

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

**ESCUELA DE POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**Maestría en Ciencias Agrarias
Mención en Protección de cultivos**



USO DE CULTIVARES COMPLEMENTARIOS EN PALTO

***Persea americana* MILLER VAR. "HASS" EN CHAO,
LA LIBERTAD**

**Tesis para optar el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS**

AUTOR:

Bach. YULISSA YARITA RUBIÑOS

ASESOR:

Dr. JUAN CARLOS CABRERA LA ROSA

**TRUJILLO – PERÚ
2014**

Nro. de Registro:

DEDICATORIA

A mi esposo *Augusto*, por su amor, comprensión y cariño y a nuestro amado hijo *Zendai* por hacer de nuestras vidas un oasis en el desierto.

Yulissa

"...Ten piedad de los que mandan y de los que sirven muchas horas de trabajo, y se sacrifican a cambio de un domingo donde todo está cerrado y no existe un lugar adonde ir. Ten piedad de todos los que sacrifican su obra y van más allá de su propia locura y acaban endeudados o clavados en la cruz por sus propios hermanos. Porque éstos no conocieron Tu ley que dice: "Se prudente como las serpientes y simple como las palomas."

"Ten piedad de los que comen y beben, se hartan, mas son infelices en su abundancia. Pero ten piedad, también de los que ayunan, censuran, prohíben y se sienten santos y se van a predicar Tu nombre por las plazas. Porque éstos no conocieron tu ley que dice: "Si declaro a favor de mí mismo, mi testimonio no es verdadero"

Paulo Coelho

El Peregrino de Compostela. 16ª. Edición (2002)

AGRADECIMIENTO

A la empresa **HASS PERÚ S.A.** del Grupo Rocío, por permitirme realizar la presente tesis de maestría en las instalaciones del fundo y brindarme los materiales necesarios.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC)**, por otorgarme una de las becas de post grado para estudios de maestría.

Al **Dr. Juan Carlos Cabrera**, asesor de la tesis, por su tiempo e interés en el presente trabajo; asimismo al Dr. Martín Delgado, por sus consejos y apoyo incondicional. A ambos, por su esmero como docentes de la Maestría en Ciencias agrarias.

Al **Dr. Pedro Cisneros Z.**, co-asesor de la tesis, y gerente de producción de la empresa Hass Perú, por el aporte de sus conocimientos y corrección del presente trabajo.

A **Reuben Hofshi y Mary Lu Arpaia** por motivarme a la realización de trabajos de investigación y a su página web Avocadosource.com, por la enorme fuente de información que enriquece nuestro conocimiento sobre del cultivo de palto a nivel mundial.

Mi eterno agradecimiento al maestro de maestros Fausto Cisneros, quien siempre estará presente por sus consejos y enseñanzas.

A mis padres Margoth y Erasmo y a mis tías: Nelly, Elena y Bertha por su inagotable amor y apoyo de siempre.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	11
3.1.1.	Ubicación.....	11
3.1.2.	Características de la plantación.....	11
3.1.3.	Climatología	13
3.2.	PROCEDIMIENTO.....	13
3.2.1.	Elección del lote y marcado de plantas	13
3.2.2.	Evaluación de la fenología del cultivo de palto	14
3.2.3.	Instalación de casetas de malla antiáfida	14
3.2.4.	Evaluación de hábito de floración y estados florales	17
3.2.5.	Evaluación de la actividad de abejas.....	18
3.2.6.	Evaluación del potencial productivo	18
3.2.7.	Evaluación de frutos cuajados y retenidos (cosechados)..	21
3.2.8.	Evaluación de frutos caídos	22
3.2.9.	Evaluación del tamaño, forma y peso de frutos.....	22
3.2.10.	Análisis estadístico.....	23
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1.	Fenología del cultivo de palto	27
4.2.	Polinización cerrada y cruzada evaluada en casetas	38
4.3.	Hábito de floración y estados florales	60
4.4.	Actividad de abejas.....	72

4.5.	Potencial reproductivo, cuajado y retención en palto.....	77
4.6.	Caída de frutos en palto	81
4.7.	Crecimiento de frutos.....	94
V.	CONCLUSIONES	100
VI.	RECOMENDACIONES	101
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
VIII.	ANEXOS	106

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Casetas ubicadas en el lote A015. para comprobar el efecto de polinizantes y polinizadores en el rendimiento de palto. Hass Perú S.A. Chao, 2010.....	15
Cuadro 2. Potencial reproductivo en plantas de palto Hass, aledañas y alejadas del polinizante. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.....	29
Cuadro 3. Análisis de varianza para el Potencial reproductivo del cultivo de palto Hass, en tres tratamientos.....	30
Cuadro 4. Prueba de significancia de Duncan para el Potencial reproductivo del cultivo de palto, realizada con el programa estadístico Spss. 20.....	31
Cuadro 5. Número de frutos cuajados en plantas de palto Hass, aledañas y alejadas del polinizante. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.....	40
Cuadro 6. Análisis de varianza para el Número de frutos cuajados en cultivo de palto Hass, en tres tratamientos	41
Cuadro 7. Prueba de significancia de Duncan para el Número de frutos cuajados en cultivo de palto, realizada con el programa estadístico Spss. 20.....	42
Cuadro 8. Potencial reproductivo y frutos cuajados en árboles de palto var. 'Hass' en casetas con 2 tipos de insectos polinizantes	46

Cuadro 9. Porcentaje de frutos de palto Hass, retenidos en plantas aledañas y alejadas del polinizante, a partir del potencial reproductivo. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010	49
Cuadro 10. Número de frutos cosechados en plantas de palto Hass aledañas a Edranol (T1), aledañas a Zutano (T2) y alejadas de polinizantes (T3). Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010	63
Cuadro 11. Análisis de varianza para Número de frutos cosechados en el cultivo de palto Hass, en tres tratamientos	64
Cuadro 12. Prueba de significancia de Duncan para el Número de frutos cosechados en cultivo de palto, realizada con el programa estadístico Spss. 20	65
Cuadro 13. Peso promedio (g) de frutos cosechados en plantas de palto Hass aledañas a Edranol (T1), aledañas a Zutano (T2) y alejadas de polinizantes (T3). Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010	66
Cuadro 14. Análisis económico sobre el uso de cultivares complementarios de palto en el lote A015 (3ha). Hass Perú S.A., Chao, Virú, La libertad, 2010	71
Cuadro 15. Análisis de varianza para Peso de frutos cosechados en el cultivo de palto Hass, en tres tratamientos	75
Cuadro 16. Prueba de significancia de Duncan para el Peso de frutos cuajados en cultivo de palto, realizada con el programa estadístico Spss.20	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista panorámica del Fundo Hass Perú. Chao, Virú, La Libertad, 2010	12
Figura 2. Caseta de malla antiáfida instalada en el lote A015 para observar frutos de polinización cerrada. Chao, Virú, La Libertad, 2010.....	16
Figura. 3. Interior de caseta, con dos cultivares complementarios para ensayo de polinización. Chao, Virú, La Libertad, 2010	16
Figura 4. Secuencia de estados florales propuesta por Gad Ish-Am. (2004).....	17
Figura 5. Plástico colocado bajo el árbol para evaluación de caída de flores y frutos. Chao, Virú, La Libertad, 2010	19
Figura 6. Recojo de flores y frutos en palto Hass. Chao, Virú, La Libertad, 2010	20
Figura 7. Frutos de tamaño ideal para mercado (0.8cm). Chao, Virú, La Libertad, 2010	24
Figura 8. Frutos de palto recogidos y clasificados. Chao, Virú, La Libertad, 2010	24
Figura 9. Cosecha de frutos de palto Hass en jabas marcadas. Chao, Virú, La Libertad, 2010.....	25
Figura 10. Medida y peso de frutos de palto Hass por cada árbol. Chao, Virú, La Libertad, 2010.....	26
Figura 11. Actividad de abejas en cultivo de palto, por planta (A)Hass (B) Zutano y (C) Edranol.....	35

Figura 12. Número de abejas en árboles de palto var. Hass aledañas a polinizantes vs testigo (alejadas). Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009	36
Figura 13. Retención de frutos de palto Hass, cuajados en diferentes semanas en el periodo de floración. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010	50
Figura 14. Caída semanal de frutos/árbol en palto Hass. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.....	52
Figura 15. Retención de frutos de palto Hass, cuajados en diferentes semanas en el periodo de floración. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010	58
Figura 16. Caída semanal de frutos de palto Hass/árbol, por tratamientos. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.....	59
Figura 17. Distribución de calibres en plantas de palto Hass aledañas a polinizantes vs. testigo. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.....	74
Figura 18. Fenología del cultivo de palto Hass <i>Persea americana</i> Mill. en el periodo comprendido entre enero del 2009 y junio del 2010 en el fundo Hass Peru S.A. Chao, Virú, La Libertad, 2010	83
Figura 19. Comparación de la floración del cultivo de palto Hass <i>Persea americana</i> Mill.en el periodo comprendido entre enero del 2009 y junio del 2010 en el fundo Hass Peru S.A. Chao, Virú,La Libertad, 2010.....	84
Figura 20. Etapas de la flor femenina, según el esquema propuesto por Gad Ish.Am (2004).....	91

Figura 21. Etapas de la flor masculina, según el esquema propuesto por Gad Ish-Am (2004).....	92
Figura 22. Traslape floral entre palto Hass y los polinizantes Zutano y Edranol, mostrando las etapas de apertura floral, según el esquema propuesto por Gad Ish-Am (2004). Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2010	93
Figura 23. Crecimiento de frutos de palto Hass cuajados en diferentes semanas. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.....	97
Figura 24. Índice de redondez de frutos de palto Hass cuajados en diferentes semanas. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010	98
Figura 25. Incremento de peso diario durante el desarrollo de frutos de palto. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.....	99

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Plano del fundo Hass Perú S.A.....	107
Anexo 2. Croquis del lote A015 y ubicación de plantas en evaluación	108
Anexo 3. Temperatura máxima semanal en los años 2009-10	109
Anexo 4. Temperatura mínima semanal en los años 2009-10.....	110
Anexo 5. Humedad máxima semanal en los años 2009-10	111
Anexo 6. Humedad mínima semanal en los años 2009-10.....	112
Anexo 7. Radiación solar semanal en los años 2009-10	113

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado debido a la controversia existente en cuanto al uso de cultivares complementarios en el cultivo de palto. En la irrigación Chavimochic se cultivan cerca de 4000 Ha. de palto Hass, el cual se está convirtiendo en el más importante de la costa norte.

El palto presenta un gran potencial reproductivo pero abundante caída de fruto y poca retención, los cuales constituyen factores limitantes para la producción. El uso de cultivares complementarios ha sido desde hace varias décadas una de las alternativas para incrementar el rendimiento del huerto (Robinson y Savage (1926), citado por Degani y col. (1997); Degani y Goldring (1986); Gazit y col. (1990)). Sin embargo, el instalar un huerto con cultivares complementarios y su mantenimiento incrementan los costos de producción.

En Chavimochic se maneja información de otras zonas de cultivo donde los resultados con uso de cultivares complementarios han sido exitosos; sin embargo no existe información local y según estudios preliminares, existe la posibilidad de que el uso de éstos no sea imprescindible. Por lo tanto, en el presente trabajo se tuvo como objetivo determinar la influencia de los cultivares complementarios en el rendimiento de palto Hass en Chao, La Libertad.

El trabajo se realizó en la empresa agroindustrial Hass Perú S.A., en el departamento de La Libertad, costa norte de Perú. Se seleccionaron 30 árboles, los cuales 10 fueron aledaños a Edranol, 10 aledaños a Zutano y 10 árboles alejados de los polinizantes. Se marcaron frutos desde inicio de cuajado conforme iban apareciendo en el árbol para realizar evaluaciones de crecimiento de frutos y caída de los mismos. Se comparó la producción de los árboles aledaños a polinizantes y su testigo.

Se observó un incremento del 19% en producción en árboles aledaños al polinizante, sin embargo, al realizar el análisis económico no se observaron diferencias sobresalientes en cuanto a su uso. Se señalan además a los insectos polinizadores como responsables del incremento del rendimiento en plantas aledañas a los cultivares complementarios.

ABSTRACT

This study was done because of the controversy in pollinizers use in avocado crop. In CHAVIMOCHIC irrigation there are 4000 Ha. of Hass avocado, which is becoming one of the most important crops in the north of Peru.

Avocado has a high reproductive potential to set enough fruits. However, avocado drops a lot of fruit which is a limiting factor in production. Pollinizers have been used many years ago to increase yield because of cross pollination (Robinson y Savage (1926), citado por Degani y col. (1997); Degani y Goldring (1986); Gazit y col. (1990)). However, installing an orchard with pollinizers increase production cost.

In Chavimochic, information from other countries is used, but there is not enough local information about this topic. Previous studies have shown that pollinizers are not indispensable for fruit set. So, in this study the aim was to determine pollinizers effect on fruit set and fruit drop and its contribution to yield in avocado crop in Chao, La Libertad.

The study was done in Hass Peru S.A., an agroindustrial company, located in La Libertad, in the north of Peru. 30 trees were chosen: 10 next to Edranol, 10 next to Zutano, and 10 far from pollinizers. Fruits were sampled to be measured and fruit drop were registered. Fruit number in trees next and far to the pollinizer were compared.

Avocado trees next to the pollinizer showed 19% more fruits, however economic analysis have not shown important differences by using them. Also, insect pollinators are responsible for fruit set increased, next to the pollinizer.

I. INTRODUCCIÓN

El género *Persea* (Clus.) Miller pertenece a la familia Lauraceae. Junto con las familias Annonaceae, Magnoliaceae y Proteaceae, figura dentro de las plantas con flores más antiguas de las que se tiene conocimiento (Coetzer and Robbertse, s/a). Los miembros de esta familia han sido usados como alimento, condimento, con fines medicinales, cosméticos e industriales, con propósitos ornamentales y para la extracción de madera. El palto se convirtió en un cultivo frutal importante a comienzos del siglo XX (Whiley, 2007). Posee características ecofisiológicas para adaptarse y competir en climas lluviosos, las cuales pueden ser contraproducentes para las necesidades del cultivo moderno en los fundos, (Scora y col., citados por Whiley, 2007), más aún con suelo arenoso.

La producción del palto tiende a ser escasa y errática. En muchos países el promedio histórico anual de rendimiento es inferior a las 10 t/ha., pese a que su potencial sustentable se ha estimado en tres veces más esta cifra. Los promedios para las plantaciones más productivas son de 12-15 t/ha. en áreas subtropicales, semiáridas, de inviernos lluviosos y de 20-25 t/ha. en los subtrópicos húmedos, de veranos lluviosos (Wholstenholme y Whiley, 1998, citados por Whiley, 2007). Sin embargo en Perú, en la irrigación Chavimochic se han obtenido rendimientos de hasta 40 t/ha.

En la irrigación Chavimochic existen aproximadamente 4000 ha. de palto, los cuales en su mayoría cuentan con más de 6% de cultivares complementarios en sus campos de cultivos tales como Zutano, Edranol y Ettinger, para incrementar el rendimiento, basados en información de otras zonas de cultivos o incluso de otros países, donde sí es necesario el uso de polinizantes. Si los cultivares complementarios no fueran necesarios debido a las condiciones climáticas favorables de la zona, se tendría un ahorro importante en los costos de producción, como disminución de costos en

aplicaciones fitosanitarias, manejo del huerto, cosecha, haciéndose más eficiente la producción de palto.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia de cultivares complementarios en el rendimiento del cultivar Hass, bajo las condiciones climáticas del fundo Hass Perú, en el distrito de Chao, departamento de La Libertad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Comportamiento de la floración

Las flores de palto poseen un comportamiento único, descrito como “dicogamia protoginea” que consiste en que las flores abren dos veces y estas aperturas están separadas por, al menos, una noche de diferencia. En la primera apertura, la flor es funcionalmente femenina, y en la segunda apertura es funcionalmente masculina. Basándose en este comportamiento floral único, los cultivares de palto se clasifican en dos grupos de floración (Stout, 1933).

Grupo A: La primera apertura (femenina) comienza en la mañana y termina antes del medio día. La segunda apertura (masculina) ocurre en la tarde del día siguiente. El ciclo de apertura floral se extiende por 30-36 horas (Stout, 1933).

Grupo B: Se observa el patrón inverso: la apertura femenina se produce por la tarde y la masculina, a la mañana siguiente. El ciclo de apertura floral se extiende por 20-24 horas (Stout and Savage, 1925).

Traslape entre las aperturas femenina y masculina

En distintos cultivares se ha observado un traslape de las aperturas florales femenina y masculina en flores que presentan un ciclo floral regular. Este traslape es más común en cultivares del grupo A, que en los del grupo B. Además, en climas templados, hay una mayor duración del traslape entre las aperturas femenina y masculina. No obstante, sólo en algunos de estos estudios se hace referencia a la crítica ocurrencia de la liberación de polen. El traslape es efectivo, cuando están presentes simultáneamente, flores en estado masculino, con los sacos polínicos abiertos y flores femeninas. Esto permite una polinización cerrada dentro del mismo cultivar (Stout, 1923, 1925, 1933). En la irrigación Chavimochic se han realizado estudios previos acerca del hábito de la floración en el cultivar Hass, observándose un

traslape diario de aproximadamente 2 horas, restringiéndose el traslape efectivo a tan sólo media hora en el mejor de los casos (Yarita, 2009).

Interplantación de cultivares complementarios

A pesar de la existencia de un traslape de las flores femeninas y masculinas en el mismo cultivar se ha reportado que la presencia de un cultivar complementario incrementa el rendimiento (Stout and Savage, 1925). Reportes en Israel señalan que árboles de Hass, plantados cerca de Ettinger han mostrado producción considerablemente mayor (Degani y col. 1989, citados en Köhne, s/a); sin embargo, ensayos similares en Sudáfrica no han mostrado mayor incremento en la producción; atribuyen las diferencias al clima y a la presencia de flora que compite con el palto en cuanto a insectos polinizadores (Robbertse y col. 1996, citados por Köhne, s/a.).

La ventaja de plantar árboles de diferentes variedades, de manera intercalada, radica en la mayor oportunidad de polinización cruzada, lo cual incrementará el rendimiento del cultivo, en lugar de tener un solo bloque sin polinizantes. Desafortunadamente esto complica el manejo del huerto, la cosecha y además el cultivar interplantado tienen menor valor comercial (Schroeder y Hofshi, 2006).

Influencia de la temperatura

La apertura de flores está controlada por condiciones ambientales, en la que la temperatura sería el factor más importante. En condiciones de clima desfavorable el ritmo de floración puede ser totalmente alterado en ciertos días, ocurriendo que las flores no abran y así, excluyendo la posibilidad de polinización y cuaja (Robbertse y col. 1996, citados por Köhne, s/a.)

La dicogamia es menos sensible con temperaturas que varían entre 12-17°C noche y 28-33°C día (Schroeder, 1944, citado por Sil, 1997). Además, Gardiazabal y Rosenberg (1991), citados por Sil (1997) observaron

buen cuajado con temperaturas diurnas entre 23-27°C y temperaturas nocturnas superiores a 10°C. En los días con clima cálido (mayor a 20°C), empiezan las etapas de floración más temprano. Además, en días más fríos retrasan la apertura, posponiéndose las demás etapas. Hass inicia alrededor de las 6h y termina 16h, mientras que en días más fríos inician a las 10 ó 12h y terminan en la noche. Reed y Nabal muestran menor sensibilidad a los cambios de temperatura (Ish-Am, 2004). Con temperatura alta (28-33°C), el desarrollo reproductivo parece ser suprimido en favor del vegetativo, mostrando reducción en las dimensiones de las partes florales y anormal desarrollo del tubo polínico, lo que resulta en abscisión de flores y frutos jóvenes (Sedley, 1977, citado por Sil, 1997). Una elevación de la temperatura determina el incremento de la transpiración de las hojas cercanas al fruto y del fruto mismo, y la consiguiente pérdida de agua en los tejidos. Por otro lado, se sabe que la incidencia de temperaturas bajo los 10°C destaca como el principal factor adverso al proceso de polinización y cuaja.

Polinización

La polinización es el primer paso para la producción de fruto; ésta es seguida por el proceso de fertilización, incluyendo el crecimiento del tubo polínico en el pistilo y la fusión de las células germinativas. En la dicogamia, la condición del estigma cuando es alcanzado por el grano de polen, es un factor que determina si el tubo polínico crecerá. Parece claro que el estigma suele estar más receptivo a la polinización durante el primer periodo. Los cultivares A y B se diferencian por el tiempo de apertura floral, debiendo ser complementarios. Por ello se hace necesaria la existencia de dos variedades dentro de un mismo terreno para asegurar una adecuada polinización (Degani y col., 1986)

La necesidad de polinización no parece ser un factor limitante para el rendimiento en América central y Florida. Pero en regiones de clima mediterráneo como Israel, California y Sudáfrica, representa un factor

limitante. Además el bajo porcentaje de polinización cruzada es un significativo factor limitante para el rendimiento en aquellos países de clima mediterráneo. Esto podría deberse a falta de donadores de polen o en la baja eficiencia del insecto polinizador, en este caso la abeja. En resumen, para maximizar el rendimiento del cultivo de palto en regiones de clima mediterráneo se requiere suficiente polinización efectiva, lo cual demanda suficiente actividad de un polinizador y suficiente polinización cruzada, que depende de la presencia de suficientes donadores de polen (polinizantes) cercanos a Hass. Además, Arpaia y col. (2005), citados por Garner y col. (2008) señalan que los polinizadores incrementarían el rendimiento de plantas Hass adyacentes.

Autopolinización

La autopolinización se produce cuando el polen de una flor poliniza el pistilo de la misma flor. Ésta, sólo sería posible en la segunda apertura. Hay evidencia en algunas cultivares en las que la polinización no ha llegado a la formación de semillas (cultivares Fujikawa y Anaheim). En otros cultivares el polen que llega al estigma se detiene en el estilo y los tubos polínicos no alcanzan al óvulo (Whiley y col., 2007). El hecho de que los frutos maduros rara vez se desarrollen en ramas o árboles cubiertos con mallas protectoras, demuestra la ineffectividad de la autopolinización durante la apertura masculina de dichos cultivares. Sin embargo, en los trópicos y subtrópicos cálidos, se descubrió que los cultivares tropicales mantienen una fertilidad considerable durante la apertura masculina. Después de la polinización en la fase masculina, los tubos polínicos llegan al óvulo y producen cuaja inicial de frutos. Davenport, citado por Whiley y col. (2007) concluyó que este tipo de polinización era el más importante para la producción de paltos en Florida. Este autor sugirió que el éxito de la autopolinización está relacionado con la habilidad del estigma de mantener su color blanco durante la apertura masculina.

Polinización Cerrada

Este tipo de polinización se produce cuando hay traslape, post dehiscencia, entre flores de la misma variedad. Se ha sugerido también, que este tipo de polinización también podría producirse sin un traslape efectivo, mediante la acción de polinizadores que transporten el polen viable en su cuerpos. La mayoría de cultivos de palto son auto fértiles y los árboles pueden cuajar una cantidad adecuada de frutos cuando son cubiertos con mallas protectoras en presencia de abejas (Gazit y Degani, citados por Whiley y col., 2007).

La polinización cerrada depende además del porcentaje de “autotraslape” (dentro del árbol), mientras que la eficiencia en la polinización cruzada depende del traslape entre cultivares, la distancia entre ellos y la actividad de las abejas (Ish-Am y Eisikowitch, s/f; Ish-Am, 2004). La polinización cerrada es además la explicación para la abundancia de frutos autopolinizados (Hass x Hass) encontrados en huertos de palto. Es además la explicación favorita para la autopolinización por medio del viento de las flores masculinas. Ish Am (2004) señala que existe un “autotraslape” entre flores de un mismo cultivar que dura entre 1-3 horas. Existe néctar en las flores femeninas y masculinas sólo que los nectarios se intercalan. El comportamiento de la flor del palto evita autopolinización, permite polinización cerrada y facilita la polinización cruzada. La autopolinización ocurre no necesariamente con ayuda de insectos. Puede ser por el viento o espontánea debido a la gravedad.

Polinización cruzada

Stout (1923A), y Norody (1922), citados por Whiley y col. (2007), concluyeron que la polinización cruzada es necesaria para una mejor cuaja de frutos de palto. Por lo tanto se recomendó la interplantación (plantación intercalada) con cultivos de ambos grupos. Estos estudios fueron corroborados en climas mediterráneos; los árboles que crecían cerca de otros, de un grupo de floración complementaria tenían mayores

producciones que aquellos que crecen alejados de cultivares complementarios. Estos autores sugieren que en árboles cubiertos con mallas, sin oportunidad de polinización cruzada, la cuaja disminuyó de manera importante, pese a la larga e intensiva labor realizada por las abejas instaladas bajo la malla. Sin embargo, en estudios realizados en subtrópicos húmedos no encontraron ningún efecto beneficioso en los polinizantes. Por ejemplo, en las plantaciones de “Hass” en Sudáfrica: Johansmeier y Morudu (1999) citados por Whiley y col. (2007) no hallaron una correlación consistente entre este cultivar y la distancia del polinizante. En Australia, donde la producción de algunos bloques de monocultivo de “Fuerte” y “Hass” se mantienen con más de 23t/ha, la producción no aumentó al plantar polinizantes (Whiley y col., 2007).

El incremento de producción se debe a:

- a. Mayor porcentaje de polinización. Mayor porcentaje de flores polinizadas, a mayor número de granos de polen por estigma.
- b. La inherente superioridad del polen de los otros polinizantes, por sobre el polen de la propia flor.

‘Debilidades’ de Hass como polinizador

Guil y Gazit, citados por Whiley y col.,(2007), indicaron las ‘debilidades’ de Hass como polinizador: 1. Las condiciones climáticas no favorecerían un buen traslape de los estados florales. 2. El fruto producto de polinización cruzada tiene mayor posibilidad de llegar a ser cosechado.

Estudios llevados a cabo en Chile, acerca de la producción de Hass con diferentes combinaciones de polinizadores no mostraron diferencias. Ello indica que si no hay razón para usar polinizantes, se podría sembrar una sola variedad, incrementando la producción (Gandolfo y Gardiazabal, 1995)

Participación de insectos

En áreas (de procedencia europea) con clima mediterráneo las abejas hacen un trabajo adecuado y es el único insecto comercialmente disponible.

Todos los tipos de palto evolucionaron en climas subtropicales de América central, sus flores evolucionaron junto con los insectos propios de la localidad. Los principales polinizadores eran abejas meliponas y especies de avispas. El palto era producto de polinización y fertilización antes que se conozca el efecto partenocárpico (Ish-Am, 2004).

Se han hecho muchos trabajos para mejorar o incrementar el número de visitas de abejas/árbol sin lograr buenos resultados. Lo único que ha dado resultado es incrementar el número de colmenas por ha. (Por encima de 10 colmenas/h). Actualmente se está desarrollando una raza de abejas que prefieren al palto (Dag y col., citados por Whiley y col., 2007). Además, los abejorros son útiles en la polinización de palto por que cargan más polen, trabajan más: 20 flores/min y se les considera más eficientes para la polinización cruzada.

Competencia y selección entre frutos

En Israel se demostró también que había mayor caída de fruta inicial en frutos autopolinizados que en aquellos frutos producto de polinización cruzada (Gazit y Degani, citados por Gardiazabal y Gandolfo, 1995). Por lo tanto el porcentaje de frutos que son producto de polinización cruzada se incrementa durante el crecimiento de los frutos debido a la caída de aquellos procedentes de autopolinización. En la mayoría de casos el rendimiento disminuye con respecto a mayor distancia de Hass con el polinizante y menor porcentaje de polinización cruzada. El efecto de esta selección resulta por la competencia por recursos, entre frutos y entre el nuevo brote. En la mayoría de casos se encontró que los frutos que eran producto de polinización cruzada no sólo eran más fuertes sino más grandes que los autopolinizados. Estas observaciones fueron realizadas en cultivares Edranol, Zutano, Ettinger y Bacon (Gazit y col. 1990).

Según Blumenfeld y Gazit (1974) no se tenía información exacta sobre la caída de fruta en paltos. En palto Fuerte se ha observado hasta 3 picos de caída de fruta. La primera ocurre durante los 10 primeros días después de cuajado; la segunda durante el siguiente mes y existe una

tercera caída. Según Tapia (1993), citado por Sil (1997) indica que la caída de fruta se da mayormente un mes después del inicio de la floración. La segunda caída está asociada con el brotamiento, resultando en una competencia en el ciclo de crecimiento por las reservas del árbol. Por ello, el uso del Paclobutrazol ha resultado útil en nuestras condiciones ambientales, al frenar el crecimiento vegetativo, evitando así la competencia entre los frutos recién cuajados y el brote en desarrollo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

3.1.1. Ubicación

El estudio se llevó a cabo en la empresa Hass Perú S.A., ubicada en el Km. 493 de la Panamericana norte, distrito de Chao, provincia de Virú, departamento de La Libertad. El fundo limita con otras empresas agro exportadoras destinados a la producción de paltos, tanto al norte como al sur; por el este, limita con el canal madre de Chavimochic y por el oeste con la carretera Panamericana norte.

3.1.2. Características de la plantación

El fundo tiene 310 ha. sembradas, distribuidas en 5 módulos y 135 lotes (Anexo 1). La edad promedio de las plantas es de 3.5 años. Se trata de un monocultivo irrigado por el sistema de goteo; la altura de planta promedio se encuentra alrededor de los 2.5 m., injertadas sobre patrón Zutano. El tipo de estructura predominante en los árboles a evaluar es de eje principal. El distanciamiento entre plantas es de 3.5 m y entre hileras es 7 m.

Las principales variedades cultivadas son: Hass (94% aprox.), Zutano y Edranol (6%). Los polinizantes se encuentran distribuidos cada 2 hileras, intercalándose Zutano y Edranol cada 6 plantas en forma de rombo. (Figura 1)

Figura 1. Vista panorámica del Fundo Hass Perú S.A.



3.1.3. Climatología

Los datos climatológicos fueron obtenidos por medio de la estación meteorológica del fundo. Presenta fluctuaciones de temperatura entre los 18-31 ° C en meses de verano y entre 14-25 ° C en meses de invierno. El porcentaje de humedad relativa mínima puede llegar hasta 40% en meses de verano y 70% en invierno. La radiación solar en meses de verano puede pasar los 1000 watts/m² alrededor de las 2 p.m., mientras que en invierno fluctúa entre 300-400 watts/m² a la misma hora. Por otro lado, la velocidad de viento puede alcanzar los 10 km/h. promedio, alrededor de la 1pm, en dirección nor-oeste. (Anexos 3, 4, 5, 6 y 7)

3.2. PROCEDIMIENTO

3.2.1. Elección del lote y marcado de plantas

Se procedió a elegir un lote de 3 ha., con distribución regular de polinizantes, tanto Zutano como Edranol (Anexo 2). Se ubicaron en un croquis 20 polinizantes (10 árboles Zutano y 10 árboles Edranol) y se marcaron los árboles Hass aledaños a éstos, a 3.5 m. de distancia. Además, se marcaron 10 plantas Hass alejadas de los polinizantes, a 12.5 m. de distancia. Los tratamientos fueron los que se detallan a continuación y las repeticiones fueron 10 árboles de cada grupo.

Tratamiento 1: Hass aledaña a Edranol (3.5m.)

Tratamiento 2: Hass aledaña a Zutano (3.5m.)

Tratamiento 3: Hass alejada de polinizantes (12.5m.)

TESTIGO

3.2.2. Evaluación de fenología del cultivo de palto

Se evaluaron los principales eventos fenológicos tales como brotamiento y floración, en las variedades Hass, Zutano y Edranol. La evaluación se realizó una vez por semana, durante el tiempo que se llevó a cabo el trabajo de investigación. Para ello, se evaluaron 30 plantas de palto Hass y 10 plantas de cada polinizante (Zutano y Edranol). Se anotó en la cartilla de evaluación la incidencia de plantas con flores o brotes, anotando "1" si el árbol presenta brotes o flores y "0", si carece de éstos. Los resultados se presentan en base a porcentaje de árboles con flores y brotes, comparando las tres variedades, de modo que podamos establecer si hay coincidencia en cuanto a brotamiento y floración entre las tres variedades para asegurar un buen traslape en ambos cultivares. Se registraron también los momentos de mayor caída de fruta, con respecto a la fenología del árbol.

3.2.3. Instalacion de casetas de malla antiáfida

En el mismo lote se colocaron casetas, elaboradas con malla antiáfida dentro de las cuales se ubicaron dos plantas, como se detalla a continuación (Cuadro 1, Figuras 2 y 3). Las casetas tuvieron el propósito de excluir polen del cultivar complementario en el caso de las casetas 5 y 6 (para asegurar una polinización de tipo cerrada o autopolinización. En el caso de las casetas 1, 2, 3, 4 se quería incrementar la posibilidad de polinización cruzada (Por la presencia del polinizante). La caseta 7 fue testigo, en ausencia de insectos polinizadores. Se realizó el mismo procedimiento utilizado para el caso de polinización abierta y se evaluó el porcentaje de cuajado en cada una de las casetas.

Cuadro 1. Casetas ubicadas en el lote A015 para comprobar el efecto de polinizantes y polinizadores en el rendimiento de palto. Hass Perú S.A. Chao, 2010.

Casetas	Planta 1	Planta 2	Insectos
1	Hass	Edranol	Abejas
2	Hass	Edranol	Moscas
3	Hass	Zutano	Abejas
4	Hass	Zutano	Moscas
5	Hass	Hass	Abejas
6	Hass	Hass	Moscas
7	Hass	Edranol	-----

Figura 2. Caseta de malla antiáfida instalada en el lote A015 para observar frutos de polinización cerrada. Chao, Virú, La Libertad, 2010.



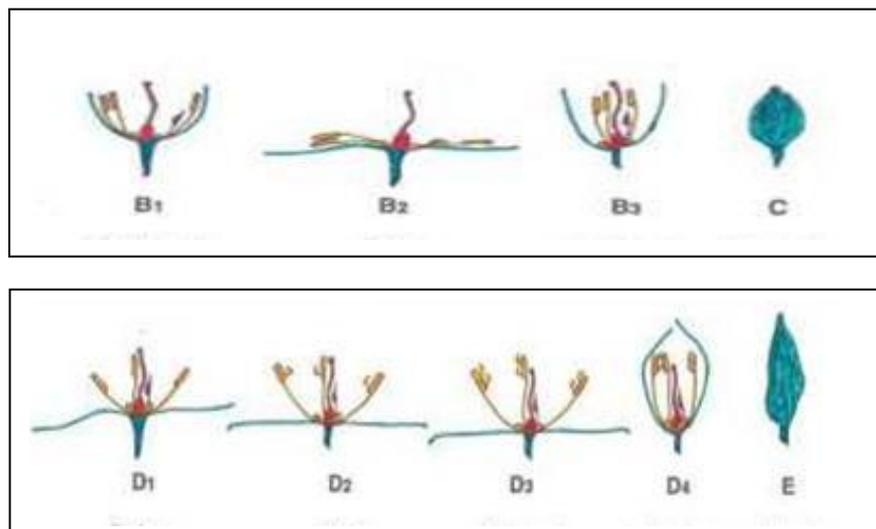
Figura 3. Interior de caseta, con dos cultivares complementarios para ensayo de polinización. Chao, Virú, La Libertad, 2010.



3.2.4. Evaluación de hábito de floración y estados florales

Se evaluaron dos árboles de palto Hass y un árbol de cada polinizante, ubicados en el lote A015. Por cada árbol evaluado se marcaron cuatro inflorescencias, en las cuales se contó el número de flores abiertas tanto femeninas como masculinas desde las 7 hasta las 16 horas a intervalos de 1 hora; a partir de las 11 se evaluó cada media hora, hasta las 15 horas. Se describe el comportamiento floral de cada variedad y se registró el tiempo de traslape entre Hass y los polinizantes y entre flores de la misma variedad (auto-traslape). Además, se marcaron flores individuales: 10 Hass y 5 de cada polinizante y se evaluó la secuencia de apertura de estados florales, según el esquema propuesto por Gad Ish- Am (Figura 4), anotando el estado floral y la hora en la que se muestra cada uno. Esta evaluación se realizó dos veces por semana.

Figura 4. Secuencia de estados florales propuesta por Gad Ish-Am. (2004), donde B= apertura como flor femenina y D= apertura masculina



3.2.5. Evaluación de la actividad de abejas

Se marcaron 6 plantas Hass: dos plantas aledañas a Zutano, 2 plantas aledañas a Edranol y dos plantas alejadas de ambos polinizantes. Se procedió a contar el número de abejas de cada árbol en intervalos de una hora. Además se comparó la actividad de abejas en Hass, con la actividad de abejas en los polinizantes. El objetivo de esta evaluación fue verificar si en los árboles aledaños a los polinizantes hay mayor número de abejas, que representaría mayor oportunidad para la polinización.

3.2.6. Evaluación del potencial productivo

Se recogieron semanalmente las flores y yemas que caen sobre un plástico previamente colocado debajo de 30 árboles (Figuras 5 y 6). La distribución de plantas se muestra en el Anexo 2. Para ello, se podaron las ramas del árbol en evaluación y aquellas ramas de árboles adyacentes que interfirieran con el estudio. Se pesaron las flores recogidas y en base al peso se obtuvo el número de flores recogidas semanalmente, considerando que 1g contenía 55.33 flores. Además se sumaron el total de frutos caídos y retenidos en el árbol. La suma de flores caídas y frutos tanto caídos como retenidos constituyen el potencial reproductivo de cada árbol, como se muestra a continuación:

$$\text{Potencial productivo} = \text{Flores caídas} + \text{frutos (caídos + retenidos)}$$

Figura 5. Plástico colocado bajo el árbol para evaluación de caída de flores y frutos. Chao, Virú, La Libertad, 2010.



Figura 6. Recojo de flores y frutos en palto Hass. Chao, Virú, La Libertad, 2010.



El objetivo de evaluar el potencial productivo fue determinar si existía alguna relación entre el número de flores producidas por un árbol y el número de frutos cuajados, y finalmente cosechados. Al existir mayor número de flores en alguno de los tratamientos, esto representaría una ventaja para tener mayor número de frutos cuajados y cosechados ya que cada flor es un fruto en potencia.

3.2.7. Evaluación de frutos cuajados y retenidos (cosechados)

Se recogieron los frutos caídos, a partir de 0.8 cm de longitud y se sumaron semanalmente igual que en el caso anterior. Además se contaron los frutos retenidos en el árbol; la suma de ambos será igual al total de frutos cuajados por árbol.

El porcentaje de frutos cuajados se obtuvo como se señala a continuación:

$$= \frac{\text{Total de frutos (caídos + retenidos)}}{\text{Potencial productivo}} \times 100$$

El porcentaje de frutos retenidos se calcula como se muestra a continuación:

$$= \frac{\text{Frutos retenidos}}{\text{Total de frutos (caídos + retenidos)}} \times 100$$

El objetivo de esta evaluación fue determinar la influencia de los polinizantes directamente sobre el cuajado, y la relación que existe con los frutos cosechados mediante el porcentaje de retención. La polinización cruzada influye no solo sobre el número de frutos cuajados, sino también sobre los frutos retenidos (cosechados). Sin embargo la caída de frutos puede estar influenciada por otros factores.

3.2.8. Evaluación de frutos caídos

Se marcó un determinado número de frutos, proporcional a lo hallado en el árbol, durante 7 semanas, del 14 de octubre hasta el 25 de noviembre de 2010. A éstos frutos se les hizo seguimiento del desarrollo desde 1cm (Figura 7) hasta la cosecha y a la vez se anotó el número de frutos caídos semanalmente (Figura 8). Se comparó el porcentaje de caída de fruta en los diferentes tratamientos en diferentes épocas de cuajado.

El objetivo de evaluar la caída de frutos fue observar si los árboles alejados del polinizante presentan mayor número de frutos caídos y por lo tanto menor porcentaje de retención. Por otro lado, se observó diferencias en cuanto a caída según la época de cuajado.

3.2.9. Forma y peso de los frutos

Se cosecharon los frutos y se tomaron medidas de longitud, diámetro, y peso de éstos (Figura 9 y 10). Se calculó el índice de redondez (dividiendo el diámetro y largo del fruto), separando los frutos por etapa de cuajado. Se evaluaron todos los frutos del árbol. Se consideraron también frutos de la floración atrasada, de los meses de febrero y marzo. El objetivo de esta evaluación fue determinar si existen diferencias morfológicas entre los frutos de los tres tratamientos, por el hecho de que procederían de un polen distinto. Teóricamente los frutos híbridos son más grandes que los autopolinizados.

3.2.10. Análisis estadístico

Para el análisis de datos se utilizó el Diseño Completamente Aleatorizado (D.C.A.) con transformación de datos por raíz cuadrada (Castañeda, 2009). Los parámetros de evaluación fueron:

- 1 .Potencial productivo
2. Número de frutos cuajados
3. Número de frutos cosechados
4. Peso promedio de frutos/árbol.

El ensayo consta de 3 tratamientos y 10 repeticiones (árboles):

T1: Plantas Hass aledañas a Edranol

T2: Plantas Hass aledañas a Zutano

T3: Plantas Hass alejadas del polinizante

Figura 7. Frutos de tamaño ideal para mercado (0.8cm). Chao, Virú, La Libertad, 2010.



Figura 8. Caída de frutos de palto (Recogidos y clasificados). Chao, Virú, La Libertad, 2010.



Figura 9. Cosecha de frutos de palto Hass en jabas marcadas. Chao, Virú, La Libertad, 2010.



Figura 10. Medida y peso de frutosde palto Hass por cada árbol. Chao, Virú, La Libertad, 2010.



IV. RESULTADOS

4.1. Potencial productivo

En el cuadro 2 se muestran los datos del potencial productivo en plantas de palto Hass de 4 años de edad. Se entiende por potencial reproductivo la suma de las estructuras reproductivas, tales como flores (frutos potenciales), frutos cuajados, caídos y cosechados por planta. El promedio sobrepasa las 300 mil flores por árbol, sin embargo, esta cifra no coincide con información de otros países donde se habla de uno a dos millones de flores por árbol (Araya, 1996; Garner y Lovatt, 2008).

En el análisis de varianza mostrado en el cuadro 3 observamos que para la fuente de variación potencial reproductivo en plantas cercanas y alejadas del polinizante existen diferencias significativas, es decir se acepta la hipótesis de que al menos dos de los tratamientos presentan efectos significativamente diferentes. Se observa también que el coeficiente de variación resultó 17.6% que para la variable que se está investigando resulta confiable y confirma la validez de la conducción del experimento.

En el cuadro 4, al realizar la prueba de significancia de Duncan se observó que las plantas del segundo tratamiento presentaban menor potencial productivo, mientras que entre los tratamientos 1 y 3 no había diferencias significativas.

Degani y col. (1986) indican que un árbol de palto tiene aproximadamente 1 millón de flores pero sólo retiene unos pocos cientos; además, consideran que la selección genética es responsable de la caída de frutos recién cuajados. Por otro lado, Garner y Lovatt (2008) señalan que a pesar de la abundante floración de Hass, los rendimientos son bajos a consecuencia de la excesiva caída de flores y frutos. El promedio de las plantas Hass, aledañas a

Zutano tuvo el promedio más bajo en cuanto a potencial reproductivo y también el coeficiente de variación más alto entre plantas. Según este dato las plantas del segundo tratamiento (aledañas a Zutano) estarían en desventaja frente a los otros tratamientos si consideramos que cada flor es un fruto en potencia; sin embargo, es posible que no exista una correlación positiva entre el número de estructuras reproductivas y el total de frutos que llegan a la cosecha, debido a que mientras más flores se producen, habrá más competencia entre éstas y también entre frutos. Además, a mayor cuajado inicial, habrá también más caída de frutos pequeños.

En otros países como Chile, se considera a la floración escasa como un factor limitante para la producción. Sin embargo, con nuestras condiciones climáticas benéficas, que favorecen la floración de un 90% de la copa del árbol durante la floración principal, se esperaría un mejor cuajado. Es decir que para nuestra zona en estudio la floración no es un factor limitante para la producción.

Garner y Lovatt (2008) señalan también que la gran cantidad de flores producidas durante el año de alta producción, da lugar a abundante caída de flores y frutos, lo cual demuestra que el rendimiento final no está influenciado por el potencial reproductivo del árbol a inicios de campaña. Los mismos autores señalan que a pesar de haber un gran potencial reproductivo, se presentan siempre problemas en la producción, como polinización deficiente que conlleva a una mala fecundación y pobre cuajado. Esto sumado a la abundante caída durante los primeros meses, ya sea por selección genética como por competencia, resulta en un bajo rendimiento, aún en huertos saludables y bien manejados.

Cuadro 2. Potencial reproductivo en plantas de palto Hass, aledañas y alejadas del polinizante. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010

N°	T1. Aledañas a Edranol	T2. Aledañas a Zutano	T3. Alejadas de Polinizantes
1	383322	345027	332473
2	302368	338381	368816
3	342933	383835	309457
4	415739	229989	356661
5	510944	251533	437461
6	410584	348859	254670
7	458416	288970	347412
8	389971	261909	443723
9	290760	344620	428748
10	373292	219189	360140
PROMEDIO	387832.9	301231.0	363956.1
D. St.	67011.1	57970.8	59845.6
CV.%	17.3%	19.2%	16.4%

Cuadro 3. Análisis de varianza para el Potencial reproductivo del cultivo de palto Hass, en tres tratamientos

RESUMEN				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1. Aledañas a Edranol	10	3878328.7	387832.9	4490491214.5
T2. Aledañas a Zutano	10	3012310.5	301231.0	3360610741.0
T3. Alejadas de polinizantes	10	3639561.2	363956.1	3581495007.0
				351006.7

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL POTENCIAL REPRODUCTIVO, POR TRATAMIENTOS

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>Prom. Cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	40014696945	2	20007348472	5.250	0.012	3.354
Dentro de los grupos	1.02893E+11	27	3810865654			
Total	1.42908E+11	29				

EXISTEN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE TRATAMIENTOS

Cuadro 4. Prueba de significancia de Duncan para el Potencial reproductivo del cultivo de palto, realizada con el programa estadístico Spss. 20.

POTENCIAL REPRODUCTIVO

Duncan

TRATAMIENTOS	N	Subset	
		1	2
T2	10	301231,4000	
T3	10		363956,1000
T1	10		387842,9000
Sig.		1,000	,395

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 3810767404,600.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

b. Alpha = 0.05.

Actividad de insectos

La polinización deficiente, ocasionada por la escasa actividad de insectos, es una de las causas de que aunque hayan abundantes flores, se presentan a menudo bajos rendimientos.

En las figuras 11 (A, B y C) se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de actividad de abejas en los tres cultivares presentes en el fundo Hass Perú. La actividad varía de acuerdo a los meses de evaluación, lo cual está relacionado con el porcentaje de flores abiertas en cada cultivar. En el caso de Hass, se registró baja actividad de abejas, con un promedio de una abeja/árbol durante los meses de floración. Los polinizantes Zutano y Edranol muestran mayor actividad, en comparación a Hass, con un promedio de cinco abejas/árbol. En Edranol se llegó a registrar un promedio de 10 abejas/ árbol en horas de la mañana durante el mes de setiembre.

Se ha observado que en días con alta radiación, sobre los 700 watts/m² hay mayor actividad; sin embargo, la actividad de las abejas está más relacionada con la cantidad de flores abiertas disponibles en el árbol que con la temperatura o radiación solar alta. Esto a su vez, se relaciona con la disponibilidad de alimento para las abejas; por la misma razón observamos mayor número de abejas en el polinizante, donde el contenido de azúcares en el néctar es mayor (Degani y col., 1997).

La figura 12, muestra que las plantas Hass aledañas al polinizante tienen mayor número de abejas, comparado con las que se encuentran lejos de éste. Esta podría ser la razón por la cual muchos autores señalan que las plantas aledañas a los polinizantes presentan mayor rendimiento en comparación a las que se encuentran alejadas. Al haber mayor número de abejas hay mayor posibilidad de polinización, fecundación y por ende, mayor número de frutos. El polinizante funcionaría como una planta trampa para atraer abejas en horas de la mañana, cuando las preferencias alimenticias son bastante notorias y las flores de Hass se hallan en estado

femenino (siendo aún menos atractiva para la abeja). Por otro lado no se debe descartar la función del polen perteneciente a otra variedad, que le conferiría mayores posibilidades de retención con respecto a la autopolinización. Según Ish-Am (s/a), en la mayoría de cultivares en Israel, la polinización cruzada, principalmente por un cultivar “potente” tiene mejor oportunidad de efectuar fertilización y cuajado que una polinización cerrada (autopolinización). Señala además que la eficiencia de la polinización depende de la densidad de abejas en la floración. Por su parte Köhne (s/a) indica que un alto número de abejas es más importante o beneficioso que las variedades donadoras de polen. En Sudáfrica, se requieren 5 abejas/20 inflorescencias (m²) para lograr una buena polinización. Este registro no coincide con lo encontrado en este estudio, donde los registros de número de abejas por árbol en la variedad Hass fueron menores a 1 abeja por árbol; sin embargo el rendimiento promedio fue de 12 t/ha al cuarto año de producción, con plantas de cinco años de edad. Debe aclararse que además de abejas deben existir muchos otros insectos silvestres cuya actividad no ha sido cuantificada.

Ish-Am y Eisikowitch (s/a) señalan que durante la floración temprana no se presenta mucha visita de insectos. Encontraron que el cuajado sólo ocurre cuando se incrementa la actividad de las abejas (más de 20/árbol). Hallaron correlación positiva entre la densidad de abejas y el porcentaje de polinización y rendimiento, lo cual enfatiza la dependencia de la polinización del palto, cuajado y rendimiento con respecto a las abejas y la importancia de un alto porcentaje de polinización para el cuajado de fruta. Además, realizaron un experimento donde registraron que con menos de 5 abejas por árbol, encontraban de 1-3 granos de polen por estigma, mientras que con más de 20 abejas se encontraron más de 7 granos de polen por estigma en plantas Hass cercanas al polinizante. El porcentaje de polinización incrementó notablemente al incrementar el número de abejas por árbol, tanto para la polinización cruzada y la

autopolinización. Al alejarse del polinizante, disminuía el porcentaje de polinización cruzada y el número de granos de polen por estigma era igual que cuando habían sólo 5 abejas por árbol. En realidad, lo que acá se demuestra es que la actividad de las abejas se restringe a la cercanía de Hass con respecto al polinizante. El incremento del número de abejas, también influye en mayor autopolinización, incluso más que para la polinización cruzada. Por tanto, una planta aledaña a un polinizante tendrá mayor número de frutos cuajados, producto de la actividad de abejas.

Al notarse que las abejas muestran predilección por las flores de los polinizantes en lugar del cultivar Hass, habrá mayor posibilidad de que se efectúe polinización cruzada entre éstos, ya que de todas maneras las abejas visitarán las flores de Hass cuando las flores del polinizante se cierren o se encuentren en estado femenino. En ese sentido, las plantas que se encuentran al lado de los polinizantes tendrán mayor oportunidad de polinización y por lo tanto mayor número de frutos cuajados.

Figura 11. Actividad de abejas en cultivo de palto, por planta (A) Hass (B) Zutano y (C) Edranol

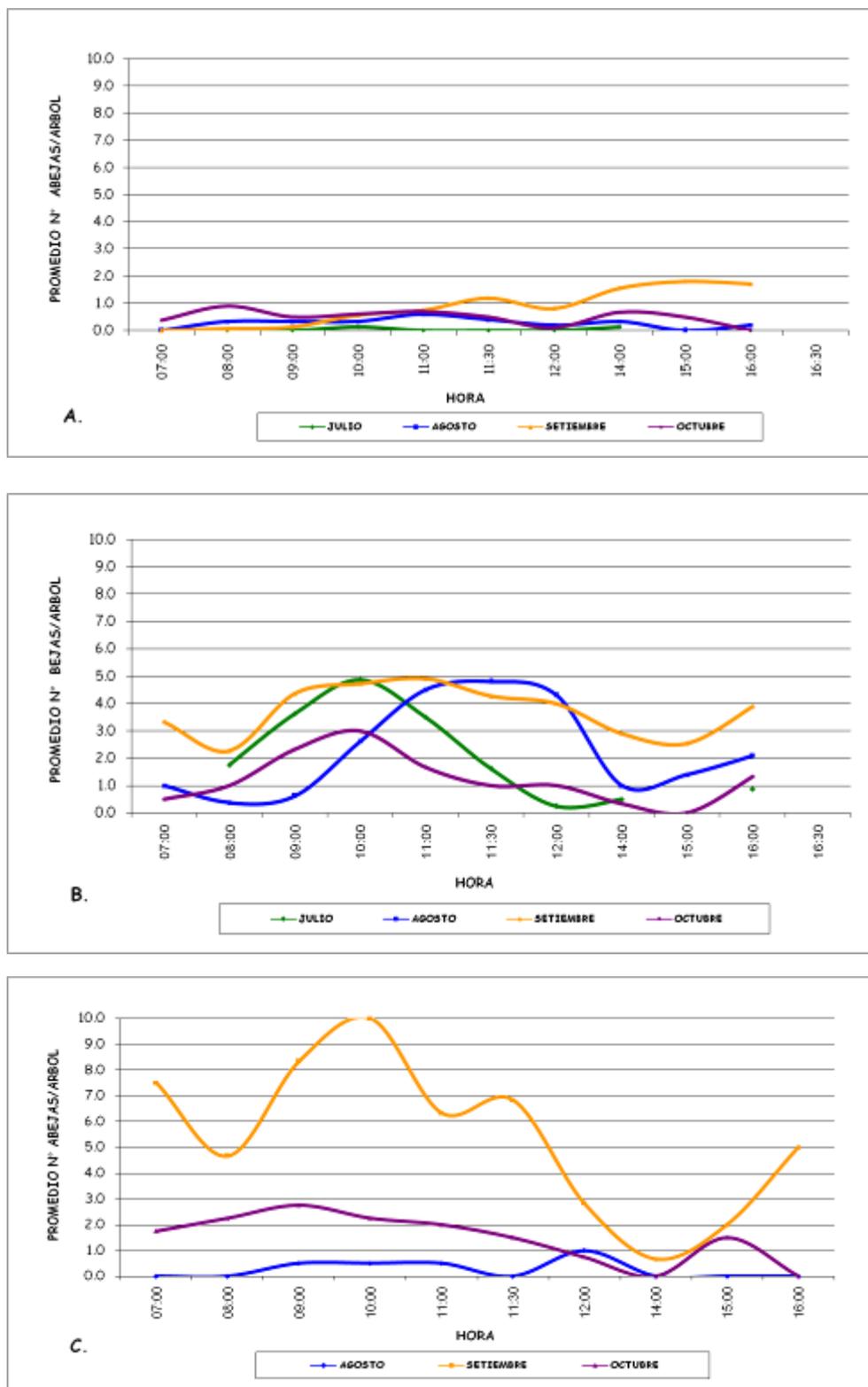
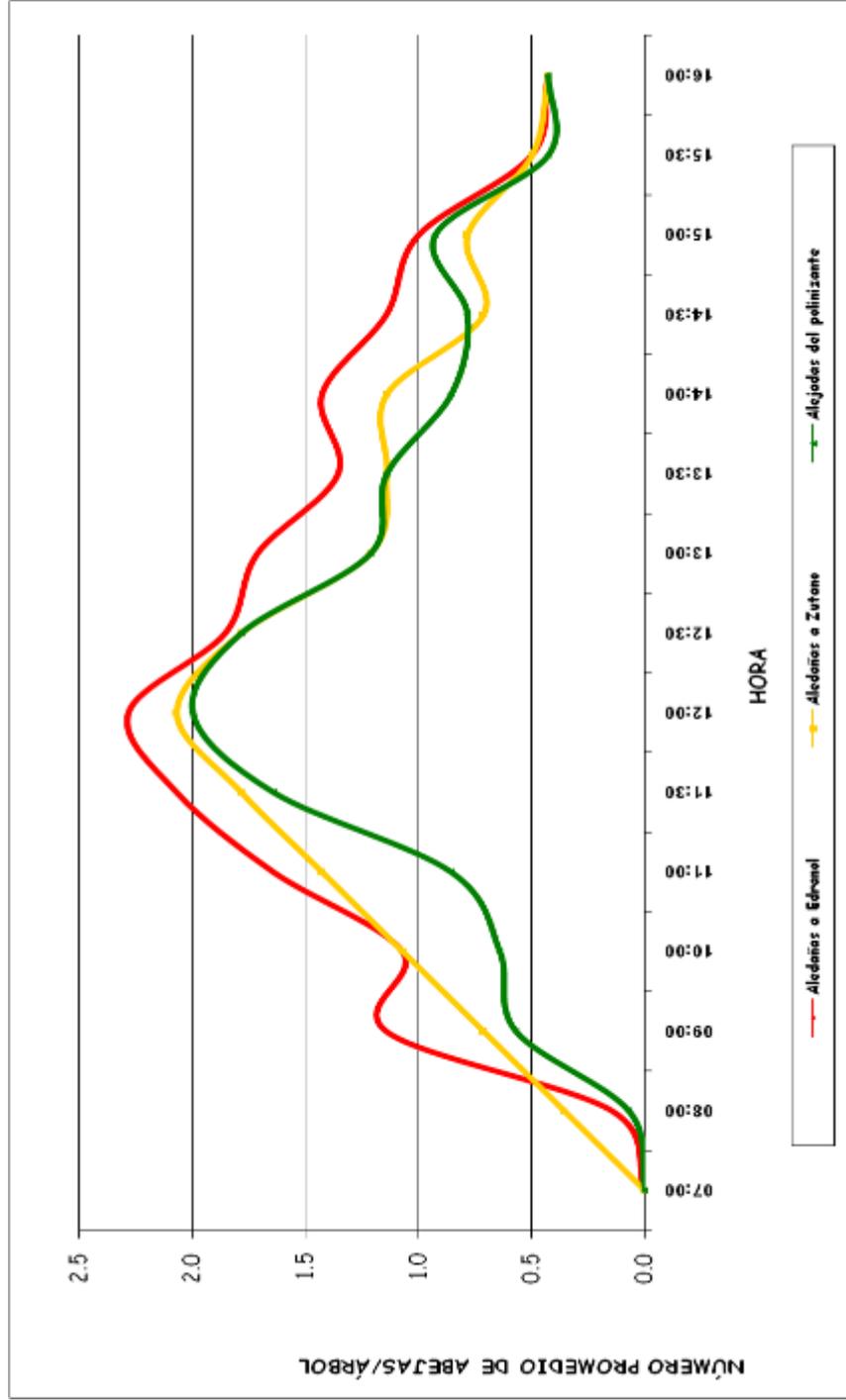


Figura 12. Número de abejas en árboles de palto var. Hass aledañas a polinizantes vs testigo (alejadas). Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009.



La actividad de abejas y su relación con la polinización cruzada:

En Hass Perú se ha llegado a demostrar que no hay cuajado sin la presencia de insectos polinizadores. El principal insecto polinizador es la abeja melífera (*Apis mellifera*). Este insecto presenta actividad promedio desde las 7 am hasta las 5pm y visita principalmente flores de palto, verdolaga, girasol, albahaca, tara y huaranguillo. A pesar de que el origen de la abeja es europeo y el palto americano, el insecto ha llegado a desarrollar un hábito que coincide con la dicogamia del palto; en ese sentido, su comportamiento incrementaría la polinización cruzada.

En horas de la mañana encontramos abejas en las variedades Zutano y Edranol, mientras que alrededor de las 10 am incrementan las abejas en Hass. Esto está relacionado con los momentos de dehiscencia. Aparentemente, las abejas cambian de cultivar, en busca de alimento con lo que incrementa la polinización cruzada.

Además, las abejas que visitan flores masculinas de Hass, en horas de la tarde, ingresan a su colmena y salen al día siguiente para visitar flores femeninas, con lo cual incrementan también el cuajado por polinización cerrada. Esto es posible, ya que el polen está aún viable.

Al mostrar preferencias por el polinizante se ha demostrado también que hay mayor número de abejas en las plantas de palto Hass aledañas a los polinizantes, con lo cual incrementa también la producción.

Ish-Am (2004) indica que la eficiencia de la polinización cruzada depende del traslape floral entre cultivares complementarios, la distancia entre ellos y la actividad de abejas. Ish-Am y Eisikowitch (s/f) demostraron que la actividad de abejas se restringe a la cercanía del polinizante con respecto a Hass; encontraron que la presencia de éstas contribuye también al incremento de la polinización cerrada. Hallaron correlación positiva entre las densidad de abejas tanto para el porcentaje de polinización y rendimiento, lo cual enfatiza la

dependencia de la polinización del palto, cuajado y rendimiento con respecto a las abejas.

Gafni (1984), citado por Goldring y col. (1987), señala también que es posible que aunque las abejas que trabajan en Ettinger visiten sólo flores del Hass adyacente, el intercambio que realizan en la colmena sería el responsable de la diseminación de la polinización cruzada en todo el campo.

4.2. Frutos cuajados y retenidos

En el cuadro 5 se registró el total de frutos cuajados por planta en árboles aledaños y alejados de los polinizantes. El promedio de frutos cuajados para las plantas aledañas a Edranol fue 1802, en las plantas aledañas a Zutano fue 1650 y en las plantas más alejadas de los polinizantes fue 1444. Es decir, en plantas aledañas a los polinizantes hubo 20% más de frutos cuajados en comparación con las plantas más alejadas del polinizante y con menor actividad de abejas.

Las plantas aledañas a Zutano, a pesar de haber tenido el potencial reproductivo más bajo entre los tres tratamientos, no mostraron el promedio más bajo de cuajado, con alto coeficiente de variabilidad. Del total de plantas evaluadas, el 70% tuvieron entre 1000 y 4000 frutos cuajados, el 23% tuvieron menos de 1000 frutos y sólo el 7% tuvo más de 4000 frutos cuajados. Los árboles con menor número de frutos cuajados estuvieron en el tratamiento 3, en plantas Hass alejadas de los polinizantes. Esto podría deberse a que el número de abejas evaluado para este tratamiento fue menor, comparado con los 2 primeros; además, se halló un coeficiente de correlación positivo pero bastante bajo (0.12) lo cual indica que las variables: potencial productivo y número de frutos cuajados no están relacionados. Por lo tanto, el cuajado estaría más relacionado con la presencia de insectos polinizadores que con el potencial reproductivo del árbol.

En el análisis de varianza del cuadro 6 observamos que para la fuente de variación número de frutos cuajados en los diferentes tratamientos, no existen diferencias significativas. El coeficiente de variación resultó 66.4% que para la variable que se está investigando no resulta confiable, por lo que se realizó transformación de datos con raíz cuadrada, obteniendo un coeficiente de variación de 35%, que resultó confiable y confirma la validez de la conducción del experimento. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de que al menos dos de los tratamientos presenten efectos significativamente diferentes. Además, la Prueba de significancia de Duncan, mostrado en el cuadro 7, nos confirma que todos los tratamientos son estadísticamente iguales.

Al calcular el porcentaje de frutos cuajados con respecto al potencial reproductivo, se observó mayor porcentaje de frutos cuajados en el tratamiento 2 (Hass aledañas a Zutano), seguido por el tratamiento 1 (Hass aledañas a Edranol) y finalmente las plantas Hass alejadas de los polinizantes.

Al observar los porcentajes más bajos de cuajado en el tratamiento 3, llama la atención que se trata de plantas con promedio de 350 mil estructuras reproductivas y además el coeficiente de correlación entre el porcentaje de frutos cuajados y el potencial reproductivo es negativo, lo cual indica que hay una relación inversa. Sin embargo el bajo valor $r = -0.14$ nos confirma una floración abundante no necesariamente garantiza una cosecha abundante. Al parecer el árbol trata de compensar las estructuras reproductivas perdidas con mayor retención en las inflorescencias restantes y viceversa. Se ha observado que cuando en una campaña no hay suficientes frutos cuajados, la floración siguiente (considerada en nuestra zona como la flor tardía) es abundante y cuaja mayor cantidad de frutos comparado con una campaña de primavera de buen rendimiento

Cuadro 5. Número de frutos cuajados en plantas de palto Hass, aledañas y alejadas del polinizante. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.

N°	T1. Aledañas a Edranol	T2. Aledañas a Zutano	T3. Alejadas de Polinizantes
1	1728	3229	1776
2	768	1801	1549
3	4254	1205	541
4	600	1725	218
5	1390	973	2292
6	1120	2460	1822
7	717	1607	184
8	4525	1322	997
9	1022	1856	2242
10	1897	321	2823
PROMEDIO	1802.1	1649.9	1444.4
D. St.	1428.9	799.5	920.6
CV.%	79.3%	48.5%	63.7%

Cuadro 6. Análisis de varianza para el Número de frutos cuajados en cultivo de palto Hass, en tres tratamientos

RESUMEN				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1. Aledañas a Edranol	10	399.3	39.9	230.6
T2. Aledañas a Zutano	10	393.7	39.4	110.6
T3. Alejadas de polinizantes	10	355.7	35.6	199.0
			38.3	

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>Prom. Cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	112.7	2	56.3	0.313	0.734	3.354
Dentro de los grupos	4862.5	27	180.1			
Total	4975.1	29				

NO EXISTEN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE TRATAMIENTOS

Cuadro 7. Prueba de significancia de Duncan para el Número de frutos cuajados en cultivo de palto, realizada con el programa estadístico Spss. 20.

F.CUAJADOS

Duncan

TRATAMIENTOS	N	Subset
		1
T3	10	1444,4000
T2	10	1649,9000
T1	10	1802,1000
Sig.		,494

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1176140,452.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

b. Alpha = 0.05.

Cuajado en árboles colocados dentro de casetas

Se encontró que los árboles colocados dentro de casetas llegaron a tener frutos cuajados, inclusive aquellos que no tenían polinizante. Con esto se comprueba que para nuestra zona de cultivo el polinizante no es indispensable para el cuajado de frutos.

En el cuadro 8 se presentan resultados del número de frutos cuajados en árboles con y sin posibilidades de polinización cruzada. El potencial reproductivo promedio fue de aproximadamente 280 mil flores por árbol, mientras que el promedio de frutos cuajados por árbol fue de 228. Cabe aclarar que no se tomó en cuenta la fruta caída, ya que desafortunadamente pocos frutos quedaron en el árbol hasta el momento de la cosecha. Además, la eficiencia de los insectos se mide con los frutos cuajados, no con los frutos cosechados.

No se observaron diferencias notorias entre el número de frutos cuajados en plantas que tuvieron como polinizante otra planta Hass (casetas 5 y 6, sin posibilidad de polinización cruzada), con respecto a aquellas que tuvieron como polinizante un cultivar complementario (casetas 1, 2, 3 y 4). Sin embargo, en la caseta 7, donde no hubo insectos polinizadores, no se registraron frutos cuajados. Esto demuestra la ineffectividad de la autopolinización durante la apertura masculina del cultivar Hass. En las observaciones realizadas por Stout (1933) en árboles cubiertos con mallas, sin oportunidad de polinización cruzada, la cuaja disminuyó de manera importante, pese a la larga e intensiva labor realizada por las abejas instaladas bajo la malla.

Observaciones realizadas en Hass Perú, en campañas pasadas, mostraron que los frutos autopolinizados (de polinización cerrada) no mostraban diferencias morfológicas, ni menor retención o mayor caída con respecto a los frutos que tenían posibilidades de haber sido polinizados por los cultivares complementarios. Además, se encontró mayor rendimiento en la planta polinizada por Hass, comparada con la planta que posiblemente fue polinizada por Zutano

o Edranol. Obviamente la retención final está condicionada por muchos factores tales como el número de frutos, el vigor del árbol, la producción en la campaña pasada, etc. por lo que es difícil señalar al polinizante o a la polinización cruzada como responsable de un rendimiento óptimo. Por otro lado sería necesario repetir las observaciones en diferentes campañas y hacer varias repeticiones para realizar el análisis respectivo.

Debe señalarse, que al colocar una planta Hass con un cultivar tipo B incrementamos las posibilidades de que la progenie de Hass sea producto de polinización cruzada, mas no podemos estar absolutamente seguros de ello. Tampoco podemos saber qué porcentaje de frutos cuajados provienen de polinización cruzada o autopolinización. Para ello se deben hacer ensayos específicos para determinar la procedencia del polen responsable de la fecundación.

Stout (1923) y Norody en 1922, citado por Whiley (2007) concluyeron que la polinización cruzada es necesaria para una mejor cuaja de frutos de palto. Por lo tanto se recomendó la interplantación (plantación intercalada) con cultivos de ambos grupos en base a estudios realizados en California y Florida. Estos estudios fueron corroborados en climas mediterráneos; los árboles que crecían cerca de otros, de un grupo de floración complementaria tenían mayores producciones que aquellos que crecían alejados de cultivares complementarios. Sin embargo, estudios realizados en subtrópicos húmedos no encontraron ningún efecto beneficioso en los polinizantes. En las plantaciones de palto Hass en Sudáfrica, Johansmeier y Morudu (1999), citados por Whiley (2007), no hallaron una correlación consistente entre este cultivar y la distancia del polinizante (Ettinger). Se planteó la duda de qué tan necesarios eran los polinizantes.

Según Gazit y col. (1990) el rendimiento del palto Fuerte adyacente al polinizante incrementó hasta en 30%, utilizando 'Teague' como cultivar complementario. Con 'Topa-topa' como polinizador, el

rendimiento incrementó en un 40% tanto para la planta adyacente como para las plantas que se hallaban a mayor distancia. Plantas Ettinger, plantadas a 30-50m de fuerte, contribuyeron con 2%-14% de la progenie. Según Degani y col. (1997), el efecto de Ettinger como polinizante no se restringe al árbol adyacente, sino actúa a mayor distancia. Los diferentes polinizantes tienen efecto diverso en cuanto a cuajado y productividad. Estos podrían influenciar marcadamente la sobrevivencia de frutos polinizados. Esta es la razón por la cual se han utilizado dos tipos de polinizantes: Edranol para las casetas 1 y 2 y Zutano para las casetas 3 y 4, así como para el ensayo en campo abierto.

De los resultados obtenidos en el ensayo de casetas en el presente estudio podemos inferir que el uso de cultivares complementarios no es indispensable para la producción. Tampoco se observa declinación en el rendimiento en casetas donde hubo 100% de frutos autopolinizados (polinización cerrada). Además, al tener mayor número de frutos y por ende mejor rendimiento en una planta Hass aledaña a un Polinizante, no significa que el incremento de la producción se debe a la polinización cruzada necesariamente.

Cuadro 8. Potencial reproductivo y frutos cuajados en árboles de palto var. 'Hass' en casetas con 2 tipos de insectos polinizantes.

Casetas	Planta 1	Planta 2	Insectos	Potencial reproductivo	N° de frutos cuajados (*)	% Cuajado
1	Hass	Edranol	Abejas	413665	750	0.18%
2	Hass	Edranol	Moscas	274891	92	0.03%
3	Hass	Zutano	Abejas	226977	83	0.04%
4	Hass	Zutano	Moscas	271462	221	0.08%
5	Hass	Hass	Abejas	287720	75	0.03%
6	Hass	Hass	Moscas	202256	152	0.08%
7	Hass	Edranol	-----	SIN EVALUAR	0	0.00%
(*) No se tomó en cuenta caída de fruta.						
PROMEDIO CON ABEJAS					303	0.08%
PROMEDIO CON MOSCAS					155	0.06%

Frutos retenidos

Se debe señalar que el número de frutos retenidos no sólo dependerá del tipo de polinización, sino de otros factores como manejo del cultivo, riego, condiciones fitosanitarias, condiciones climáticas, etc.

En el cuadro 9 se aprecia el porcentaje de frutos retenidos a partir del potencial reproductivo. El promedio más alto se registró en el tratamiento 2, Hass aledañas a Zutano; mientras que el más bajo se registró en el tratamiento 3, Hass alejadas de los polinizantes. Valores entre 0.03-0.04% indican que para que cuajen 3-4 frutos, se requieren 10000 flores aproximadamente (1 de 3000 aproximadamente). Se presume que los frutos más resistentes a la caída, son aquellos cuyo genotipo es un híbrido, es decir producto de polinización cruzada (Ish-Am, 2004; Garner y *col.*, 2008), por lo que un fruto producto de autopolinización, sería más débil. Según Ish-Am (2004), en Israel, sólo el 0.05% de flores llega a fruto (1 de 2000). Al analizar entonces por qué el palto produce tantas flores si la mayoría caerán, justificaron el tamaño de las flores y el escaso contenido de polen y néctar con el número de estas, señalando que el propósito era la atracción de insectos polinizadores. Todos los tipos de palto evolucionaron en climas subtropicales de América central, sus flores evolucionaron junto con los insectos propios de la localidad. Llama la atención entonces la afinidad entre el palto de origen americano y la abeja melífera, de origen europeo.

Al analizar el porcentaje de retención a partir de frutos cuajados, estamos anulando o subestimando el proceso de polinización (por lo tanto excluyendo la participación de abejas) y poniendo mayor énfasis en la caída de fruta. En el tratamiento 3, Hass alejadas de los polinizantes, se observó que, los frutos cuajados fueron retenidos en mayor cantidad (10.2%), en comparación con los frutos de los otros tratamientos: 9.8% en árboles aledaños a Zutano y 7.2% en árboles aledaños a Edranol. Ese porcentaje de retención

está relacionado con el vigor del árbol, posiblemente el número de frutos en la campaña anterior, el genotipo de la semilla etc. Según Garner y Lovatt (2008), en su ensayo realizado en California, el estado del árbol no tuvo influencia sobre el porcentaje de frutos cuajados, promedio del diámetro o biomasa de frutos individuales que cayeron a una similar etapa fenológica. Por otro lado, los mismos autores señalan que la caída de fruta puede darse por temperaturas extremas, deficiencias nutricionales, factores genéticos, aunque en óptimas condiciones de cultivo aún continúan siendo excesivas.

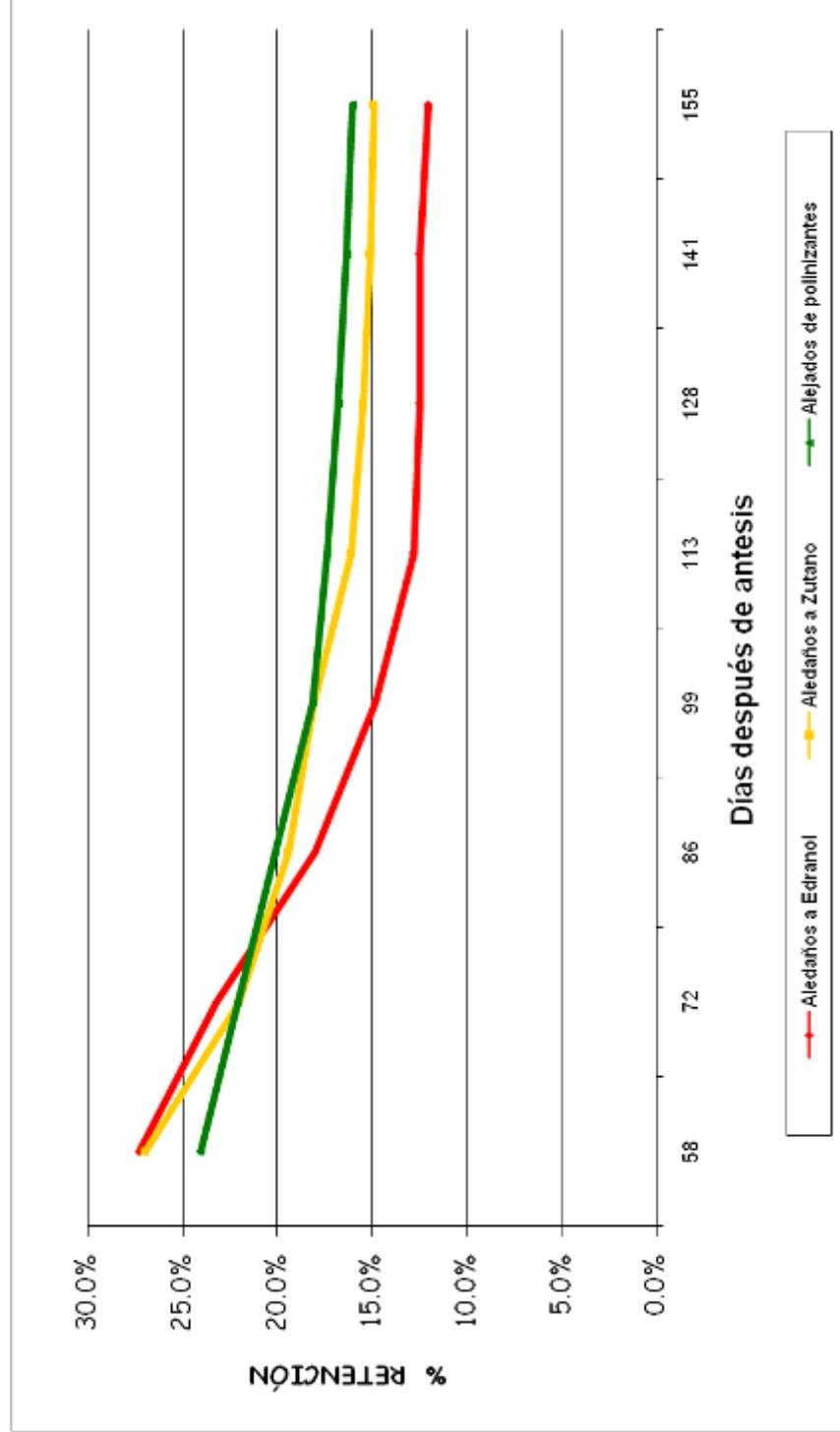
En la figura 13 se observa una comparación entre el porcentaje de retención de fruta en árboles aledaños y alejados del polinizante, realizada en frutos marcados. Durante los primeros días de cuajado se muestra mayor retención en frutos de árboles aledaños a Edranol, mientras que cerca de la cosecha estos árboles muestran menor retención. No se observan diferencias notorias en cuanto a retención, en árboles alejados de los polinizantes. Al tratarse de árboles alejados del polinizante se infiere que la mayoría de frutos son autopolinizados (Polinización cerrada), o al menos estos árboles tienen más probabilidad de tener frutos autopolinizados que los árboles aledaños al polinizante, que tendrían más posibilidades de polinización cruzada.

Por otro lado si observamos únicamente la caída inicial de fruta, durante los primeros dos meses, las plantas aledañas a los polinizantes presentan más retención que las alejadas de éstos. Esto no concuerda con observaciones de otros autores cuando señalan que el porcentaje de frutos que provienen de polinización cruzada se incrementa conforme incrementa la caída de fruta, de tal manera que de los frutos que llegan a ser cosechados, muy pocos son autofecundados. Suponemos que los árboles alejados de los polinizantes tienen más frutos autofecundados (Polinización cerrada), por lo que en teoría deberían mostrar mayor caída, pero sucede todo lo contrario.

Cuadro 9. Porcentaje de frutos de palto Hass, retenidos en plantas aledañas y alejadas del polinizante, a partir del potencial reproductivo. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.

N°	T1. Aledañas a Edranol	T2. Aledañas a Zutano	T3. Alejadas de Polinizantes
1	0.04%	0.07%	0.01%
2	0.01%	0.02%	0.02%
3	0.08%	0.03%	0.03%
4	0.02%	0.06%	0.01%
5	0.01%	0.05%	0.02%
6	0.03%	0.06%	0.04%
7	0.00%	0.09%	0.01%
8	0.09%	0.09%	0.02%
9	0.04%	0.00%	0.08%
10	0.03%	0.03%	0.05%
PROMEDIO	0.035%	0.048%	0.029%
D. St.	0.0	0.0	0.0
CV.%	79.3%	59.4%	78.2%

Figura 13. Retención de frutos de palto Hass, cuajados en diferentes semanas en el periodo de floración. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.

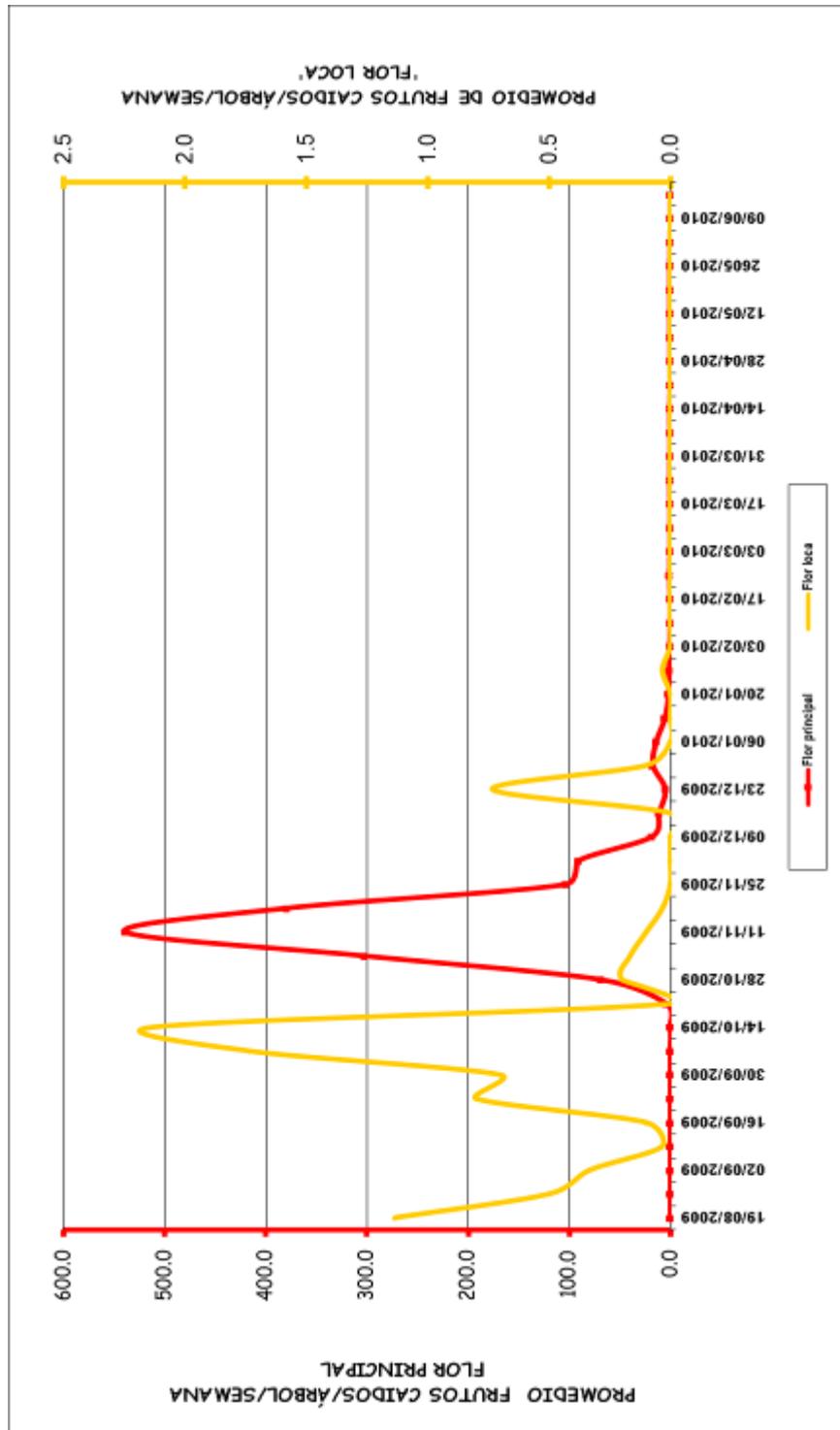


La caída de frutos, sobre todo durante los primeros meses de desarrollo estaría relacionada con el tipo de polinización que originó dicho fruto.

Según Blumenfeld y Gazit (1974) en palto Fuerte, en Israel, se observó hasta 3 picos de caída de fruta. La primera ocurría durante los 10 primeros días después de cuajado, la segunda durante el siguiente mes y la tercera, a los cuatro meses aproximadamente. Por su lado, Tapia (1993) citado por Sil (1997), en Chile, indica que la caída de fruta se da mayormente un mes después del inicio de la floración. La segunda caída está asociada con la etapa de brotamiento principal, resultando en una competencia en el ciclo de crecimiento por las reservas del árbol.

En la figura 14 se muestra la caída de fruta en la campaña 2009-2010 en Hass Perú, correspondiente a la “flor loca” y flor principal, con 30 plantas en evaluación. La primera caída de frutos se produce durante el primer mes de antesis. Se inició en la segunda semana del mes de octubre hasta los primeros días de diciembre. Durante la quincena del mes de noviembre se registraron más de 500 frutos/árbol caídos durante una semana, que constituyó el pico del gráfico. El peso promedio de los frutos caídos para esta época fue de aproximadamente 0.3 gramos. Durante la última semana de diciembre y la primera semana de enero de 2010 se produjo una segunda caída, menos significativa que la primera pero más notoria debido al tamaño de los frutos caídos. En esta época se llegaron a registrar un promedio máximo de 17 frutos/árbol caídos en una semana, cuyo peso promedio fue 40 gramos. También se registró la caída de frutos sin semilla, llamados comúnmente “deditos”.

Figura 14. Caída semanal de frutos/árbol en palto Hass. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.



Con respecto a la 'flor loca', esta caída se hace más notoria en la segunda semana del mes de setiembre, que coincide con el inicio de la flor principal; obviamente esta no fue la primera caída si no la segunda y se presentó una tercera caída poco notoria el mes de diciembre, que coincidió con la flor tardía.

En el mes de setiembre, los frutos retenidos de la "flor loca" tenían aproximadamente 5 meses y pesaban aproximadamente 130 gramos; la misma edad y peso tenían los frutos de la flor principal durante el mes de enero, en que se produjo la segunda caída de frutos.

Durante la época de "floración loca" se marcaron frutos cuajados en diferentes etapas, llamando la atención la exagerada caída de frutos marcados al fin de temporada; los frutos marcados al inicio de la "flor loca" llegaron en su mayoría a la cosecha. Algo similar sucedió en la flor principal. En la figura 15 se muestra el porcentaje de retención, que refleja la caída de frutos cuajados en diferentes semanas durante la época de flor principal. Se observa que durante los primeros cuatro meses después de la antesis ocurre la caída de fruta y posteriormente ya no se registran frutos caídos. Los frutos cuajados durante las primeras semanas muestran mayor retención, especialmente durante el primer mes, con 50 y 60%, respectivamente, mientras que los frutos cuajados posteriormente tienen una retención menor al 20% durante el primer mes (80% de caída). Se presume que la caída de frutos en las primeras semanas de cuajado se debería a la competencia entre frutos recién cuajados y flores en proceso de apertura. Por otro lado, los frutos cuajados posteriormente no sólo compiten con los frutos de mayor tamaño, sino que también compiten con el brote vegetativo que inicia con fuerza su crecimiento. Se sabe además que las primeras flores de la temporada tienen mayor contenido de carbohidratos (Com. Per.¹) y los frutos que cuajan tienen mayores reservas y posibilidades de sobrevivir.

¹ Julián Cuevas. Avocado's Brainstorming Chile 2007

Sedgley (1987) no halló razones anatómicas para explicar la caída de frutos. Además, señaló que hay competencia no sólo entre frutos sino también entre frutos y desarrollo vegetativo, lo cual concuerda con lo observado en el fundo Hass Perú. Además, éste señala que la mayoría de frutos caen durante el primer mes luego de la fecundación. Observaron que durante la primera semana la mayoría de flores no fueron fertilizadas, después de un mes de antesis se observaron embriones normales y endospermo. En realidad, cuando marcamos flores después de la primera antesis, se ha observado bajo nuestras condiciones climáticas, que el tiempo que transcurre hasta la formación de un fruto con embrión es aproximadamente un mes, durante este tiempo es difícil reconocer a simple vista cuándo un fruto fue fecundado y cuándo se trata simplemente de un ovario desarrollado sin fecundar. Muchas veces se puede confundir la caída de flores con ovarios desarrollados con la caída de frutos fecundados. Es cierto que durante el primer mes luego de antesis se produce la caída de la mayoría de estructuras reproductivas pero es difícil afirmar que se trate de frutos fecundados. Existe caída de botones florales y flores que abren y no llegan a ser fecundadas. Esto llegó a comprobarse encerrando dentro de una caseta con malla antiáfida árboles de la variedad Hass con su respectivo polinizante, sin insectos polinizadores y sin que halla contacto entre ellos, encontrándose frutos aparentemente cuajados que más tarde resultaron en “deditos”. Por lo tanto, para considerar frutos “cuajados” se espera un mes aproximadamente después de antesis. Por otro lado en los gráficos de fenología publicados por otros autores también se reporta el inicio de cuajado de frutos un mes después de la floración (Arpaia y col., 1995; Thorp 1995; Mena, F. 2005).

Según Sedgley, 1977, citado por Sil (1997), para que se produzca un buen establecimiento de frutos debe existir un rango de temperatura ideal ya que es afectado por las condiciones ambientales

desfavorables. Garner y Lovatt (2008) afirman que la caída de fruta puede darse por temperaturas extremas, deficiencias nutricionales y factores genéticos, sin haber influencia del número de frutos cosechados del año anterior. Previos estudios han demostrado que las condiciones ambientales pueden afectar la caída de flores y frutos. Sin embargo, las temperaturas bajas (menores a 12° C) en época de floración, que inhiben el crecimiento del tubo polínico y la viabilidad del óvulo, no fueron asociadas con la caída de fruta. Temperaturas máximas mayores a 33° C se requieren para causar estrés por calor suficiente para resultar en caída de fruta. Afirman que una estrategia para reducir la caída de estructuras reproductivas, incrementaría el rendimiento del palto.

Whiley (2007) indica que entre las estrategias para reducir la caída de frutos figuran el despunte de primavera y el uso de paclobutrazol. También menciona que la selección genética es importante en la caída de frutos del palto; los frutos jóvenes que abscionan tienen genotipos diferentes. Esto sugiere que la caída no es aleatoria sino que depende del genotipo de la semilla. Degani y col. (1986) proponen evidencia de que la selección genética es responsable de la caída de frutos recién cuajados. Estudios en Israel demostraron que la permanencia de frutos jóvenes se debe a los donadores de polen (polinizantes). En su ensayo, la mayoría de frutos sobrevivientes de Hass fueron híbridos de Ettinger. Goldring y col. (1987) señalan que el bajo porcentaje de frutos autopolinizados puede deberse a un posible defecto en el polen de Hass y por consiguiente al alto porcentaje de caída de éstos. Encontraron también que la mayoría de los descendientes fueron híbridos de Ettinger. Degani y col. (1986) confirmaron que la caída de fruta fue selectiva y altamente influenciada por el polen parental. Árboles de Hass sujetos a polinización cruzada por Ettinger y fuerte, un mes después de cuajado, la mayoría fueron autopolinizados; sin embargo, durante el desarrollo del fruto éstos disminuyen y los frutos híbridos por Ettinger

y Fuerte incrementaron; al final, la mayoría fueron híbridos de Ettinger.

Según Gazit y col. (1990), los diferentes polinizantes tienen efecto diverso en cuanto a cuajado y productividad. Estos podrían influenciar marcadamente el cuajado y sobrevivencia de frutos polinizados, por tanto la elección de un buen polinizante contribuiría a mejorar la retención de fruta y a incrementar los rendimientos del cultivo.

En la figura 16 se muestra la caída de frutos en árboles de diferentes tratamientos: T1: aledaños a Edranol; T2: aledaños a Zutano y T3: alejados de los polinizantes. No se observan diferencias notorias entre las plantas alejadas del polinizante y aquellas plantas aledañas a éstos. Degani y col. (1997); Gazit y col. (1990) y Goldring y col. (1987), coinciden en mencionar que los frutos caídos a inicio de temporada son autopolinizados, y que la mayoría que llegan a la cosecha proceden de polinización cruzada; sin embargo, en la figura se observa que las plantas alejadas del polinizante (que tienen mayor probabilidad de tener frutos autopolinizados), tuvieron una caída de frutos menor, comparada con las plantas aledañas a los polinizantes, por lo que se deduce que los frutos que son producto de autopolinización tienen la misma oportunidad de llegar a la cosecha que un fruto que es producto de polinización cruzada. Por lo tanto no se observan ventajas del uso de polinizantes en este sentido.

Al analizar el coeficiente de correlación entre frutos retenidos y caídos, vemos que éste fue de 0.62; esto indica que hay una relación directa entre ambos parámetros, y que a mayor número de frutos cuajados, habrá mayor número de frutos caídos. Por otro lado, el número de frutos caídos al final de temporada (cerca de la cosecha) presenta baja correlación (0.16) con respecto a los frutos retenidos, por lo que se deduce que esta caída está más relacionada con la carga del árbol o el estado fisiológico de éste. Los árboles aledaños a

Edranol cuajaron más fruta, por ello tuvieron mayor caída, en los árboles testigo, el cuajado fue menor y la caída también.

Por otro lado, el cuajado está relacionado con la actividad de insectos, los cuales contribuyen tanto a la polinización cruzada como a la autopolinización.

Figura 15. Retención de frutos de palto Hass, cuajados en diferentes semanas en el periodo de floración. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.

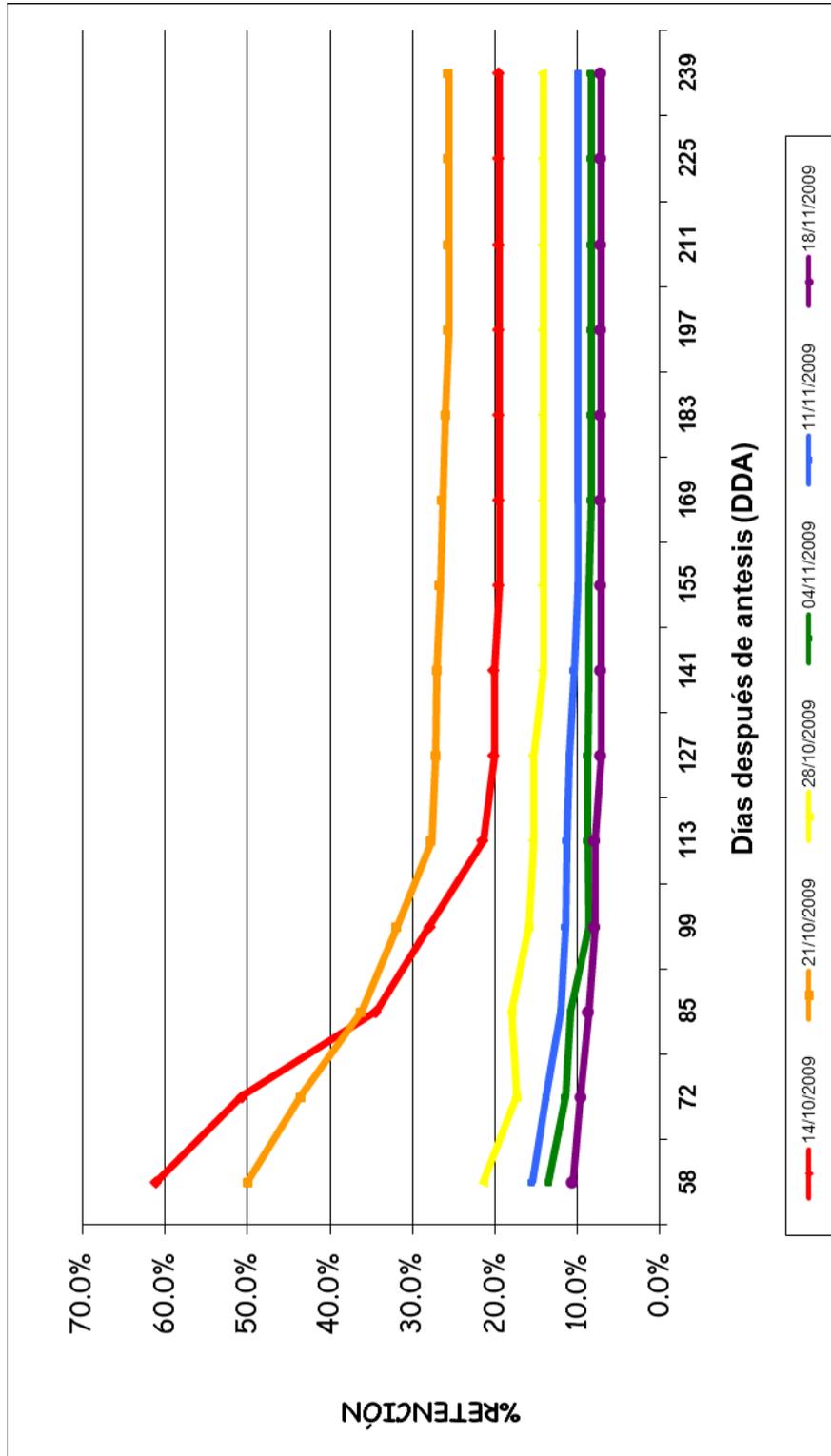
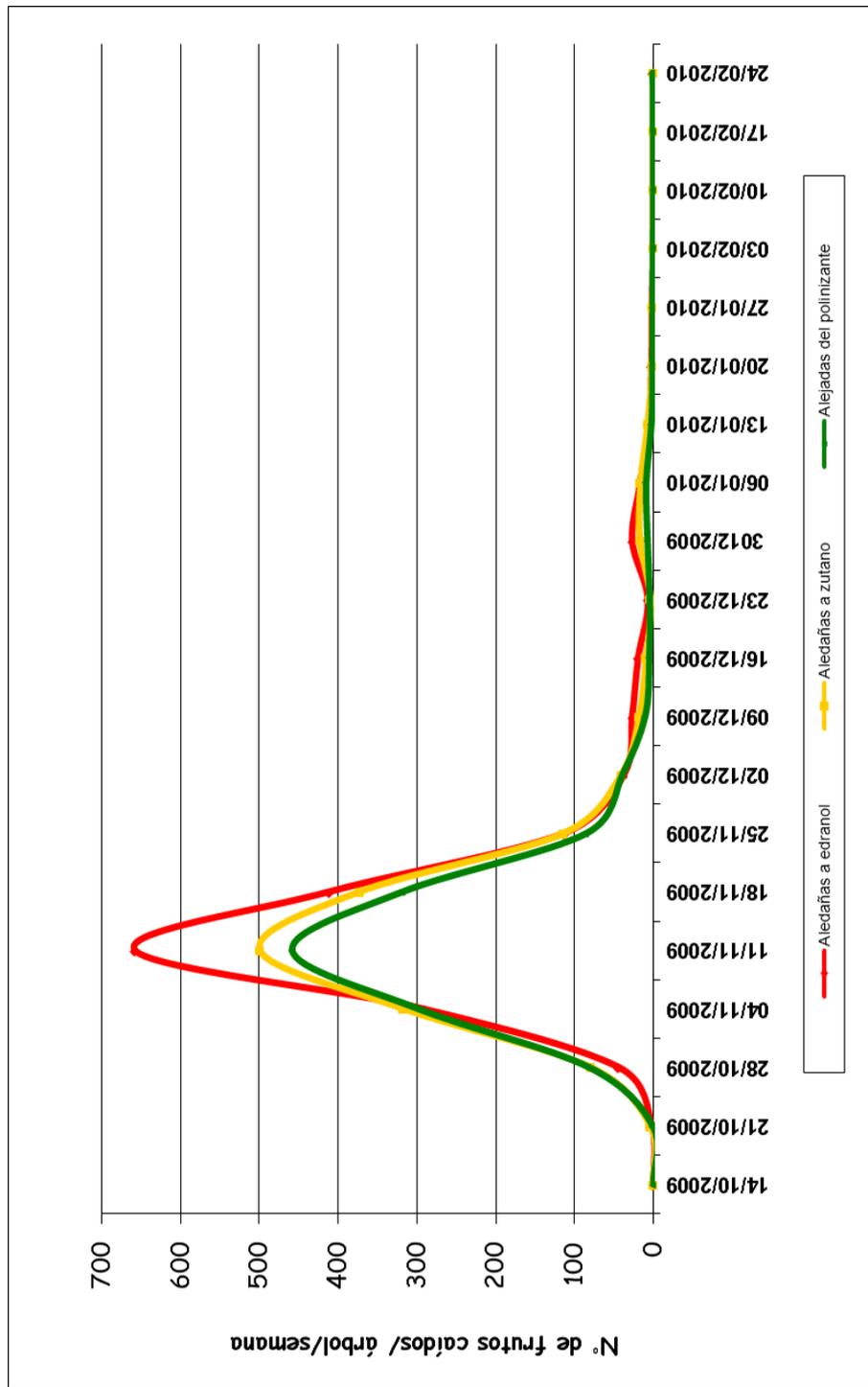


Figura 16. Caída semanal de frutos de palto Hass/árbol, por tratamientos. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.



4.3. Frutos cosechados

En el cuadro 10 se muestran los resultados del número de frutos cosechados en las plantas de diferentes tratamientos y sus respectivos promedios. Las plantas aledañas al polinizante Zutano mostraron el promedio más alto (139.1), seguido de las plantas aledañas a Edranol (128). Las plantas testigo, alejadas de los polinizantes, mostraron el promedio más bajo (108.3); sin embargo, en este grupo una de las plantas tuvo el número de frutos más alto a nivel del ensayo. En el análisis de varianza del cuadro 11 vemos que para la fuente de variación: número de frutos cosechados no existen diferencias significativas, es decir se rechaza la hipótesis de que al menos dos de los tratamientos presentan efectos significativamente diferentes. Se observa también que el coeficiente de variación resultó 74.7% que para la variable que se está investigando no resulta confiable, por lo que se realizó transformación de datos con raíz cuadrada, obteniendo un coeficiente de variación de 39.4%, que resultó confiable y confirma la validez de la conducción del experimento. En el cuadro 12 se muestra la prueba de significancia de Duncan.

También se observó que el rendimiento (kg/árbol) fue más alto en plantas aledañas a Zutano: 34 kg/planta, mientras que en plantas aledañas a Edranol, el promedio fue 30 kg/planta y en plantas alejadas del polinizante el promedio fue de 25 kg./planta; además, no sólo el número de frutos/árbol fue más alto en comparación con los otros tratamientos sino también el peso de los mismos (Cuadro 13). Estos datos no coinciden con el número de frutos cuajados inicialmente, donde se veía que en las plantas aledañas a Edranol cuajaron mayor número de frutos, además de tener mayor actividad de abejas.

Se ha mencionado anteriormente que las plantas Hass aledañas a polinizantes tendrían mayor posibilidad de polinización

cruzada; siendo así, habría una influencia del polinizante para el incremento de frutos cuajados en estas plantas, con respecto a aquellas que se encuentran más alejadas, aunque no se debe olvidar el rol de los insectos polinizadores, considerando que las plantas aledañas a los polinizantes tuvieron mayor actividad de éstos.

Resulta difícil saber si el incremento del cuajado en estas plantas se debe a mayor actividad de insectos o a la procedencia del polen que conferiría mayor retención inicial a los frutos híbridos. Se ha considerado que la interplantación de cultivares complementarios próximos a Hass incrementa significativamente el rendimiento, aunque el impacto relativo de la polinización cruzada en el rendimiento final está aún siendo debatido (Garner y col., 2008). Aparentemente, los polinizantes no son indispensables para obtener buenos rendimientos.

Stout (1923, 1932) y Norody (1922), citado por Whiley (2007), recomendaron la interplantación (plantación intercalada) con cultivos de ambos grupos florales en base a estudios realizados en California y Florida. Robinson y Savage (1926), citado por Degani y col. (1997), encontraron que un huerto de palto Fuerte incrementó notablemente su rendimiento cuando un agricultor sembró un cultivar complementario al lado de su cultivo. Según los autores el incremento se debe a la polinización cruzada. Los mismos autores señalan a Ettinger y Bacon como los polinizantes más efectivos aún a grandes distancias, en Israel y California respectivamente. La explicación para la efectividad de Ettinger como polinizante es su atractivo para las abejas, y el polen, que confiere mayor oportunidad de sobrevivencia a la progenie.

Degani y Gazit (1984) sostenían que la única manera de obtener híbridos es usando abejas u otro insecto grande. Se ha observado que las plantas Hass al lado de un polinizante tienen mayor actividad de insectos polinizadores mientras que la actividad de las mismas en el polinizante es aún mayor, por lo tanto tiene sentido

que un polinizante actúe como atrayente para las abejas. Aparentemente el efecto se limita a la planta aledaña que se encuentra en la misma línea (3.5 m), no así a la planta que está en la hilera siguiente (7 m.) y no estaría relacionado con el incremento de la polinización cruzada. Degani y Gazit (1984) encontraron alto porcentaje de polinización cerrada en dos cultivares complementarios próximos. Bergh (1958, 1966) coincide con que la polinización cruzada ocurre sólo cuando los árboles están en proximidad cercana. Siendo así necesitaríamos una gran cantidad de polinizantes para lograr un efecto positivo a nivel de huerto.

Cuadro 10. Número de frutos cosechados en plantas de palto Hass aledañas a Edranol (T1), aledañas a Zutano (T2) y alejadas de polinizantes (T3). Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.

N° planta	T1. Plantas aledañas a Edranol	T2. Plantas aledañas a Zutano	T3. Plantas alejadas de polinizantes
1	153	233	32
2	36	52	86
3	260	106	103
4	82	130	18
5	42	131	89
6	125	196	93
7	20	247	52
8	335	224	75
9	113	16	349
10	114	56	186
PROMEDIO	128.0	139.1	108.3
D. St.	100.5	82.9	96.2
CV.%	78.5%	59.6%	88.9%

Cuadro 11. Análisis de varianza para Número de frutos cosechados en el cultivo de palto Hass, en tres tratamientos

RESUMEN				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1. Aledañas a Edranol	10	1280	128	10107.6
T2. Aledañas a Zutano	10	1391	139.1	6866.1
T3. Alejadas de polinizantes	10	1083	108.3	9262.2
			125.1	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL NÚMERO TOTAL DE FRUTOS COSECHADOS, POR TRATAMIENTOS						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>Prom. Cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	4866.5	2	2433.2	0.278	0.759	3.354
Dentro de los grupos	236123.0	27	8745.3			
Total	240989.5	29				
NO EXISTEN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE TRATAMIENTOS						

Cuadro 12. Prueba de significancia de Duncan para el Número de frutos cosechados en cultivo de palto, realizada con el programa estadístico Spss. 20.

FRUTOSCOSECHADOS

Duncan

TRATAMIENTOS	N	Subset
		1
T3	10	108,3000
T1	10	128,0000
T2	10	139,1000
Sig.		,494

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 8745,296.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

b. Alpha = 0.05.

Cuadro 13. Peso promedio (g.) de frutos cosechados en plantas de palto Hass aledañas a Edranol (T1), aledañas a Zutano (T2) y alejadas de polinizantes (T3). Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.

N°	T1. Aledañas a Edranol	T2. Aledañas a Zutano	T3. Alejadas de Polinizantes
1	245	253	286
2	242	272	262
3	226	258	259
4	281	240	282
5	273	245	249
6	252	247	244
7	250	226	244
8	210	239	245
9	275	339	210
10	241	256	237
PROMEDIO	249.7	257.6	251.9
D. St.	22.2	31.3	22.1
CV.%	8.9%	12.2%	8.8%

El beneficio de la interplantación se limita a la planta adyacente

Se considera que el incremento de la producción depende del número de abejas/árbol, por el incremento de flores polinizadas, sin importar si el polen es de los polinizantes: Zutano o Edranol o del mismo cultivar Hass. Al funcionar los polinizantes como plantas “trampa”, incrementa la actividad en las plantas aledañas a estos, mas no en las plantas ubicadas a mayor distancia.

Al momento de la cosecha, se registró el rendimiento de las plantas aledañas al polinizante (3.5 m), plantas ubicadas a 7 m y plantas ubicadas a 10.5m del polinizantes. No se encontró declinación de la producción conforme nos alejamos del polinizante.

Calabrese (1992) señala que existen regiones que presentan condiciones favorables para que se produzca polinización dentro del mismo grupo floral. El mismo autor indica que se hace necesaria la existencia de dos variedades dentro de un mismo terreno para asegurar una adecuada polinización. La ventaja de plantar árboles de diferentes variedades, de manera intercalada, radica según el autor en la mayor oportunidad de polinización cruzada, lo cual incrementará el rendimiento del cultivo, en lugar de tener un solo bloque sin polinizantes. La probabilidad de polinización cruzada sería aún mayor si se colocaran dos variedades de polinizantes en lugar de una, ya que una variedad no muestra el mismo comportamiento en cuanto a ciclo floral todos los años. Vrencenar-Gaus y Ellstrand (1985), citados *por* Gardiazabal y Gandolfo (1995) consideraron que el diseño de plantación tiene efecto significativo sobre ambos: producción y rangos de polinización cruzada, encontrándose una más alta significancia entre rangos de polinización cruzada y producción por árbol en el huerto interplantado.

Por otro lado, Gardner y col. 2008 encontraron que el porcentaje de polinización cruzada no estuvo relacionado con el rendimiento ni la alternancia. A pesar de que los polinizantes tuvieron significativo traslape con Hass, la fruta que fue producto de

autofertilización constituyó la mayoría (85%) de fruta cosechable durante dos campañas. Sin embargo, hallaron que el árbol adyacente al polinizante tuvo mayor porcentaje de polinización cruzada y produjo cuatro veces más fruta que el promedio de árboles ubicados a 15 hileras de distancia del polinizante.

Inconvenientes con la interplantación

Se ha observado bajo nuestras condiciones ambientales, que el comportamiento de los polinizantes no es el mismo todos los años, por lo que algunos autores señalan que lo ideal es tener dos polinizantes diferentes, lo cual complica aún más el manejo. Por otro lado, el manejo fitosanitario presenta inconvenientes porque cada variedad presenta diferente grado de susceptibilidad a determinadas plagas y se debe tener cuidado, para detectar la presencia de focos de infestación. Por ejemplo, la variedad Zutano, por tener una floración extensa, alberga estadios ninfales y adultos del chinche del palto *Dagbertus minensis*, lo cual conlleva a realizar desmanches árbol por árbol; por otro lado la variedad Edranol es susceptible al ataque de mosca blanca *Aleurodiccus* spp., lo cual conlleva a la misma situación. Además, la fruta de los polinizantes tiene menor valor comercial; aún cuando el peso promedio de los frutos de ambos polinizantes es mayor, no compensa el precio de éstos en el mercado de exportación y peor aún en el mercado local. Teniendo en cuenta que el polinizante influye solamente en las plantas aledañas a éstos no se encuentran mayores ventajas en el uso de polinizantes.

Parece ser claro el efecto del polinizante con respecto al incremento del rendimiento de la planta aledaña, como se ha mostrado en el cuadro 10. Sin embargo, es importante señalar que el costo de la interplantación podría exceder el beneficio económico que daría el incremento potencial del rendimiento de Hass, producto de la polinización cruzada (Garner y col. 2008). El incremento de costos se

presenta desde inicios de la plantación, donde se debe tener cuidado de la ubicación de los polinizantes y su traslado desde vivero, especialmente por el diseño de nuestra plantación en estudio (Anexo 2) donde los polinizantes están ubicados en forma de rombo, cada dos hileras y dispuestos cada 6 plantas de manera intercalada. Por su parte, Schroeder y Hofshi (2006) sostienen que en ambientes donde se ha demostrado que la polinización cruzada contribuye a incrementar el rendimiento y retención de fruta, es necesario colocar grandes cantidades de polinizantes cerca de Hass para mejor resultado, lo cual complica el manejo del huerto y la cosecha.

Análisis económico del uso de cultivares complementarios

En el cuadro 14 se muestra el análisis económico, con y sin el uso de polinizantes. Se utilizó un incremento promedio de 15% adicional que afecta únicamente las plantas aledañas al polinizante, utilizando un precio promedio de USD. 1.2 (dólares americanos) para el caso del palto Hass y USD. 0.70 (dólares americanos) para el polinizante. Se observa que el rendimiento es prácticamente el mismo. A ello faltaría sumar los costos extra del manejo de la plantación, cosecha, actividades fitosanitarias, etc. en el caso de contar con los polinizantes, con lo cual resultaría aún más rentable sembrar una planta Hass en reemplazo del polinizante.

En un huerto de palto cercano a Hass Perú se utiliza como principal polinizante a Ettinger, lográndose producciones sobre las 20 t/ha. en árboles mayores a 5 años; sin embargo, en la campaña 2004-2005 se logró la mejor producción de la historia de aquel fundo y de toda la irrigación Chavimochic, aún cuando la floración de Ettinger no coincidió con la floración de Hass.

En Hass Perú existe un área con 4 % y 0 % de polinizantes respectivamente, cuando el promedio en campo es de 6 %; se ha observado que la producción no ha bajado, comparándola con plantas de la misma edad, por lo que esto nos proporciona una herramienta

más para asumir que si bien los cultivares complementarios constituyen un seguro para la plantación, los frutos cuajados por autopolinización tienen las mismas ventajas que un fruto producto de polinización cruzada, y que los insectos polinizadores constituyen la mejor herramienta para maximizar la producción, lo cual justificaría disminuir la proporción de polinizantes y con el tiempo plantar áreas sin la presencia de éstos.

Cuadro 14. Análisis económico sobre el uso de cultivares complementarios de palto en el lote A015 (3ha). Hass Perú S.A., Chao, Virú, La Libertad. 2010.

	Arboles productivos	N° frutos/árbol	Total frutos	Producción (Kg/lote)	Producción Tn/lote(3ha.)	Rendimiento exportable (US\$)	Rendimiento venta local (US\$)	Rendimiento (US\$)
Caso 1	Plantas Hass aleñañas al polinizante	140	17388	4173.1	4.2	4507.0	118.9	4625.9
	Plantas Hass alejadas del polinizante	1008	108864	26127.4	26.1	28217.5	744.6	28962.2
	Polinizante	70	7000	2730.0	2.7	1337.7	158.3	1496.0
	<i>Total</i>	1218	133252	33030	33.0	34062.2	1021.9	35084.1
Caso 2	Hass	1148	123984	29756.2	29.8	32136.7	848.1	32984.7
	Polinizantes reemplazados por Hass	70	7560	1814.4	1.8	1959.6	51.7	2011.3
	<i>Total</i>	1218	131544	31570.6	31.6	34096.2	899.8	34996.0
	Hass	Polinizante		Diferencia en rendimiento/ha. con uso de polinizantes			29.4	US\$/ha.
Peso promedio (Kg.)	0.24	0.39						
Precio exportación (US\$/Kg.)	1.2	0.7						
Precio local (US\$/Kg.)	0.57	0.29						
% Fruta exportable	90%	70%						
% Fruta venta local	5%	20%						
% Des carte	5%	10%						
% Adicional de fruta en árboles de palto Hass aleñañas al polinizante		15%						

4.4. Peso promedio de frutos y distribución de calibres

En la figura 17 se muestra la distribución de calibres en los diferentes tratamientos. Se observa que los árboles aledaños a Zutano tienen mayor cantidad de frutos en los calibres 14 y 16 y el peso promedio también es mayor. Los árboles aledaños a Edranol tienen frutos de menor calibre. Edranol fue el cultivar que tuvo mayor número de frutos cuajados y también mayor potencial reproductivo, mayor actividad apícola, así como mayor cantidad de frutos caídos, por lo que se deduce que al haber mayor competencia entre frutos, los que quedaran retenidos son de menor tamaño, y por lo tanto contribuyen menos al rendimiento.

El incremento de peso en frutos de plantas Hass aledaños a Zutano correspondería al efecto de la polinización cruzada. En el caso de Edranol, se observa que el incremento del cuajado inicial terminó en mayor número de frutos caídos y menor retención, por lo tanto no habría ventajas del uso de polinizantes para incrementar el número de frutos cuajados, ya que termina en mayor caída y menor peso.

En una campaña anterior, en el fundo Hass Perú se tuvo una experiencia similar a esta. Se colocó en una caseta 2 plantas Hass y en otra caseta a 1 planta Hass con su polinizante (Edranol), ambos en presencia de abejas. En la primera caseta aseguramos 100% de frutos autopolinizados. Se observó el aspecto de los frutos y se contó el número de frutos cosechados y su peso respectivo. En el primer conteo se registraron el doble de frutos cuajados en la caseta con polinizante, sin embargo, al momento de la cosecha se registraron prácticamente el mismo número de frutos en ambos casos, con la diferencia que en la caseta con polinizante el peso promedio de los frutos fue menor. Algo similar ocurre con el tratamiento 1 del presente estudio, donde las plantas tuvieron mayor actividad de abejas, mayor cuajado, pero también más caída, por lo que al momento de la

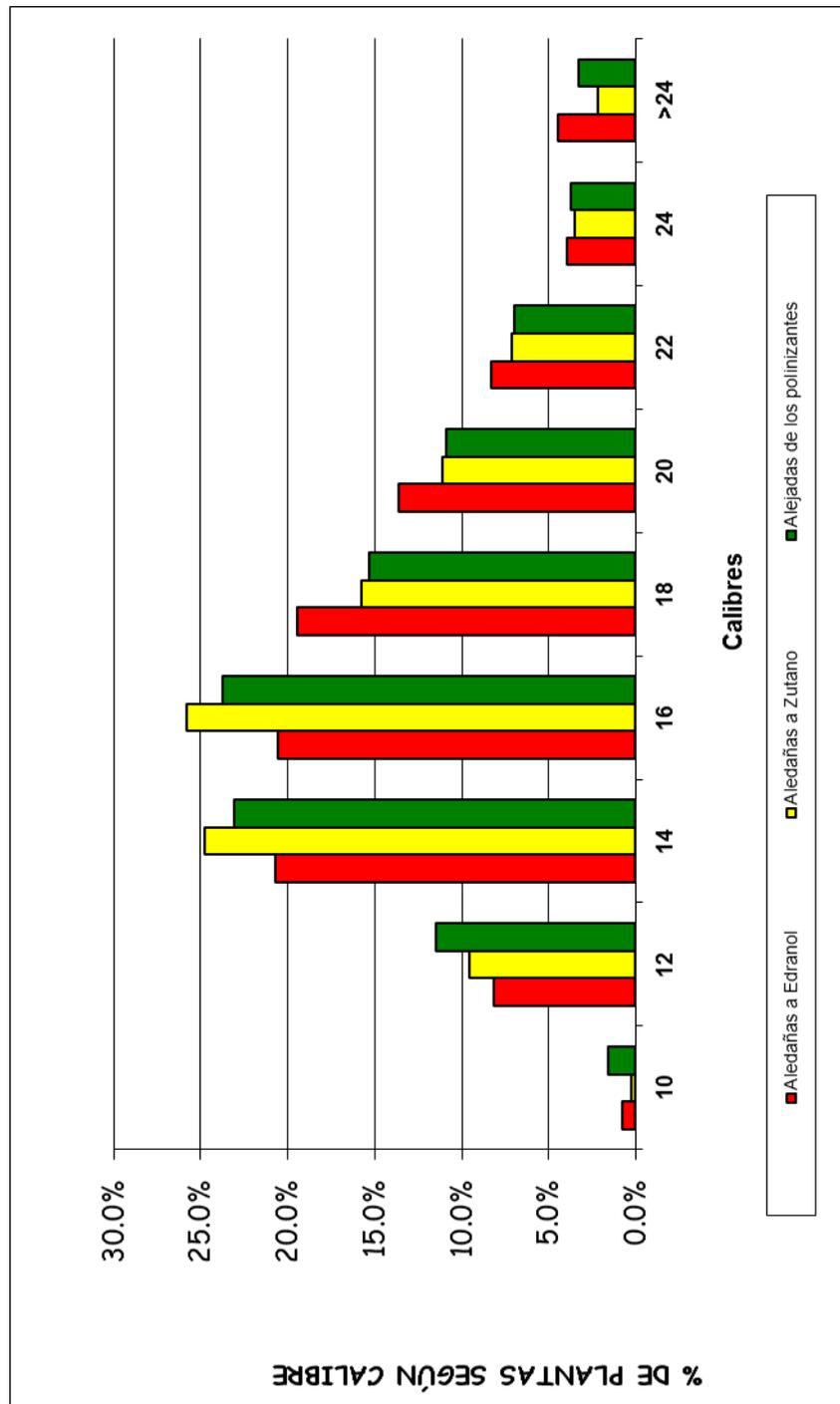
cosecha se registró un peso promedio inferior a los otros tratamientos (Cuadro 13).

En el análisis de varianza del Peso promedio (Cuadro 15), vemos que para la fuente de variación peso de frutos en los diferentes tratamientos, no existen diferencias significativas; es decir se rechaza la hipótesis de que al menos dos de los tratamientos presentan efectos significativamente diferentes. Se observa también que el coeficiente de variación resultó 10.1% que para la variable que se está investigando resulta confiable y confirma la validez de la conducción del experimento. Además, en la prueba de significancia de Duncan, mostrado en el cuadro 16, se corrobora que no existen diferencias significativas entre tratamientos. Por lo tanto, no se encuentra ventajas del uso de polinizantes para incrementar el peso de los frutos.

Se ha observado también que el peso promedio de los frutos al momento de la cosecha está relacionado con el número de frutos retenidos por el árbol. El coeficiente de correlación fue de -0.7, lo cual indica que hubo una relación inversa y una asociación alta entre ambas variables, es decir, a mayor número de frutos retenidos por árbol, menor es el tamaño de cada uno de ellos.

Ish-Am (2004) señala al respecto que en la mayoría de casos se encontró que los frutos que eran producto de polinización cruzada eran más grandes que los autopolinizados. En el presente estudio se observa que los árboles aledaños a Zutano tuvieron más retención y el tamaño final promedio fue ligeramente mayor, a pesar de que su potencial reproductivo no fue el más alto ni tuvieron mayor actividad de insectos; sin embargo, los resultados no son muy notorios y tampoco hay diferencias significativas entre tratamientos; más bien, como ya se indicó, el tamaño de los frutos está más relacionado con el número de frutos cuajados inicialmente y con aquellos frutos que llegan a ser cosechados.

Figura 17. Distribución de calibres en plantas de palto Hass aledañas a polinizantes vs. testigo. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.



Cuadro 15. Análisis de varianza para Peso de frutos cosechados en el cultivo de palto Hass, en tres tratamientos

RESUMEN				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1. Aledañas a Edranol	10	2496.6	249.7	494.6
T2. Aledañas a Zutano	10	2575.6	257.6	980.6
T3. Alejadas de polinizantes	10	2518.6	251.9	487.2
			253.0	

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PESO PROMEDIO DE FRUTOS COSECHADOS POR TRATAMIENTOS						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>Prom. Cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	332.4	2	166.2	0.254	0.777	3.354
Dentro de los grupos	17661.9	27	654.1			
Total	17994.3	29				
NO EXISTEN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE TRATAMIENTOS						

Cuadro 16. Prueba de significancia de Duncan para el Peso de frutos cuajados en cultivo de palto, realizada con el programa estadístico Spss. 20.

PESOPROMEDIO

Duncan

TRATAMIENTOS	N	Subset
		1
T1	10	249,5000
T3	10	252,1000
T2	10	257,5000
Sig.		,518

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 660,663.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

b. Alpha = 0.05.

4.5. Fenología del cultivo de palto

El estudio de la fenología de palto nos permite registrar los principales eventos fisiológicos del cultivo año por año y a su vez, prever la ejecución de actividades agrícolas necesarias según la etapa fenológica en el momento oportuno. Las principales etapas fenológicas son: brotamiento, floración, cuajado, crecimiento de frutos y crecimiento radicular.

Con respecto a la fenología de palto Calabrese (1992) sostiene que el palto puede tener uno o más ciclos vegetativos a lo largo del año. Según este autor, la temperatura óptima para el crecimiento vegetativo es de 25° C de día y de 18° C de noche. Por lo contrario, para temperaturas mínimas de 17° C de día y 10° C de noche, y para temperaturas máximas de 37° C día y 30° C de noche, se da aún crecimiento pero muy limitado. Temperaturas mantenidas por encima de 25-27° C anulan el periodo de reposo y permiten que tenga lugar floraciones breves y escasas, por lo que la productividad es baja en algunas zonas próximas al Ecuador. Posiblemente las temperaturas altas de verano dan lugar a la primera floración, comúnmente llamada "flor loca" que en nuestras condiciones contribuye en menos del 1% a la producción anual. Esta floración, de acuerdo con el autor, es breve y generalmente escasa.

Los promedio de temperatura en Hass Perú, oscilaron entre 26° C de día y de 15 ° C de noche, en épocas de floración, (meses de primavera), en los meses de invierno las temperaturas oscilaron entre 25 y 14° C y en los meses de verano la temperatura alcanzó los 33° C, mientras que la temperatura mínima fue de 18° C. Por otro lado, la humedad relativa (HR%) máxima promedio fue de 90% mientras que la humedad relativa mínima puede llegar a menos de 40% en meses de verano (febrero-marzo). Además, la radiación solar máxima en meses de verano supera los 1000 watts/m², mientras que en invierno llega a 700watts/m². El crecimiento vegetativo en la localidad de

Chao se presenta dos veces al año y coincide con la floración loca y principal, respectivamente. El primer brotamiento del año 2009 ocurrió entre los meses de abril y junio, con temperaturas máximas de 30° C y temperaturas mínimas de 18° C, alcanzando el 90% de árboles, mientras que en el año 2010 se presentó en el mes de marzo, alcanzando 80% de árboles. El segundo brotamiento ocurrió entre los meses de setiembre y diciembre, con temperaturas entre 25 y 15° C, con 100% de árboles en brotamiento.

En el caso de la floración, ésta se presenta tres veces al año, bajo las condiciones climáticas antes señaladas. La primera, llamada 'flor loca', se presentó en el año 2009 entre los meses de abril y julio, mientras que en el año 2010 se presentó entre los meses de marzo y junio, siendo ésta última de menor intensidad. Cabe mencionar que el cuajado de la flor loca está limitado por el bajo potencial reproductivo de la planta, la escasez de insectos para la polinización y condiciones climáticas poco favorables para el crecimiento de frutos. Pese a ello se observa cuajado regular pero con abundante caída al momento de la floración principal, por lo que la contribución al rendimiento final rara vez podría superar el 1%.

La floración principal se presentó entre los meses de agosto y octubre. Esta floración fue bastante corta en comparación con otros años y a la vez intensa, puesto que las yemas florales se diferenciaron en un mismo momento y se produjo la elongación de los raquis de la inflorescencia inmediatamente en todo el árbol. Según observaciones de años anteriores, la floración tiende a alargarse debido a que no existe homogeneidad en cuanto a la diferenciación floral y al inicio de la floración, por lo que el árbol demora aproximadamente tres meses para terminar de florear. En el año 2009, sin embargo la duración de la floración fue de 45 días promedio por árbol, llegando a extenderse por un periodo de dos meses en el fundo de la empresa Hass Perú. En España, se reportó la duración de

la floración en cultivar Hass correspondiente a 30 días (Alcaraz y Hormaza, 2009).

La tercera floración, corresponde a un rezago de la floración principal y se presenta entre los meses de enero y febrero, siendo más intensa en el año 2009. Aparentemente la intensidad de la flor tardía está relacionado con la cantidad de fruta cuajada entre los meses de setiembre y noviembre. Se ha observado mayor intensidad en la flor tardía en árboles con bajo rendimiento, permitiendo equilibrar la carga del árbol para fin de campaña. En el caso de la “flor loca” sucede algo similar, con respecto a la carga del árbol en la campaña anterior.

La figura 18 muestra el gráfico de fenología en la campaña 2009-2010 en la empresa Hass Perú. La curva de color azul muestra el crecimiento de frutos de palto Hass entre los meses de octubre 2009 a mayo 2010. Obsérvese el tiempo transcurrido entre el inicio de la floración y el inicio de cuajado, correspondiente a un mes aproximadamente. Esto no significa que los frutos de las primeras flores se pierden sino que más bien, el tiempo que demoran en aparecer los frutos propiamente cuajados (entre 0.8-1cm.) tarda un mes. Además, las curvas de floración se muestran en color amarillo y el brotamiento en color verde. La intensidad de floración se refiere al avance de la floración por árbol, es decir el grado de cobertura de las flores con respecto al 100% del árbol.

En la figura 19 se observa la comparación de la floración del palto Hass con respecto a los polinizantes, tanto Zutano como Edranol. La floración de Zutano abarca prácticamente las dos etapas de floración de Hass, desde abril hasta octubre; sin embargo al final de la floración de Hass, el cultivar Zutano prácticamente ya terminó de florear. En el caso de Edranol, florea una vez al año, durante la época de floración principal, exactamente en la misma época que Hass. Durante la flor tardía, Zutano presenta también floración, aunque no en todos los árboles, llegando a 60% en enero del 2010 y a 80% en

enero de 2009. En el caso de Edranol, en el año 2009 presentó una pequeña etapa de floración en enero de 2009.

El sistema radicular del palto tiene una raíz principal corta y débil, las raíces carecen de pelos radicales y tienen un crecimiento superficial según un plano horizontal, por lo que no tienen necesidad de suelos profundos. Teóricamente la mayor actividad radicular se da en los primeros 50 cm. de profundidad. Se observó que el crecimiento radicular está relacionado con el crecimiento vegetativo, puesto que incrementa el número de raíces cuando los brotes han alcanzado su madurez y disminuye cuando se inicia el tiempo de brotamiento, sin llegar al cese, como sucede en otros países, donde la actividad radicular cesa por completo y el crecimiento se limita a unos cuantos meses.

En Chile, el ciclo fenológico del palto, muestra dos épocas de brotamiento, una en primavera (setiembre - diciembre) y otra en otoño (marzo - mayo), siendo la primera de mayor intensidad. El desarrollo de la raíz también ocurre en dos periodos, el primero en primavera - verano, seguido por un crecimiento que comienza en marzo y termina a mediados de mayo. En Quillota, la floración del palto Hass se produce entre octubre y noviembre, seguida de la cuaja. Luego existe una primera caída de frutos que ocurre desde mediados de noviembre a fines de diciembre. La segunda caída de frutos o regulación natural de carga ocurre entre marzo y abril.

La fenología del palto en Nueva Zelanda presenta dos etapas de crecimiento vegetativo y radicular al año. El crecimiento radicular es casi continuo a lo largo del año excepto entre los meses de diciembre y enero y entre junio y agosto. Se presenta al mismo tiempo que el crecimiento vegetativo, llegando a su pico en el mes de octubre y el segundo, en el mes de marzo. El primer periodo de crecimiento vegetativo (octubre) es ligeramente más intenso que el segundo (marzo), mientras que en el crecimiento radicular ocurre lo contrario. Aparentemente el crecimiento radicular ocurrido en el mes de octubre

sirve como base para el brotamiento que ocurrirá cinco meses después. En el caso de Perú se observa un continuo crecimiento radicular que se intensifica inmediatamente después del máximo crecimiento vegetativo junto con la madurez del brote y disminuye en pleno brotamiento. Por otro lado la floración en Nueva Zelanda ocurre una sola vez al año, entre los meses de octubre y diciembre (Thorp, 1995).

En el caso de Sudáfrica, el crecimiento radicular se produce entre los meses de setiembre y mayo, llegando al máximo entre los meses de noviembre y diciembre y entre marzo y abril. El crecimiento vegetativo se da entre los meses de agosto y noviembre y otro entre enero y abril. La floración se produce también una vez al año entre los meses de julio y octubre y la inducción floral ocurre dos meses antes. Se observa un comportamiento similar al Perú, ya que el brotamiento se produce inmediatamente después que el crecimiento radicular llega al máximo.

En Chile (Quillota), se presentan dos etapas de crecimiento radicular y vegetativo, alternándose uno con otro al igual que en Perú y Sudáfrica. La floración ocurre también una vez al año, entre los meses de setiembre y diciembre. Se observan dos caídas de fruta, a partir del mes siguiente de iniciada la floración; la primera caída es de mayor intensidad que la segunda y la segunda caída constituye casi la mitad de lo que cayó en la primera etapa. (Mena, 2005). En el estudio realizado en Chao vemos también que la segunda caída es también menos intensa que la primera, sin embargo ésta constituye casi nada con respecto a la primera, sin embargo es más notoria por que el tamaño de frutos es mayor a los que cayeron inicialmente (Obs. per.).

En California, el crecimiento radicular se produce todo el año y el crecimiento vegetativo se presenta dos veces al año, el primero y más intenso entre los meses de setiembre y diciembre y el segundo entre los meses de enero y abril. El periodo de floración ocurre

también una vez al año, entre los meses de agosto y octubre (Arpaia, y col, 1995).

En el presente estudio, al evaluar la fenología del palto se ha observado que la floración tiene lugar hasta tres veces al año, por lo que la floración no es un factor limitante para la producción. Más bien somos una región privilegiada por el clima que permite tener una floración bastante intensa, que conlleva a mayor oportunidad de polinización; por otro lado, al tener floración en momentos diferentes permite que el cuajado de una etapa de floración compense el cuajado ineficiente de una etapa previa.

Durante la “floración loca” el cuajado y la velocidad de crecimiento del fruto es igual al de la flor principal, sin embargo, cuando se presenta la floración principal se produce la caída de casi toda la fruta cuajada en la “flor loca”. Los frutos cuajados al inicio de este periodo tienen mayor oportunidad de sobrevivir. Por otro lado la “flor loca” no es muy intensa ni ocurre en todos los árboles, por lo que la proporción de fruta de esta floración es baja, con respecto a la fruta de la flor principal. La floración que ocurre luego de la floración principal, durante la llamada “flor tardía” es también menos intensa y la velocidad de crecimiento de los frutos es mayor, por que ocurre en los meses de verano; sin embargo, al llegar a los meses de mayo y junio el crecimiento en la última etapa es menor y el calibre del fruto cosechado es igual que aquellos cuajados en la flor principal.

Figura 18. Fenología del cultivo de palto Hass Persea americana Mill. en el periodo comprendido entre enero del 2009 y junio del 2010 en el fundo Hass Peru S.A. Chao, Virú, La Libertad, 2010.

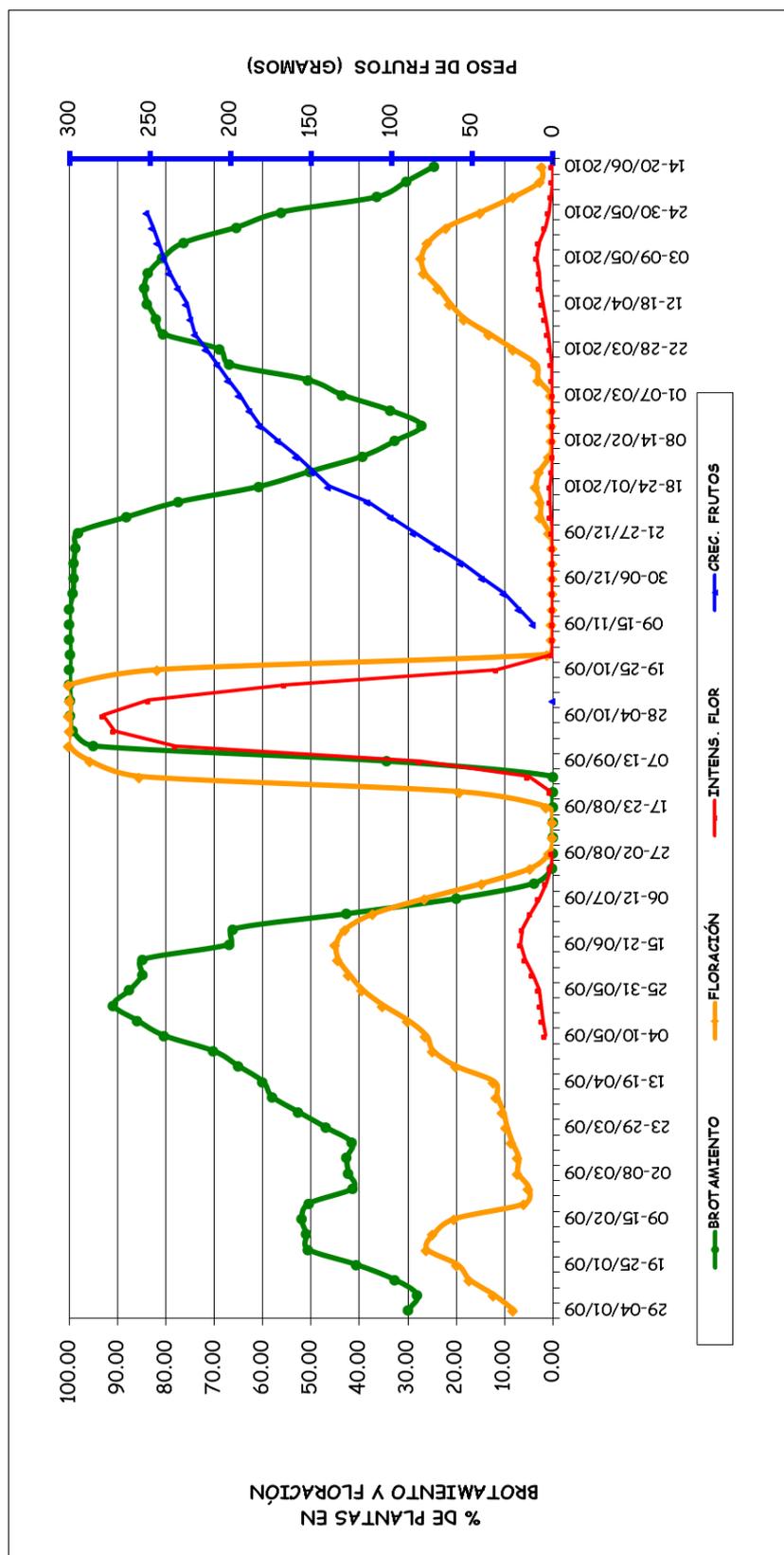
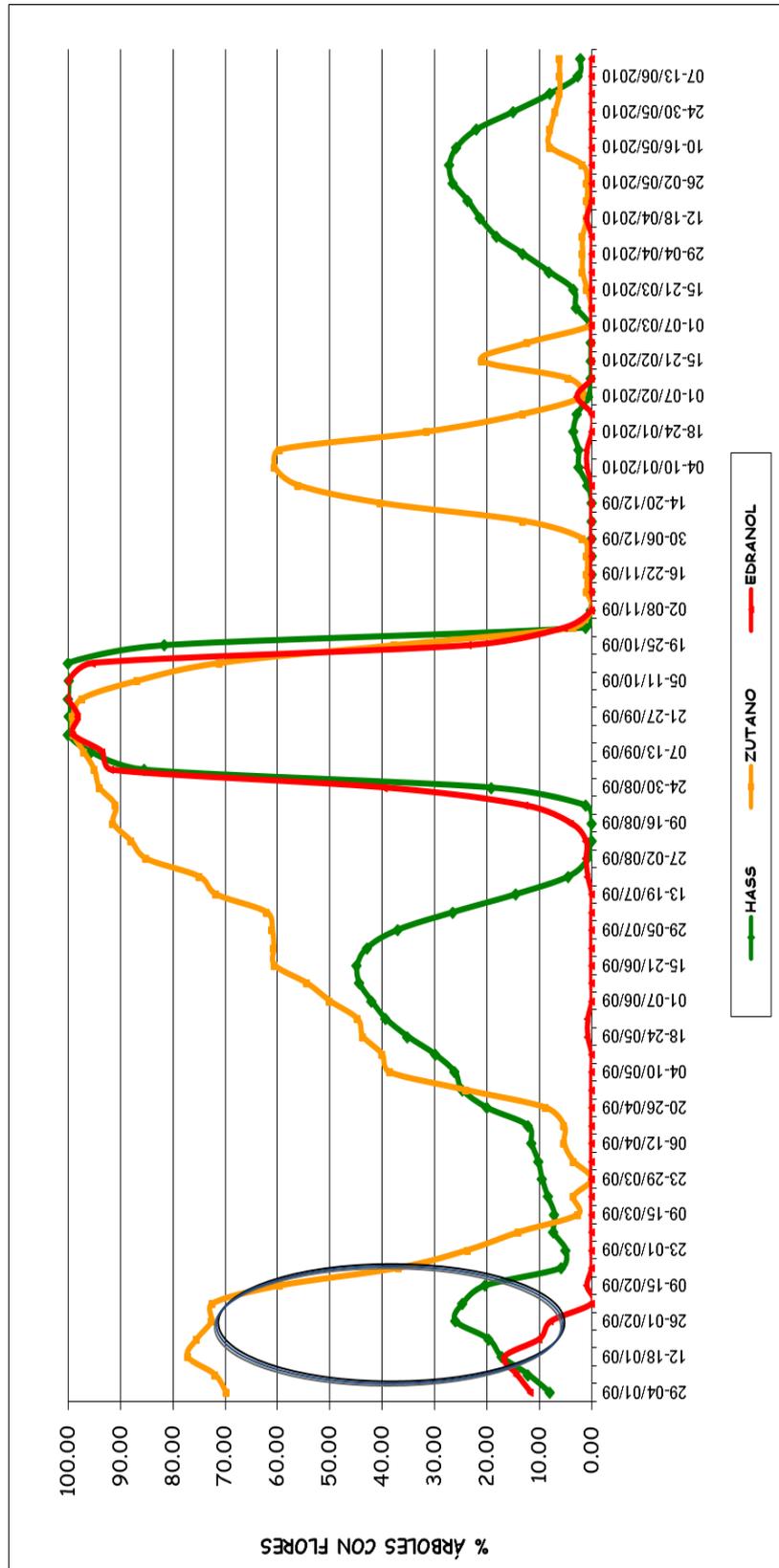


Figura 19. Comparación de la floración del cultivo de palto Hass Persea americana Mill. en el periodo comprendido entre enero del 2009 y junio del 2010 en el fundo Hass Peru S.A. Chao, Virú, La Libertad, 2010.



4.6. Hábito de floración y estados florales

En la figura 19, se observó que los cultivares Zutano y Edranol, presentes en el fundo Hass Perú como polinizadores, coinciden en la época de floración principal. En el caso de Zutano, la floración tiende a adelantarse, abarcando “flor loca” y flor principal, aunque termina antes que ésta última. La floración en Edranol se presenta una vez al año, y coincide con la floración de Hass. Al respecto, Arpaia y Hofshi (2004) señalan que una de las características de un buen polinizante es la coincidencia en su periodo de floración, por lo cual ambos polinizantes cumplen con este requisito. Además de la coincidencia en la época en que se presenta la floración, existen otros parámetros para considerar a un cultivar mejor polinizante que otro; por ejemplo los momentos de apertura de las flores femeninas y masculinas deberían ser complementarias, es decir para nuestro caso, donde Hass es el cultivar comercial necesitaríamos un cultivar tipo B como polinizante, de tal manera que cuando Hass tenga flores femeninas en la mañana, el polinizante, tanto Zutano como Edranol, deberá tener flores masculinas y viceversa. Por otro lado, no sólo basta con que las flores femeninas y masculinas coincidan, sino que también el estigma en la fase femenina debe estar viable y las anteras en la fase masculinas deben estar dehiscentes. Arpaia y Hofshi (2004) señalan que los granos de polen son esféricos y grandes (30-40 micrones), húmedos y pegajosos y unidos por carga electrostática; aproximadamente 30 minutos después que se produce la primera dehiscencia se liberan los granos de polen, en masa. Según estas observaciones no habría oportunidad para una polinización anemófila, sólo para la polinización entomófila. Bajo nuestras condiciones la primera dehiscencia tarda un poco más de hora y media en ocurrir. Según Ish-Am (2004), la autopolinización ocurre no necesariamente con ayuda de insectos, puede ser por el viento o espontánea debido a la gravedad y en la flor de palto sólo podría ocurrir durante la etapa de

flor masculina. Se ha descartado la posibilidad de polinización por efecto de la gravedad y también por acción de viento en nuestras condiciones, aislando plantas de Hass dentro de una malla, sin encontrar frutos cuajados, sino sólo “deditos”. Lo mismo ocurrió al colocar un ventilador para simular la acción del viento. Por otro lado, los mismos autores sostienen que deben existir en campo varios polinizantes para lograr un mejor traslape a lo largo de todo el periodo de floración (polinizantes múltiples). Señalan también que los polinizantes deben tener una buena distribución espacial por cuanto las abejas se dedican a pecorear en un área reducida. En el fundo los polinizantes se encuentran distribuidos formando un rombo, intercalando ambos polinizantes, cada dos hileras de Hass, para lograr una máxima interacción entre ambos (Anexo 2) .Según Calabrese (1992), la ventaja de plantar árboles de diferentes variedades, de manera intercalada, radica en la mayor oportunidad de polinización cruzada, lo cual incrementará el rendimiento del cultivo, en lugar de tener un solo bloque sin polinizantes.

Stout (1923) y Norody (1922), citado por Whiley (2007) concluyeron que la polinización cruzada es necesaria para una mejor cuaja de frutos de palto. Por lo tanto se recomendó la interplantación (plantación intercalada) con cultivos de ambos grupos, en base a estudios realizados en California y Florida. Estos estudios fueron corroborados en climas mediterráneos; los árboles que crecían cerca de otros, de un grupo de floración complementaria tenían mayor producción que aquellos que crecían alejados de cultivares complementarios.

Descripción de los estados florales

En las primeras horas de la mañana, las flores de la variedad Hass se encuentran todas cerradas, hasta media mañana, en que inician sincrónicamente su primera apertura; en este momento los tépalos se separan y doblan hacia atrás, seguidos por los estambres y

estaminoides. Según el esquema propuesto por Gad Ish-Am, esto corresponde a la etapa B1 (Figura 20 a). Después de esto, la flor se encuentra completamente abierta y los estambres y estaminoides descansan sobre los tépalos, formando con el pistilo un ángulo de 90°; el pistilo permanece erecto, completamente expuesto, con el estigma color blanco, fresco y preparado para recibir polen; momentos después los estaminoides comienzan a secretar néctar. A este momento se le ha denominado B2 (Figura 20 b) y es el de máxima receptividad del órgano femenino, por lo tanto se encuentra listo para la polinización; sin embargo los estambres de la misma flor todavía no liberan polen en este momento, por lo que la posibilidad de autopolinización es nula. La duración de este estado es aproximadamente dos horas y media. Luego, los tépalos empiezan a cerrarse, inclinándose en dirección del pistilo: B3 (Figura 20 c) hasta que la flor queda cerrada C (Figura 20 d); este cierre de flores también es sincrónico. Cabe señalar que en la gran mayoría de casos, el estigma no cambia de color de blanco a marrón (lo cual sería señal de que ya no se encuentra receptivo), más bien permanece de color blanco hasta la segunda apertura, pudiendo ocurrir autopolinización en la etapa masculina.

Entre la primera y segunda apertura, las flores de la variedad Hass tienen un periodo de reposo de 22 horas aproximadamente, en el cual permanecen cerradas. Después de este tiempo las flores vuelven a abrirse; generalmente lo hacen a partir de las 11 am. Las flores de esta segunda apertura son diferentes a las que abrieron por primera vez, al iniciar la segunda apertura se les ha denominado D1 (Figura 21 a), momento en el cual, las anteras aún no se encuentran en estado dehiscente (o no dehiscentes), es decir todavía no están liberando polen; sin embargo la flor se encuentra abierta, con los estaminoides junto al pistilo y los estambres levantados, formando un ángulo de casi 45° con el pistilo. Luego de casi dos horas, las anteras abren las 2 valvas inferiores y se inicia la liberación del polen: D2

(Figura 21 b), los nectarios empiezan a secretar néctar, y una hora más tarde aproximadamente abren las valvas superiores de los estambres: D3 (Figura 21 c). En este momento la flor masculina se encuentra liberando polen al máximo, por lo que al coincidir los estados B2 y D3 es cuando se da la mayor oportunidad de polinización. Cuando terminan de liberar polen y se inicia el cierre definitivo, este momento se ha denominado D4 (Figura 21 d) y cuando se han cerrado para no volver a abrir se denomina E.

Durante la media mañana mientras que las flores de Hass se encuentran en su primera apertura, las flores de Zutano y Edranol se encuentran en su segunda apertura (como masculinas), ya que la primera apertura la realizaron la tarde del día anterior. Las flores de Zutano, como masculinas, suelen abrir un poco más temprano que las flores de Edranol, sin embargo en estas últimas, la dehiscencia se produce antes que en Zutano por lo que atrae más abejas a tempranas horas de la mañana. Por otro lado, el contenido de néctar también juega un rol importante, por cuanto los insectos polinizadores son atraídos hacia las flores. Al respecto, en un estudio realizado por Degani y col. (1997), cuantificaron la cantidad de néctar presente en diferentes cultivares y concluyeron que cada variedad tiene una concentración diferente de néctar, dado por el tipo de azúcares que lo conforman y del tamaño de los nectarios. Observaron que el cultivar Ettinger (tipo B) tenía hasta tres veces mayor contenido de néctar con respecto a Hass (tipo A). Esto explica por qué las abejas tienden a preferir las flores de los polinizantes a tempranas horas de la mañana antes que a Hass, a parte del contenido de polen alrededor de las 9 horas.

En la figura 22 se presenta un resumen del comportamiento floral de los tres cultivares presentes en el fundo y sus respectivos tiempos de traslape. La variedad Hass tiene mayor tiempo de autotraslape, con respecto a los polinizantes Zutano y Edranol, que sólo se traslapan media hora en el mejor de los casos, con

temperaturas de primavera. Dado que el tiempo de traslape entre flores femeninas y masculinas del cultivar Hass es tan prolongado, existe la posibilidad de polinización cerrada. Por otro lado, al ser complementaria la floración entre Hass y ambos polinizantes existen altas posibilidades de polinización cruzada. Sin embargo para que ello ocurra es necesaria la presencia de insectos polinizadores, como se comprobó en el ensayo de las casetas descrito anteriormente.

Según Ish-Am (2004) la flor de palto evita la autopolinización, permite polinización cerrada y facilita la polinización cruzada. Según Gardiazabal y Galdolfo (1995), los problemas de polinización se deben al patrón de floración particular conocido como dicogamia protoginea. Sin embargo, existen factores que limitan esta polinización cruzada como el traslape floral, eficiencia del polinizante, la distancia de Hass al polinizante y el tiempo de floración (Gardner y col., 2008). Además de estos factores, las condiciones climáticas también constituyen un factor limitante para la polinización cruzada (Robbertse y col., 1996 citados por Kohn, s/a; Ish-Am, 2004; Gardner y col., 2008).

Como el patrón de apertura floral es marcadamente influenciado por los cambios de temperatura, tienen un impacto esencial en la polinización del palto. En los días con clima cálido (mayor a 20°C), más temprano empiezan las etapas de floración. Además, en días más fríos retrasan la apertura, posponiéndose las demás etapas. Se señala además que los cultivares de tipo B, son más sensibles a los cambios de temperatura (Ish-Am, 2004). Kohn (s/a), señala que en condiciones de clima desfavorable el ritmo de floración puede ser totalmente alterado en ciertos días, ocurriendo que las flores no abran y así, excluyendo la posibilidad de polinización y cuaja.

Efecto de la temperatura baja:

En el año 2010 se observó por primera vez en cinco años de evaluaciones, una alteración de los estados florales por efecto de las temperaturas mínimas bajas, que descendieron hasta los 10° C al inicio de la floración principal, en el mes de julio. En el cultivar Hass, las flores femeninas iniciaron la apertura alrededor de las 11 horas, permaneciendo abiertas hasta las 17 horas, mientras que las flores masculinas abrieron alrededor de las 15 horas, permaneciendo abiertas toda la noche y cerrando la mañana del día siguiente, alrededor de las 10 horas. El tiempo de traslape es el mismo que en condiciones de temperatura normal, dos horas. Asimismo se observó que la duración del ciclo floral incrementó de 34 a 47 horas. En el cultivar Zutano, la apertura de la flor femenina, posiblemente se produce durante la noche y permanece abierta hasta el medio día siguiente. La flor masculina abre alrededor de las 10 horas y permanece más de 7 horas abierta. En total, el ciclo floral de Zutano en condiciones de temperaturas bajas es de 36 horas y es muy parecido al de Hass, bajo condiciones normales. Además, es bueno resaltar que en algunas evaluaciones, realizadas entre las 7 y 16 horas, no se registró apertura de flor femenina para el cultivar Zutano.

Durante la floración principal 2010 se registró la activación de yemas florales en el lado norte de los árboles, por lo que la floración se produjo desde inicios del mes de julio en este lado del árbol y coincidió con la floración de Zutano. Por otro lado, el cultivar Edranol no tuvo flores hasta mediados del mes de agosto, el cual coincidió con la activación y elongación de yemas florales del lado sur del cultivar Hass.

Figura 20. Etapas de la flor femenina, según el esquema propuesto por Gad Ish.Am. (Fotos Y. Yarita, 2004)



(a) B1



(b) B2



(c) B3



(d) B4

Figura 21. Etapas de la flor masculina, según el esquema propuesto por Gad Ish.Am. (Fotos Y, Yarita,2004)



(a) D1



(b) D2



(c) D3



(d) D4

4.7. Crecimiento de frutos

Una vez cuajado el fruto dentro de la inflorescencia, (es decir, una vez que han caído ya los tépalos de la flor y el ovario de ésta ha desarrollado a tal punto de observarse ya, una pequeña drupa de color verde en el lugar que ocupó la flor polinizada y fecundada) empezamos a contar el tiempo de permanencia (o retención) de la fruta en el árbol hasta llegar a la cosecha.

La figura 23 muestra el ritmo de crecimiento de frutos de palto desde el momento de marcado (30 días después de anthesis) hasta la cosecha. Las medidas se tomaron a partir de la cuarta semana después del marcado, por lo que los resultados aparecen a partir de los 58 días. Los frutos marcados durante las primeras semanas de cuajado, alcanzaron mayor peso que los frutos cuajados en semanas posteriores. Sin embargo, los frutos cuajados en la tercera semana de noviembre crecieron al mismo ritmo que aquellos cuajados un mes antes. Los frutos cuajados en el mes de octubre alcanzaron un promedio de 240 gramos, mientras que los cuajados en noviembre alcanzaron un promedio de 210 gramos. Probablemente el mayor crecimiento de los primeros frutos está relacionado con que al inicio de campaña existe menor competencia entre frutos recién cuajados, por que son pocos, comparado con las semanas posteriores en que las panículas florales alcanzan ya el 50% de flores abiertas, habiendo mayor evapotranspiración en esta etapa y además, mayor número de flores abiertas diariamente. Por otro lado, la competencia con el brote vegetativo es menor. Sucede lo mismo con los frutos cuajados al final, que ya encuentran un brote desarrollado y con capacidad de realizar fotosíntesis.

En la figura 24 se muestra el índice de redondez en frutos cuajados desde el inicio de campaña hasta la cosecha. El índice de redondez es el cociente entre el diámetro y el largo de los frutos; mientras mayor es el valor, más redondos son los frutos. Se considera este parámetro debido a que se han reportado diferencias

morfológicas según la procedencia del polen que dio lugar al fruto. Degani y col. (1990), reportaron que los frutos y semillas de palto Fuerte procedentes de polinización cruzada eran más grandes.

Se observa claramente que los frutos cuajados en las primeras semanas son más alargados y tienden a crecer más. El crecimiento de los frutos depende del número de células presentes en el ovario, también podría estar relacionado con la calidad de las flores a inicio y fin de campaña y obviamente con las condiciones climáticas. Se había mencionado que las primeras flores tienen más carbohidratos que las últimas, por lo que además de haber más retención, también generan frutos de mayor tamaño. No se descarta tampoco el tema de competencia generada mayormente en los últimos frutos cuajados, con respecto a los primeros, por lo que serían más redondos y más pequeños.

En el año 2009 (floración 2008) se presentó una caída fuerte de fruta correspondiente a la primera etapa de cuajado; se observó que los frutos retenidos a final de campaña fueron redondos y de tamaño pequeño. Esto refleja la importancia de retener los primeros frutos cuajados, que alcanzan mayor peso y contribuyen más al rendimiento.

Durante los primeros días de desarrollo los frutos son más redondos y conforme crecen se tornan alargados. Aproximadamente a los 4.5 meses se observa un incremento notable del diámetro, posteriormente el desarrollo tiende a ser uniforme en diámetro y longitud.

Con respecto a los tratamientos, ninguno mostró diferencias en cuanto a tamaño de frutos ni para el índice de redondez. Más bien estas diferencias se hacen evidentes con respecto a la época de cuajado de los frutos.

En la figura 25 se registra el incremento de peso diario de frutos de palto Hass a partir de los 58 días después de anthesis hasta la cosecha. El incremento de peso durante el proceso de desarrollo

del fruto no es constante, durante el tercer y cuarto mes alcanzaron 2 gramos diarios de incremento y pasada esta etapa el promedio es de 1 gramos diario. En periodos cercanos a la cosecha, el incremento es de 0.5 gramos por día. Calabrese (1992) sostiene que en las primeras etapas de desarrollo, hasta que la fruta alcanza la mitad de su volumen final, se produce la máxima expansión de las células que conforman el tejido del fruto, para que finalmente se produzca un desarrollo por multiplicación celular, siendo un caso muy particular, a diferencia de otros frutales como el manzano o melocotón.

Figura 23. Crecimiento de frutos de palto Hass cuajados en diferentes semanas. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.



Figura 24. Índice de redondez de frutos de palto Hass cuajados en diferentes semanas. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.

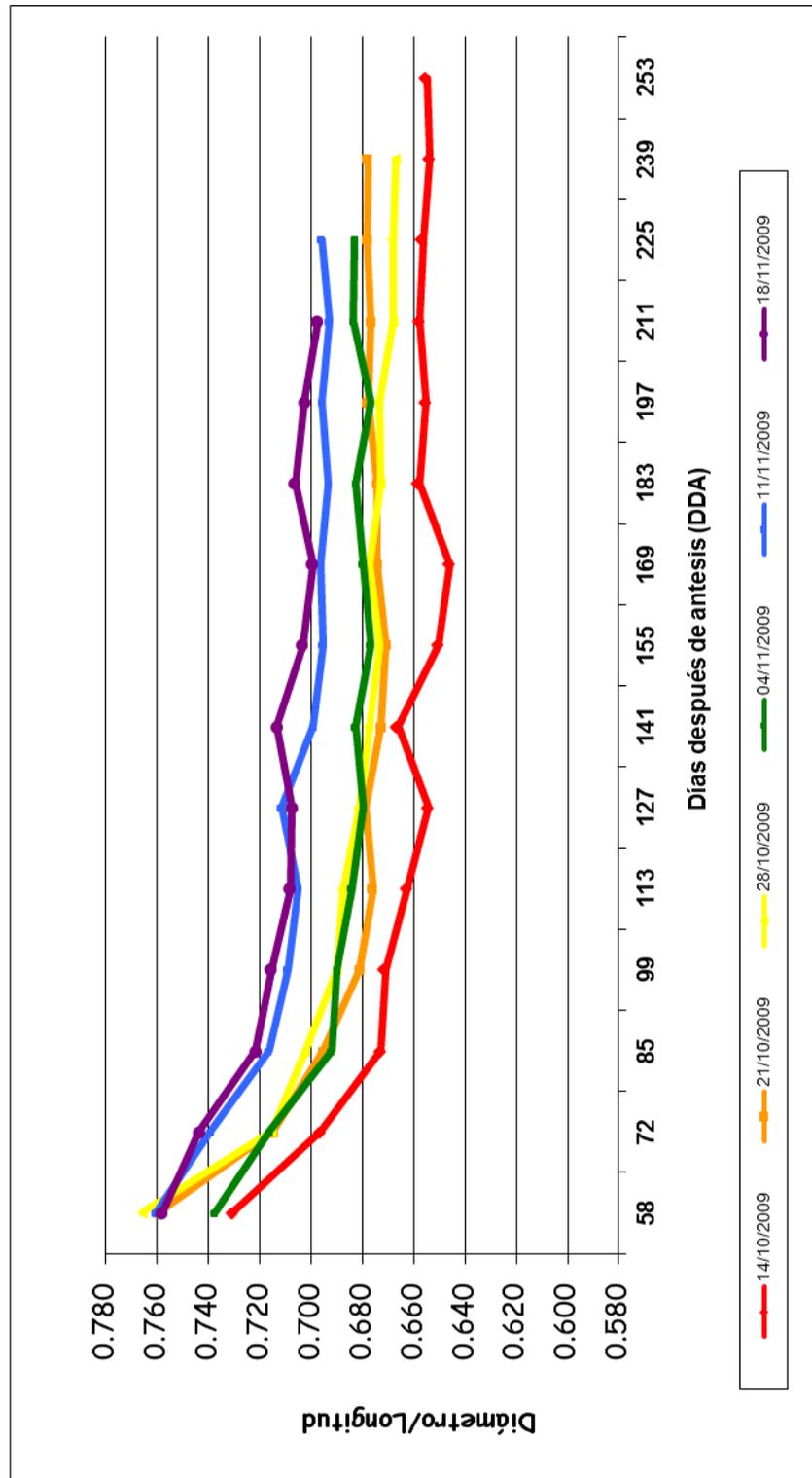
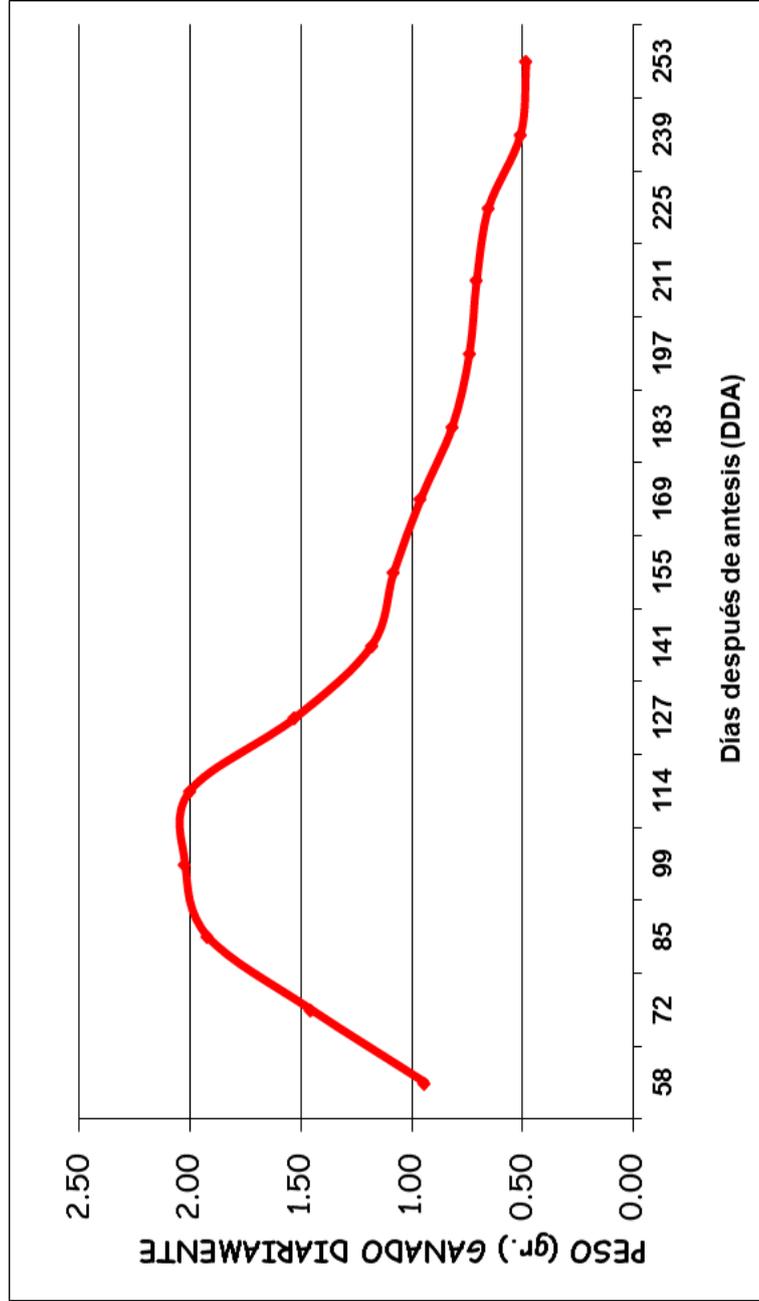


Figura 25. Incremento de peso diario durante el crecimiento de frutos de palto. Fundo Hass Perú, Chao, Virú, La Libertad, 2009-2010.



V. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del estudio son las siguientes:

1. Las plantas aledañas a Zutano (T2) tuvieron un promedio de 139 frutos por árbol en el momento de la cosecha, mientras que las plantas aledañas a Edranol (T3) y las alejadas de los polinizantes (T3) tuvieron 128 y 108 frutos, respectivamente. Existe entonces un 19% más de fruta adicional en plantas adyacentes a los polinizantes, por lo tanto los polinizante influyen positivamente en el incremento del rendimiento en el cultivo de palto.
2. No existen diferencias notoria entre el peso promedio de frutos cosechados en los 3 tratamientos. El peso promedio es mayor en árboles con menor número de frutos. Por lo tanto no se justifica el uso de polinizantes con este fin.
3. El análisis económico sobre el uso de polinizantes muestra que no existe mayores ventajas en rendimiento, comparado con tener un bloque completo de plantas Hass, sin polinizantes.

VI. RECOMENDACIONES

Al estar altamente relacionada la producción del cultivo de palto con factores climáticos, considero necesario realizar el mismo estudio durante varias campañas para determinar si realmente el comportamiento es similar en un año de alta producción como de baja producción.

Se debería realizar la extracción del ADN de las muestras colectadas en árboles aledaños y alejados de los polinizantes, ya que de esta manera estaremos seguros de la participación de éstos en la polinización del palto.

Se debería realizar un estudio de costo-beneficio para determinar la conveniencia de tener polinizantes en campo

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcaraz, M.L.; Hormaza J.I. 2009. Selection of potential pollinizers for 'Hass' Avocado based on flowering time and male-female overlapping. *Sci. Hortic* (2009), 10:1016/j.scienta.
2. Araya, E., G. 1996. Caracterización de la floración del palto (*Persea americana* Mill.) en los cultivares Bacon, Edranol, Hass, Negra de la cruz y Zutano para la zona de Quillota. Tesis para optar por el título de ing. Agrónomo.
3. Arpaia M. L.; Witey G.; Robinson, P., and Mickelbart, L. 1995. 'Hass' avocado Phenology in California: Preliminary results. *Subtropical fruit news*. Fall 1994 /Winter 1995. 3 (1), p. 1-2.
4. Arpaia, M.L., and Hofshi R. 2004. The avocado flower and the pollination-fruit set process: Ideas from a California Perspective. 2º Seminario Internacional de paltos. Libro de resúmenes.
5. Bergh, B. and Gustafson, D. 1958. Fuerte fruit set as influenced by cross pollination. *California avocado society*. Year book 42, p. 64-66.
6. Bergh, B. 1966. Avocado tree arrangement and thinning in relation to cross pollination. *California avocado society*. Year book 50, p. 52-61.
7. Bergh, B. 1966. A Hass open pollinated progeny set. *California avocado Society*. Year book 50, p. 64-78.
8. Bergh, B. and Torres, A. 1978. Isozymes as indicators of outcrossing among 'pinkerton' seedlings. *California Avocado Society Yearbook* 62, p. 103-110.
9. Blumenfeld, A and Gazit, S. 1974. Development of seeded and seedless avocado fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99(6), p. 442-448.
10. Calabrese, F. 1992. *El aguacate*. Madrid, Mundipresnsa. 249p.
11. Castañeda V. J. 2009. Diseños estadísticos y análisis computarizados en protección de cultivos. Edit. UPAO (falta pg, etc,etc)

12. Coetzer, L.A. and Robbertse, P.J. (s/a). Pollination biology of *Persea americana* Fuerte. Margaretha Mes Institute for seed research, University of Pretoria.
13. Degani, C.; El-Bastri, R.; Gazit, S. 1997. Outcrossing rate yield, and selective fruit abscisión in 'Ettinger' and 'Ardith' avocado plots. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(6), p. 813-817.
14. Degani, C.; Gazit, S. 1984. Selfed and Crossed Proportions of avocado Progenies produced by Caged Pairs of Complementary cultivars. HortScience 19(2), p. 258-260.
15. Degani, C.; Goldring, A.; Gazit, S.; Lavi U. 1986. Genetic selection during the abscission of avocado fruitlets. hortScience 21(5), p. 1187-1188.
16. Degani, C.; Goldring, A.; Adato, I; El-Bastri, R. 1990. Pollen parent effect on outcrossing rate , yield and fruit characteristics of "Fuerte" avocado. HortScience 25 (4), p. 471-473.
17. Gardiazabal, F. and Gandolfo, S. 1995. A study of self-pollination in avocado (*Persea Americana* Mill.) Cv. Hass of different varieties. Proceedings of the World Avocado Congress III, p. 52-56.
18. Garner, L.; Ashworth, V.; Clegg, M. y Lovatt, C. 2008. The impact of outcrossing on yields of 'Hass' Avocado. J. Americ. Soc. Hort. Sci. 133(5), p. 648-652.
19. Garner, L. y Lovatt C. 2008. The relationship between flower and Fruit abscission and Alternate bearing of "Hass" avocado. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 133(1):3-10
20. Gazit, S.; Degani, C.; Goldring, A.; Adato Itzhak, El-Bastri, R. 1990. Pollen parent effect on outcrossing rate, yield, and fruit characteristics of 'Fuerte' avocado. HortScience 25(4), p. 471-473.
21. Goldring, A.; Gazit S.; Degani, C. 1987. Isozyme Analisis of Mature Avocado Embryos to Determine Outcrossing Rate in a 'Hass' Plot. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 (2), p. 389-392.
22. Ish- Am, G. s/a. Daily patterns of avocado bloom and honeybee activity. Agricultural R&D Western Galilee. Israel. 24p.
23. Ish-Am, G.; Eisikowitch. s/a. D. Quantitative approach to avocado pollination.

24. Ish-Am, G. 2004. Avocado pollination basics - A short review. 2° Seminario Internacional de paltos. Libro de resúmenes.
25. Kremer-Köhne, S.; Köhne, J. 1995. Medios posibles para incrementar el tamaño de la fruta del palto Hass. Actas del III Congreso Mundial del Palto, p. 29-31.
26. Köhne, J. S. s/a. Floración, desarrollo de fruta y manipulación de la producción en paltos.
27. Mena V., F. 2005. Growing avocados in Chile: A focus in orchard systems, fruit set and size. New Zealand and Australia avocado grower's conference. 20-22 September 2005. Tauranga New Zealand. Session 9. Fruit size and production. 11 pp.
28. Sedgley, M. 1987. Flowering, pollination and fruit set of avocado. South African Avocado Growers Association Yearbook 1987. Proceedings of the first World Avocado Congress. 10, p. 42-43.
29. Sil, M. 1997. Evaluación del efecto de un producto de origen amino ácido aplicado en floración sobre cuaja y retención de fruta del palto cv. Hass, en la zona de Quillota. Tesis para optar por el título de ing. Agrónomo. pp
30. Schroeder, C.A. and Hofshi, R. 2006. Some aspects of Pollination and Fertilization in subtropical fruit species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 (1), p. 289-292.
31. Shoval, S. 1987. Pollination rate and pollen tube growth of avocado, in relation to yield. Unpublish MsC. Thesis. The Hebrew University of Jerusalem. pp
32. Stout, A.B. 1923. How to make the avocado tree bear. California avocado society. 1922-23. Year book 8, p. 13-15.
33. Stout, A. B. 1923. A study of cross- pollination of avocados in southern California. California Avocado association. Annual report 1922-23. 8, p. 29-45.
34. Stout, A.B. and Savage, E. M. 1925. The flower behavior in avocados with special reference to interplanting. Proc. Fla. State. Hort. Soc. 38, p. 80-91.
35. Stout, A. B. 1932. Sex in avocados and pollination. California Avocado association. Year book 17, p. 172-173.

36. Stout, A.B. 1933. The pollination of avocados. University of Florida. Agric. Expt. Sta. Bulletin 257. 36 pp.
37. Thorp, G.; Anderson, P.; Camilleri, M. 1995. Avocado tree growth cycles - a quantitative model. Proceedings of The World Avocado Congress III, p. 76-79.
38. Yarita R. Y. 2009. Caracterización de la floración en cultivo de palto Hass, Zutano y Edranol en la irrigación Chavimochic. Revista Arenagro,
39. Whiley, A. W., Schaffer, B., Wolstenholme, B.N. 2007. El Palto. Botánica, producción y usos. Ediciones universitarias Valparaíso. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Cap.5. 364pp.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Plano del fundo Hass Perú S.A

Anexo 2. Croquis del lote A015 y ubicación de plantas en evaluación

Anexo 3. Temperatura máxima semanal en los años 2009-10

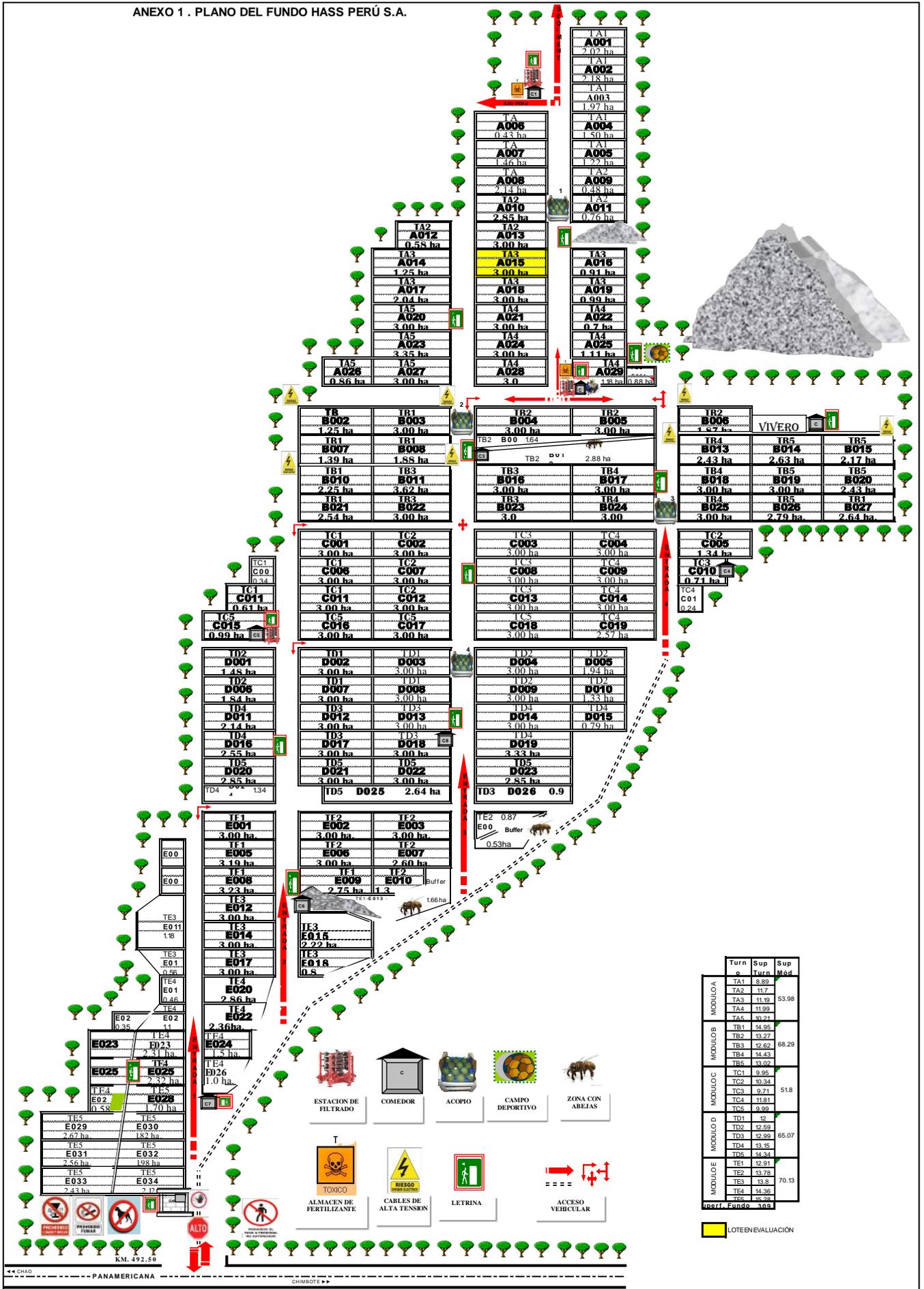
Anexo 4. Temperatura mínima semanal en los años 2009-10

Anexo 5. Humedad máxima semanal en los años 2009-10

Anexo 6. Humedad mínima semanal en los años 2009-10

Anexo 7. Radiación solar semanal en los años 2009-10

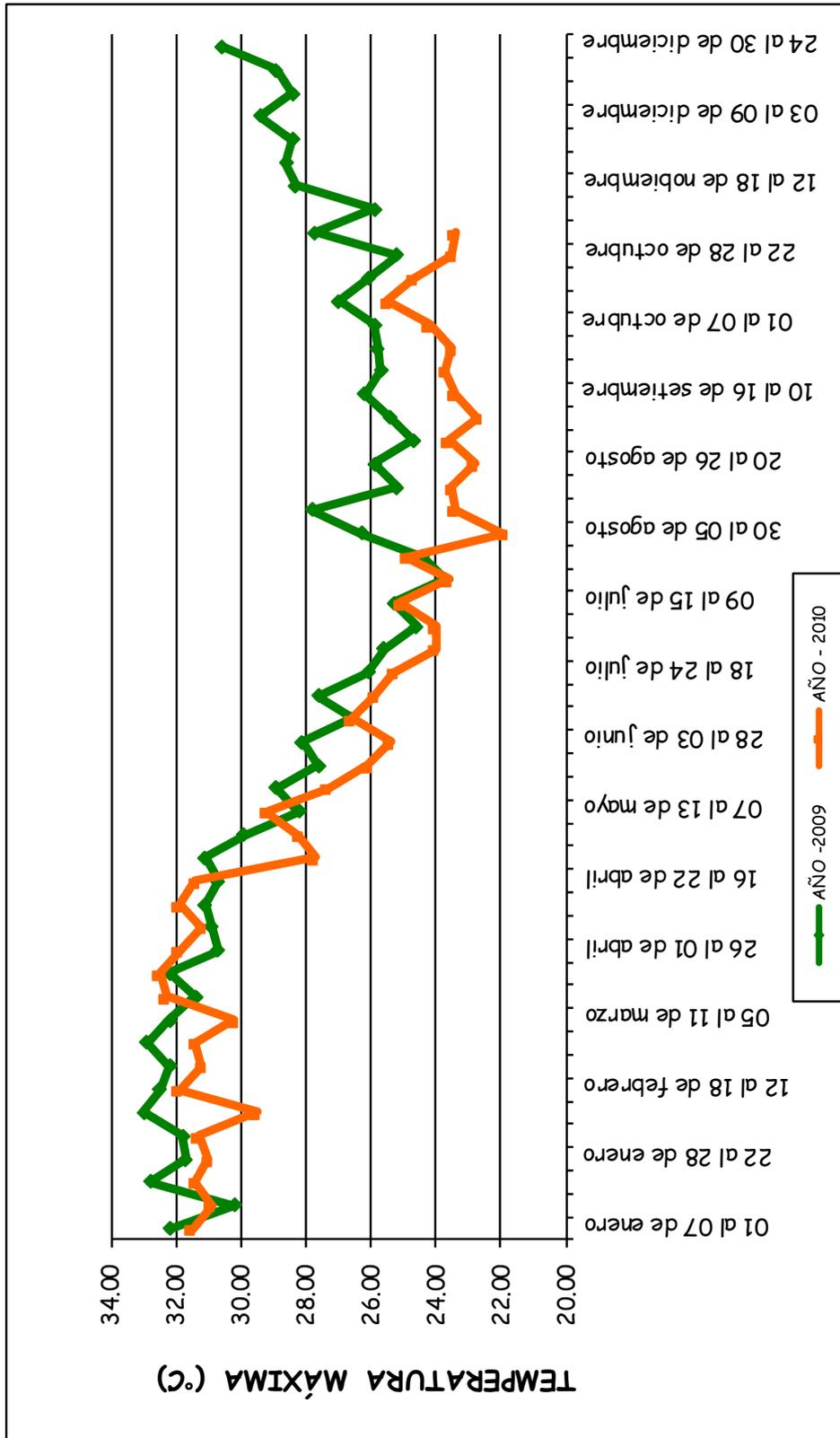
ANEXO 1 . PLANO DEL FUNDO HASS PERÚ S.A.



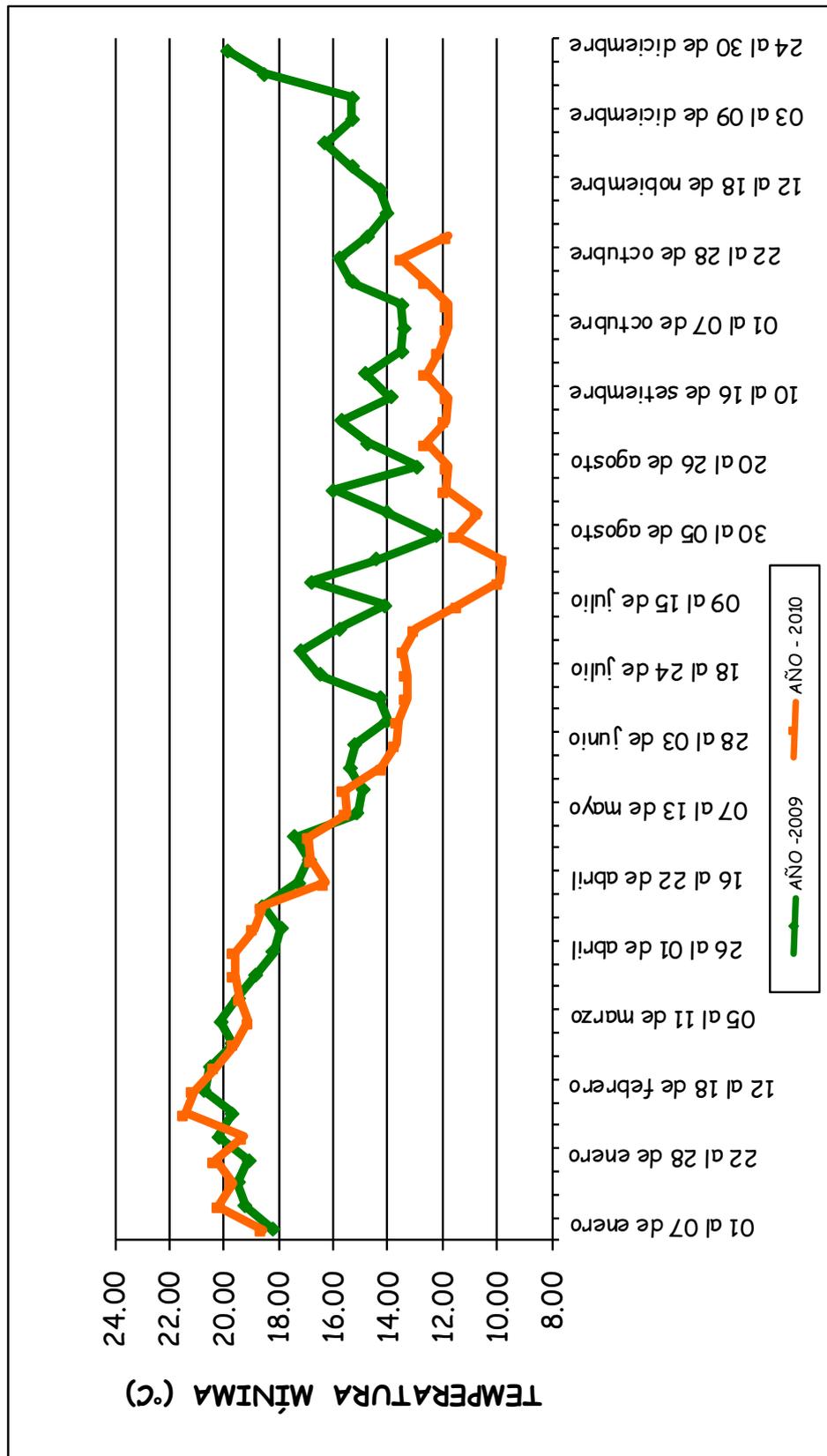
	Turn o	Sup	Sup
	Turn	Med	Med
MODULO A	TA1	8.88	
	TA2	11.7	
	TA3	11.19	53.98
	TA4	11.99	
	TA5	40.21	
MODULO B	TB1	4.95	
	TB2	13.27	
	TB3	12.62	68.29
	TB4	14.43	
MODULO C	TC1	9.95	
	TC2	40.34	
	TC3	9.71	51.8
	TC4	11.81	
MODULO D	TD1	12.2	
	TD2	12.59	
	TD3	42.99	65.07
	TD4	13.15	
	TD5	14.34	
MODULO E	TE1	12.91	
	TE2	13.76	
	TE3	13.9	70.13
	TE4	14.38	
	TE5	46.29	

ALTA EVALUACION

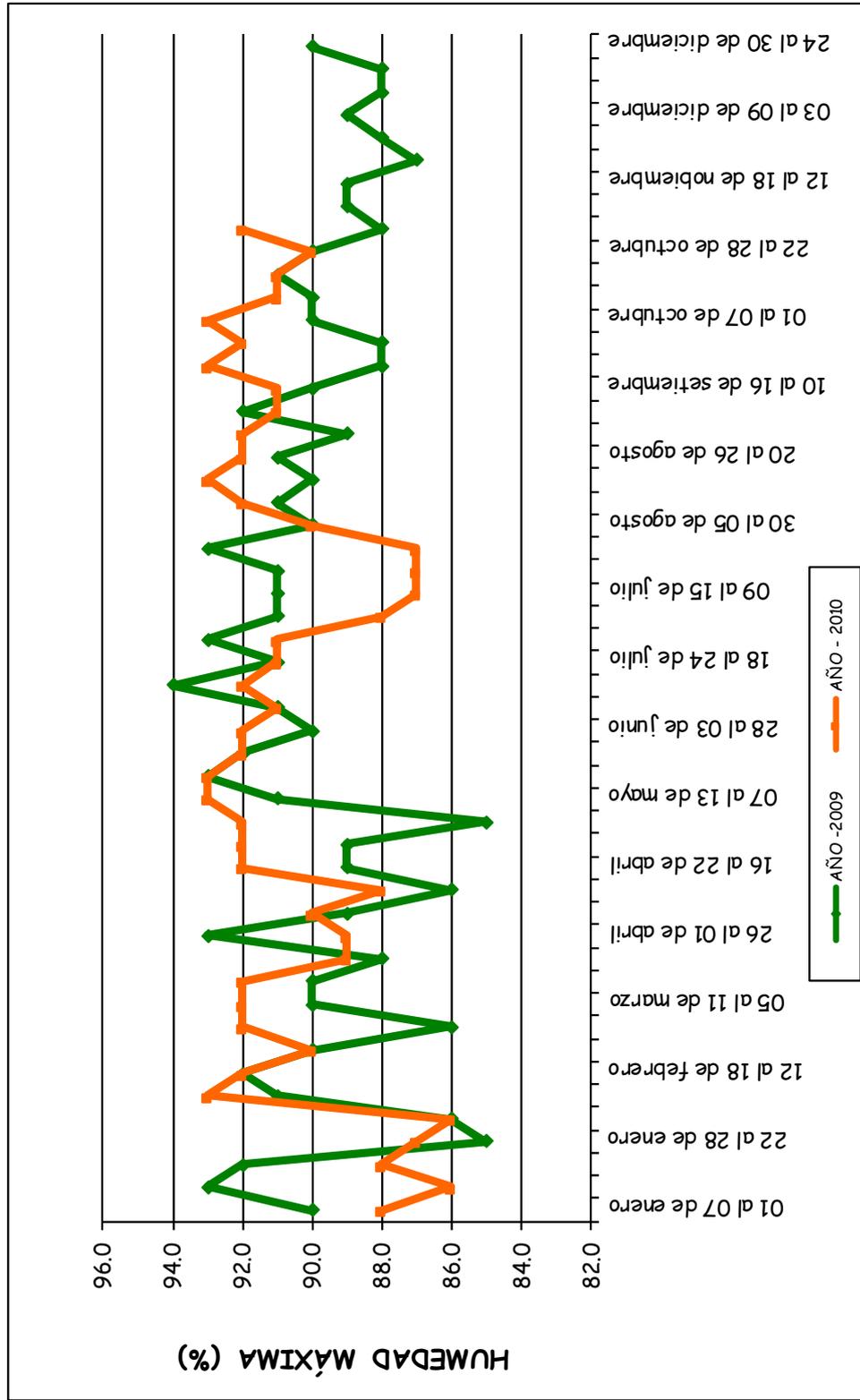
ANEXO 3. TEMPERATURAS MAXIMAS SEMANALES EN LOS AÑOS 2009-10



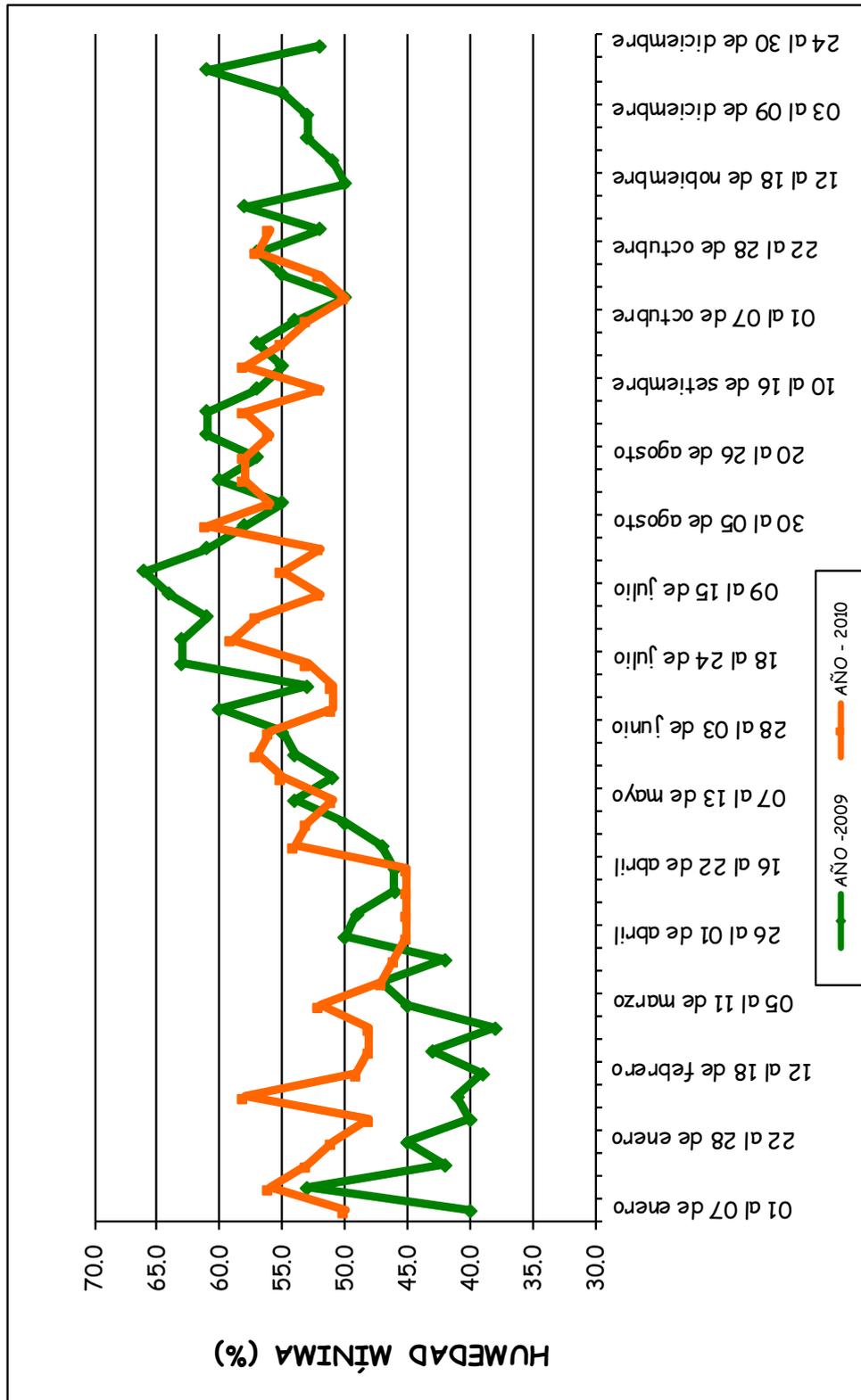
ANEXO 4. TEMPERATURAS MÍNIMAS SEMANALES EN LOS AÑOS 2009-10



ANEXO 5. HUMEDAD MÁXIMA SEMANAL EN LOS AÑOS 2009-10



ANEXO 6. HUMEDAD MÍNIMA SEMANAL EN LOS AÑOS 2009-10



ANEXO 7. HUMEDAD MÍNIMA SEMANAL EN LOS AÑOS 2009-10

