. **THOMPSON, L. y TROEH, F. (1988).** Los Suelos y su Fertilidad. España. Editorial Reverté, S.A.
58. **WATKINSON, J. (1993).** Oxidation Rate of Elemental Sulfur Particles with a Wide Range of Sizes. *Australian Journal of Soil Research*, 37, 59-68.
59. **XU, R., CVENTRY, D., FARHOODI, A. y SCHULTZ, E. (2002).** Soil Acidifications as Influenced by Crop Rotations, Stubble Management, and Application of Nitrogenous Fertiliser, Tarlee, South Australia. *Australian Journal of Soil Research*, 40, 483-496.

60. **YAN, Z., SCHUBETR, S. y MENGAL, K. (1996).** Soil pH increase due to biological decarboxylation of organic anions. *Soil Biology and Biochemistry*, 28 17-24.
61. **ZATAPA, R. (2004).** La Química de la Acidez del Suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo.

# **ANEXOS**

## **ANEXO 1.**

# **PARÁMETROS DE EVALUACIÓN**

pH en Ninabamba, San Miguel durante los 24 meses.				
Testigo pH = 8.16				
Meses	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
2	7.80	7.85	7.28	7.69
	7.90	7.90	7.50	7.70
	7.70	7.98	7.20	7.77
4	7.10	7.45	7.20	7.40
	7.50	7.65	7.50	7.25
	7.70	7.30	7.50	7.20
6	7.50	7.00	6.90	7.20
	6.70	7.40	7.60	6.70
	7.20	7.30	7.20	6.80
8	7.12	6.36	7.20	6.10
	7.46	7.25	6.72	7.47
	7.23	6.39	6.92	6.86
11	7.70	6.53	7.05	6.85
	7.34	6.46	7.26	7.12
	7.42	6.92	7.12	6.30
14	7.00	6.56	6.65	6.53
	7.45	6.74	6.85	6.62
	7.36	6.66	6.47	6.56
18	7.88	7.44	7.48	7.50
	7.39	7.57	6.56	7.08
	7.45	7.88	7.38	7.24
24	7.03	7.05	7.25	7.15
	7.67	7.70	6.48	6.45
	7.86	7.92	7.06	7.00

pH en Ninabamba, Ocos durante los 24 meses.				
Testigo pH = 7.98				
Meses	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
2	6.83	7.00	6.90	7.21
	6.90	7.30	6.66	6.84
	6.95	7.12	6.75	7.30
4	6.65	7.10	6.20	6.77
	6.40	6.55	6.70	6.65
	6.35	6.64	6.32	6.55
6	6.30	6.50	6.50	6.40
	6.25	6.65	5.90	6.70
	6.38	6.80	6.40	6.55
8	6.41	6.52	5.64	6.53
	6.08	6.98	5.73	5.88
	6.21	7.11	5.68	6.32
11	6.87	6.58	6.21	5.62
	7.45	6.27	5.83	4.85
	7.26	5.36	6.61	5.71
14	7.70	7.04	6.48	6.56
	6.82	6.73	6.64	6.80
	7.48	7.43	6.97	5.93
18	7.17	7.12	6.94	6.40
	6.92	7.32	6.64	6.68
	7.06	7.78	6.67	5.01
24	7.69	7.60	7.29	6.88
	7.69	7.63	7.40	6.90
	7.96	7.70	6.16	6.25

Fósforo disponible (ppm) en Ninabamba, San Miguel durante los 24 meses.				
Testigo P (ppm) = 19.3				
Meses	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
8	20.90	19.86	31.69	45.35
	15.90	23.09	36.16	41.21
	19.76	28.09	27.39	47.39
11	27.74	45.20	35.37	25.72
	19.41	46.87	25.14	27.30
	17.12	39.85	29.49	37.65
14	43.50	42.00	44.00	45.00
	40.00	41.00	40.00	46.00
	20.00	40.30	42.00	40.00
18	13.26	34.50	30.64	31.69
	33.57	29.93	39.39	27.98
	31.54	30.28	31.22	26.41
24	41.95	30.40	34.40	61.50
	28.44	41.92	54.57	45.30
	35.20	20.80	58.87	53.40

Fósforo disponible (ppm) en Ninabamba, Ocros durante los 24 meses.				
Testigo P (ppm) = 33.0				
Meses	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
8	41.33	39.45	44.82	41.23
	48.06	36.87	46.60	47.52
	46.74	36.81	48.90	41.30
11	28.44	36.90	28.46	34.14
	26.30	29.90	33.69	39.50
	28.90	38.09	31.42	31.34
14	42.13	53.60	54.00	44.32
	45.11	51.00	52.70	41.25
	52.00	39.70	36.70	52.81
18	45.71	50.97	57.99	45.97
	43.67	52.38	52.62	44.57
	47.65	42.20	54.48	53.69
24	17.74	18.09	28.97	22.44
	12.30	17.90	25.70	67.20
	15.02	16.50	24.52	44.82

Carbonatos (%) en Ninabamba, San Miguel durante los 24 meses.				
Testigo CO <sup>3+</sup> (%) = 4.35				
Meses	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
8	0.23	0.20	0.08	0.05
	0.30	0.18	0.15	0.15
	0.20	0.15	0.06	0.04
11	0.90	0.85	0.83	0.50
	1.00	1.20	0.52	0.45
	1.20	1.10	0.45	0.48
14	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
18	1.50	1.45	1.12	1.25
	1.87	1.60	0.78	1.50
	1.78	1.82	1.00	1.20
24	1.40	1.50	0.80	0.90
	1.55	1.71	0.50	0.70
	1.60	1.56	0.70	0.65

Carbonatos (%) en Ninabamba, Ocos durante los 24 meses.				
Testigo CO <sup>3+</sup> (%) = 0.75				
Meses	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
8	0.15	0.10	0.00	0.00
	0.15	0.13	0.00	0.00
	0.10	0.15	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.55	0.48	0.00	0.00
	0.45	0.50	0.00	0.00
	0.49	0.51	0.00	0.00
18	0.60	0.61	0.03	0.07
	0.59	0.59	0.05	0.09
	0.58	0.62	0.08	0.08
24	0.66	0.65	0.48	0.47
	0.68	0.62	0.40	0.50
	0.70	0.69	0.42	0.41

Longitud de las frutas de palto de la variedad Hass (San Miguel)				
TESTIGO	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
7.3	8.10	8.30	12.40	12.00
7.0	8.50	9.60	11.80	11.90
7.5	8.30	8.40	10.60	12.50
7.3	8.30	8.77	11.60	12.13

Longitud de las frutas de palto de la variedad Fuerte (Ocos)				
TESTIGO	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
12.30	12.30	12.70	14.80	16.00
11.70	12.60	12.10	16.10	15.20
11.90	12.00	12.40	15.80	16.50
11.97	12.30	12.40	15.57	15.90

Diámetro de las frutas de palto de la variedad Hass (San Miguel)				
TESTIGO	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
6	7.00	6.60	7.50	7.50
5.7	6.50	7.10	7.40	7.60
6.2	6.90	6.40	7.80	7.40
6.0	6.80	6.70	7.57	7.50

Diámetro de las frutas de palto de la variedad Fuerte (Ocos)				
TESTIGO	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
6.50	7.10	7.40	7.80	8.30
6.80	7.30	7.00	8.30	7.70
6.70	7.20	7.10	7.50	8.40
6.67	7.20	7.17	7.87	8.13

Número de frutas de palto de la variedad Hass (San Miguel)							
CAMPAÑA	TESTIGO	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2	A2	B2
Primera campaña	98.0	94.0	98.0	106.0	113.0	108.0	93.0
	84.0	107.0	105.0	114.0	110.0	105.0	88.0
	90.0	91.0	95.0	108.0	110.0	107.0	95.0
Segunda campaña	111.0	123.0	130.0	135.0	156.0	153.0	106.0
	98.0	124.0	133.0	170.0	173.0	160.0	99.0
	104.5	131.0	122.0	170.0	164.0	158.0	100.0

Número de frutas de palto de la variedad Fuerte (Ocos)							
CAMPAÑA	TESTIGO	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2	A2	B2
Segunda campaña	88.0	98.0	111.0	123.0	129.0	110.0	84.0
	82.0	109.0	97.0	121.0	132.0	117.0	83.0
	85.0	99.0	103.0	115.0	117.0	120.0	86.0

Peso de frutas de palto de la variedad Hass (San Miguel)							
CAMPAÑA	TESTIGO	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2	A2	B2
Primera campaña	17.04	19.55	20.16	24.22	26.01	24.88	16.65
	14.52	21.21	22.18	25.38	26.07	23.63	15.10
	15.78	18.13	19.93	24.06	25.45	25.10	16.90
Segunda campaña	19.76	26.39	27.70	31.97	36.30	34.87	18.94
	17.10	24.84	28.94	39.05	40.44	36.64	17.62
	18.43	27.47	25.59	38.56	37.85	35.60	18.70

Peso de frutas de palto de la variedad Fuerte (Fuerte)							
CAMPAÑA	TESTIGO	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2	A2	B2
Segunda campaña	25.776	28.01	30.204	36.262	38.3	34.00	23.80
	23.01	30.165	28.2	35.825	37.17	36.25	22.58
	24.393	27.435	31.31	34.73	35.96	37.00	25.00

## **ANEXO 2.**

# **COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS**

Costo de mantenimiento y producción de la palta fuerte con el tratamiento (A1B2)  
(1 Ha de palta: 333 plantas)

RUBRO-ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD ha <sup>-1</sup>	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	PROYECTO ha <sup>-1</sup>
<b>I. COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>1. Labores Culturales</b>					
Deshierbo	Jornal	48.00	40.00	1920.00	1920.0
Riegos	Jornal	15.00	40.00	600.00	600.0
Control fitosanitario	Jornal	23.00	40.00	920.00	920.0
Abonamiento y Fertilización	Jornal	24.00	35.00	840.00	840.0
Poda de producción	Jornal	6.00	40.00	240.00	240.0
<b>Total 1</b>				<b>4520.00</b>	<b>4520.00</b>
<b>FERTILIZANTES</b>					
Flor de azufre	Sacos	20.00	150.00	3000.00	6000.0
Fetrilón combi	Kilos	1.00	30.00	30.00	30.0
Estiércol Compostado	Sacos	33.00	10.00	330.00	330.0
Guano de isla	Sacos	13.00	50.00	650.00	650.0
<b>Total 2</b>				<b>4010.00</b>	<b>7010.00</b>
<b>PESTICIDAS Y/O FUNGICIDAS</b>					
Sanix	Kilos	1.37	20.00	27.47	27.5
Aliette	Kilos	2.05	80.00	164.06	164.1
Adherentes	Litro	1.74	20.00	34.83	34.8
Acidificantes	Litro	2.00	20.00	40.00	40.0
<b>Total 3</b>				<b>266.37</b>	<b>266.37</b>
<b>COSECHA</b>					
Corte y/o extracción del Fruto	Jornal	35.00	40.00	1400.00	1400.0
<b>Total 4</b>				<b>1400.00</b>	<b>1400.00</b>
<b>OTROS GASTOS</b>					
Análisis de suelo.	Muestra	1.00	70.00	75.00	75.0
<b>Total 5</b>				<b>75.00</b>	<b>75.00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>10005.00</b>	<b>13005.00</b>
<b>II. COSTOS INDIRECTOS</b>					
Visita a campo	Veces	15	30	450.00	450.00
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>				<b>450.00</b>	<b>450.00</b>
<b>TOTAL COSTO DE CULTIVO</b>				<b>10455.00</b>	<b>13455.00</b>
costo de mantenimiento / planta (s/)				<b>30.05</b>	

Costo de mantenimiento y producción de la palta Fuerte con el tratamiento (A2B2)  
(1 Ha de palta: 333 plantas)

RUBRO-ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD ha <sup>-1</sup>	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	PROYECTO ha <sup>-1</sup>
<b>I. COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>1. Labores Culturales</b>					
Deshierbo	Jornal	48.00	40.00	1920.00	1920.0
Riegos	Jornal	15.00	40.00	600.00	600.0
Control fitosanitario	Jornal	23.00	40.00	920.00	920.0
Abonamiento y Fertilización	Jornal	24.00	35.00	840.00	840.0
Poda de producción	Jornal	6.00	40.00	240.00	240.0
<b>Total 1</b>				<b>4520.00</b>	<b>4520.00</b>
<b>FERTILIZANTES</b>					
Flor de azufre	Sacos	40.00	150.00	6000.00	6000.0
Fertilón combi	Kilos	1.00	30.00	30.00	30.0
Estiércol Compostado	Sacos	33.00	10.00	330.00	330.0
Guano de isla	Sacos	13.00	50.00	650.00	650.0
<b>Total 2</b>				<b>7010.00</b>	<b>7010.00</b>
<b>PESTICIDAS Y/O FUNGICIDAS</b>					
Sanix	Kilos	1.37	20.00	27.47	27.5
Aliette	Kilos	2.05	80.00	164.06	164.1
Adherentes	Litro	1.74	20.00	34.83	34.8
Acidificantes	Litro	2.00	20.00	40.00	40.0
<b>Total 3</b>				<b>266.37</b>	<b>266.37</b>
<b>COSECHA</b>					
Corte y/o extracción del Fruto	Jornal	35.00	40.00	1400.00	1400.0
<b>Total 4</b>				<b>1400.00</b>	<b>1400.0</b>
<b>OTROS GASTOS</b>					
Análisis de suelo.	Muestra	1.00	70.00	75.00	75.0
<b>Total 5</b>				<b>75.00</b>	<b>75.00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>13005.00</b>	<b>13005.00</b>
<b>II. COSTOS INDIRECTOS</b>					
Visita a campo	Veces	15	30	450.00	450.00
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>				<b>450.00</b>	<b>450.00</b>
<b>TOTAL COSTO DE CULTIVO</b>				<b>13455.00</b>	<b>13455.00</b>
costo de mantenimiento / planta (s/)				<b>39.05</b>	

Costo de mantenimiento y producción de la palta Hass con el tratamiento (A1B2)  
(1 Ha de palta: 278 plantas)

RUBRO-ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD ha <sup>-1</sup>	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	PROYECTO ha <sup>-1</sup>
<b>I. COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>I. Labores Culturales</b>					
Deshierbo	Jornal	48.00	40.00	1920.00	1920.0
Riegos	Jornal	15.00	40.00	600.00	600.0
Control fitosanitario	Jornal	23.00	40.00	920.00	920.0
Abonamiento y Fertilización	Jornal	24.00	35.00	840.00	840.0
Poda de producción	Jornal	6.00	40.00	240.00	240.0
<b>Total 1</b>				<b>4520.00</b>	<b>4520.00</b>
<b>FERTILIZANTES</b>					
Flor de azufre	Sacos	17.00	150.00	2550.00	6000.0
Petrilón combi	Kilos	1.00	30.00	30.00	30.0
Urea	Sacos	3.00	10.00	30.00	330.0
Guano de isla	Sacos	8.50	50.00	425.00	650.0
<b>Total 2</b>				<b>3035.00</b>	<b>7010.00</b>
<b>PESTICIDAS Y/O FUNGICIDAS</b>					
Sanix	Kilos	1.37	20.00	27.47	27.5
Aliette	Kilos	2.05	80.00	164.06	164.1
Adherentes	Litro	1.74	20.00	34.83	34.8
Acidificantes	Litro	2.00	20.00	40.00	40.0
<b>Total 3</b>				<b>266.37</b>	<b>266.37</b>
<b>COSECHA</b>					
Corte y/o extracción del Fruto	Jornal	35.00	40.00	1400.00	1400.0
<b>Total 4</b>				<b>1400.00</b>	<b>1400.0</b>
<b>OTROS GASTOS</b>					
Análisis de suelo.	Muestra	1.00	70.00	75.00	75.0
<b>Total 5</b>				<b>75.00</b>	<b>75.00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>9030.00</b>	<b>13005.00</b>
<b>II. COSTOS INDIRECTOS</b>					
Visita a campo	Veces	15	30	450.00	450.00
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>				<b>450.00</b>	<b>450.00</b>
<b>TOTAL COSTO DE CULTIVO</b>				<b>9480.00</b>	<b>13455.00</b>
costo de mantenimiento / planta (s/)				<b>27.12</b>	

Costo de mantenimiento y producción de la palta Hass con el tratamiento (A2B2)  
(1 Ha de palta: 278 plantas)

RUBRO-ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD ha <sup>-1</sup>	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	PROYECTO ha <sup>-1</sup>
<b>I. COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>1. Labores Culturales</b>					
Deshierbo	Jornal	48.00	40.00	1920.00	1920.0
Riegos	Jornal	15.00	40.00	600.00	600.0
Control fitosanitario	Jornal	23.00	40.00	920.00	920.0
Abonamiento y Fertilización	Jornal	24.00	35.00	840.00	840.0
Poda de producción	Jornal	6.00	40.00	240.00	240.0
<b>Total 1</b>				<b>4520.00</b>	<b>4520.00</b>
<b>FERTILIZANTES</b>					
Flor de azufre	Sacos	33.50	150.00	5025.00	6000.0
Fetrilón combi	Kilos	1.00	30.00	30.00	30.0
Urea	Sacos	3.00	10.00	30.00	330.0
Guano de isla	Sacos	8.50	50.00	425.00	650.0
<b>Total 2</b>				<b>5510.00</b>	<b>7010.00</b>
<b>PESTICIDAS Y/O FUNGICIDAS</b>					
Sanix	Kilos	1.37	20.00	27.47	27.5
Aliette	Kilos	2.05	80.00	164.06	164.1
Adherentes	Litro	1.74	20.00	34.83	34.8
Acidificantes	Litro	2.00	20.00	40.00	40.0
<b>Total 3</b>				<b>266.37</b>	<b>266.37</b>
<b>COSECHA</b>					
Corte y/o extracción del Fruto	Jornal	35.00	40.00	1400.00	1400.0
<b>Total 4</b>				<b>1400.00</b>	<b>1400.0</b>
<b>OTROS GASTOS</b>					
Análisis de suelo.	Muestra	1.00	70.00	75.00	75.0
<b>Total 5</b>				<b>75.00</b>	<b>75.00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>11505.00</b>	<b>13005.00</b>
<b>II. COSTOS INDIRECTOS</b>					
Visita a campo	Veces	15	30	450.00	450.00
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>				<b>450.00</b>	<b>450.00</b>
<b>TOTAL COSTO DE CULTIVO</b>				<b>11955.00</b>	<b>13455.00</b>
costo de mantenimiento / planta (s/)				<b>34.55</b>	

## **ANEXO 3.**

# **PANEL FOTOGRAFICO**



Foto 1. Pesado de flor de azufre.

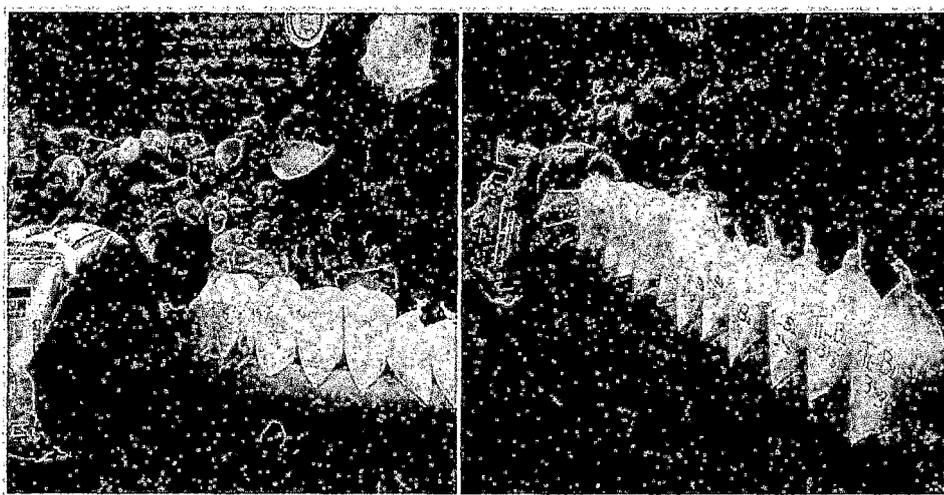


Foto 2. Identificación del tratamiento (flor de azufre)

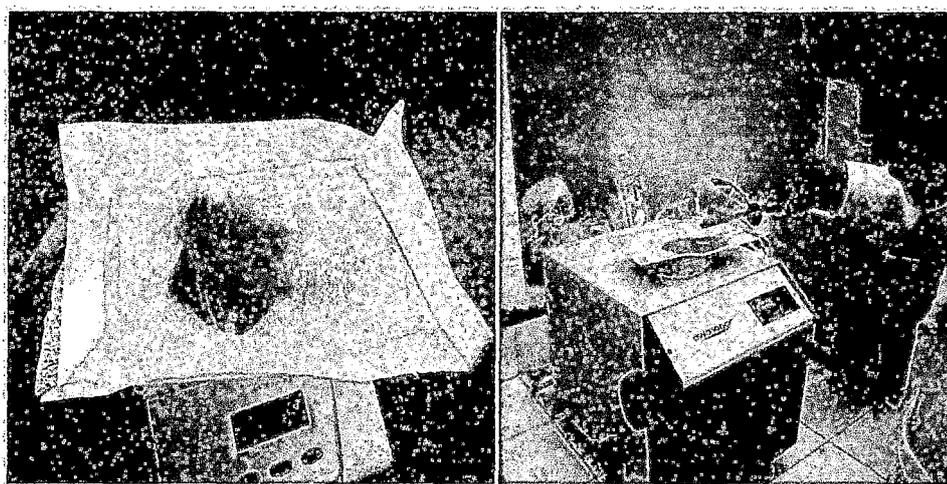


Foto 3. Pesado de fetrilon combi.



Foto 4. Aplicación de flor de azufre.



Foto 5. Parcelas de palto con tratamientos de flor de azufre.



Foto 6. Cubierta de la enmienda con una capa de tierra y rastrojos en San Miguel



Foto 7. Acidificación del agua.

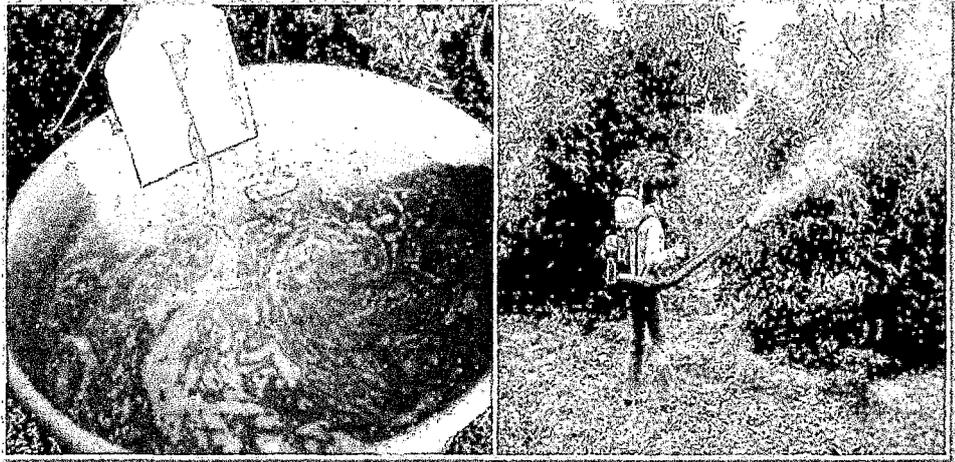


Foto 8. Preparación de fetrilon combi y aplicación a las plantas de palto.

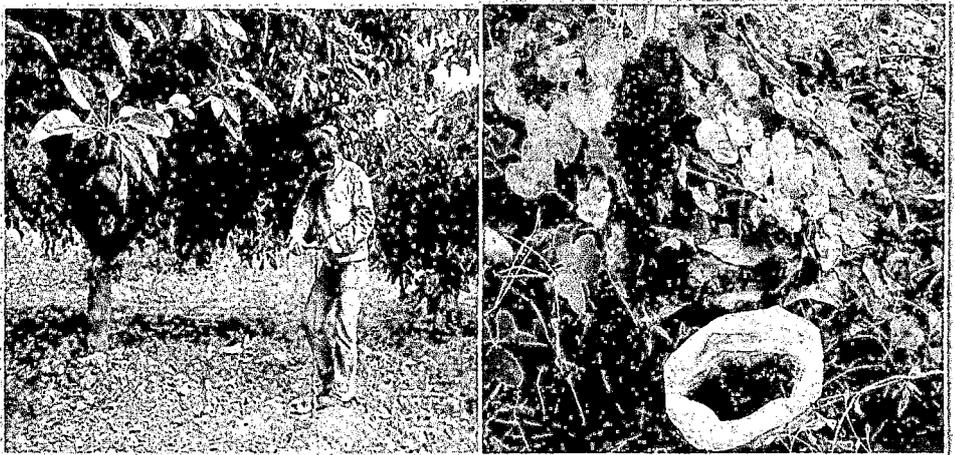


Foto 9. Muestreo de suelo.



Foto 10. Crecimiento y desarrollo de frutos de las variedades Fuerte y Hass.

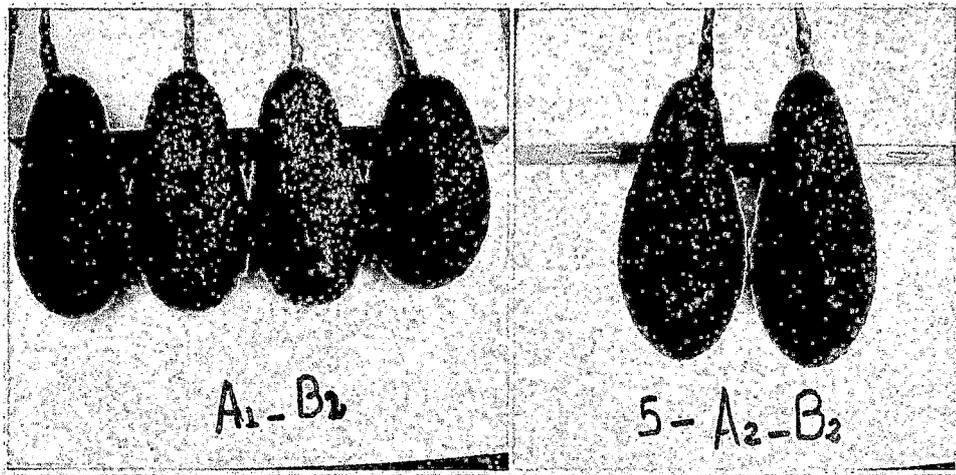


Foto 11. Cosecha de fruta de la variedad Hass por tratamientos.

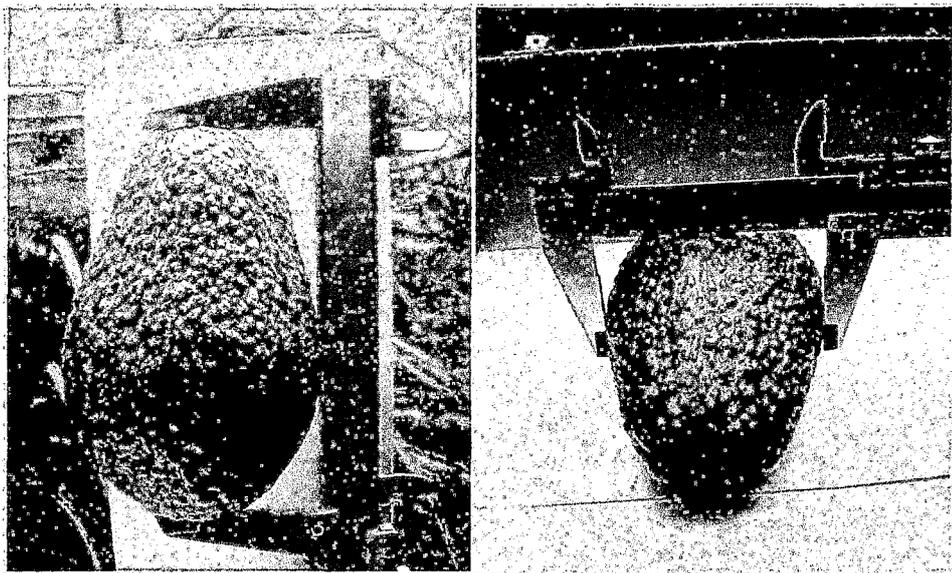


Foto 12. Medida de longitud y diámetro de las frutas de la variedad Hass.



Foto 13. Pesado de frutas de la variedad Hass (primera campaña).

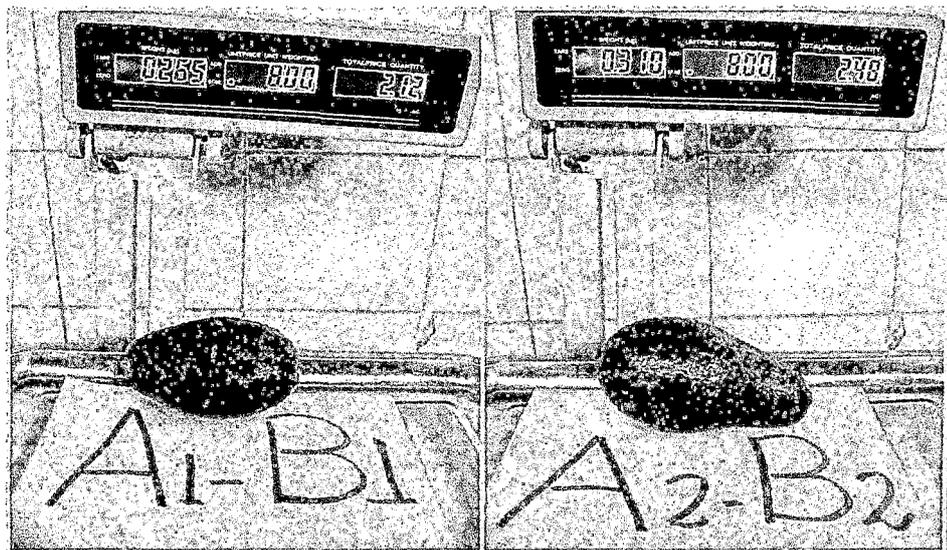


Foto 13. Pesado de frutas de la variedad Hass (Segunda campaña).

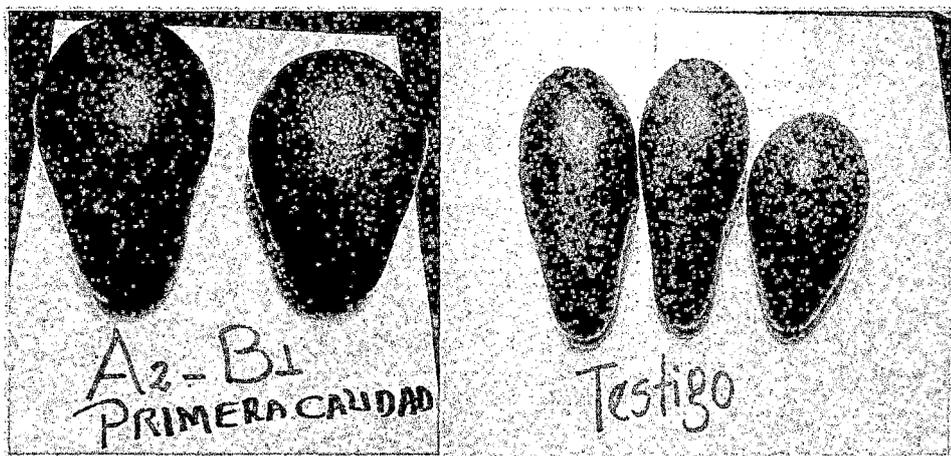


Foto 14. Cosecha de las frutas de palto de la variedad Fuerte

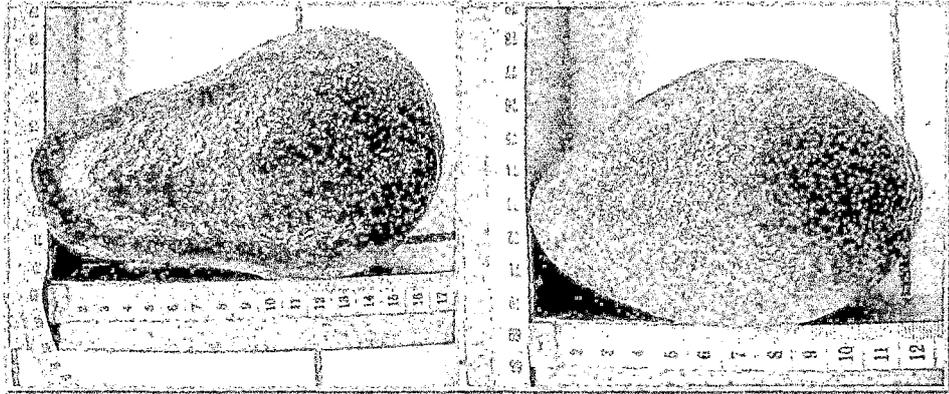


Foto 15. Medidas de las frutas de la variedad Fuerte (segunda campaña).



Foto 09. Pesado de frutas de la variedad Fuerte (segunda campaña).

CMR CRT  
CMMR  
MCMR CRT