

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE PALTO  
(*Persea americana* Mill.) cv. Hass EN EL PROYECTO OLMOS”**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**RONALD ESMIT BARRIENTOS POZO**

**LIMA-PERÚ**

**2024**

---

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

# MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE PALTO (Persea americana Mill.) cv. Hass EN EL PROYECTO OLMOS

## INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[pgc-aulavirtual.inia.gob.pe](http://pgc-aulavirtual.inia.gob.pe)

Fuente de Internet

1%

2

[revistacta.agrosavia.co](http://revistacta.agrosavia.co)

Fuente de Internet

1%

3

[vdocuments.com.br](http://vdocuments.com.br)

Fuente de Internet

1%

4

[issuu.com](http://issuu.com)

Fuente de Internet

1%

5

[dspace.unitru.edu.pe](http://dspace.unitru.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

6

[docplayer.es](http://docplayer.es)

Fuente de Internet

1%

7

[arsftfbean.uprm.edu](http://arsftfbean.uprm.edu)

Fuente de Internet

1%

8

[inta.gob.ar](http://inta.gob.ar)

Fuente de Internet

1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE PALTO (*Persea  
americana* Mill.) cv. Hass EN EL PROYECTO OLMOS”**

**Ronald Esmil Barrientos Pozo**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

---

Ph. D. Walter Eduardo Apaza Tapia

**PRESIDENTE**

---

Ing. Mg. Sc. Alejandro Ari Pacheco Avalos

**ASESOR**

---

Dr. Erick Espinoza Núñez

**MIEMBRO**

---

Dra. Ruby Antonieta Vega Ravello

**MIEMBRO**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a mis queridos padres: Yovany Barrientos Durand y Virginia Pozo Quispe, a mis queridos abuelos: Aquilino Pozo Motta y Alejandra Quispe Ccance y a mis tíos: Cesar Gonzales Oscco y Nancy Pozo Quispe, por haberme educado con valores y conducido por el camino correcto. Mis éxitos se los debo a ustedes.

A mi querida Cristina, por alentarme a ser una mejor persona y un profesional con valores.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al profesor Alejandro Pacheco, asesor del trabajo de suficiencia profesional, por la confianza, el soporte y la oportunidad brindada para la ejecución de este trabajo.

A mis compañeros de la agroindustria INAGRO por la oportunidad que me brindaron en sus instalaciones, la cual sirvió para fortalecer mis conocimientos y poder realizar este trabajo, en especial al Ingeniero Julio Cesar Mendocilla Salas.

A mi querida UNALM, por formar profesionales en los sectores claves para el desarrollo del país.

A mis padres, familiares, amigos y todas las personas que directa e indirectamente contribuyeron en mi formación profesional

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 PROBLEMÁTICA .....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
<b>II. REVISIÓN LITERARIA</b> .....	<b>3</b>
2.1 ASPECTOS GENERALES.....	3
2.1.1 Origen del palto .....	3
2.1.2 Taxonomía.....	4
2.1.3 Características botánicas .....	4
2.1.4 Requerimientos climáticos .....	11
2.1.5 Requerimientos edáficos.....	12
2.1.6 Portainjertos más importantes .....	13
2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DEL PROYECTO OLMOS.....	15
2.2.1 Clima .....	15
2.2.2 Suelo.....	17
2.2.3 Ecología.....	17
<b>III. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL</b> .....	<b>19</b>
3.1 TRASPLANTE DE PATRONES .....	19
3.1.1 Selección de patrones en vivero .....	19
3.1.2 Hoyado para trasplante.....	22
3.1.3 Trasplante .....	24
3.2 MANEJO DE PATRONES TRASPLANTADOS.....	27
3.2.1 Tutorio de patrones .....	27
3.2.2 Colocación de cortinas cortaviento .....	28
3.2.3 Colocación de cobertura vegetal para proteger la zona radicular.....	29
3.2.4 Riego de patrones trasplantados .....	31
3.2.5 Fertilización de patrones después del trasplante.....	31
3.2.6 Desbrote de patrones .....	32
3.2.7 Retutorio de patrones.....	32
3.3 INJERTACIÓN EN CAMPO DEFINITIVO.....	33
3.3.1 Actividades previo a la injertación .....	33
3.3.2 Consideraciones del patrón previo a la injertación.....	33
3.3.3 Disponibilidad de yemas para la injertación en el Proyecto Olmos .....	35
3.3.4 Colecta de púas para la injertación .....	35
3.3.5 Injertación.....	38

3.4	MANEJO POST – INJERTO.....	39
3.4.1	Despunte de Patrones injertados.....	39
3.4.2	Sostenido de injertos.....	40
3.4.3	Aflojado de cintas de injerto.....	41
3.4.4	Desbrote de portainjertos.....	42
3.4.5	Tutoreo de injertos.....	42
3.4.6	Eliminación del tallo remanente del patrón.....	43
3.5	TIPOS DE PODA.....	44
3.5.1	Poda de formación.....	44
3.5.2	Poda de producción.....	47
3.6	MANEJO FITOSANITARIO.....	50
3.6.1	Arañita marrón.....	50
3.6.2	Queresas.....	52
3.6.3	Lasiodiplodia theobromae.....	52
3.7	RIEGO.....	53
3.7.1	Coagulación y floculación de las partículas suspendidas en el agua: tratamiento del agua de riego.....	54
3.7.2	Cabezal de filtrado y fertilización.....	54
3.7.3	Cintas de riego.....	56
3.7.4	Cálculo de la lámina de riego.....	58
3.7.5	Lectura de sensores de humedad.....	59
3.7.6	Calicatas.....	60
3.8	FERTILIZACIÓN.....	61
3.8.1	Análisis foliar y análisis de fruto.....	63
3.8.2	Sondas de succión de solución suelo y solución fertirriego (SFR).....	64
3.9	COSECHA.....	66
3.9.1	Determinación de materia seca: método gravimétrico.....	67
3.9.2	Determinación de materia seca: NIRS.....	67
3.9.3	Recolección de frutos.....	68
	<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>72</b>
	<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>72</b>
	<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>73</b>
	<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>74</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ciclo biológico de la arañita marrón <i>Olygonychus punicae</i> Hirst, para condiciones de Olmos.....	51
Tabla 2. Grados de humedad de suelos arenosos por el método del puño. ....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Brotamiento acumulado mensual de yemas en el Proyecto Olmos .....	6
Figura 2. Masa seca mensual de raíces activas de árboles de palto .....	7
Figura 3. Vista macroscópica del desarrollo de inflorescencias (Estado 1 a 11) de las yemas apicales de los brotes del aguacate 'Hass'.....	9
Figura 4. Desarrollo de yemas de palto 'Hass' en el Proyecto Olmos .....	10
Figura 5. Temperatura y humedad relativa promedio mensual en el Proyecto Olmos para el periodo 2014-2022.....	15
Figura 6. Precipitación acumulada mensual en la zona del Proyecto Olmos, para el periodo 2014-2022.....	16
Figura 7. Radiación promedio diaria mensual en el Proyecto Olmos, 2014-2022.....	17
Figura 8. Selección de patrones aptos para el trasplante en el vivero. ....	20
Figura 9. Correcta manipulación para el traslado de plántones.....	20
Figura 10. Aplicación de solución fungicida al sustrato de patrones seleccionados en vivero .....	21
Figura 11. Patrones en posición vertical al costado de los hoyos de trasplante. ....	22
Figura 12. Incorporación de humus al sustrato de trasplante .....	24
Figura 13. Corte de las raíces acumuladas. A: raíces acumuladas en la base de la bolsa, B: corte transversal del cilindro de la bolsa que contiene el sustrato, C: aplicación de fungicida a las heridas generadas por el corte. ....	24
Figura 14. Raspado de raíces laterales dentro del hoyo de trasplante .....	25
Figura 15. Uso de regla trasplantadora en el trasplante de plántones de palto.....	26
Figura 16. Rellenado del hoyo de trasplante, después del acomodo de plántones .....	27
Figura 17. Tutorio de patrones después del trasplante.....	28
Figura 18. Cortina corta viento de king grass ( <i>Pennisetum purpureum</i> ) cada dos hileras de trasplante.....	29
Figura 19. Cortina cortaviento de manta protegiendo un plánton de palto .....	29

Figura 20. Residuos vegetales usado como cobertura vegetal. A: hilera de King grass cortado y secando, B: colocación de cortina cortaviento en la hilera de palto, C: hilera de palto con cobertura vegetal. ....	30
Figura 21. Emisión de brotes laterales en patrones de palto. ....	32
Figura 22. Estado de desarrollo 3, 4 y 5 de las yemas de palto ‘Hass’ óptimas para la injertación .....	34
Figura 23. Estado de desarrollo de yemas de palto ‘Hass’ en el flujo de primavera.....	36
Figura 24. Estado de desarrollo de yemas de palto ‘Hass’ en el flujo de verano .....	36
Figura 25. Estado de desarrollo de palto ‘Hass’ en el flujo de otoño.....	37
Figura 26. Púas de palto ‘Hass’ para injertación.....	37
Figura 27. Injerto lateral en el cultivo de palto.....	38
Figura 28. Brotación de púas injertadas .....	40
Figura 29. Injerto con signos de estrangulamiento.....	41
Figura 30. Injertos tutorados, con tutores de PVC.....	43
Figura 31. Eliminación del tallo remanente del patrón; A: tallo de patrón y portainjerto del mismo diámetro, B: corte del tallo remanente del patrón, C: injerto sin tallo remanente, D: sanitizado del corte. ....	44
Figura 32. Injerto con el eje principal despuntado, A: tocón encima de la rama primaria superior, B: injerto despuntado con brotes maduros .....	45
Figura 33. Pintado del tallo principal y de ramas expuestas al sol; A: árbol expuesto a la radiación con tallo y ramas sin pintar, B: árbol con tronco principal pintado, C: árbol con ramas primarias pintadas. ....	47
Figura 34. Disposición diagonal de las ramas primarias de un árbol de palto para la poda de formación.....	49
Figura 35. Hoja con daño por ácaro <i>Olygonychus punicae</i> Hirst.....	51
Figura 36. Daño de <i>Lasiodiplodia</i> spp., en palto. A: Exudado en la zona de injerto, B: necrosis vascular, C: amarillamiento de hojas, D: muerte de plantas .....	53
Figura 37. Registros de NTU de la agroindustria Inversiones Agrícola Olmos en el periodo 2018-2021.....	55

Figura 38. Componentes del riego presurizado .....	56
Figura 39. Distribución de tres cintas de riego, en plantaciones de palto .....	57
Figura 40. Instalación de tres cintas de riego en campo.....	58
Figura 41. Curva de fluctuación de la humedad volumétrica de los campos de palto. ....	60
Figura 42. Calicata transversal en una hilera de palto.....	60
Figura 43. Método del puño para medir del grado de humedad en suelos arenosos .....	61
Figura 44. Análisis de las sondas de succión y de la solución fertirriego .....	65
Figura 45. Determinación de la materia seca en frutos de palto. A: Medición de la masa fresca, B: medición de la masa seca. ....	67
Figura 46. Medición de materia seca con NIR .....	68
Figura 47. Baldes con fruta colocados al pie de los árboles, para su posterior traslado a los bines .....	69
Figura 48. Vaciado de la fruta en los bines. ....	69

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Lámina de riego (LR) ejecutado para campos en mantenimiento de injertos .....	80
Anexo 2. Lámina de riego (LR) ejecutado para árboles de primera campaña .....	80
Anexo 3. Lámina de riego (LR) ejecutado para árboles de segunda campaña.....	81
Anexo 4. Plantilla de fertilización ejecutado para campos en mantenimiento de injertos, expresados en unidades por hectárea. (kg/ha) .....	81
Anexo 5. Plantilla de fertilización ejecutado para árboles de primera campaña, expresado en unidades por hectárea (kg/ha).....	82
Anexo 6. Plantilla de fertilización ejecutado para árboles de segunda campaña, expresado en unidades por hectárea (kg/h).....	82
Anexo 7. Rango de concentración de nutrientes del análisis foliar del cultivo de palto ‘Hass’ .....	83
Anexo 8. Rango de concentración de nutrientes del análisis de frutos del cultivo de palto ‘Hass’ .....	84
Anexo 9. Curva de análisis foliar del nitrógeno en el cultivo de palto ‘Hass’ patrón ‘Degania 117’ .....	85
Anexo 10. Curva de análisis de fruto del nitrógeno en el cultivo de palto ‘Hass’ patrón ‘Degania 117’ .....	86

## RESUMEN

El presente trabajo, comprende el manejo agronómico del cultivo de palto cv. Hass en una plantación del Proyecto Olmos, región de Lambayeque. Se detallan las actividades requeridas para el establecimiento de una plantación (476 plantas/ha) desde la selección de patrones y tratamiento fitosanitario en vivero, trasplante, manejo de patrones trasplantados, injerto en campo, manejo de injertos, podas de formación y producción, riego, fertilización, manejo fitosanitario y cosecha. Se ha trabajado con patrones 'Degania 117', 'Tzriffin 99' y 'Fairchild' (patrones Antillanos) y 'Zutano' (híbrido MxG), sobre estos patrones se injertaron plumas de palto 'Hass', realizando un conjunto de labores especializadas para su manejo, con la finalidad de obtener plantas productivas en el menor tiempo. El sistema de riego es por goteo, y el cálculo de la lámina de riego se realiza empleando la evapotranspiración (ET<sub>o</sub>) y K<sub>c</sub>. El riego se monitorea haciendo calicatas y con ayuda de los sensores de humedad, que arrojan datos de humedad volumétrica, verificando que fluctúen dentro de rangos establecidos. Se practica el fertirriego, para lo cual se hace uso de una plantilla de fertilización, realizando ajustes anualmente de acuerdo a los resultados de los análisis foliares, análisis de frutos, sondas de succión y SFR. Para el control fitosanitario, se realizan evaluaciones de todas las plagas y enfermedades, estableciendo umbrales de acción para decidir la aplicación; la elección de los activos, está en función del estado fenológico, la plaga objetivo, el mercado de destino, etc. Para la cosecha, se realizan evaluaciones de la materia seca, que debe de estar por encima de 21.5%, haciendo uso del método gravimétrico convencional y del NIR.

**Palabras claves:** Palto, patrones, injerto, riego, fertilización.

## ABSTRACT

The present work, includes the agronomic management of the avocado crop cv. Hass in a plantation of the Olmos Project, in the Lambayeque region. The activities required for the establishment of a plantation (476 plants/ha) are detailed: from the selection of rootstocks and phytosanitary treatment in the nursery stage, transplant, management of transplanted rootstocks, grafting in the field, graft management, training and production pruning, irrigation, fertilization, phytosanitary management and harvest. The work has been done with 'Degania 117', 'Tzrifin 99' and 'Fairchild' (West Indian rootstocks) and 'Zutano' (MxG hybrid), 'Hass' avocado scion were grafted onto these rootstocks, carrying out a set of specialized tasks for their management, with the aim of obtaining productive plants in the shortest time. The irrigation system is drip, and the calculation of the irrigation layer is carried out using evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) and K<sub>c</sub>. Irrigation is monitored by making pits and with the help of humidity sensors, which provide volumetric humidity data, verifying that they fluctuate within established ranges. Fertigation is practiced, for which a fertilization template is used, making adjustments annually according to the results of foliar analysis, fruit analysis, suction probes and SFR. For phytosanitary control, evaluations of all pests and diseases are carried out, establishing action thresholds to decide the application; The choice of assets depends on the phenological state, the target pest, the destination market, etc. For harvest, dry matter evaluations are carried out, which must be above 21.5%, using the conventional gravimetric method and the NIR.

**Keywords:** Avocado, rootstocks, grafting, irrigation, fertilization.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 PROBLEMÁTICA

El área del cultivo de palto en el Perú ha ido en aumento año tras año, tal como lo señala la Agencia Agraria de Noticias (2022), quien destaca que en el 2021 el Perú contaba con 50 699 hectáreas de palta Hass, frente a las 44 128 hectáreas registradas el año previo (2020). Este crecimiento viene siendo sostenido desde los años previos; así, hemos tenido 38 041, 33 064, 31 563, 29 063 y 27 312 hectáreas en los años 2019, 2018, 2017, 2016 y 2015 respectivamente.

Los volúmenes de exportación aumentaron como consecuencia de una mayor área sembrada como también por los mejores rendimientos alcanzados por unidad de área. Así, Andina (2022) señala que en la campaña de exportación 2022, los envíos de palta ‘Hass’ tendrán un crecimiento del 8% con respecto al año anterior, lo que representa aproximadamente 525,000 toneladas métricas y ese volumen significa un incremento de 27 % con respecto a las 411,143 toneladas exportadas en el 2020 (Prom Perú, 2020).

Así como aumenta el área y los rendimientos, también aumentan los mercados de destino, esto debido a la alta demanda del fruto y la calidad de los mismo. “En el 2010 el Perú poseía 18 mercados de destino, mientras que en el 2019 ya contábamos con 35, siendo los principales mercados de destino los Países Bajos, Estados Unidos, España, Reino Unido, Chile, China y Japón”. (Agencia Agraria de Noticias, 2020).

Las regiones de La Libertad y Lambayeque son las que más han crecido en área y actualmente son las regiones con mayor área sembrada a nivel nacional (Agencia Agraria de Noticias, 2022) principalmente por el desarrollo de los proyectos de irrigación de Chavimochic y Olmos. Este crecimiento ha ido de la mano con la mejora de las técnicas de producción: riego, fertirriego, labores culturales, tratamientos fitosanitarios, etc. Para alcanzar rendimientos competitivos, los árboles del campo deben expresar su potencial productivo, esto será posible si las plantas están sanas, adecuadamente regadas, fertilizadas y con la variedad de portainjerto adecuado. Para alcanzar esta condición, es fundamental que todo el proceso productivo se realice con conocimiento; así, por ejemplo, deben seleccionarse plántones de calidad, trasplantar con todas las precauciones a fin de eliminar

y prevenir presencia de raíces torcidas y enfermedades radiculares y/o de madera, seleccionar púas sanas y con yemas en la fase de desarrollo adecuado para el injerto, hacer un manejo correcto de plantas injertadas, hacer una buena poda de formación y producción y finalmente, cosechar cuando los índices de cosecha indiquen que es el momento óptimo.

En este trabajo se describen las diferentes labores culturales que se realizan en todo el proceso productivo del cultivo de palto: selección de plantones en vivero, trasplante de plantones, manejo de plantones en campo definitivo, injerto en campo definitivo, manejo de injertos, formación de planta, poda de producción, labores culturales post-poda, cosecha, riego, fertirriego y manejo sanitario en la zona del proyecto Olmos.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

- Dar a conocer los aspectos más relevantes en el manejo agronómico del cultivo de palto en el establecimiento de las nuevas plantaciones en la zona de Olmos.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Describir el proceso de trasplante de portainjertos e injertos en campo.
- Dar a conocer los principales problemas sanitarios del cultivo del palto, así como los métodos de control más usados actualmente en la zona de Olmos.
- Explicar el manejo de riegos y prácticas de fertilización.
- Explicar el uso de los índices de cosecha utilizados.

## II. REVISIÓN LITERARIA

### 2.1 ASPECTOS GENERALES

#### 2.1.1 Origen del palto

Sánchez-Perez (1999) cita a diversos autores (Bergh y Ellstrand, 1986; Storey et al., 1986; Schroeder, 1990; Hawkes, 1991; Ben Ya'acov, 1992, 1992a y Bergh, 1992) que señalan que los hallazgos de paltos primitivos desde la parte central de México, a través de Guatemala hasta gran parte de Centroamérica (desde la Sierra Madre Oriental en el estado de Nuevo León, México, hasta Costa Rica en Centroamérica), representan evidencia de que esta región es el centro de origen del palto, y probablemente de todo el género *Persea*; esta teoría es reforzada por Schaffer et al. (2013), quienes mencionan que el palto (*Persea americana*. Mill), es una planta originaria de una amplia zona geográfica, que se extiende desde las sierras centrales y orientales de México y Guatemala, hasta la costa Pacífico de Centro América. INTAGRI (2018) menciona que, por las evidencias taxonómicas, se considera que los ancestros silvestres de los aguacates que hoy día se cultivan deben haber tenido su origen en el centro-sur de México y Centroamérica.

La diseminación de la semilla de los árboles de palto hacia el sur y norte de América se realizó por los grandes mamíferos y aves que habitaban el área en esa época, lo cual explica la amplia y variable área de dispersión, debido al transporte de las semillas hacia lugares lejanos del centro de origen, donde el clima fue propicio para su desarrollo (Universidad de Alicante, 2010).

El palto habiéndose originado en el centro sur de México hace más de 8 millones de años, es recién después del descubrimiento de América y de la conquista por parte de los españoles que se distribuyó a Europa y luego al resto del mundo. En América, los Incas del Perú, distribuyeron esta especie hacia el sur, por la costa del pacífico, desde Colombia a Perú (Vilap Agricultura Digital, 2022).

### **2.1.2 Taxonomía.**

Perez et al. (2015) y la Fundación Charles Darwin (1959) señalan que el palto está clasificado taxonómicamente como:

- Reino: Plantae.
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Laurales
- Familia: *Lauraceae*
- Género: *Persea*
- Especie: *americana*

La gran diversidad genética de la especie *P. americana* permitió el desarrollo de subespecies, en gran medida por un aislamiento geográfico de cada una de ellas en condiciones agroclimáticas distintas, creando así formas botánicas distintas llamadas también razas hortícolas o ecológicas, variedades, subespecies o grupos hortícolas. (INTAGRI, 2018).

Dentro de la especie de aguacate se conocen tres razas (raza mexicana, raza guatemalteca y raza antillana); sin embargo, en los últimos años se ha propuesto una cuarta raza llamada costarricense. Se les denominan razas debido a que no son suficientemente diferentes entre ellas para recibir la categoría de especie, pero sí para ser consideradas subespecies o variedades botánicas. Cada raza tiene también un patrón de distribución bien definido. (INTAGRI, 2018).

Por lo tanto, *Persea americana* es una especie que incluye varios taxones separados, considerados como variedades botánicas, más comúnmente llamadas razas hortícolas. Las variedades botánicas pertenecientes a *P. americana*, son: *Persea americana* var. *drymifolia*, *Persea americana* var. *Guatemalensis*, *Persea americana* var. *Americana* y *Persea americana* var. *Costarricensis*; comúnmente conocidas como raza mexicana, guatemalteca, antillana y costarricense respectivamente (Schaffer et al. 2013 e INTAGRI, 2018).

### **2.1.3 Características botánicas**

#### **a. Crecimiento vegetativo.**

Como promedio, el árbol de aguacate puede alcanzar una altura de 20 metros; sin embargo, cuando se cultiva en plantaciones comerciales, no se deja crecer más de 5 m, para facilitar las prácticas de control fitosanitario, cosecha, poda y fertilización foliar. Esta especie vegetal es de tronco grueso y con hojas alargadas, con varias ramificaciones que generan un follaje

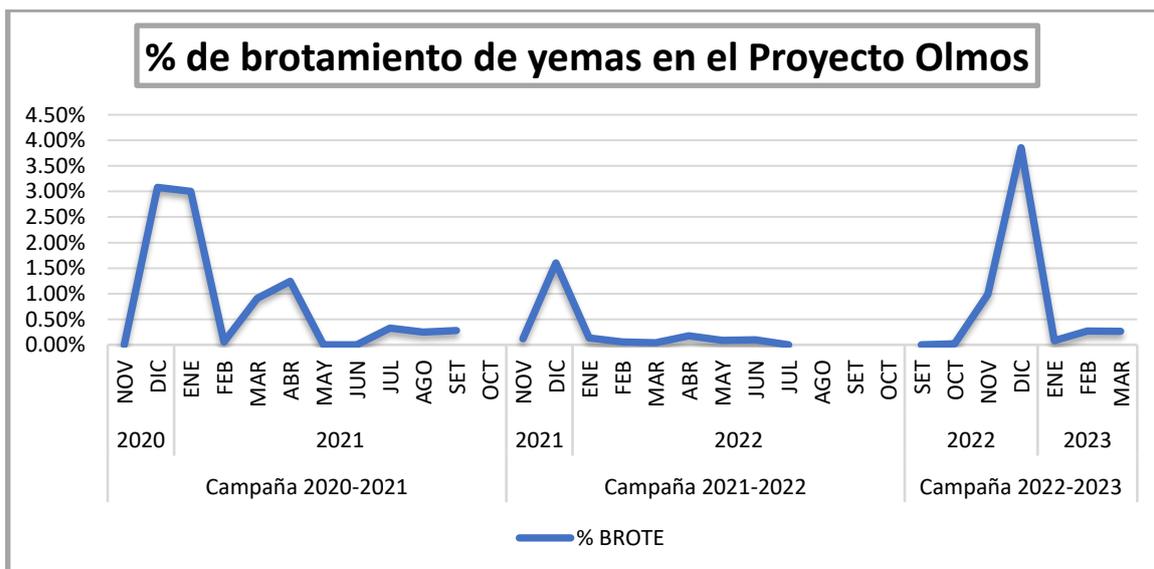
denso. Se considera un cultivo perenne debido a que se cultiva durante todo el año (Perez et al. 2015).

Scora et al. (2002) mencionan que el árbol de aguacate es de hoja perenne y en sus zonas de origen puede alcanzar alturas desde 10-15m (raza mexicana) a 30 m (razas guatemalteca y antillana), aunque en plantaciones comerciales generalmente se intenta mantener a una altura de siete metros para facilitar su manejo y recolección (Alcaraz, 2009).

Cosio-Vargas et al. (2008) en una investigación realizada en México, observaron dos flujos vegetativos, cada uno con diferente intensidad y duración; el flujo de invierno que ocurrió en febrero fue el de mayor intensidad y se presentó en todos los brotes, este flujo fue producido por la yema apical de los brotes florales indeterminados que se encontraban en antesis; el segundo flujo vegetativo y de menor intensidad (12.9% de los brotes) fue el de verano, que ocurrió en julio y fue producido por las yemas apicales de los brotes del flujo vegetativo previo (invierno).

En la zona de Olmos se puede observar en algunos años hasta cuatro flujos vegetativos: el flujo de primavera, el flujo de verano, flujo de otoño y el flujo de invierno (posterior a la poda). El flujo de primavera inicia aproximadamente en la semana 45 (inicios de noviembre), estos brotes son principalmente la continuación del crecimiento de las inflorescencias indeterminadas que provienen de las yemas de los flujos de la campaña anterior (20% del flujo de otoño, 10% del flujo de primavera y 70% del flujo de verano aproximadamente); el flujo de verano inicia en la semana 52 (finales de diciembre) y nace de las yemas del flujo de primavera principalmente,

se caracterizan por presentar un crecimiento vigoroso; el flujo de otoño inicia en la semana 13 (finalizando el mes de marzo) aproximadamente, nace de las yemas del flujo de verano principalmente; el flujo de invierno ocurre entre los meses de julio – agosto, es inducido por la descarga de la fruta y por la poda. De todos los flujos mencionados, el flujo de invierno y de otoño son de menor intensidad en comparación con los de primavera y verano. En la Figura 1 se presenta la brotación acumulada mensual del cultivo de palto ‘Hass’ en el Proyecto Olmos.



**Figura 1. Brotamiento acumulado mensual de yemas en el Proyecto Olmos**

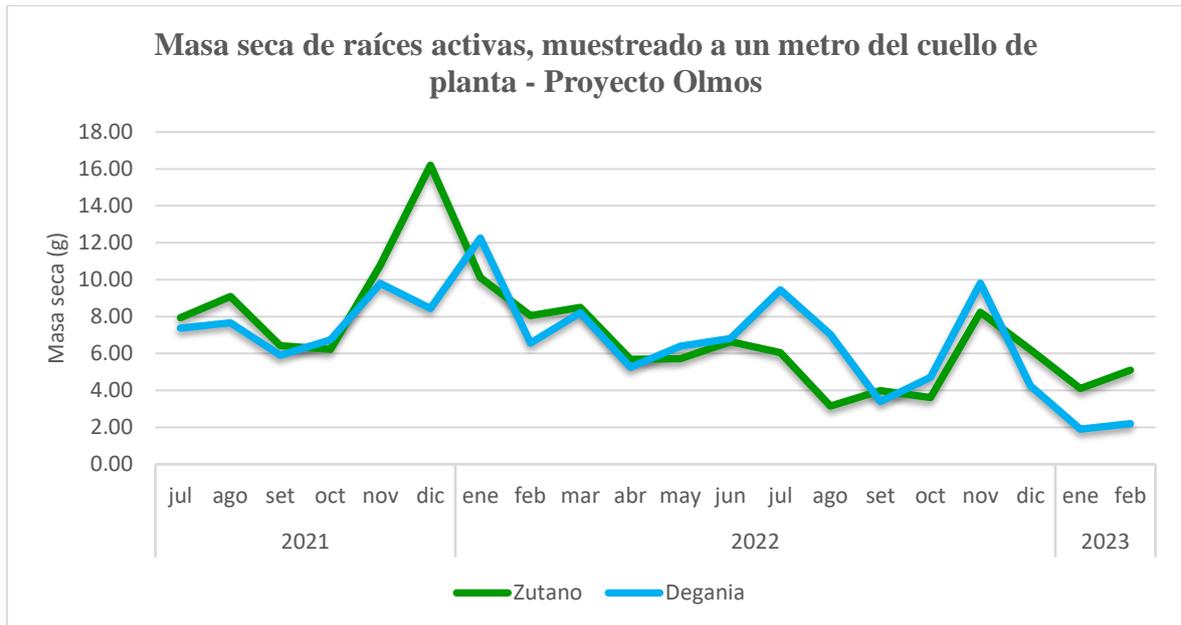
**Fuente:** Programa de Investigación y desarrollo INAGRO

**b. Sistema radicular.**

Whiley (1992) señala que el sistema radicular del palto no es muy profundo y no se extiende más allá de la zona que cubre el follaje, aunque también se observan raíces de anclaje que penetran en el suelo hasta 3 - 4 metros de profundidad. Por otra parte, Rimache (2007) menciona que el sistema radicular carece de pelos radicales y tiene un crecimiento superficial; el desarrollo horizontal y vertical de las raíces del palto está influenciado por la profundidad del suelo, la disponibilidad de humedad o la presencia de manto freático, la fertilidad del suelo, así como de otras características físicas del mismo, tales como textura, grado de compactación, aireación, etc.

El crecimiento de raíces tiene dos incrementos durante el año: el primero al finalizar el crecimiento vegetativo de invierno con una temperatura de suelo de 11 °C, y el segundo de octubre a diciembre con una temperatura de suelo de 9.9 °C. Ambos incrementos coincidieron con el fin de floración, el primero con el de invierno y el segundo con el de verano. El crecimiento de las raíces precede al vegetativo y a la floración (Reyes-Aleman et al. 2021). En la Figura 2 se presenta la evaluación de la masa seca de raíces activas; la muestra se toma a un metro del cuello de planta, a ambos lados de la hilera. Para tomar la muestra, se limpia la superficie del suelo, se dibuja un cuadrado de 40 cm de lado en la superficie limpiada y con una palana se extrae un cubo de suelo de 40 cm de lado, para luego enviar a laboratorio en donde se separan las raíces activas (raíces blanquecinas) de las raíces

de mayor edad para determinar la materia seca radicular. A mayor valor de materia seca de raíces, mayor será la intensidad de crecimiento.



**Figura 2. Masa seca mensual de raíces activas de árboles de palto**

**Fuente:** Programa de investigación y desarrollo INAGRO

### c. Desarrollo Floral.

Las flores del palto son completas y perfectas agrupadas en una inflorescencia denominada panícula, muestran una marcada dicogamia; es decir, la parte femenina y masculino de la flor maduran a destiempo. Este proceso es afectado por la temperatura, observándose una alta correlación entre la temperatura y la apertura de flores. (Curzel et al. s.f.).

El palto presenta un comportamiento floral muy particular conocido como dicogamia protogínea de sincronización diurna. La dicogamia implica que las partes femeninas y masculinas maduran a destiempo. Todas las flores son masculinas o femeninas a un mismo tiempo; vale decir, el comportamiento es sincronizado y esta sincronía es diurna, porque cada árbol es funcionalmente masculino en una parte del día y funcionalmente femenino la otra parte del mismo día. Finalmente, la dicogamia es de tipo protogíneo. ya que, en la flor la parte femenina madura antes que la masculina (Bergh, 1967).

Por lo tanto, la flor del palto abre dos veces, la primera vez lo hace al estado femenino, presentando el pistilo bien erguido y sobresaliente, con el estigma o superficie receptiva del polen brillante, blanca y aparentemente receptiva; los estambres están acostados y cerrados. Luego cierra, para abrir por segunda vez al día siguiente, donde el estigma no está receptivo,

generalmente muerto y de color oscuro y los estambres se encuentran erguidos con las tecas de las anteras abiertas, la flor sólo genera polen al estar en estado masculino (Gardiazabal, s.f.). La dicogamia rara vez es absoluta y por lo tanto suele ocurrir autopolinización, proviniendo de esta forma fruta tanto de polinización cruzada como de autopolinización (Degani y Gazit, 1984 citado por Gardiazabal, s.f.).

Según Sout (1923) los cultivares de palto se pueden dividir en dos tipos según el momento de apertura de las flores. El tipo A como la 'Hass' se abren funcionalmente como femenina en la mañana del primer día de la antesis y como masculino en la tarde del segundo día de antesis. En el tipo B como en el 'Bacon', 'Fuerte' y 'Zutano', las flores se abren primero como femenina por la tarde y luego como masculino en la mañana del segundo día de antesis, la polinización de los cultivares tipo A puede realizarse con polen de cultivares tipo B y viceversa.

Bergh (1986) citado por Alcaraz (2009) menciona que el árbol de palto puede tener cientos de inflorescencias y miles de flores, aunque el número de flores por inflorescencia puede variar mucho dependiendo del cultivar, siendo el porcentaje de cuajado extremadamente bajo y los frutos que se llegan a cosechar, aún más bajos.

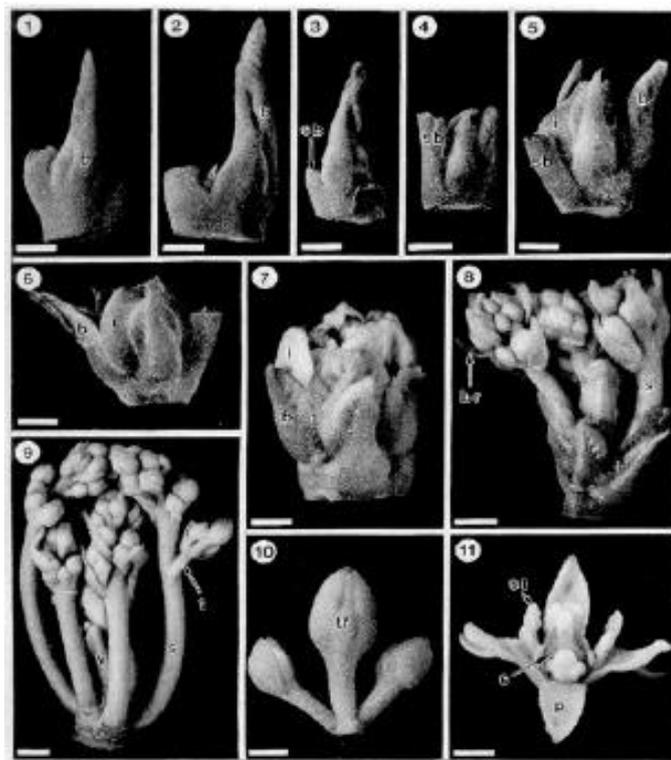
Las inflorescencias del aguacate pueden ser de dos tipos: determinadas o indeterminadas. En las inflorescencias de tipo determinado el meristemo del eje primario forma una flor terminal, por lo general estos brotes se ubican hacia la parte superior o exterior del árbol donde la intensidad lumínica es mayor, una vez los frutos son cosechados el brote determinado muere (Salazar-García y Lovatt, 2000).

En las inflorescencias de tipo indeterminado el ápice del eje primario finaliza en una yema vegetativa la cual inicia su crecimiento al momento de antesis y continúa hasta después de la cosecha de frutos presentes en ella (Cossio-Vargas et al., 2007). Con pocas excepciones las inflorescencias de tipo indeterminado son más abundantes (Cossio-Vargas et al., 2007), mientras las inflorescencias determinadas tienen un mayor porcentaje de frutos cuajados por flor (0,1%) respecto a las indeterminadas (0,05%) por lo cual tienden a ser más productivas (Schroeder, 1944 y Salazar- García y Lovatt, 1998).

En un trabajo realizado por Reyes-Aleman et al. (2021) encontraron que el tipo de inflorescencias predominantes del palto 'Hass' fueron las indeterminadas, encontrándose mayor número de flores por inflorescencia en los sitios de clima semicálido en comparación

con el sitio de clima templado, los árboles de clima templado presentan menor número de frutos, pero de mayor tamaño, en cambio los árboles de climas semicálidos presentar mayor número de frutos y esto genera una alternancia en la producción. Asimismo, se demostró un adelanto de 10 días en el desarrollo floral de la parte soleada (sur) del árbol, con un mayor tamaño y número de flores por inflorescencia con respecto a la parte sombreada (norte).

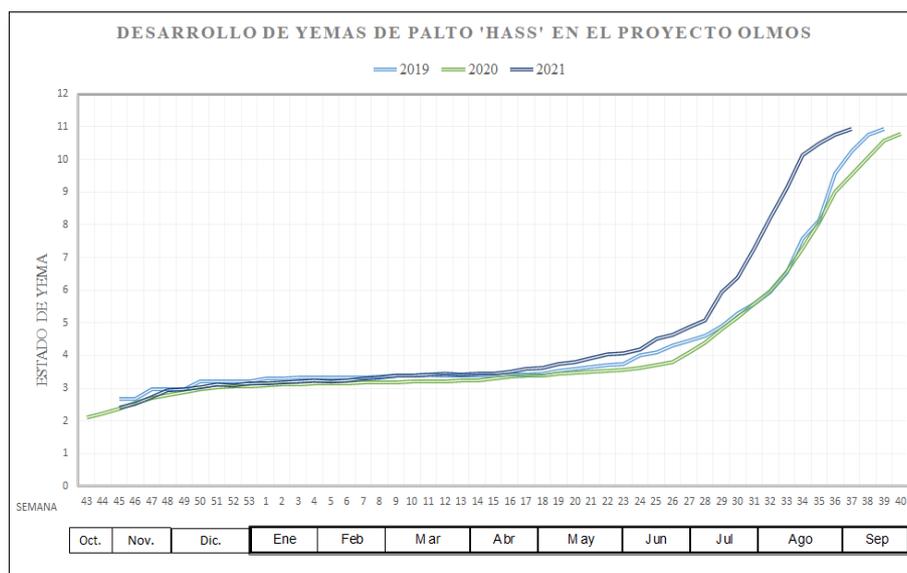
Salazar-García y Lovatt (1998) determinaron once etapas del desarrollo de las inflorescencias del cultivo de palto desde el desarrollo externo de la yema hasta la formación de la inflorescencia, las cuales se usan como herramienta útil para predecir la etapa microscópica del crecimiento reproductivo a nivel de rama o árbol, permitiendo predecir de manera confiable el desarrollo de la inflorescencia del palto cada año y resulta en un beneficio práctico para programar las prácticas de manejo del cultivo en etapas específicas del desarrollo de la inflorescencia; en la Figura 3 se observa los once estados de desarrollo de las inflorescencias del palto 'Hass'. En la Figura 4 se presenta el desarrollo de las yemas del palto 'Hass' para el Proyecto Olmos, observándose que la floración inicia con el estado siete (E7), entre los meses de julio a agosto, mientras que la antesis se da entre los meses de agosto y setiembre.



**Figura 3. Vista macroscópica del desarrollo de inflorescencias (Estado 1 a 11) de las yemas apicales de los brotes del aguacate 'Hass'**

**Fuente:** (Salazar-García y Lovatt, 2002)

Los estados del desarrollo de las yemas descritas por Salzar-García y Lovatt (2022), se describen a continuación. E1: Yema puntiaguda cerrada dentro del extremo más distal de dos hojas no expandidas del brote. E2: Yema puntiaguda cerrada, las dos hojas más distales expandidas y maduras. E3: Yema puntiaguda cerrada, senescencia parcial de las escamas de las yemas. E4: Escamas de las yemas separadas. Brácteas de la inflorescencia se expanden a todos los lados. E5: Aumento en las dimensiones de la yema. Las escamas claramente separadas. E6: Yema redonda. Bases de las escamas más externas permanecen. Están presentes las brácteas de las inflorescencias que encierran la inflorescencia. E7: Se abren las brácteas de la inflorescencia. La inflorescencia comienza a emerger E8: Elongación obvia de los ejes secundarios (estado coliflor). Los ejes terciarios todavía están cubiertos por las brácteas. Se presentan pequeñas flores cerradas. E9: Se elongan los ejes terciarios. La cima de las flores es evidente. La yema vegetativa en el ápice de la inflorescencia está visible. E10: Las flores están totalmente diferenciadas pero no están abiertas. E11: Flor en anthesis. En inflorescencia indeterminada, se rompe la yema vegetativa del ápice, iniciando el flujo vegetativo de primavera.



**Figura 4. Desarrollo de yemas de palto ‘Hass’ en el Proyecto Olmos**

**Fuente:** área de Investigación y desarrollo-INAGRO

#### **d. Desarrollo de frutos.**

La semilla del palto consiste en una cubierta que rodea a dos cotiledones carnosos y a un pequeño eje embrionario, la degeneración y oscurecimiento de la cubierta de la semilla indica que se ha completado el proceso de maduración y en este momento se encuentra separada de la pulpa. Los frutos pueden permanecer en el árbol de 3 a 6 meses desde el

comienzo de la época de recolección haciendo posible el almacenamiento de la fruta en el árbol y una cosecha escalonada. (Kaiser y Wolstenholme, 1994 citado por Alcaraz, 2009). Sin embargo, esto afectará la floración de la siguiente campaña, debido a que las semillas del árbol producen reguladores de crecimiento que inhiben la iniciación de la flor causando una baja floración al año siguiente (Paz-Vega, 1997).

Dependiendo de la raza, los frutos varían en la época de maduración, tamaño y contenido en ácidos grasos. Los frutos de las razas mexicanas y guatemalteca tienen mayor contenido en ácidos grasos en el mesocarpio maduro (10-30%) que los de la raza antillana (3-10%) (Alcaraz, 2009). A los 180 días el fruto de la palta 'Hass' alcanza el 95% de su tamaño, teniendo mayor crecimiento en climas templados que en climas semicálidos. El clima determina las características físicas y químicas de los frutos de aguacate, siendo la temperatura la que más influye en el tamaño, peso, forma y rugosidad del fruto, así como en el tamaño de la semilla (Reyes-Aleman et al. 2021).

#### **2.1.4 Requerimientos climáticos**

##### **a. Temperatura.**

La temperatura para el desarrollo normal del cultivo de aguacate oscila entre los 17°C a 24°C, donde a una temperatura de 20 °C la planta alcanza su óptimo desarrollo. Asimismo, el árbol de aguacate tiene de 10°C a 17°C como temperatura mínima y de 28°C a 33°C como máxima para el amarre de frutos. (INTAGRI, 2019).

La temperatura base para el crecimiento del árbol de palto comienza desde los 12.5°C hasta los 36°C, durante la floración y el cuajado las temperaturas en el día deben ser iguales o mayores a 20°C y sobre los 10°C en la noche, temperaturas menores a estos rangos provoca una reducción en el cuajado (Vilap Agricultura Digital, s.f.). Las altas temperaturas superiores a los 35°C afectan la floración y la fructificación, provocando defectos en la polinización y desprendimiento de frutos. La polinización es anormal cuando hay alternancia de días calurosos con días frescos, las subidas térmicas más allá de ciertos límites (alrededor de 30°C) si se prolongan, afectan al balance hídrico de la planta e influyen negativamente el desarrollo de los frutos. (INTAGRI, 2019).

##### **b. Humedad.**

La baja humedad relativa afecta la receptividad del estigma, cuando la humedad relativa cae por debajo de cierto límite (50%) comienza a producirse un progresivo decaimiento de los

líquidos del estigma y la germinación de los granos de polen llega a ser problemática o incluso imposible (Curzel et al. s.f).

### **c. Viento.**

El viento es un factor importante en la producción de paltas, ya que provoca una serie de alteraciones en la cuaja y calidad de los frutos. Si los vientos son superiores a 10 km/h limitan el vuelo de los insectos y si son secos y deshidratantes influyen negativamente la fecundación. Además, si las condiciones ventosas son frías puede reducir la cuaja por restricción de vuelo de abejas y del crecimiento del tubo polínico. Estudios señalan que pequeñas variaciones de temperaturas pueden determinar que en un lote cuajen flores y en el lote vecino no o que dentro de un mismo lote cuaje mejor una variedad que otra. Estas pequeñas variaciones pueden ser creadas por vientos (Curzel et al. s.f.). El terreno destinado al cultivo de palto debe contar con una protección natural contra el viento para evitar daños como la rotura de ramas, caída de fruto, reducción de humedad y deshidratación de flores, de lo contrario se recomiendan plantar especies arbóreas de rápido crecimiento como la casuarina cada cierto tramo para proteger y disminuir la velocidad del viento (cortina corta viento). Los vientos cálidos y secos también causan daños, debido a que pueden llegar a provocar el asurado, al no poder la planta reponer el agua transpirada, (INTAGRI, 2019).

## **2.1.5 Requerimientos edáficos**

### **a. Materia Orgánica**

“El cultivo de aguacate requiere suelos con un contenido de materia orgánica de 2.5 a 5 %, que le proporcione buena estructura y una adecuada proporción de aire y agua para facilitar el drenaje dentro del suelo”. (INTAGRI, 2019).

### **b. Textura**

Para realizar el trasplante del cultivo de palto se debe hacer un estudio de suelo mediante calicatas para conocer las características como textura, estructura, moteados que señalan la presencia de materia orgánica, presencia de sales que pueden afectar el desarrollo del árbol, la compactación, que impide el crecimiento de raíces y por consecuencia mal desarrollo de las raíces (Lemus et al. 2005). Los suelos de textura franca, consistencia media y ricos en materia orgánica los más adecuados para el cultivo de palto, por el contrario, los suelos arcillosos no son muy convenientes por su deficiente drenaje (INTAGRI, 2019).

### **c. Profundidad.**

Los árboles de palto requieren de un suelo moderadamente profundo, ya que poseen raíces superficiales, encontrándose el 80% en los primeros treinta centímetros. En zonas planas deben tener por lo menos un metro de profundidad mientras que en laderas de cerro alrededor de setenta centímetros (INTAGRI, 2019; Lemus et al, 2010 y Vilap Agricultura Digital, s.f.).

### **d. pH y salinidad.**

El palto es una planta muy sensible a la salinidad, los valores normales de conductividad eléctrica deben de ser menores de 2 dS/m, valores mayores generan efectos tóxicos por salinidad (cloruros de sodio y magnesio) manifestándose como quemaduras en los bordes y puntas de las hojas hasta causar defoliación (INTAGRI, 2019).

Por otra parte, Fertilab (s.f.) e (INTAGRI, 2019), menciona que el pH óptimo para el palto ronda entre 5.5. y 6.5, rango de pH al cual la planta de palto absorbe de forma óptima los nutrientes, por el contrario, en suelos de reacción alcalina con pH por encima de 7 se originan deficiencias nutricionales importantes de los microelementos hierro y zinc. Vilap Agricultura Digital, (s.f) sostiene que las mejores producciones de palto se obtienen con pH ligeramente ácido, cercanos a pH 6.

## **2.1.6 Portainjertos más importantes**

### **a. Cultivar Zutano**

Es un híbrido de la raza mexicana (predominante) con guatemalteco. Los árboles tienen un crecimiento vertical; manchas rojas en la madera de nuevos brotes; su floración es de tipo B, por lo que es un exitoso polinizador para el cultivar Hass. los frutos son ovalados a piriformes, tamaño de 200g a 400g. La piel es delgada, verde claro, lisa, brillante y coriácea con protuberancias cerosas. La semilla es mediana a grande y coriácea. El fruto es de maduración temprana con pulpa de color amarillo blanquecino pálido. Es un cultivar que posee tolerancia a las heladas (hasta -3.3°C) (Schaffer, 2013).

### **b. Waldin**

Presenta floración tipo A. Los frutos se producen usualmente en racimos, son elipsoidales, esferoides, aplanado oblicuamente hacia el ápice en un lado, tiene inserción central del pedicelo, mediano a grande con un peso que varía de 400 a 680 g. La piel es de color verde pálido a amarillo verdoso, es suave y coriácea. La semilla es mediana a grande. Tiene poca tolerancia al frío (Shaffer, 2013).

La semilla se utiliza para propagar el patrón, las plántulas son vigorosas y fáciles de injertar o brotar; es susceptible a la deficiencia de zinc, hierro y manganeso. Es tolerante a la pudrición de la raíz por *Phytophthora*, a la salinidad del suelo y a suelos calcáreos (Shaffer, 2013).

**c. Duke 7**

Cultivar mexicano resistente al frío, fueron seleccionados por George Zentmyer por su resistencia en el campo a *P. cinnamomi* en la década de 1950, pero se lanzó como patrón clonal recién en la década de 1970, (Faber, 2012) citado por (Schaffer, 2013). ‘Duke 7’ presenta alto vigor con follaje verde oscuro, no tolera el encharcamiento y solo debe usarse en suelos profundos y bien drenados, es un patrón productivo para ‘Hass’; sin embargo, cada vez aparecen evidencias de que se ha disminuido la resistencia a *P. cinnamomi*. (Shaffer, 2013).

**d. Cultivar Ashdot 17**

Predomínate antillano se originó en el huerto Ashdot en Israel, usado como portainjerto, se recomienda para zonas con suelos calcáreos y/o con salinidad; es un árbol vigoroso que resiste suelos pesados (Lahav, et al., 2005).

**e. Cultivar Degania 117**

Predomínate antillano, usado como patrón con efecto enanizante, también presentan tolerancia a suelos con alta salinidad y suelos calcáreos pesados (Lahav et al., 2005).

**f. Cultivar Tzriffin 99**

Predominantemente antillano, usado como portainjerto, es una variedad vigorosa y tienen tolerancia a la salinidad (Lahav et al., 2005).

**g. Fairchild**

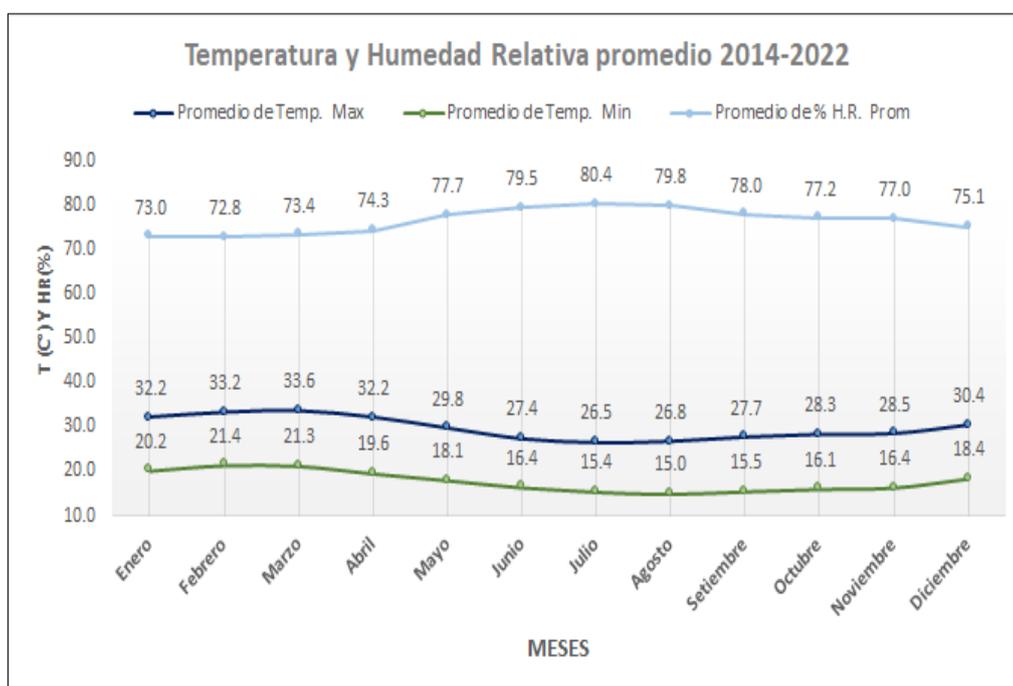
Predominantemente antillano, es un cultivar más vigoroso que el cultivar Tzriffin 99. Presenta hojas de un color verde oscuro al madurar y de un tamaño superior a las hojas de los otros antillanos mencionados. El fruto es grande y con bajo contenido de aceite. Se usa principalmente como patrón por su resistencia a la salinidad y al estrés hídrico.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DEL PROYECTO OLMOS.

### 2.2.1 Clima

La humedad relativa promedio anual de la zona del Proyecto Olmos es de 77%, siendo el mes de julio correspondiente a la estación de invierno el más húmedo con 80% y el mes de febrero correspondiente a la estación de verano el más seco con 73%. La variación de humedad relativa entre el mes más húmedo respecto al mes más seco es de 7.6% aproximadamente, evidenciándose una baja variación durante el año, en la Figura 5 se presenta la humedad relativa promedio mensual de la zona del Proyecto Olmos.

La temperatura promedio máxima anual es de 30°C, mientras que el promedio de temperatura mínima anual es de 18°C, habiendo una variación de 12°C entre la temperatura máxima y la mínima. Marzo es el mes con la más alta temperatura máxima, registrándose un valor promedio de 34°C y con una temperatura mínimo promedio de 21 °C; por otra parte, julio es el mes con la temperatura máxima más baja, registrándose un promedio de 27°C y un mínimo promedio de 15°C. En la Figura 5 se muestra las temperaturas máximas y mínimas promedio mensuales para el periodo 2014-2022 de la zona del Proyecto Olmos, en el que se observa lo descrito en este párrafo, lo que demuestra que la zona del Proyecto Olmos presenta temperaturas propias de un clima tropical.

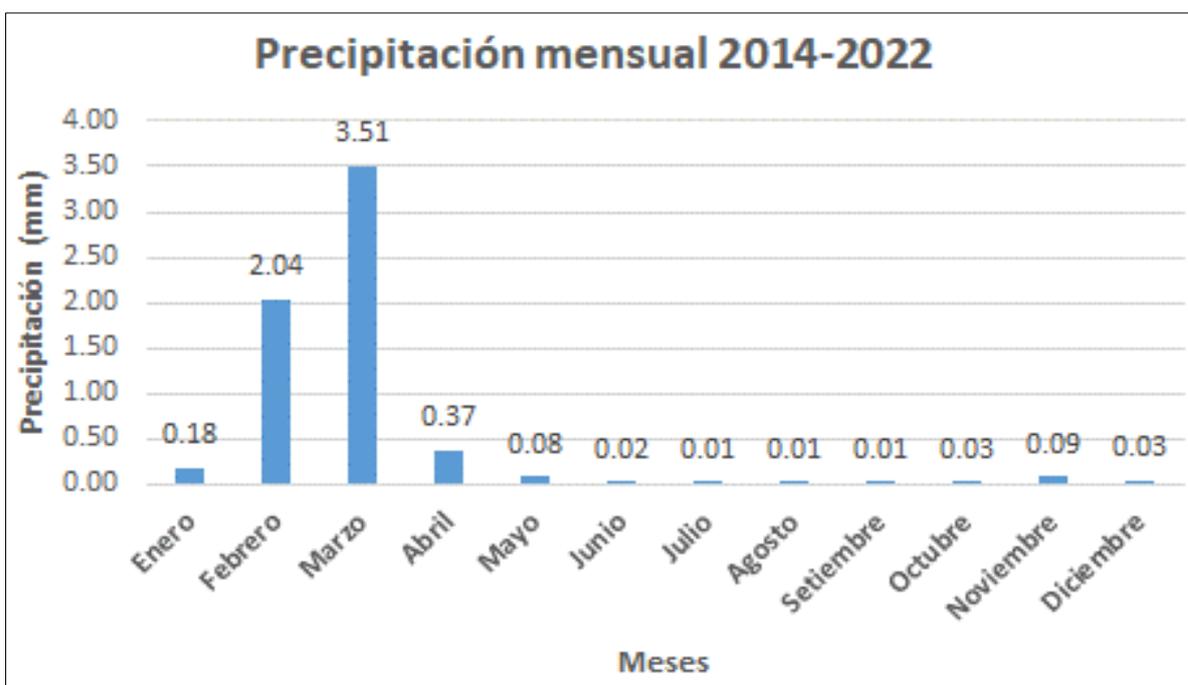


**Figura 5. Temperatura y humedad relativa promedio mensual en el Proyecto Olmos para el periodo 2014-2022.**

**Fuente:** Estación meteorológica Inversiones Agrícola Olmos.

Las precipitaciones pueden ocurrir en cualquier época del año, siendo la época habitual de las precipitaciones entre los meses de febrero y marzo; en el mes de febrero la precipitación promedio acumulado es de 2.04 mm, mientras que en el mes de marzo es de 3.51 mm, mientras que la precipitación anual acumulada promedio para la zona del Proyecto Olmos es de 6.37 mm anual, una precipitación baja que no tiene relevancia al momento de realizar las proyecciones de consumo de agua de riego. En la Figura 6 se muestra la precipitación acumulada mensual promedio del periodo 2014-2022 para la zona del Proyecto Olmos.

La radiación solar más alta ocurre en la estación de verano (enero – marzo), registrándose un valor promedio diario de 1156 w/m<sup>2</sup>., siendo el mes de febrero el que registra la radiación solar más alta del año, llegando a un valor de 1178 w/m<sup>2</sup>. Entre los meses de mayo a julio se registran las radiaciones solares más bajas del año, con un valor promedio diario de 932 w/m<sup>2</sup>; siendo el mes de junio el de menor radiación, con 905 w/m<sup>2</sup>. La radiación promedio anual para la zona del Proyecto Olmos es de 1054.9 w/m<sup>2</sup>, lo que demuestra que en la zona del proyecto olmos la radiación solar es alta durante todo el año, sometiendo a las plantas a un alto consumo hídrico. En la Figura 7 se muestra la radiación acumulada promedio diario entre el periodo 2014-2022 para la zona del Proyecto Olmos.

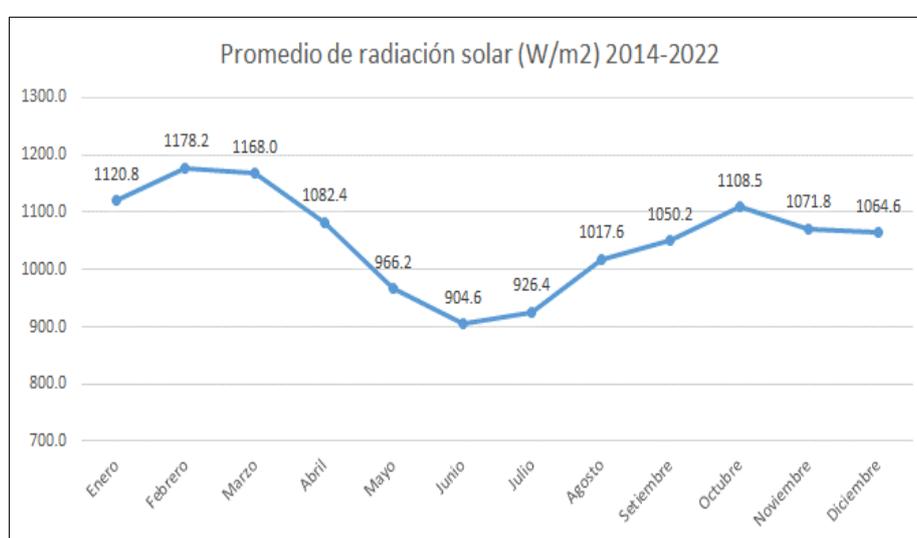


**Figura 6. Precipitación acumulada mensual en la zona del Proyecto Olmos, para el periodo 2014-2022.**

**Fuente:** Estación meteorológica Inversiones Agrícola Olmos

### 2.2.2 Suelo

Vidalon Engineering Services, S.A. (1965) describe al suelo del Proyecto Olmos de la siguiente manera: Las tierras del proyecto Olmos están formadas por sedimentos fluviales y aluviales depositados alternadamente con capas de arena eólica a través de los años. Estas deposiciones se han producido sobre las rocas sedimentarias de los periodos pleistoceno y cuaternario. Los estratos aluviales presentan espesores de 5 a 40 cm, en cambio las capas eólicas tienen espesores de 30 a 100 cm. Los estratos aluviales son de textura arena franca a franco limoso de color pardo amarillento oscuro a pardo oscuro, estructura en bloques o laminar y consistencia suave a firme. Los estratos eólicos, son de color pardo amarillento, estructura simple y consistencia suelta en su granulometría. Su textura es ligera, con pH que varía entre 6.8 a 7.4; libres de calcáreo.



**Figura 7. Radiación promedio diaria mensual en el Proyecto Olmos, 2014-2022.**

**Fuente:** Estación meteorológica Inversiones Agrícola OlmosSuelo

### 2.2.3 Ecología

Las pampas del Proyecto de Irrigación Olmos están atravesadas por numerosos ríos y quebradas secas durante la mayor parte del tiempo, que en años de abundantes lluvias se producen inundaciones de zonas más o menos extensas, formando vegas de alta productividad. (Vidalon Engineering Services, S.A., p. 3).

La vegetación típica es una asociación compuesta de muchos arbustos grandes y árboles pequeños dispersos y a veces en manchas. De estas plantas las más comunes son el sapote (*Capparis angulata*), el algarrobo (*Prosopis juliflora*), el bichayo (*Capparis ovalifolia*), el cuncun (*Velesia dichotoma*) y el overo (*Cordia rotundifolia*). tienen sistemas radiculares

muy profundos, se abastecen todo el año de agua almacenada en el subsuelo. Así mismo se encuentran hierbas anuales que se propagan por medio de semillas, las que se desarrollan rápidamente durante el período de lluvias y se secan después, Entre éstas predominan numerosas gramíneas (*Anthehora hermaphroditica*, *Aristida adscensionis*, *Eragrostis clianensis*, *Eriochloa peruviana*) y leguminosas (*Tephrosia purpurea*, *Stylosanthes psammophila*, *Desmodium sp.*). En zonas bajo riego se cultiva maíz, algodón, garbanzo, yuca, camote, frijol, alfalfa, gramalote, plátano, limonero, mango, palto, vid, olivo, etc., (Vidalon Engineering Services, S.A., p.5).

### **III. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL**

El Proyecto Olmos es la segunda zona más importante en área cultivada en el norte del Perú, en la que se han desarrollado prácticas agronómicas como el manejo del riego, la fertilización, la sanidad y las labores culturales que hacen posible la producción del cultivo de palto a pesar de las condiciones severas del clima y del suelo, en este trabajo se desarrollan cada uno de estos temas de manera concisa.

#### **3.1 TRASPLANTE DE PATRONES**

##### **3.1.1 Selección de patrones en vivero**

Los patrones destinados para el trasplante deben tener una altura superior a los 40 cm, diámetro del cuello superior a 10 mm, hojas maduras y/o ausencia de brotes (hojas adultas), con buen vigor y sanos. Los plantones con brotes tiernos tienen la cutícula de la epidermis delgada y las estomas no se han terminado de desarrollar, generando alta pérdida de agua por transpiración, lo que podría desencadenar en marchitez y en el peor de los casos en la muerte del plantón trasplantado. Todos los plantones con las características mencionados se seleccionan y se separan en una zona del vivero para luego ser trasladado al campo, tal como se observa en la Figura 8. Para cargar o trasladar los plantones de un lugar a otro, se coge con una mano la base de la bolsa que contiene el sustrato y con la otra la parte superior de la bolsa (Figura 9), evitando coger el plantón por el tallo, de lo contrario se desprenderán las raíces por el peso del sustrato.

Cuando la mayoría de los plantones del vivero presentan brotes inmaduros y hay la urgencia de trasplantar, se realizan los despuntes de la sección apical de los plantones para eliminar la porción que presenta el brote tierno. A la herida generada por el despunte, se unta con una mezcla de pasta cicatrizante (Sanix: Betaina) y un agente fungicida (Phython o Mertect) para prevenir el ingreso de hongos fitopatógenos como la *Lasiodiplodia spp.*, *Phytophthora cinamomi*, etc., el despunte se realiza preferentemente en plantones con una altura superior a 60 cm, de lo contrario es mejor esperar que maduren los brotes de los plantones para trasplantar más adelante.



**Figura 8. Selección de patrones aptos para el trasplante en el vivero.**



**Figura 9. Correcta manipulación para el traslado de plantones**

Una semana antes del trasplante, a los patrones seleccionados en vivero se le aplica al sustrato 0.25 L de una solución de fungicida (sulfato de cobre - Phython - a una dosis de 0.5 L/cilindro o thiabendazole - Mertect - a 0.2 L/cilindro). Esta labor se realiza para prevenir el ingreso de agentes fitopatógenos que puedan infectar al sistema radicular del plantón debido a las posibles rupturas de las raíces durante la manipulación o el traslado de plantones y/o el trasplante (Figura 10).



**Figura 10. Aplicación de solución fungicida al sustrato de patrones seleccionados en vivero**

Así mismo; una hora antes del traslado de plántones a campo definitivo, se satura con agua el sustrato de todos los plántones, especialmente si el sustrato presenta alto porcentaje de arena, para que el agua aumente la consistencia del sustrato y no se disgregue al momento de la manipulación, pero por otra parte esta acción servirá para que los plántones que lleguen a campo, reduzcan el estrés hídrico ya que pueden estar hasta por más de tres horas al pie del hoyo sin ser trasplantados.

Antes de trasladar los plántones a campo definitivo, se realiza aplicación foliar con Surround (caolinita) a 5 Kg/cilindro para reducir la incidencia de la radiación solar sobre la superficie de las hojas a fin de reducir la temperatura del plánton, para disminuir la transpiración y por consiguiente la pérdida de agua; también se realiza el pintado de tallos con pintura blanca para proteger el tallo de los patrones de la quemadura por acción de la radiación solar, que genera necrosis de la zona expuesta al sol.

Cuando la unidad móvil que transporta los plántones llega a campo definitivo cargado con los patrones, estas se colocan al costado de los hoyos en posición vertical para evitar que la radiación solar ocasione quemadura del tallo del patrón en caso se coloque en posición horizontal. En la Figura 11 se observa los plántones colocados en posición vertical al costado de los hoyos.



**Figura 11. Patrones en posición vertical al costado de los hoyos de trasplante.**

### **3.1.2 Hoyado para trasplante.**

Para realizar los hoyos de trasplante, el suelo debe estar húmedo (capacidad de campo) especialmente en suelos arenosos como los del Proyecto Olmos, para que la arena obtenga consistencia y no se desmorone al momento de realizar el hoyo, para ello se realizan riegos con altos volúmenes de agua para humedecer a capacidad de campo los primeros 60 cm de profundidad del perfil del suelo, colocando dos cintas de riego por hilera a una distancia tal que permita el traslape de los bulbos de humedecimiento. Esta actividad se realiza desde aproximadamente tres días antes de iniciar con el trasplante.

Una vez asegurada la humedad del suelo, el siguiente paso es el marcado de los puntos de hoyado, el cual está en función del marco de trasplante que determina el distanciamiento entre plantas en una misma hilera y el distanciamiento entre hileras. En la agroindustria Inversiones Agrícola Olmos (INAGRO) el marco de trasplante es de 3m entre plantas de una misma hilera y de 7 m entre hileras (3x7), haciendo una densidad de 476 plantas por hectárea.

Para marcar los hoyos en las hileras de trasplante, primero se identifican las estacas de cabecera colocados a ambos lados de la hilera de trasplante durante el levantamiento topográfico, estas estacas de cabecera pueden indicar el primer punto de hoyado de la hilera o ser simplemente una referencia a partir del cual se identificarán todos los puntos de hoyado;

en segundo lugar, en una cuerda de reducida capacidad de dilatación, se realizan marcas en tramos iguales al distanciamiento entre plantas (3m) de una misma hilera, estas marcas son las marcas centrales que indica el punto del hoyado, adicionalmente se realizan otras dos marcas a treinta centímetros a ambos lados de la marca central.

La cuerda marcada se estira a lo largo de la hilera de trasplante teniendo como referencia las estacas de cabecera para alinear la cuerda, seguidamente se colocan estacas clavadas al suelo en las zonas que coinciden con los puntos marcados en la cuerda, encontrándose por lo tanto tres estacas clavadas al suelo en todas las zonas de hoyado; la estaca central indica la zona en el que se realizará el hoyo, el cual tendrá una dimensión de 40cm x 40cm x 50cm (largo, ancho y profundidad), mientras que las otras dos estacas servirán para alinear a los plantones a lo largo de la hilera, durante el trasplante.

Al realizar el hoyado, la tierra que se extrae del hoyo se coloca a un costado en forma de montículo, al que luego se agregan: 4 kg de humus, 200g de fosfato diamónico (FDA), 100g de *Trichoderma spp.* en sustrato de maíz y 20g de *Beauveria bassiana* también en sustrato de maíz. Estos componentes se mezclan hasta que quede totalmente homogénea. El FDA servirá como fuente de fósforo para los plantones, mientras que los hongos *Trichoderma spp.* y *Beauveria bassiana* ayudarán a mantener sanas a las raíces, así como mejorar la asimilación de nutrientes.

Diversas especies de *Trichoderma* están asociadas con la rizosfera de plantas o pueden relacionarse de manera endofítica, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas, mediante la producción de auxinas y giberelinas; también pueden producir ácidos orgánicos (glucónico, fumárico, y cítrico) que pueden disminuir el pH del suelo y propiciar la solubilización de fosfatos, magnesio, hierro y manganeso, los cuales son vitales para el metabolismo vegetal; también ayuda en el control de hongos fitopatógenos debido a mecanismos antagónicos como la competencia por nutrientes y espacio, el micoparasitismo (hidrolizan la pared celular de los hongos que parasita, a través de la secreción de enzimas como las proteasas, las quitinasas y las glucanasas) la antibiosis, la promoción del crecimiento vegetal e inducción de respuestas de defensa vegetal (Hernández-Melchor et al. 2019).

Los hongos del género *Beauveria* son eficaces para el control de varios insectos por su alta patogenicidad al penetrar en el hemocele de su hospedero y causarle la muerte tras la producción de toxinas; las esporas del hongo entran en contacto con la superficie quitinosa

del insecto, donde inicia el mecanismo entomopatógeno de adhesión, germinación y penetración por medio de enzimas proteasas, quitinasas y lipasas y dentro del huésped contrarresta los mecanismos inmunes del insecto propiciando efectos nocivos y la muerte (Valbuena et al. 2021). En la Figura 12 se observa la incorporación de humus al montículo de arena extraído en el hoyado.



**Figura 12. Incorporación de humus al sustrato de trasplante**

### 3.1.3 Trasplante

A los plántones que se colocaron al costado de los hoyos en posición vertical durante la distribución de plántones, se les coloca en posición horizontal, seguidamente con un cuchillo bien afilado se realiza un corte transversalmente (Figura 13.B) limpio y de una sola pasada, aproximadamente a tres centímetros por encima de la base del cilindro del sustrato para eliminar las raíces acumuladas en la base de la bolsa (Figura 13.A), aplicando luego a la zona de corte con una solución fungicida (Mertect a 0.2L/Cilindro) (Figura 13.C) a fin de prevenir el ingreso de agentes fitopatógenos al interior de las raíces a través de las heridas.



**Figura 13. Corte de las raíces acumuladas. A: raíces acumuladas en la base de la bolsa, B: corte transversal del cilindro de la bolsa que contiene el sustrato, C: aplicación de fungicida a las heridas generadas por el corte.**

Seguidamente se coloca el plantón dentro del hoyo y se corta la bolsa de trasplante (bolsa que contiene el sustrato) por uno de sus lados dejando expuesto el sustrato, luego se eliminan las raíces laterales enrolladas y/o acumuladas en el contorno del cilindro raspando con un cuchillo bien afilado (Figura14) cuando el plantón presente abundante desarrollo radicular (plantones con el límite de tiempo máximo o sobrepasado  $\epsilon C$  vero) , mientras que si el plantón presenta poco desarrollo radicular (plantones con el tiempo óptimo en vivero), se liberan las raíces con los dedos, haciendo una canaleta desde la parte superior del cilindro del sustrato hasta la parte inferior cada 90° (cuatro canaletas), aplicando luego una solución fungicida a las heridas generadas por el raspado.

La eliminación de las raíces acumuladas de la base y del contorno del sustrato es una labor cultural de alta importancia, ya que permite prevenir y reducir futuras plantas con problemas de raíces torcidas, las mismas que afectan en la producción al ser plantas con baja capacidad de fructificación.



**Figura 14. Raspado de raíces laterales dentro del hoyo de trasplante**

Una vez eliminada las raíces acumuladas de la base y del contorno de la bolsa de trasplante, se coloca el patrón en el lugar que quedará, para ello se hace uso de una regla trasplantadora que presenta la siguiente dimensión de: 70 cm x 15 cm x 3 cm (largo, ancho y espesor); a continuación, se explica la construcción de la regla transportadora; así como el procedimiento para ubicar y alinear los patrones dentro de la hilera de trasplante (figura 15).

- La regla trasplantadora tiene cortes en forma de “v” en la parte central y a 30 centímetros a ambos lados de la parte central, con una profundidad de 5 centímetros. De preferencia la “v” debe dar lugar a un triángulo equilátero.
- La regla trasplantadora se coloca en posición horizontal haciendo calzar dentro de las “v” laterales, las estacas ubicadas a ambos lados del hoyo.
- En la “v” central se encaja el plantón, de esta manera, el plantón trasplantado quede alineado a lo largo de toda la hilera de trasplante, tal como se observa en la Figura 15, para ello antes de rellenar el hoyo, se debe corroborar el alineado y si es necesario se corrige.

Una vez que el plantón de palto esté ubicado en su posición correcta, se prosigue a tapar el hoyo con la mezcla del sustrato (arena, humus, PDA, *Trichoderma spp* y *Beauveria bassiana*), agregando el sustrato primero hasta la mitad de la capacidad del hoyo (Figura 16), para presionar el sustrato con los pies por todo el contorno del plantón a fin de asentar y eliminar los bolsones de aire atrapados dentro del sustrato removido; seguidamente se termina de rellenar el hoyo con el sustrato restante y se vuelve a pisar por todo el contorno del plantón, terminando de asentar el sustrato se empareja la superficie, de esta manera se evitan problemas de encharcamiento de agua dentro del perfil del suelo que podría causar problemas de asfixia radicular, oxidación de hierro generando problemas de asimilación y deficiencia de hierro en la planta, susceptibilidad a entomopatógenos, etc. El pisado del sustrato agregado al hoyo se realiza teniendo cuidado de no pisar el sustrato del plantón que proviene del vivero, así como cuidando los patrones.



**Figura 15. Uso de regla trasplantadora en el trasplante de plantones de palto.**



**Figura 16. Rellenado del hoyo de trasplante, después del acomodo de plantones**

Terminado de rellenar los hoyos de trasplante, se alinean las cintas de riego (dos cintas de riego por hilera) a una distancia de 10 cm del cuello del plantón a ambos lados, de tal manera que quedan separadas en 20 cm con los plantones alineados al centro, dejando tres goteros cercanos al plantón en cada cinta de riego y taponando los otros tres goteros alejados del plantón con tapagoteros. Los goteros funcionales de las dos cintas de riego se colocan en tresbolillo, para que el riego sea más uniforme. Cabe precisar que las cintas de riego tienen goteros distanciados en 0.5 m, con un caudal de emisión de dos litros por hora; por lo tanto, cada plantón queda con seis goteros habilitados para el riego.

## **3.2 MANEJO DE PATRONES TRASPLANTADOS**

El manejo de patrones trasplantados consiste en realizares labores culturales que permiten facilitar la adaptación y el establecimiento de los patrones trasplantados en campo, permitiendo obtener patrones sanos, vigorosos y adecuados para posteriormente realizar los injertos.

### **3.2.1 Tutoreo de patrones**

El tutoreo consiste en plantar verticalmente un poste delgado de aproximadamente 1.8 m de largo y una pulgada de diámetro a veinte centímetros del cuello del portainjerto por el lado de incidencia del viento, luego se amarra el patrón al tutor con una rafia o cualquier otro material parecido. El amarre se realiza en forma de ocho, rodeando el tallo del portainjerto con la rafia y por el contrario haciendo un amarre fijo en el tutor (poste), tal como se observa en la Figura 17. El amarre se realiza en la parte media del patrón, debiendo quedar tensado

y vertical el portainjerto; si el portainjerto no queda derecho con un amarre, se realizar más puntos de amarres hasta que quede vertical o derecho.

El tutoreo es indispensable para obtener plantones derechos (verticales), principalmente en zonas con vientos por encima de diez kilómetros por hora (10 km/h), de lo contrario se observarán plantones encorvados hacia la dirección del movimiento del viento. El tutor puede ser de diversos materiales, en la Corporación Inversiones Agrícola Olmos el tutor es un tubo de PVC mientras que en otras agroindustrias pueden ser postes de madera.



**Figura 17. Tutoreo de patrones después del trasplante**

### **3.2.2 Colocación de cortinas cortaviento**

En el Proyecto Olmos, en ciertas horas del día se registran vientos con velocidades por encima de los 10km/h; por ello, antes de realizar los trasplantes de patrones de palto, se siembran especies vegetales de rápido crecimiento y de altura superior a 2m, para que funcionen como cortinas cortaviento, a fin proteger a los plantones trasplantados de los efectos negativos del viento, que ocasiona plantas con crecimiento encorvado hacia la dirección del viento. Las especies más usadas para este propósito son el maíz (*Zea mays*) y el king grass (*Pennisetum purpureum*) sembradas cada dos hileras de trasplante, tal como se observa en la Figura 18.



**Figura 18. Cortina corta viento de king grass (*Pennisetum purpureum*) cada dos hileras de trasplante.**

Para reforzar la protección a los plántones del efecto nocivo del viento, adicionalmente se colocan cortinas corta viento a base de mantas a las tres primeras plantas ubicadas a ambos extremos de la hilera, en caso de que la zona sea ventosa, se coloca también en todas las plantas de la hilera que no presenta cortina rompeviento de king grass en el lado inmediato de incidencia del viento, para proteger a plántones de la excesiva deshidratación y el encorvamiento. En la Figura 19 se observa la cortina corta viento de manta protegiendo al plánton recién trasplantado.



**Figura 19. Cortina cortaviento de manta protegiendo un plánton de palto**

### **3.2.3 Colocación de cobertura vegetal para proteger la zona radicular.**

En el Proyecto Olmos, la radiación solar en época de verano puede superar los 1200 w/ m<sup>2</sup> y la temperatura del suelo supera los 40°C, los cuales afectan negativamente el establecimiento del patrón trasplantado debido a la rápida desecación del suelo ocasionando

pérdida de agua por evapotranspiración y necrosis de las raíces superficiales por quemadura. Para reducir estos problemas, se coloca cobertura vegetal en toda la hilera de trasplante (Figura 20), a fin de reducir la temperatura del suelo y la pérdida de agua por evaporación. Más adelante cuando se degrada los residuos vegetales se agrega otra capa y esta actividad se puede repetir hasta en dos ocasiones más, hasta que la planta genere su propio residuo de hojarasca o sombreado por su copa, capaz de protegerle de la radiación directa del sol a la zona de exploración radicular.



**Figura 20. Residuos vegetales usado como cobertura vegetal.**  
**A: hilera de King grass cortado y secando,**  
**B: colocación de cortina cortaviento en la hilera de palto,**  
**C: hilera de palto con cobertura vegetal.**

Los residuos vegetales usados como cobertura vegetal se obtienen del maíz y/o del king grass usado como cortina corta viento, en el caso de que se use residuos de king grass, se cortan las hileras de king grass de manera intercalada, dejando una hilera sin cortar para que los plántones no estén desprotegidos; las hileras de King grass que se cortaron deben secar aproximadamente por un mes, antes de ser incorporado como cobertura vegetal para que no enraíce y se convierta en maleza; más adelante cuando la hilera de king grass cortada crece y alcance un tamaño capaz de proteger a los patrones, se corta la hilera que no se había cortado para incorporarlo como cobertura vegetal en las hileras que falta colocar la cobertura vegetal.

Cuando las plantas alcanzan un tamaño aproximado de cuatro metros de altura, con ramas entrelazadas o al cabo de dos años después de injerto, se eliminan las cortinas corta viento de king grass desde la raíz, ya que en este momento compite con la planta de palto por luz, agua, nutrientes y espacio, además de ser hospedero de plagas y enfermedades, pasando a

ser un problema para el manejo del cultivo. Además de las bondades mencionadas, la cobertura vegetal es un aporte de materia orgánica para el suelo, cuando este se descomponga, jugando un rol positivo en la regulación del pH del suelo, retención de agua y nutrientes incorporados en la fertirrigación.

### **3.2.4 Riego de patrones trasplantados**

Finalizado el trasplante, es esencial el abastecimiento de agua para que los plantones superen el estrés producido por el movimiento durante el traslado del vivero a campo, la manipulación y la eliminación de raíces durante el trasplante; así como para asentar el suelo removido durante el hoyado y el tapado de los hoyos.

En las agroindustrias, los riegos están ordenados e independizados en turnos y lotes, un turno tiene alrededor de trece hectáreas y un lote aproximadamente dos hectáreas y media, por ello una vez finalizado el trasplante de un lote, se inicia con el riego de los plantones trasplantados. El primer riego post – trasplante se realiza con altos volúmenes de agua y por un tiempo aproximado de cuatro horas, que puede variar en función de la capacidad de descarga del emisor de la cinta de riego, en términos numéricos el riego se realiza con un volumen aproximado de 25 m<sup>3</sup>/ha. El alto volumen de agua incorporado después del trasplante no solamente es para mantener en capacidad de campo el suelo, sino también para asentar el sustrato removido durante el hoyado y el tapado de hoyos, de tal manera que no se formen bolsones de agua en el perfil de suelo que podría generar asfixia radicular.

Desde el segundo día hasta aproximadamente quince días después del trasplante, el abastecimiento del agua de riego a los trasplantes es superior a su requerimiento normal, realizado en tres ciclos; el primer ciclo se riega antes de las diez de la mañana, el segundo alrededor del mediodía y el tercer ciclo alrededor de las tres de la tarde por un tiempo aproximado de una hora cada ciclo y un volumen aproximado de 20 m<sup>3</sup>/día/ha. Después de la segunda semana de trasplante, el abastecimiento de agua es de acuerdo con los factores climáticos: ETo (evapotranspiración del cultivo), el Kc (coeficiente del cultivo) y la eficiencia de riego (90% -95%) con el que se obtiene la lámina de riego (metros cúbicos de agua por hectárea que se reponen a diario).

### **3.2.5 Fertilización de patrones después del trasplante.**

Los primeros quince días después de trasplante no se fertilizan los plantones, debido a que gran parte de las raíces han sido eliminadas; por lo tanto, no se aprovecharía eficientemente los nutrientes, perdiéndose los fertilizantes por lixiviación. Cuando las plantas comienzan a

emitir raíces nuevas, lo cual ocurre aproximadamente quince días después del trasplante, se inicia con la fertilización vía fertirriego. El suministro de nutrientes se realiza siguiendo una plantilla de fertilización que puede ser ajustado a partir de las observaciones en campo y los análisis foliares.

### **3.2.6 Desbrote de patrones**

Para trasplantar plántones de palto en algunas situaciones se realizan despuntes para eliminar la sección del tallo con hojas inmaduras, tal como se mencionó en el acápite 4.1.1, esto genera pérdida de dominancia apical con la consiguiente activación de yemas laterales y posterior emisión de brotes, pero además la emisión de brotes laterales es una característica propia en plántones de palto (Figura 21), así no se hayan despuntado. Los brotes laterales se eliminan y por el contrario se cuida el brote apical o el brote lateral más superior, esto permite obtener plántones con rápido crecimiento y lo más vertical posible.

Al eliminar los brotes laterales, las heridas generadas son untadas con una mezcla de pasta cicatrizante y fungicida para prevenir el ingreso de hongos fitopatógenos, especialmente del hongo de madera *Lasiodiplodia spp.*



**Figura 21. Emisión de brotes laterales en patrones de palto.**

### **3.2.7 Retutoreo de patrones.**

A medida que los patrones crecen, el amarre (tutoreo) realizado durante el trasplante entre el tutor y el patrón va alejándose del ápice debido al crecimiento de la planta, generando encorvamiento del portainjerto hacia la dirección del movimiento del viento o hacia el lado de uno de los brotes más desarrollados debido al peso que genera ese brote, cuando el desbrote se realice tardíamente generando plantas de crecimiento sinuoso. para obtener

plantones verticales es necesario realizar otro amarre encima del anterior, siguiendo el mismo procedimiento mencionado en el acápite 4.1.4. Si se observa que el eje de crecimiento principal del patrón está encorvado, se endereza mediante amarres en varios puntos, si a pesar de ese esfuerzo se observa que el patrón no va recuperar su eje de crecimiento, se corta toda la sección encorvada y se selecciona un brote capaz de remplazarlo y se induce a un crecimiento vertical.

### **3.3 INJERTACIÓN EN CAMPO DEFINITIVO**

La injertación consiste en la unión íntima que se produce entre dos partes vegetales de forma tal que se origina la soldadura entre ambas, las que permanecen unidas y continúan su vida de esta manera, dependiendo una de otra. Producto de esta unión se forma un sólo individuo en el que se distinguen una parte situada por debajo del punto del injerto llamado portainjerto o patrón, el cual aporta el sistema radicular y otra parte superior, llamado injerto o púa destinada a formar la copa.

#### **3.3.1 Actividades previo a la injertación**

Una semana antes de la injertación se cancela la fertilización de los patrones, manteniéndose por dos semanas después de la injertación o hasta visualizar brotes en las yemas de las púas injertadas, extender este tiempo podría ser perjudicial para los patrones, ya que se empezarán a observar plantas amarillentas por falta de nitrógeno y otros elementos nutritivos que impactarán en el prendimiento del injerto. Muchas empresas suelen realizar aplicaciones foliares de fungicidas e insecticidas como el Mertect (Thiabenzaole) una semana antes de iniciar el injerto, con la finalidad de proteger a los patrones del ingreso del hongo de madera *Lasiodiplodia spp.* que, aprovechando el corte realizado en la injertación, puede infectar a las plantas y producir enfermedad.

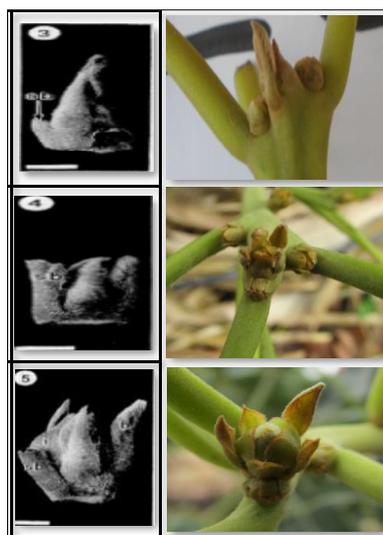
#### **3.3.2 Consideraciones del patrón previo a la injertación**

Para iniciar con la injertación, los patrones deben tener un sistema radicular activo, emisión de raíces nuevas, brotes activos, diámetro del tallo en el cuello de planta superior a 12 mm, disponibilidad de púas (porción de tallo con 7 a 10 yemas) y condiciones ambientales favorables. Las primeras cuatro condiciones se cumplen aproximadamente a partir del primer mes después de trasplante, pero en la mayoría de las agroindustrias el injerto suele iniciar al tercer mes después del trasplante, para permitir que las plantas se establezcan mejor, formando una buena cabellera radicular, así como la acumulación de reservas que le permitan superar rápidamente cualquier tipo de estrés, especialmente el stress post-injerto.

Las plantas madres yemas deben tener sanidad comprobada como por ejemplo estar libre de *Lasiodiplodia* spp. y contar con un análisis de descarte del viroide *Sunblotch*; así mismo, las yemas deben estar en el estado de desarrollo tres, cuatro y/o excepcionalmente en el estado cinco (Figura 22). El estado de desarrollo tres y cuatro de las yemas del palto ‘Hass’ son las más adecuadas para el injerto debido a que estas aún no se han diferenciado (Salazar-García y Lovatt, 2002), ya que recién finalizando el estado cuatro las yemas se diferencian, por lo tanto las yemas del estado tres y cuatro de las púas injertadas serán siempre vegetativas, dando lugar a un crecimiento foliar; por el contrario las yemas del estado cinco, pueden ser vegetativas o florales, pudiendo dar lugar por una parte a un crecimiento foliar y por otra a un crecimiento floral.

Para condiciones de Olmos, el crecimiento floral por lo general se trata de una inflorescencia indeterminada, dando lugar de todas maneras a un crecimiento foliar. Los brotes generados de inflorescencias indeterminadas presentan un crecimiento menos vigoroso en el primer flujo, vigorizándose luego en los flujos posteriores.

Púas injertadas con yemas en estado de desarrollo uno o dos, generalmente se deshidratan y mueren y/o tardan en brotar; así mismo púas con yemas en estados de desarrollo más avanzados, usualmente presentan tallos lignificados, dificultando la conexión vascular con el patrón, por lo que usualmente no prosperan o dan lugar a injertos poco vigorosas y susceptible a *Lasiodiplodia* spp. En la Figura 22 se muestra el desarrollo de las yemas del estado tres, cuatro y cinco del palto variedad ‘Hass’ en el Proyecto Olmos, según los parámetros establecidos por (Salazar-García y Lovatt 2022).



**Figura 22. Estado de desarrollo 3, 4 y 5 de las yemas de palto ‘Hass’ óptimas para la injertación**

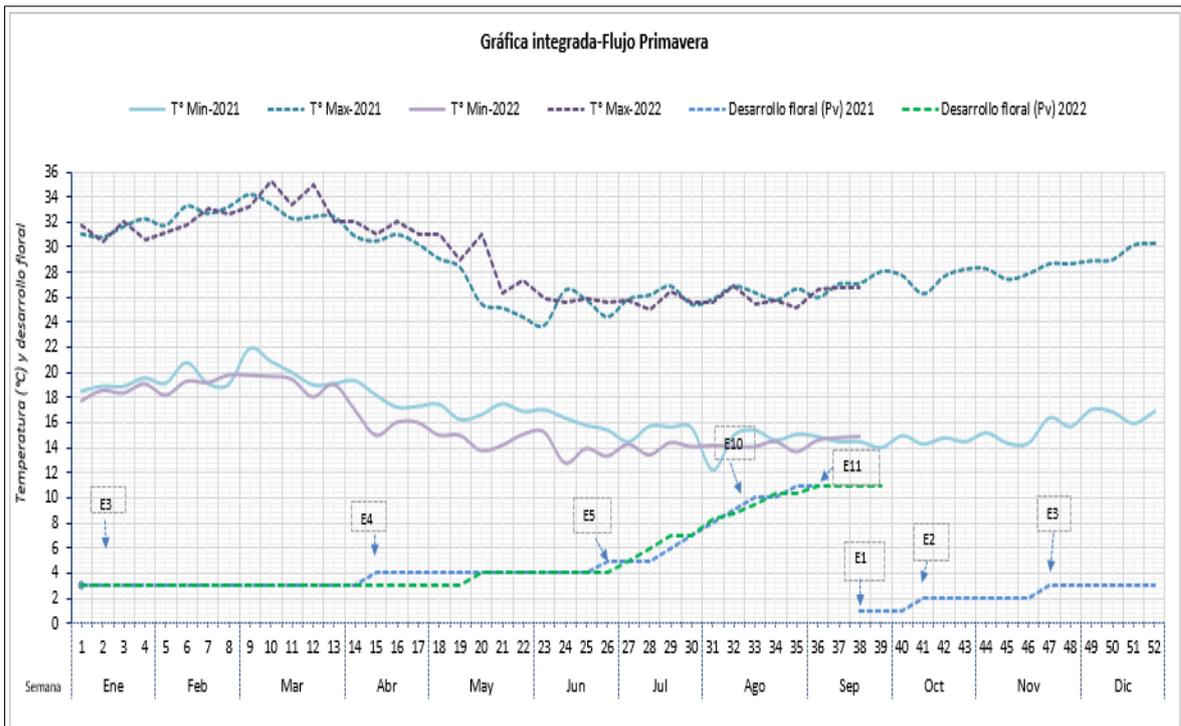
### **3.3.3 Disponibilidad de yemas para la injertación en el Proyecto Olmos**

Para las condiciones del Proyecto Olmos, el palto 'Has' presenta durante siete meses estados de desarrollo con yemas adecuados para el injerto (estado tres, cuatro y cinco), permitiendo realizar injertación durante ese mismo periodo de tiempo, lo que permite obtener altos porcentajes de prendimiento, superando muchas veces el 98%, principalmente porque permite reemplazar el injerto anterior que no prosperó hasta en tres ocasiones de manera consecutiva.

En las Figuras 23, 24 y 25 se muestran los estados de desarrollo de las yemas en los flujos de primavera, verano y otoño respectivamente. Observándose que en el flujo de primavera hay disponibilidad de yemas aptas para la injertación (E3, E4 y E5) desde el mes de noviembre hasta junio; por otra parte, en el flujo de verano se observa disponibilidad de yemas aptas para la injertación desde febrero hasta junio y en el flujo de otoño se observa disponibilidad de yemas aptas para la injertación en los meses de mayo y junio. De los tres flujos mencionados, el flujo de primavera es el más importante, ya que aporta con yemas para la injertación por un periodo de siete meses, seguido del flujo de verano que aporte yemas aptas para la injertación por cuatro meses, en cambio el flujo de otoño solo aporta yemas para la injertación por dos meses.

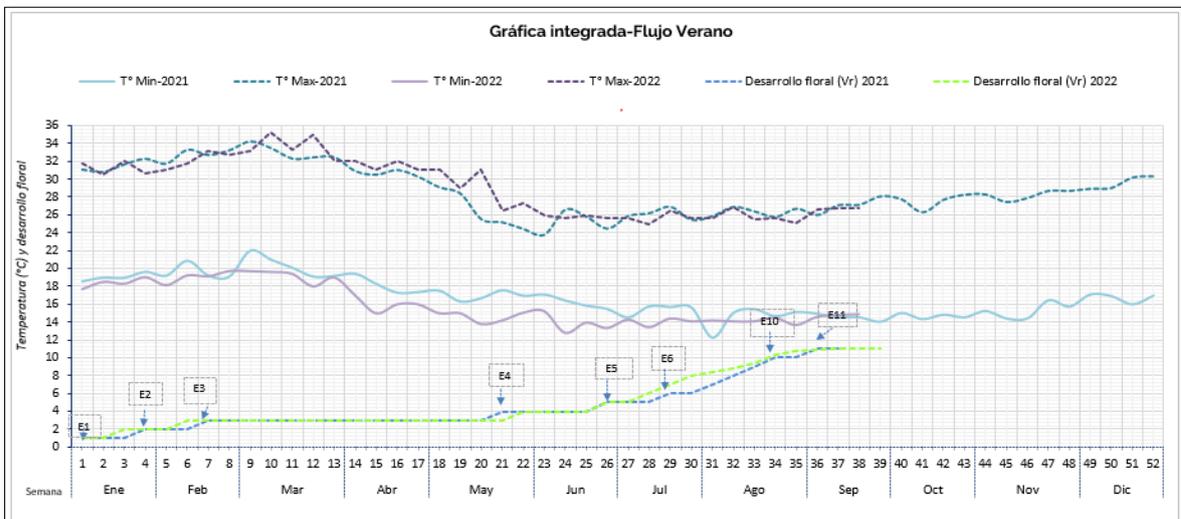
### **3.3.4 Colecta de púas para la injertación**

Las púas para la injertación se extraen de ramas del tercio medio y superior del árbol, de aquellas expuestas al sol debido a que estas tienen mayor concentración de carbohidratos, lo que permite obtener brotes vigorosos y sanos; así mismo, el tallo de la púa no debe tener el cambium suberificado. La longitud aproximada de las púas es de 10 cm a 15 cm (con 7 a 10 yemas), con yemas en el estado de desarrollo tres y/o cuatro, excepcionalmente en el estado cinco.



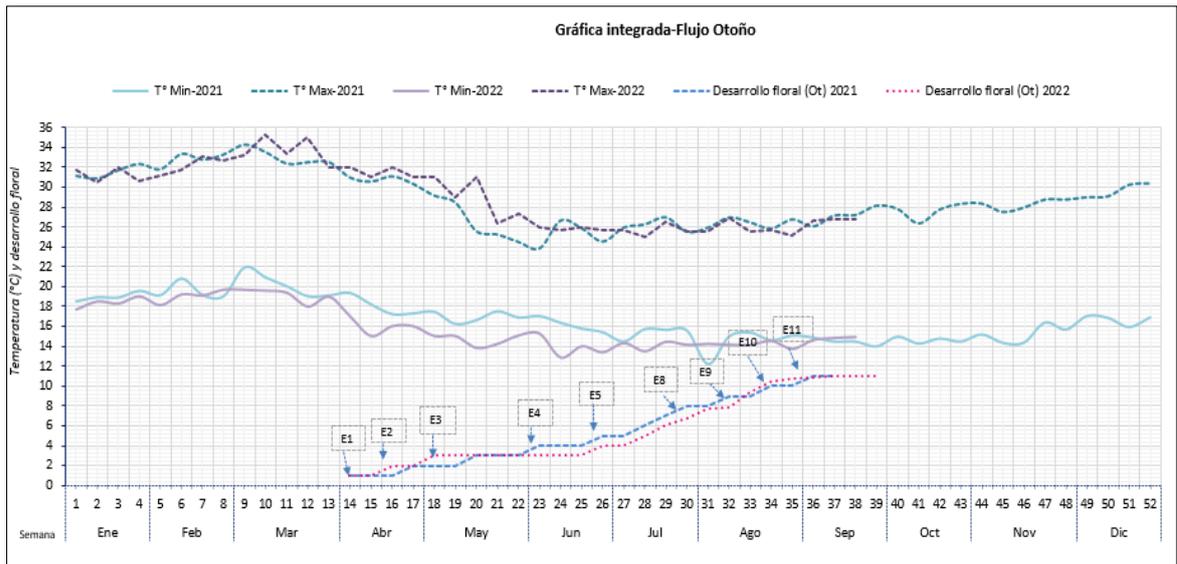
**Figura 23. Estado de desarrollo de yemas de palto ‘Hass’ en el flujo de primavera.**

Fuente: área de investigación y desarrollo INAGRO



**Figura 24. Estado de desarrollo de yemas de palto ‘Hass’ en el flujo de verano**

Fuente: área de investigación y desarrollo INAGRO



**Figura 25. Estado de desarrollo de palto ‘Hass’ en el flujo de otoño**

**Fuente:** área de investigación y desarrollo INAGRO

Al coleccionar las púas, se eliminan  $\frac{3}{4}$  de la longitud del peciolo de las hojas (Figura 26), desinfectando las tijeras que se utilizan para el corte con hipoclorito de calcio al pasar de un árbol a otro; así mismo las heridas ocasionadas en el árbol se sanitizan untando una mezcla de Mertec y Sanix. Para que las púas no se deshidraten en el campo durante la extracción de la planta madre, se almacenan en una caja aislante térmico que usualmente suele ser de tecnopor, colocando en la base bolsas de gel a una temperatura alrededor de 5°C cubierto con papel toalla humedecido, para que las púas no tengan contacto directo con la bolsa de gel.



**Figura 26. Púas de palto ‘Hass’ para injertación.**

Antes de realizar el injerto, las púas se desinfectan con una mezcla de solución fungicida e insecticida, sumergiéndolo por un tiempo de cinco minutos. Para la desinfección se utiliza Mertect (0.2 L/cilindro) e Imidacloprid a (0.2 L/cilindro). El Mertect sirve para eliminar hongos como *Lasiodiplodia spp.* que pueden estar presentes en la púa y el Imidacloprid para prevenir ataque de plagas como el *Elasmopalpus lignosellus* que suelen afectar a plantones de palto en campo, especialmente después del injerto.

### 3.3.5 Injertación

El injerto más practicado en las agroindustrias del Proyecto Olmos, especialmente en la agroindustria Inversiones Agrícola Olmos, es el injerto de aproximación lateral (Figura 27), entre otras cosas porque permite injertar hasta cuatro veces en una misma planta en caso de que la púa injertada no prospere, obteniéndose de esta manera altos porcentajes de prendimiento, por encima de 98% (Fernández, 2021). Así, por ejemplo, si la primera púa injertada no prospera, se vuelve a injertar aproximadamente 10 cm debajo del injerto anterior; en caso este no prospere, se vuelve a injertar hasta en dos oportunidades más. Si en las cuatro injertaciones el injerto no prospera, se elimina el patrón y se reemplaza por otro, esta acción se denomina recalce. El recalce también suele realizarse con plantas injertadas en vivero.



**Figura 27. Injerto lateral en el cultivo de palto**

Por lo mencionado en el párrafo anterior, la elección de la altura de injerto es fundamental para realizar los reinjertos; así en INAGRO la altura de injerto más comúnmente practicado es el de 60 cm desde la superficie del suelo, entre otras cosas porque permite realizar hasta cuatro injertos en un mismo patrón en caso los injertos anteriores no prosperen, pero también

juega un rol fundamental más adelante en las etapas de producción, especialmente porque reducen la poda de ramas bajas (pequeñas ramas que nacen del tallo principal y de ramas primarios y que cuelgan del árbol), siendo estas las más productivas y con frutos de mejor calidad, permitiendo obtener rendimientos más altos en la primera campaña en comparación con plantas injertadas a menor altura.

Para iniciar con la injertación, en el portainjerto se eliminan tres a cuatro hojas en la zona de corte, luego con la navaja de injertar se realiza un corte oblicuo y longitudinal de aproximadamente 5 cm en el tallo del patrón en el lado de incidencia del viento, traspasando solamente la corteza hasta llegar al cambium vascular del tallo del patrón, con la misma navaja se realiza un corte en bisel en la parte inferior de la púa, de la misma longitud que la realizada en el patrón; luego se calza la sección inferior de la púa en el patrón y se procede a amarrar con una cinta de injertar de manera estrecha, de abajo hacia arriba, encimando las cintas en cada vuelta que se da en el tallo del patrón. Terminado el amarre del injerto, se forra con una capa de cinta de parafilm toda la púa injertada con la finalidad de reducir la pérdida de agua por transpiración, aumentando la probabilidad de prendimiento de las púas injertadas. La forma de amarre de abajo hacia arriba es importante para prevenir y evitar el ingreso de agua (especialmente cuando llueve) a la herida generada por el corte. Para volver a injertar otra planta, se desinfecta la navaja con hipoclorito de calcio.

Después del injerto, no se pueden realizar aplicaciones foliares por un periodo aproximado de dos meses o hasta que la zona de corte del injerto haya cicatrizado; esto, para evitar que el agua ingrese a la zona de corte y genere condiciones para el ingreso y/o establecimiento de agentes fitopatógenos y el desarrollo de enfermedades, ocasionando pudriciones y posterior muerte de los injertos.

### **3.4 MANEJO POST – INJERTO**

#### **3.4.1 Despunte de Patrones injertados**

Una semana después de realizar la injertación se realiza el despunte de todos los patrones injertados, dejando una porción de tallo con diez a doce hojas encima de la zona de injerto. La finalidad del despunte es para eliminar la dominancia apical ejercida por la yema apical del patrón y con esto favorecer el adecuado prendimiento y posterior brotación de la púa injertada. La herida generada en el despunte realizado en el patrón, se sanitiza con una

mezcla de Sanix y Mertect. La porción del tallo que queda por encima de la zona de injerto es esencial para las futuras actividades que serán descritas más adelante en este trabajo.

Las hojas que quedan en el remanente del tallo del patrón no se eliminan porque sirven de protección para la púa y el tallo del patrón de la radiación solar que le puede generar quemaduras y posterior necrosis, especialmente de tallos que aún no han lignificado.

### **3.4.2 Sostenido de injertos**

De todas las yemas que presenta la púa injertada, aproximadamente dos o tres originan brotes (Figura 28), de los cuales se selecciona al más vigoroso como eje principal y se induce a un crecimiento vertical, los otros brotes; así como los brotes laterales que nacen del nuevo eje principal, se convertirán en ejes secundarios o ramas primarias.

Aproximadamente al mes después de la injertación, se observa emisión de brotes de las púas injertadas, estos brotes presentan crecimiento y ganancia de masa foliar acelerada y por acción del viento y/o de su propio peso, pueden crecer encorvado hacia un lado e incluso llegar a romperse, lo cual genera problemas en la arquitectura de la futura planta, así como pérdidas de injertos prendidos. Para superar este problema se realiza el sostenido de injertos, que consiste en sostener el eje principal del injerto en el remanente del tallo del patrón mediante un amarre con rafia u otro material afín. El amarre se realiza con las mismas características que la del tutoreo, evitando amarrar el tallo de la púa y, por el contrario, haciendo el amarre en el tallo remanente del patrón. Este amarre se efectúa cuando los brotes del injerto tienen una longitud aproximada de 10 cm, hasta que el eje principal supere la longitud del tallo remanente del patrón. Durante el sostenido del eje principal del injerto se aprovecha para eliminar las hojas del patrón que están sombreando al injerto, no eliminarlos genera etiolación de los injertos, ocasionando que los brotes crezcan más rápido de lo normal, con entrenudos alargados, tallos delgados, alargados y bien flexibles, afectando en la arquitectura de la planta en formación.



**Figura 28. Brotación de púas injertadas**

### 3.4.3 Aflojado de cintas de injerto.

Los injertos brotados y en pleno crecimiento, son aquellos que han logrado reestablecer una nueva conexión vascular entre la púa y el portainjerto, lo cual permite transportar agua y nutrientes desde las raíces del patrón hacia la estructura del injerto.

Aproximadamente a los cuarenta días después de la injertación, se observa que algunos injertos empiezan a mostrar signos de estrangulamiento (Figura 29), generado por la cinta de injerto en la zona de amarre entre la púa y el portainjerto debido al crecimiento diametral del tallo del portainjerto y del injerto, este es el momento para proceder a aflojar los amarres con mucho cuidado y evitando mover la púa injertada para no dañar la unión generada entre la púa y el patrón, lo que conllevaría a la muerte del injerto. Para aflojar los injertos estrangulados, se desata la cinta de injerto y se vuelve a amarrar sin ajustar vigorosamente.



**Figura 29. Injerto con signos de estrangulamiento**

El aflojado de cintas se realiza solamente en aquellos injertos que presentan estrangulamiento, los que no presentan a pesar de poseer brotes alargados, no se aflojan hasta que muestren indicios de estrangulamiento. Durante esta labor se revisa también el sostenido de los injertos, volviendo a realizar el sostenido si el injerto lo requiere, para evitar que por la acción del viento se mueva el injerto llegando a desprenderse en casos severos. Cuando por segunda oportunidad se presentan signos de estrangulamiento entre el tallo del portainjerto y la púa injertada en la zona de amarre, se procede a retirar definitivamente la cinta de injerto; esto ocurre aproximadamente entre los veinte a treinta días después del primer aflojado de la cinta, para este tiempo la conexión vascular entre el patrón y el injerto

será más estrecho por lo que no será necesario volver a amarrar con la cinta de injerto. Retirado el amarre, se procede a untar con una mezcla de Sanix y Mertect a la zona que estuvo cubierto con la cinta de injerto, para prevenir el ingreso de hongos de madera; así mismo se verifica si el injerto necesita sostenido o tutore, de lo contrario puede quebrarse o desprenderse el injerto.

#### **3.4.4 Desbrote de portainjertos**

Los brotes del portainjerto afectan el prendimiento de la púa injertada, debido a que son un sumidero de agua y nutrientes en contraparte de los injertos, reduciendo y/o retrasando la conexión vascular entre el patrón y la púa injertada, por consiguiente, retrasando el prendimiento del injerto; por ello deben eliminarse antes que alcancen los 10 cm de longitud. Estos brotes normalmente se eliminan sin necesidad de tijera debido a que son brotes tiernos y solo es necesario ejercer fuerza mecánica empujando hacía un lado para que se desprenda, pero si se deja pasar mucho tiempo sin desbrotar y se encuentran brotes con tallos más gruesos, será necesario cortar los brotes con tijera de poda, siendo necesario sanitizar las heridas con una mezcla de Sanix y Mertect y desinfectar la tijera con hipoclorito de calcio al pasar de una planta a otra.

#### **3.4.5 Tutoreo de injertos**

El tutoreo se realiza cuando el eje principal ha superado la longitud del tallo remanente del patrón y con la finalidad de que el eje principal del injerto crezca de manera vertical; para ello será necesario colocar un tutor (poste delgado) a unos veinte centímetros alejado del cuello de planta hacía el lado opuesto de incidencia del viento (Figura 30), esto debido a que la injertación se realizó hacia el lado de incidencia del viento; entonces con el tutoreo también se busca jalar el injerto hacia el patrón, para evitar que por cualquier motivo (movimiento por vientos fuertes), el injerto se separe del patrón, para lo cual se usa rafia para realizan los amarres entre el eje principal del injerto y el tutor.

Durante la actividad del tutoreo también se aprovecha para direccionar las ramas primarias del injerto en un ángulo de inclinación de 45° aproximadamente, ejerciendo fuerza mecánica con las manos sobre las ramas primarias, esto es posible debido a que los tallos del palto presentan flexibilidad, especialmente cuando estas no están lignificadas, incluso ramas lignificadas presentan ligera flexibilidad.



**Figura 30. Injertos tutorados, con tutores de PVC.**

### **3.4.6 Eliminación del tallo remanente del patrón.**

Cuando se observa que la zona de unión entre el patrón y el injerto está cicatrizado y cerrado o cuando el diámetro del tallo del injerto es mayor o igual al del patrón (figura 31.A), se programa la eliminación del tallo remanente del patrón. Para eliminar el tallo remanente del portainjerto se realiza un corte limpio y en bisel, partiendo desde la mitad de la unión patrón – púa del tallo del patrón (figura 31.B y figura 31.C), hasta aproximadamente dos centímetros debajo del límite superior de esa unión. La herida generada por el corte se unta con una mezcla de Sanix y Metect (Figura 31.D). Al eliminar la sección remanente del tallo del portainjerto, se busca la unión total entre injerto y el patrón, de tal manera que formen un tallo continuo, dando la impresión de ser un solo tallo, lo cual ocurrirá en un tiempo aproximado de 90 días.

El eje principal del injerto se sostiene con un tutor plantado a 20 cm aproximadamente del tallo del patrón, hacia la zona del corte o lo que es lo mismo, hacia el lado opuesto de incidencia del viento (Figura 31.D), haciendo amarres con rafia por lo menos en dos zonas, el primero a 5 cm por encima de la zona de corte y el segundo en el tercio superior del injerto, jalando cuidadosamente el injerto hacia el tutor (para que no se desprenda la unión vascular debido al movimiento de los vientos fuertes o arremolinados) y asegurando que el eje principal quede vertical, haciendo más amarres si fuera necesario; así mismo, durante esta actividad, se aprovecha para direccionar las ramas primarias que nacen del eje principal en un ángulo de 60° aproximadamente con respecto al eje central, doblando las ramas con la mano en dirección al suelo, esto es posible debido a la flexibilidad que presentan los tallos del árbol de palto.



**Figura 31. Eliminación del tallo remanente del patrón;**  
**A: tallo de patrón y portainjerto del mismo diámetro, B: corte del tallo remanente del patrón,**  
**C: injerto sin tallo remanente, D: sanitizado del corte.**

### 3.5 TIPOS DE PODA

La poda es una práctica que regula la capacidad vegetativa y reproductiva de las plantas. Esa capacidad está definida genéticamente por la variedad y es fuertemente influenciada por el portainjerto y por las condiciones de clima, suelo y manejo del cultivo.

#### 3.5.1 Poda de formación

La poda de formación define la estructura o esqueleto de la planta, de manera que se obtengan plantas con una arquitectura adecuada que permita obtener en el futuro plantas productivas, para lo cual se debe definir adecuadamente el eje central (tallo principal) y las ramas primarias. El eje central debe tener un crecimiento vertical, para que a partir de este nazcan las ramas primarias, los que deben tener un ángulo de inclinación aproximado de 60° con respecto al eje central y alternados en pisos.

La primera etapa de la formación de plantas consiste en eliminar la dominancia apical del eje principal del injerto, haciendo un despunte con una tijera de poda, cuando los brotes del injerto estén maduros (Figura 32.B); esto, para permitir que el tallo de las ramas primarias lignifique, afín de reducir las quemaduras por acción de la radiación solar de los tallos expuestos al sol, así como para disminuir cualquier tipo de estrés que pudiera sufrir las plantas después del despunte. El injerto despuntado debe tener como mínimo cuatro ramas

primarias, siendo lo ideal siete ramas primarias distribuidos en pisos a lo largo del eje principal y en ocasiones pudiendo quedar con más de siete ramas primarias. El número de ramas primarias dependerá de la estructura de la planta.

El despunte se realiza dejando un tocón de tallo 5 cm aproximadamente por encima de la rama primaria más superior (Figura 32.A), untando con una mezcla de Sanix y Mertect todas las heridas de corte. El tocón de 5 cm encima de la rama primaria más superior del injerto previene el ingreso de hongos de madera o cualquier otra enfermedad al eje principal y/o a las ramas primarias del injerto; así como para que la rama primaria más superior no verticalice su crecimiento, sino por el contrario tenga un crecimiento que explore lateralmente el campo. Durante la actividad del despunte se aprovecha para eliminar los brotes que nacen del patrón (mamón), así como realizar el tutorado si fueran necesario.

Las ramas primarias pronto generan nuevos brotes, formando las ramas secundarias de las cuales se seleccionan las que mejores características y condiciones presenten: buen vigor, buena ubicación y que estén sanas; por otra parte, las ramas con bajo vigor, mal ubicadas (dirigidas al centro, que cruzan ramas más vigorosas, con crecimiento vertical, con crecimiento en dirección al suelo y sombreadas), con presencia de *Lasiodiplodia spp.*, etc., se eliminan haciendo uso de tijeras de poda y serruchos; las ramas delgadas se cortan con tijera de poda, dejando una porción de tallo (tocón) de 5 cm y las ramas con tallo lignificado se cortan con serrucho dejando un tocón de 10 cm aproximadamente.



**Figura 32. Injerto con el eje principal despuntado, A: tocón encima de la rama primaria superior, B: injerto despuntado con brotes maduros**

A todos los cortes se unta con la mezcla de pasta cicatrizante de Sanix y Mertect; así mismo, las herramientas de corte se desinfectan con hipoclorito de calcio al pasar de una planta a otra. Los tocones dejados tienen la finalidad de reducir y prevenir el ingreso de *Lasiodiplodia spp.* al tallo de las ramas primarias o secundarias de la planta en formación en caso de que estos hongos logren traspasar la barrera de la pasta cicatrizante, dándole tiempo al árbol de cicatrizar y generar una barrera natural, evitando que el hongo llegue a las ramas primarias. Todo este proceso corresponde a la tercera etapa.

En la cuarta etapa de formación de plantas, se realiza la poda de ventaneo que consiste en acondicionar la entrada de luz y aire al interior de la copa del árbol, para ello se eliminan ramas con bajo vigor, ramas y ramillas que crecen dirigidas al centro del árbol, ramas y ramillas que crecen dirigidas al suelo, brotes con crecimiento vertical y los brotes que nacen del patrón (mamones). Con la poda de ventaneo se eliminan las hojas sumideros de nutrientes con bajo o nulo aporte de fotosintatos al árbol, haciendo más eficiente el aprovechamiento de nutrientes de la planta; además la circulación del aire y la iluminación de todo el árbol reduce el establecimiento de plagas como las queresas, pseudococcidos, mosca blanca, etc.

Durante la ejecución de la tercera y cuarta etapa de la formación de plantas, se realiza el pintado del tronco principal (Figura 33.B) y de las ramas primarias (Figura 33.C) del injerto con pintura blanca, para evitar que la radiación del sol ocasione quemadura de las zonas expuestas a sol, generando necrosis del tejido haciéndole susceptible al ingreso de *Lasiodiplodia spp.*, pudiendo incluso causar muerte del injerto en casos severos de quemadura. El pintado de tallos y de ramas es una actividad que está ligada a la necesidad de la planta y no a un orden del proceso de formación; así por ejemplo se puede programar esta actividad después del injerto, después de la eliminación del tallo remanente, etc., siempre dependerá de la necesidad de la planta.



**Figura 33. Pintado del tallo principal y de ramas expuestas al sol; A: árbol expuesto a la radiación con tallo y ramas sin pintar, B: árbol con tronco principal pintado, C: árbol con ramas primarias pintadas.**

Las siete ramas primarias que se dejaron en la poda de despunte permanecerán en el árbol hasta terminar la cosecha de la primera campaña; al iniciar la tercera campaña se eliminarán debiendo quedar por árbol cuatro ramas principales bien distribuidas y separadas en pisos. La razón de contar con más de cuatro ramas principales en la primera y segunda campaña es para que la planta gane masa foliar, rápido crecimiento y asegurar las mejores ramas primarias, con lo cual se obtendrá mayor rendimiento en la primera campaña.

### **3.5.2 Poda de producción**

La poda producción es una labor cultural determinante en la productividad, el calibre de los frutos, la alternancia, el manejo fitosanitario, la operatividad de la cosecha, entre otras; se realiza anualmente para regular la producción y asegurar la renovación de los elementos de fructificación. Durante los primeros años se superpone con la poda de formación.

Naturalmente el árbol de palto presenta un crecimiento vigoroso vertical y horizontal, generando ramas largas para obtener una mayor área foliar a fin de captar la mayor cantidad de luz disponible, que le permita sintetizar azúcares a través de la fotosíntesis; sin embargo, una mayor área foliar no necesariamente representa mejor capacidad fotosintética, debido a que muchas hojas quedan sombreadas, sin acceso a la luz solar para realizar la fotosíntesis,

convirtiéndolas en sumidero de nutrientes; por otra parte, las ramas cada vez más largas, altas y alejadas del tronco principal, alejan la producción de frutos menguando su calidad y calibre. Por lo mencionado, la poda de producción se convierte en una de las labores culturales más importantes en el manejo productivo del cultivo de palto.

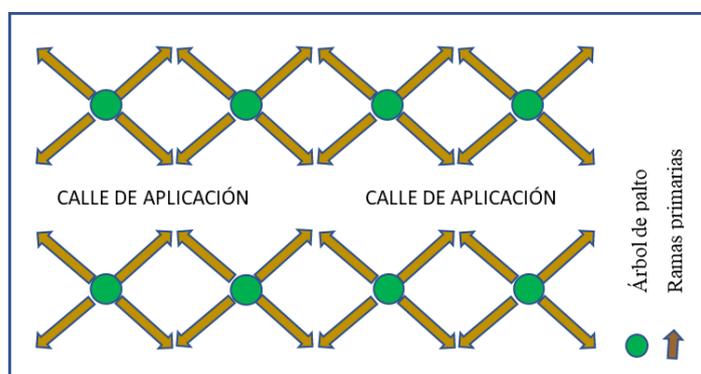
La poda de producción se realiza finalizando la cosecha, aproximadamente entre los meses de julio y agosto, cuando el 40% de las yemas del árbol estén en el estado de desarrollo seis, esto para reducir la eliminación de ramas productivas y asegurar una campaña con ramas fruteras, para lo cual se eliminan ramas y ramillas enfermas, ramas con crecimiento en dirección al centro de la copa del árbol, ramas con crecimiento en dirección al suelo, ramas y ramillas sombreadas, brotes verticales y mamones; por otra parte, durante la poda de producción se realizan despuntes de ramas que invaden el espacio de árbol vecino, el espacio de las calles de aplicación y las ramas que superan los siete metros de altura. Las ramillas pequeñas que nacen directamente de las ramas primarias o secundarias que cuelgan hacia el suelo no se eliminan, solo se despuntan a 30 cm del suelo, debido a que estas ramillas producen frutos de buena calidad, calibre y en buen número principalmente por la cercanía a los órganos de reserva. En el fundo INAGRO, el árbol podado queda como una copa, en el que las ramas primarias salen del tronco principal (del centro hacia fuera), dejando el centro del árbol abierto para facilitar el ingreso de luz solar y circulación del aire; así mismo, las ramas también quedan con poca frondosidad, para que la gran mayoría de hojas quede expuesta al sol, lo que permitirá que la fotosíntesis sea más eficiente, permitiendo generar nutrientes para la producción de frutos, la acumulación de reservas y el consumo de estos sea el adecuado, disminuyendo notablemente mantener hojas sumideros de nutrientes que no aportan en la productividad. La entrada de luz y la circulación de aire por todo el árbol permitirá que las plagas y enfermedades que se alimentan del palto, dificulten su establecimiento, disminuyendo notablemente los costos del manejo fitosanitario.

La primera poda de producción se realiza terminando la primera campaña de cosecha (aproximadamente 2.5 años después del injerto), en esta ocasión los árboles tienen alrededor de 4m de altura, con ramas que recién están entrecruzándose con el árbol vecino de la misma hilera, por tal motivo la eliminación de las ramas primarias que se mantienen desde la poda de formación se hace con cautela; es decir que, de las aproximadamente siete ramas primarias que presenta el árbol hasta este momento, se eliminan uno o dos, dependiendo de su estructura, evitando que el árbol quede notoriamente raleado para no afectar la producción de la siguiente campaña, prefiriendo eliminar ramas secundarias. Las ramas que se eliminan

tienen las características mencionadas en el párrafo anterior y las ramas que se mantienen serán aquellas que presenten una dirección de crecimiento como la que se muestra en la Figura 34.

La segunda poda de producción se realiza después de la segunda campaña de cosecha, en esta ocasión se seleccionan cuatro ramas primarias de las aproximadamente cinco que se habían dejado en la primera poda de producción; estas ramas deben estar vigorosas, sanas, alternadas en pisos y separados aproximadamente en 45°. Las ramas primarias seleccionadas, no deben estar dirigidas perpendicularmente a la calle de aplicación, sino más bien desviadas en 45° aproximadamente, tal como se muestra en la figura 34, permitiendo de esta manera que las ramas primarias tengan un mayor alcance en su crecimiento, lo que favorecerá una mayor área foliar y por lo tanto mayor capacidad fotosintética, expresándose en una mayor producción. De las ramas primarias nacen las ramas secundarias y de estas las ramas terciarias, los que son seleccionados también de acuerdo a su vigor, sanidad y ubicación.

Las cuatro ramas primarias con las que queda el árbol después de la segunda poda de producción, se mantendrán durante varios años, hasta que estas disminuyan su productividad por la vejez o el ataca de algún fitopatógeno como la *Lasiodiplidia spp.*, motivo por el que será reemplazado por una rama joven con crecimiento en la misma dirección. La renovación de las ramas primarias se realiza de manera escalona y por partes; por el contrario, las ramas secundarias y terciarias se irán renovando constantemente, eliminando aquellas ramas viejas, enfermas, sombreadas por otras más vigorosas, que sombrea otras más vigorosas y/o jóvenes y brotes nuevos excesivamente vigorosas con crecimiento vertical.



**Figura 34. Disposición diagonal de las ramas primarias de un árbol de palto para la poda de formación.**

El corte de las ramas se puede realizar con motosierra, serrucho, tijera de poda e inclusive de manera mecanizada. El corte de las ramas gruesas se realiza con motosierra, para ello se programa el marcado de las ramas gruesas que serán eliminados (ramas viejas, ramas enfermas, ramas secas, ramas mal ubicadas, ramas sin vigor, etc.), esta actividad está supervisado por personal capacitado en la ejecución de podas, quien monitorear todo el proceso, desde el marcado de las ramas hasta el corte de las mismas; terminado esta actividad se programa el despunte de ramas altas que superan los 7m de altura con un tractor agrícola acoplado de una podadora (poda mecánica), de tal manera que todos los árboles quedan de la misma altura; más adelante se programa personal capacitado en la ejecución de las podas para eliminar las ramas que afectarán la producción, tal como se describió en los párrafo anteriores de este acápite, durante esta labor inclusive se pueden corregir las desviaciones de las actividades anteriores.

Los cortes de ramas delgadas se realizan dejando un tocón de 5 cm y los cortes de tallos gruesos (> a 5 cm de diámetro) se realizan dejando un tocón de 10 cm; así mismo, a todos los cortes realizados, se unta con una mezcla de pasta cicatrizante de Sanix y Mertect para prevenir el ingreso de *Lasiodiplodia spp.*, desinfectando las herramientas de corte con una solución de hipoclorito de calcio al pasar de un árbol a otro y al realizar cortes de las ramas enfermas.

### **3.6 MANEJO FITOSANITARIO**

#### **3.6.1 Arañita marrón.**

La principal plaga del cultivo de palto en el Proyecto Olmos sin duda es la arañita marrón *Olygonychus punicae* Hirst, que pertenece a la familia Tetranychidae. La arañita marrón tiene preferencia por las plantas estresadas (principalmente por estrés hídrico) y con presencia de polvo en la superficie de las hojas, siendo muy común encontrar plantas infestadas cerca en los caminos de mayor tránsito vehicular y zonas con ocurrencia de vientos arremolinados.

El ácaro del palto se sitúa en el haz de las hojas cercano a las nervaduras, atacando principalmente hojas maduras y fotosintéticamente activas; altas poblaciones de acaro generan bronceamiento de las hojas (Figura 35), reduciendo la actividad fotosintética de la hoja afectando por lo tanto la productividad, en la Tabla 1 se presenta el ciclo biológico de la arañita marrón para condiciones de olmos.

### a. Control fitosanitario.

Para controlar la araña marrón se realizan lavados fitosanitarios con altos volúmenes de agua (alrededor de 3000L/ha) en zonas con presencia de polvo, el agua del lavado puede ir mezclado con ácidos grasos o jabones potásicos. Cuando los niveles de infestación superan el umbral de acción establecido (5 individuos por hoja), se realizan aplicaciones de acaricidas, como el sulfocalcio (azufre + cal viva), Fempiroximate (0.2 L/cilindro), Spirodiclofen (0.15 L/cilindro), Pyridaben (0.15L/cilindro), Fenazaquin (0.15L/cilindro), previa calibración de los equipos de aplicación para definir la velocidad del tractor, la presión de aplicación, tipo de boquilla y volumen de aplicación.



Figura 35. Hoja con daño por ácaro *Olygonychus punicae* Hirst

Tabla 1. Ciclo biológico de la araña marrón *Olygonychus punicae* Hirst, para condiciones de Olmos.

ESTADO	PROMEDIO
Huevo	2 a 4 días en el haz de las hojas
Larvas	2 a 4, son hexápodos
Ninfa I (Protoninfa)	2.5 días, son octópodos
Ninfa II (Deutoninfa)	2 a 4 días, se diferencian sexos, aún no oviposita
Ninfa III (Teliocrisalis)	periodo de reposo, transición
Ciclo biológico (llega a adulto)	8.56 a 14.5 días

Fuente: Fernandez, 2021.

### 3.6.2 Queresas.

Las queresas son insectos pequeños cubiertos por una escama, se sitúan principalmente en las ramas y ramillas, pudiendo llegar al fruto cuando las infestaciones son severas; en el Proyecto Olmos, las principales queresas que atacan al cultivo de palto son:

- *Pinnaspis aspidistrae*: El daño directo es producido por la succión de la savia de las plantas, decolorando y marchitando las hojas. Cuando existen poblaciones muy densas pueden producir defoliación y muerte de ramas.
- *Fiorinia fioriniae*: El daño es particularmente cosmético cuando las poblaciones se localizan sobre los frutos, sin embargo, al formar poblaciones que cubren casi la totalidad de las hojas provocan el secamiento y defoliación.

#### a. Control fitosanitario.

Cuando los niveles de infestación superan el umbral de acción, se realizan aplicaciones de Acetamiprid (0.1 Kg/cilindro), Pyriproxyfen (0.2L/cilindro), aceites vegetales (aceite de canela, aceite de soya, aceite de cítrico, etc.), hongos entomopatógenos (*Paecilomyces fumosoroseus*), previa calibración de los equipos de aplicación.

### 3.6.3 Lasiodiplodia theobromae

Es la enfermedad más importante del cultivo de palto en el Proyecto Olmos, se trata de un hongo endofítico que se alimenta de las células traqueidales de la madera del árbol, ingresa a través de heridas, principalmente de las ocasionadas por el hombre durante las labores culturales como el injerto y las podas, expresándose con mayor agresividad cuando la planta presenta cualquier tipo de estrés. Las plantas enfermas presentan bajo vigor y baja productividad.

Los daños de *Lasiodiplodia spp.* en la planta se observa en la Figura 36, los cuales son: bajo vigor y con síntomas de estrés hídrico en las hojas, defoliación, hojas amarillentas, muerte regresiva de las ramas, ramas secas ennegrecidas, exudados blanquecinos en el tallo y muerte de plantas en condiciones severas.



**Figura 36. Daño de *Lasiodiplodia* spp., en paltos.**  
**A: Exudado en la zona de injerto, B: necrosis vascular,**  
**C: amarillamiento de hojas, D: muerte de plantas**

#### **a. Control fitosanitario.**

Para prevenir el ingreso de *Lasiodiplodia* spp. a las plantas, se realizan aplicaciones preventivas de Thiabendazole a 0.2L/cilindro una semana antes de iniciar el injerto y/o la poda y como máximo al día siguiente después de la poda, también se realizan inyecciones vía sistema de riego de Hymexazole a 2L/ha, después de la eliminación del tallo remanente del patrón durante el manejo de injertos y cuando el árbol comienza a emitir brotes después de la poda. Algunos fundos realizan empastado de las heridas generadas por el corte en todas las labores culturales con Sanix reforzado de un agente fungicida para prevenir el ingreso de *Lasiodiplodia* spp., al tallo de las plantas.

### **3.7 RIEGO.**

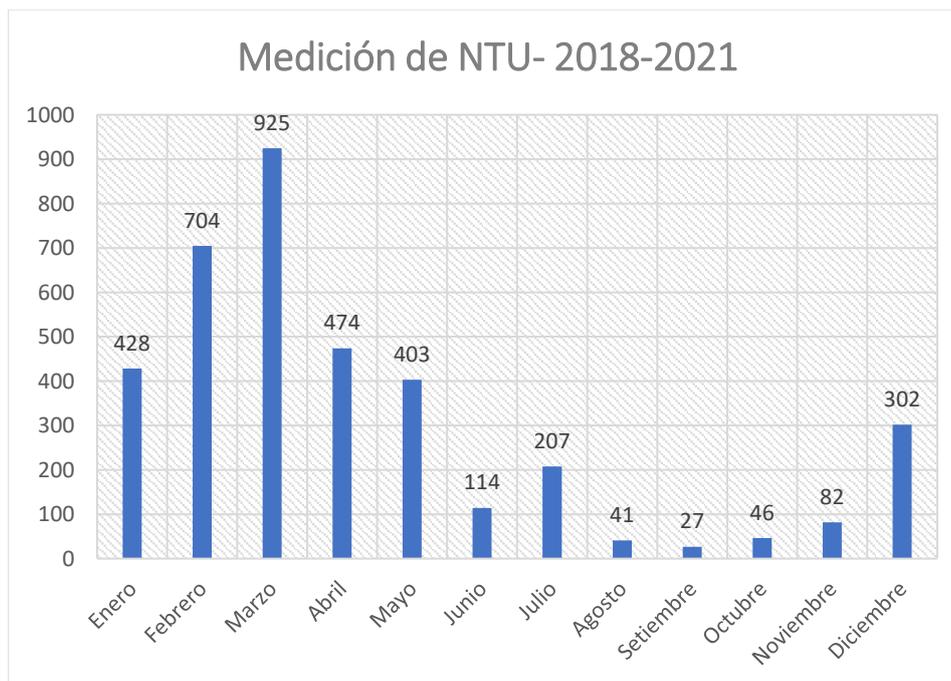
El agua de riego para las empresas del Proyecto Olmos proviene del río Huancabamba, que llega a través del canal de irrigación del Proyecto Olmos- Tinajones hasta los reservorios de cada agroindustria, en el que se realizan tratamientos y almacenamiento del agua de riego para su posterior uso; además del agua del proyecto almos, en la agroindustria Inversiones Agrícolas Olmos se cuenta con pozos del cual se extraen agua para complementar la necesidad del agua de riego.

### **3.7.1 Coagulación y floculación de las partículas suspendidas en el agua: tratamiento del agua de riego**

En su recorrido desde la cabecera de cuenca hasta el Proyecto Olmos, el agua arrastra partículas suspendidas, especialmente partículas de arcilla observándose turbia, esa turbidez se mide con el turbidímetro que proporciona valores en NTU, con lo cual se determinará las cantidades de coagulante y floculante que se agregan al agua para sedimentar las partículas suspendidas, de tal manera que el agua que ingrese al reservorio sea cristalina. Todo el proceso de coagulación y floculación del agua se realiza en una estructura construida especialmente para este fin. En la Figura 37 se presenta las medidas de NTU para cada mes del año, observándose que, en los meses de diciembre a mayo, el agua presenta niveles de turbidez más elevados, especialmente en los meses de febrero y marzo, fecha en la que ocurren las lluvias con mayor intensidad en la sierra.

### **3.7.2 Cabezal de filtrado y fertilización**

El agua almacenada en el reservorio es bombeada a la tubería (tubo de metal) de conducción en dirección al cabezal de filtrado. Dentro del cabezal de filtrado, la tubería de conducción se ramifica en una red de tuberías de distribución principal, que tiene acoplado al inicio un filtro de anillos que separa las impurezas del agua, en esta misma zona se tiene instalado manómetros que miden la presión del agua que sale del reservorio (presión antes de filtro) y la presión del agua después de los filtros; estas presiones oscilan en un rango establecido para cada tubería principal de conducción. Antes que la tubería principal de conducción salga del cabezal de filtrado, tiene instalado un hidrómetro que registra los metros cúbicos de agua que pasa por la tubería; así mismo también se conecta con la tubería de conducción de fertilizante. Las tuberías principales de conducción, lleva agua a un módulo específico de riego y es programado desde el programador DREAM-TALGIL.



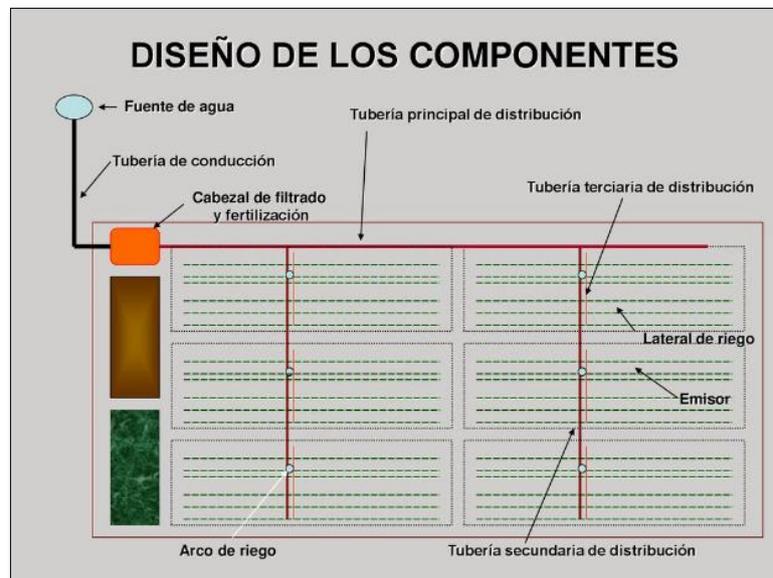
**Figura 37. Registros de NTU de la agroindustria Inversiones Agrícola Olmos en el periodo 2018-2021**

**Fuente:** área de riego de la agroindustria Inversiones Agrícola Olmos

En una zona específica del cabezal de filtrado, están ubicados los tanques de fertilización que están conectados por una red de tuberías con la zona de preparación de las soluciones nutritivas y bombeadas al cabezal de filtrado y fertilización para ser almacenados en tanques específicos para cada tipo de fertilizante: un tanque para los macronutrientes como nitrógeno, potasio y fósforo; otro tanque para otros nutrientes como hierro, magnesio, zinc, manganeso, boro y otro tanque para el calcio. Las mezclas de las soluciones nutritivas se realizan de acuerdo con la compatibilidad de los fertilizantes y la necesidad del campo.

De cada tanque de solución nutritiva, sale una red de tuberías de conducción de fertilizantes, por el que se bombea la solución nutritiva hacia las tuberías principales de conducción. La bomba que impulsa la solución nutritiva es ordenada desde el programador DREAM-TALGIL, en el que se establece un volumen específico en litros de solución nutritiva a inyectar por cada metro cúbico de agua que pasa por la tubería principal de distribución, al que se le denomina ratio de inyección. El tiempo que demora en pasar un metro cúbico de agua por la tubería principal de distribución es mayor al tiempo necesario para inyectar el volumen de solución nutritiva programado para un metro cúbico de agua, generando tramos de agua de riego sin fertilizante que llega al campo; para superar este problema existe el flujómetro, que es un instrumento que amplía el tiempo de inyección del fertilizante

igualando casi al tiempo requerido para el paso de un metro cúbico de agua por la tubería principal de distribución. El volumen de solución nutritiva que se inyecta en el sistema de riego durante el tiempo de riego es registrado por el fertímetro. En la Figura 38 se muestra los componentes básicos del sistema de riego presurizado, desde el reservorio hasta los laterales de riego.



**Figura 38. Componentes del riego presurizado**

Fuente: <https://slideplayer.es/slide/13945648/>

### 3.7.3 Cintas de riego.

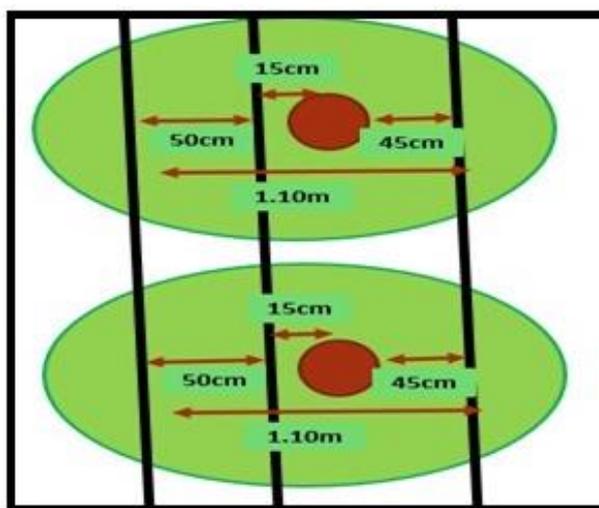
Las cintas de riego o laterales de riego se encuentran distribuidas superficialmente a lo largo de las filas de plantas (hileras). En ellas se encuentran insertos goteros equidistantes a 0.5 m y tienen una capacidad de descarga de 2 L/h. La eficiencia de uso de agua alcanzada de esta manera llega a estar entre 90 a 95%. Con este tipo de riego y realizado de manera correcta, el suelo se mantiene con humedad a capacidad de campo, bien aireado y con una humedad distribuida en toda la zona de exploración radicular. Las cintas de riego se colocan antes de realizar el hoyado para permitir un adecuado humedecimiento del suelo, para lo cual, teniendo como referencia a las estacas de trasplante, se colocan dos cintas de riego por hilera de trasplante, separadas en 40 cm.

Una vez finalizado el trasplante, las dos cintas de riego se acercan a una distancia de 10 cm al cuello del portainjerto en cada lado, de tal manera que estén separadas entre ellas en 20 cm, dejando tres goteros funcionales por planta en cada cinta de riego, haciendo un total de seis goteros por planta; el resto de los goteros son anulados mediante la colocación de tapones.

A medida que las raíces exploran mayor área debido al crecimiento del patrón, las cintas de riego se alejan primero a 20 cm del cuello de planta en ambos lados, de manera que estén separadas 40 cm entre sí, y más adelante cuando las raíces vuelven a sobrepasar la zona del bulbo de humedecimiento, se vuelven a alejar a 30 cm a ambos lados del cuello de planta, de manera que las cintas de riego estén separadas en 60 cm; al mismo tiempo se revisan los tapones y se retiran aquellos que limitan el crecimiento de las raíces.

Cuando las plantas empiezan a entrecruzar sus ramas y sus raíces a sobrepasar la zona de humedecimiento, se instala la tercera cinta de riego y se reorganiza la distribución, de la siguiente manera: al lado sur de la hilera de palto, se coloca la cinta de riego central a 15 cm del cuello de planta, la cinta de riego lateral ubicada al lado sur se coloca a 65 cm del cuello de planta y la cinta de riego lateral ubicada al lado norte se coloca a 45 cm del cuello de planta, tal como se muestra en la figura 39 y 40 . En este momento también se retiran todos los tapones de los emisores, quedando habilitado todos los goteros de la cinta de riego.

Todos los meses se realizan evaluaciones de obturación de goteros y de acuerdo con los resultados obtenidos se programa la actividad de destapado de goteros, el cual consiste en golpear con una barra de 40 centímetros de longitud a los emisores obturados para devolverle la funcionalidad. Cuando se observa cintas de riego perforadas por acción de alguna labor cultural realizada inadecuadamente o por la mordida de los zorros, se elimina esa sección dañada y se repara con conectores.



**Figura 39. Distribución de tres cintas de riego, en plantaciones de palto**



**Figura 40. Instalación de tres cintas de riego en campo.**

### **3.7.4 Cálculo de la lámina de riego**

Los volúmenes de agua utilizados para el riego están en función a la edad de las plantas, tamaño de la copa del árbol, las condiciones climáticas de la zona y el tipo de suelo. El riego consiste en compensar o devolver la pérdida de agua transpirada por las plantas y la evaporada del suelo. Para ello se requieren los datos de evapotranspiración del cultivo (ET<sub>o</sub>) obtenido de la estación meteorológica y el coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) obtenido de la medición del porcentaje de sombreadamiento de las plantas. La lámina de riego se calcula dividiendo el producto del K<sub>c</sub> del cultivo, ET<sub>o</sub> y 10; entre la eficiencia de riego, tal como se muestra en la siguiente fórmula.

$$LR = \frac{Kc * ET_o * 10}{Efic. Riego}$$

- LR: lámina de riego
- K<sub>c</sub>: coeficiente de cultivo
- ET<sub>o</sub>: Evapotranspiración del cultivo (promedio de los últimos 7 días).
- Eficiencia de riego: 90 %

En los Anexos 1, 2 y 3 se presentan los consumos de agua de las plantas en la agroindustria Inversiones Agrícolas Olmos, desde el mantenimiento de injertos, hasta la segunda campaña de producción, observándose que, a mayor edad de las plantas, mayor es el K<sub>c</sub> del cultivo y por ende la lámina de riego; así mismo se observa una relación directamente proporcional de la ET<sub>o</sub> y la lámina de riego, teniendo un aumento notable en la época de verano.

### 3.7.5 Lectura de sensores de humedad

Para determinar la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo, se han establecido parámetros como el punto de marchitez (límite inferior), capacidad de campo (límite superior) y saturación. El agua del suelo presente entre la capacidad de campo y el punto de marchitez se denomina agua útil, debido a que en ese rango la planta puede absorber el agua del suelo. Para un manejo adecuado del riego se ha establecido que cada vez que se consuma el 30% del agua útil y de manera excepcional el 40% del agua útil, se debe volver a regar.

Para optimizar el consumo de agua y mejorar los rendimientos, se hacen mediciones del contenido de humedad del suelo con diferentes métodos, como los sensores de humedad (equipos TDR) que miden el contenido de humedad del suelo expresado en porcentaje volumétrico. Este equipo electrónico cuenta con una unidad controladora que almacena las mediciones de humedad. El controlador está conectado a un par de varillas de acero inoxidable que se han colocan en el suelo a:

- 35 cm de profundidad y 25 cm entre mangueras.
- 35 cm de profundidad y 25 cm fuera de manguera.
- 60 cm de profundidad debajo de gotero.

Siendo necesario luego realizar una calibración para establecer los porcentajes de humedad volumétrica a capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PM), los cuales varían para cada tipo de suelo y profundidad, Para las condiciones de la agroindustria Inversiones Agrícola Olmos en el que la textura del suelo es arenosa, el contenido de humedad volumétrica a capacidad de campo y punto de marchitez son los siguientes.

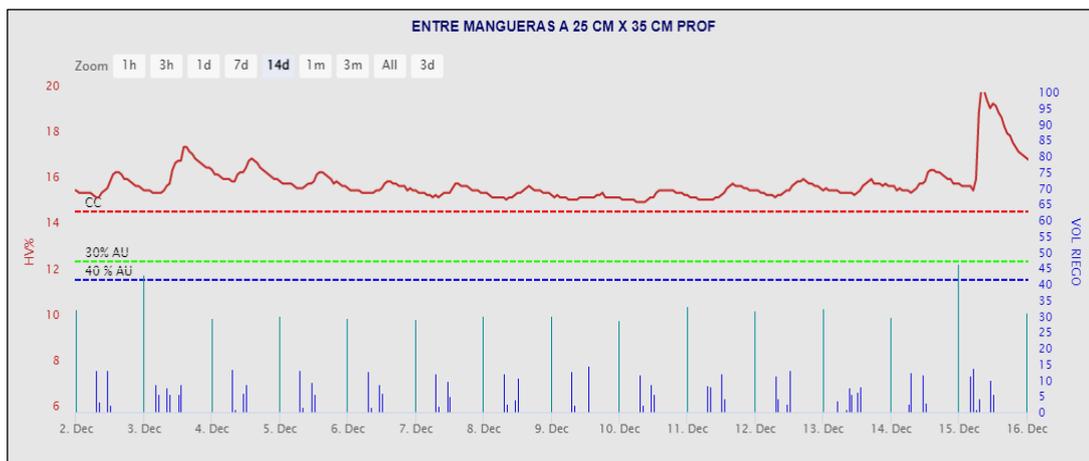
- 35 cm de profundidad y 25 cm entre mangueras. (CC:14.67%, PM: 7.34%).
- 35 cm de profundidad y 25 cm fuera de manguera. (CC:12.85%, PM: 6.43%).
- 60 cm de profundidad debajo de gotero. (CC:12.60, PM:6.3%)

Además del contenido de humedad volumétrica, el sensor registra datos como la temperatura del suelo, la conductividad eléctrica de la solución suelo, el porcentaje de aire en el suelo y el volumen de agua en metros cúbicos por hectárea repuesto en el riego. En la Figura 41 se muestra la curva de oscilación del contenido de humedad volumétrica en el suelo para un periodo de catorce días, se observa que el contenido de humedad está por encima de la capacidad de campo, indicando que es necesario hacer una corrección de los volúmenes de riego.

### 3.7.6 Calicatas

La ejecución de calicatas son una práctica cultural muy común en las agroindustrias, que consiste en realizar excavaciones para observar y verificar de manera directa el grado de humedad del suelo, las condiciones sanitarias de las raíces y las características del perfil del suelo. Las excavaciones se realizan a la mitad de dos plantas contiguas de una misma hilera, tal como se observa en la Figura 42, atravesando transversalmente todo el ancho de la zona de exploración radicular y a una profundidad aproximada de 1 m.

Al observar plantas atípicas en campo, también es motivo para realizar calicatas y observar sus raíces, de acuerdo con los análisis que se hagan se pueden planificar inyección de fungicidas por problemas fúngicos, inyección de insecticidas por problemas de gusanos de tierra, inyección de hierro por problemas de anoxia, etc.



**Figura 41. Curva de fluctuación de la humedad volumétrica de los campos de palto.**

**Fuente:** <https://portal.sensori.cloud/workspaces/292/dashboards/1148>: programa de fertirriego Inversiones Agrícola Olmos



**Figura 42. Calicata transversal en una hilera de palto**

El grado de humedad se determina mediante el método del puño, que consiste en coger un puñado de arena, al que se le aprieta fuertemente por un tiempo aproximado de cinco segundos, para luego verificar el grado de humedad, tal como se explica en la Tabla 2; el grado 1 indica que el campo está en capacidad de campo (Figura 43), mientras que los otros grados indican déficit hídrico, esta información servirá para corregir los riegos programados.



**Figura 43. Método del puño para medir del grado de humedad en suelos arenosos**

### **3.8 FERTILIZACIÓN**

Los suelos arenosos tienen baja capacidad de retención de agua y nutrientes, para que la agricultura sea posible en este tipo de suelos, el abastecimiento de agua y nutrientes se realiza de manera diaria y siguiendo un plan de fertirrigación que permita obtener rendimientos competitivos y sostenibles.

En las agroindustrias del Proyecto Olmos, la fertilización se realiza inyectando la solución nutritiva de fertilizante al sistema de riego (fertirriego), de tal manera que los nutrientes llegan a la planta diluidos en el agua de riego. La fertilización está dada en función de la edad de la planta y/o al rendimiento proyectado para la nueva campaña. En los Anexos 4, 5, y 6 se presenta la plantilla de fertilización expresado en kilogramos del elemento nutritivo por hectárea, para tres campañas consecutivas, desde mantenimiento de injertos hasta la segunda campaña de cosecha, en el que se observa que el consumo de nutrientes aumenta a medida que la planta crece; así como cuando los rendimientos aumentan.

**Tabla 2. Grados de humedad de suelos arenosos por el método del puño.**

<b>GRADO DE HUMEDAD DEL SUELO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LOS GRADOS DE HUMEDAD</b>
SUELO SATURADO	Al coger un puñado de arena y apretar con la mayor fuerza la arena por un tiempo aproximado de 5 segundos, discurre agua entre los dedos.
GRADO 1	Al coger un puñado de arena y apretar con la mayor fuerza la arena por un tiempo aproximado de 5 segundos, al abrir los dedos y mover en la palma de la mano de adelante hacia atrás el terrón de arena formado, este no se disgrega; seguidamente levantar el terrón de arena con los dedos índice y pulgar desde la posición central y esta no debe disgregarse.
GRADO 2	Al coger un puñado de arena y apretar con la mayor fuerza la arena por un tiempo aproximado de 5 segundos, al abrir los dedos y mover en la palma de la mano de adelante hacia atrás el terrón de arena formado esta no se disgrega; seguidamente al levantar el terrón de arena desde la parte central con los dedos índice y pulgar, esta se disgrega desde la zona de agarre.
GRADO 3	Al coger un puñado de arena y someterle el mayor valor de fuerza por un tiempo aproximado de 5 segundos, al abrir los dedos y mover en la palma de la mano de adelante hacia atrás el terrón de arena formado se disgrega.
GRADO 4	Al coger un puñado de arena y someterle el mayor valor de fuerza por un tiempo aproximado de 5 segundos, al abrir los dedos no se forma terrón.
GRADO 5	Arena seca.

A las plantas en formación se le aplica mayor proporción de fertilización nitrogenada, sin descuidar los otros elementos, para inducir al árbol crecimiento vegetativo y formación de un buen sistema radicular, cuidando siempre que la relación nitrógeno-potasio esté en el rango de 1 a 1.55 (Anexo 4), de tal manera que se obtenga plantas vigorosas para la primera campaña de producción. Para las condiciones de Olmos, las unidades de nitrógeno (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y potasio (K<sub>2</sub>O) aplicado para el mantenimiento de injertos son de 163, 47 y 105 respectivamente. Los otros nutrientes igual de importantes son el magnesio, zinc y hierro, aplicándose 13.90, 17.56 y 3.99 unidades respectivamente.

Las unidades aplicadas de nitrógeno (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y potasio (K<sub>2</sub>O) para árboles de primera campaña fueron de 218, 60 y 275; los otros nutrientes igual de importantes son magnesio, zinc y hierro aplicándose 17.28, 16.49 y 3.39 unidades respectivamente; mientras que para árboles de segunda campaña las unidades de consumo de nitrógeno, fósforo y potasio fueron de 273.42, 73.15 y 398.16, respectivamente.

### **3.8.1 Análisis foliar y análisis de fruto**

El análisis foliar y el análisis de fruto son herramientas que ayudan en la toma de decisiones oportunas, basado en análisis nutrimentales con relación a la fenología del árbol para realizar diagnósticos oportunos de deficiencias, toxicidades o desbalances nutrimentales en la planta.

Para la toma de muestras de hojas para el análisis foliar que se realizan entre los meses de agosto a diciembre, se toman de los brotes de verano; mientras que para los muestreos que se realizan entre los meses de enero a julio, se toman de los brotes de primavera. En ambos casos se toman muestras aleatorias de la quinta o sexta hoja del brote, contando desde la hoja más apical, estas hojas deben ser de ramas expuestas al sol y de árboles representativos; la muestra obtenida se envía a laboratorio para su respectivo análisis. Según los resultados obtenidos, se puede modificar la plantilla de fertilización a fin de que la concentración de los elementos nutricionales en la hoja y en los frutos se mantengan dentro del rango establecido para cada etapa fenológica. Los rangos nutrimentales han sido establecidos por las empresas que brindan estos servicios, entre ellos AGQ y SGS, mediante estudios que deben ser explicados por ellos, en las agroindustrias los profesionales pecuarios, toman estos estudios para corregir las proyecciones de fertilización con la finalidad de obtener rendimientos competitivos.

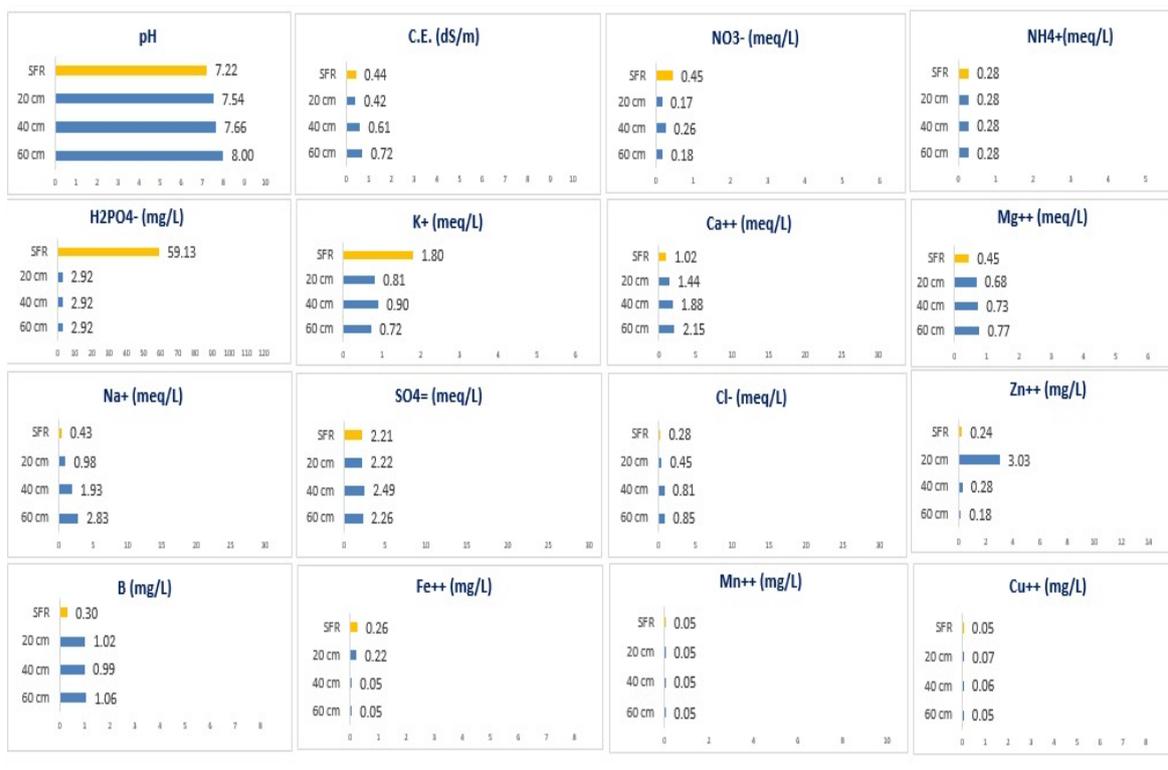
Durante una campaña de producción se realizan como mínimo seis análisis foliares y en diferentes etapas fenológicas: prefloración (agosto), anthesis (setiembre), cuajado de frutos (octubre), fruto tamaño aceituna (noviembre), crecimiento de fruto (diciembre), inicio de cosecha (mayo). En el periodo enero - mayo se pueden realizar análisis foliares adicionales viendo las condiciones de campo; así, por ejemplo, si se observa hojas bien oscuras, elevada brotación, caída de frutos, amarillamiento de hojas, etc. en el Anexo 7 se presentan los límites máximos y mínimos de los niveles nutricionales en el análisis foliar para cada elemento nutritivo de acuerdo a la etapa fenológica, y en el Anexo 9 se muestra el resultado de un análisis foliar para el nitrógeno.

Para realizar análisis de frutos, se muestrean de manera aleatoria y se obtienen frutos de los tres tercios de manera equitativa y se envía a laboratorio para su respectivo análisis; según los resultados obtenidos se pueden realizar modificaciones a la plantilla de fertilización a fin de mantener dentro del rango establecido las concentraciones de los elementos nutritivos de acuerdo con cada etapa fenológica. Durante una campaña de producción se realizan como mínimo cuatro análisis de frutos en diferentes etapas fenológicas: fruto tamaño aceituna, crecimiento de frutos, inicio de cosecha y mediados de cosecha, si se observan anomalías se pueden realizar análisis adicionales. En el Anexo 8 se muestran los límites máximos y mínimos para cada elemento nutricional de un análisis de fruto y en el Anexo 10 se muestra el resultado del análisis de nitrógeno en frutos de palto 'Hass' con patrón 'Degania'.

### **3.8.2 Sondas de succión de solución suelo y solución fertirriego (SFR)**

Las sondas de succión de solución suelo se instalan a 20 cm, 40 cm y 60 cm de profundidad, que es donde se ubican la mayor cantidad de raíces del cultivo del palto. Para colectar las muestras de solución suelo, se realiza el vaciado de aire de las sondas de succión con una bomba de vacío, evitando que el aire ingrese dentro de la cápsula de las sondas de succión, cuando el riego del día haya terminado. Las muestras se recogen al tercer día, antes de iniciar el riego. Por otra parte, para colectar las muestras de solución fertirriego (SFR) se coloca una bandeja limpia debajo de uno de los goteros ubicados en la zona media del lote, recolectando las muestras inmediatamente en cuanto termine el riego del día; las muestras obtenidas se rotulan y se llevan a laboratorio para su análisis.

Los resultados del análisis de la solución suelo extraído de las sondas de succión, así como de la solución fertirriego (SFR) analizados de manera conjunta y/o de manera independiente, brindan información de la disponibilidad y lixiviación de los nutrientes en los diferentes perfiles del suelo, así como de la demanda de los nutrientes por parte de la planta en las diferentes épocas (estados fenológicos). Estos resultados permiten corregir el aporte de los fertilizantes, así como del riego, pudiendo aumentar los tiempos de riego si se observa acumulación de nutrientes en los primeros 20 cm del perfil del suelo (hacer menos ciclos de riego y que cada ciclo de riego dure mayor tiempo) y por el contrario reducir los tiempos de riego (aumentar los ciclos de riego con menor duración cada ciclo) si se observa acumulación de nutrientes a los 60 cm del perfil del suelo.



**Figura 44. Análisis de las sondas de succión y de la solución fertirriego**

**Fuente:** área de Fertirriego- INAGRO

El análisis de la solución suelo obtenido de las sondas de succión también permiten observar el pH y la conductividad eléctrica (CE) de la solución suelo a través de los diferentes perfiles del suelo, ayudando a en la toma de decisiones; así se puede programar lavados si se observa acumulación de sales en los diferentes perfiles de suelo o iniciar con la acidificación si se observa que el pH está muy alto y que esto esté afectando en la absorción de nutrientes como del hierro, fósforo, zinc, etc.

En la Figura 44 se presenta los resultados del análisis de las sondas de succión, donde se observa los cambios en la concentración de los nutrientes a través del perfil del suelo. Se observa que el pH del suelo es ligeramente neutro tanto en la SFR como en la solución suelo en todo el perfil analizado (20 cm, 40 cm y 60 cm de profundidad), con lo cual se podría pensar en acidificar el agua de riego para mejorar la absorción de nutrientes.

La conductividad eléctrica de la SFR y de la solución suelo en todos los perfiles se observan similares e inferior a 1.5 dS/m, el cual es el límite superior permitido, con lo cual se descarta problemas de salinidad y acumulación de sales en cualquiera de los perfiles del suelo; sin embargo, podría planificarse lavados para retirar las sales fuera de la zona de raíces. La concentración de nitrato en la SFR es mayor a la concentración encontrada en la solución

suelo en los diferentes perfiles del suelo, deduciéndose que la planta está absorbiendo este nutriente y que la lixiviación es mínima. La concentración de amonio en la SFR y en la solución suelo en los tres perfiles analizados son muy similares, lo que permite deducir que la planta tiene una baja tasa de absorción de este nutriente, con lo cual se podría reducir el aporte de este nutriente en las fertilizaciones. La concentración del ácido fosfórico de la SFR es mayor a la concentración encontrada en la solución suelo en los perfiles analizados, lo que indica que hay una alta absorción del nutriente por parte de la planta; por otra parte, no se observa acumulación del ácido fosfórico en ninguno de los tres perfiles. La concentración del potasio en la SFR es mayor que la encontrada en la solución suelo en los tres perfiles analizados, lo que permite deducir que la planta absorbe de manera eficiente el nutriente; por otra parte, no se encuentra acumulación del nutriente en ninguno de los perfiles analizados. La concentración de calcio en la SFR es menor a la concentración encontrada en la solución suelo de los tres perfiles de suelo analizados, lo que permite deducir que el suelo posee calcio, sin embargo, no significa que se deje de aportar este nutriente, para tomar esa decisión es necesario analizar los resultados del análisis foliar y de fruto, si en estos análisis el calcio está elevado podría tomarse la decisión de cancelar el aporte de calcio en las fertilizaciones. La concentración de sodio en la SFR es menor a la encontrada en la solución suelo en los tres perfiles analizados, observándose que, a mayor profundidad, mayor es la concentración del sodio; siendo necesario realizar lavados para desplazar el sodio fuera de la zona de raíces. La concentración de sulfato en la SFR es ligeramente inferior a la encontrada en la solución suelo y es esta sal junto con el sodio los más importantes en la salinidad del suelo.

### **3.9 COSECHA**

Existen índices de cosecha que ayudan a determinar el momento adecuado de cosecha, los mismos que garantizan que la fruta cosechada madurará adecuadamente y con buena calidad organoléptica, Algunos de esos indicadores se basan en métodos visuales como el color; así, el mesocarpio debe de ser de color amarillento, el epicarpio -cáscara- de color verde opaco (sin brillo). Otro indicador se basa en los registros del número de días transcurridos desde la cuaja. No obstante, el indicador más confiable para dar inicio a la cosecha es el contenido de aceite (8% - 14%); sin embargo, esta determinación es laboriosa y costosa y solo puede realizarse a nivel de un laboratorio, como una alternativa a ello, se ha encontrado que existe una alta correlación entre la acumulación de aceite en el fruto y el aumento del contenido de

materia seca, por ello la determinación del contenido de materia seca también se ha convertido en un indicador confiable del momento de cosecha.

### 3.9.1 Determinación de materia seca: método gravimétrico

Se recolectan frutos en campo de manera aleatoria de diferentes calibres, se rotula y se lleva al laboratorio en donde se elimina la cáscara de la fruta, luego se parte longitudinalmente por la mitad y se extrae rodajas de pulpa de la parte externa evitando coger la pulpa pegada a la semilla, se coloca en una placa Petri, se registra la masa de la pulpa extraída y se coloca en una estufa para eliminar el contenido de agua por 24 horas y se registra nuevamente la masa (Figura 45 A y 45B). El porcentaje de materia seca se determina dividiendo la masa seca entre la masa fresca de la muestra, multiplicado por cien. Para iniciar con la cosecha, la materia seca debe ser mayor o igual 21.5%.



**Figura 45. Determinación de la materia seca en frutos de palto.**  
**A: Medición de la masa fresca, B: medición de la masa seca.**

### 3.9.2 Determinación de materia seca: NIRS

El campo de la espectrometría puede proporcionar un método rápido y confiable para la industria. La espectroscopía del cercano infrarrojo (NIRS por sus siglas en inglés) ha mostrado ser un método seguro, preciso, rápido y no destructivo que tiene la función de generar un modelo de predicción NIRS que permite pronosticar una variable de calidad como materia seca (MS), sólidos solubles totales (SST o Brix), acidez titulable, color de cáscara, o cualquier variable que se desee estimar de algún fruto. La construcción del modelo de predicción se hace relacionando los espectros obtenidos de un conjunto de frutos con su correspondiente variable en estudio. El espectrómetro utiliza una lámpara de tungsteno-xenón en el rango de luz visible e infrarrojo cercano, aproximadamente entre 310 y 1100 nm Felix Instruments, (2015) citado por Osuna, (2018). El algoritmo obtenido calcula variables espectrales con cada escaneo del fruto, tales como, reflectancia, absorbancia, primera

derivada de absorbancia y segunda derivada de absorbancia. Adicionalmente, proporciona datos de coordenadas (GPS), temperatura, fecha de la toma de lectura, entre otros. Dichos datos pueden visualizarse mediante el uso de los programas incluidos en el paquete de análisis del espectrómetro, F750 Model Builder y F750 Data Viewer, Osuna, (2018).

Este método predice el contenido de materia seca en la pulpa de los frutos de palto, solo acercando el instrumento al fruto (Figura 46) y se usa con éxito y de manera complementaria al método gravimétrico Osuna, (2018).



**Figura 46. Medición de materia seca con NIR**

Las evaluaciones para monitorear el contenido de materia seca en la corporación Inversiones Agrícola Olmos, se inicia aproximadamente un mes antes de iniciar la cosecha y más adelante cuando inicia la cosecha se realizan mediciones con el NIR solamente para registrar la materia seca con la que se está cosechando.

### **3.9.3 Recolección de frutos**

Para realizar la cosecha se arman grupo de diez trabajadores, entregándoles a cada grupo dos tijeras aéreas acoplado con una canasta en la parte superior, tijeras de cosecha para cada uno y baldes de cosecha forrado internamente con esponja para reducir daño mecánico de la fruta (figura 47). Para la cosecha, en un primer momento la fruta se separa del árbol con todo el pedúnculo, luego con la tijera de cosecha se corta el pedúnculo al ras de la fruta y se coloca en el balde de cosecha. Cuando el balde de cosecha esté lleno de frutos, estos se colocan al pie de los árboles (Figura 47) para que otro grupo de personas trasladen los baldes llenos de fruta y vacíen el contenido en los bins ubicados en el centro de las calles de aplicación (Figura 48.A).

El vaciado de fruta de los baldes de cosecha en los bins, se hacen con bastante cuidado (Figura 49.A), evitando que los frutos se golpeen entre sí, para ello se han colocado espumas en todos los bins a fin de que la fruta caiga encima de estas espumas para reducir los daños mecánicos. La fruta almacenada en los bins se protegen de la radiación directa con paraguas y cubriendo con mantas, tal como se muestra en la Figura 49.B.



**Figura 47. Baldes con fruta colocados al pie de los árboles, para su posterior traslado a los bins**

Cuando los bins estén llenos, se recogen y se trasladan a los acopios de campo en el que se le hacen control de calidad y posteriormente se colocan en contenedor para su traslado a la planta de procesamiento. Para cosechar un área de palto, se hace hasta en tres momentos con intervalos de tres a cuatro semanas entre una y otra entrada, recolectando frutos maduros: aquellos que presentan una coloración verde opáco (sin brillosidad) y frutos con ligera con coloración oscura. La cosecha de frutos al alcance de los cosechadores se realiza sin mayor dificultad, mientras que los frutos ubicados en las partes altas se cosechan utilizando escalera y tijera aérea.



**Figura 48. Vaciado de la fruta en los bins.**

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En los últimos años, las agroindustrias han cambiado la forma tradicional de trasplantar plántones de palto, de trasplantar plántones injertados, han pasado a trasplantar primero los patrones y luego realizar el injerto en campo, este método de trasplante ha permitido que los patrones tengan un mejor desarrollo radicular, permitiendo a los injertos, crecer más vigorosos, con mejor estructura y más sanas. El problema de trasplantar plántones injertados en vivero, especialmente en zonas calurosas como en Olmos, es el tiempo de adaptación y el estrés que se le genera, haciéndole susceptible al ataque del hongo de madera *Lasiodiplodia spp.* lo que, en el futuro, genera plantas con menor potencial productivo; así como mortalidad de las mismas.

La injertación en campo, genera un mayor de producción, debido a que se requiere de personal capacitado en labores específicas, pero ello se justifica con la obtención de plantas más vigorosas, con mejor arquitectura, más sanas y mejor potencial productivo.

En el Proyecto Olmos, la principal enfermedad del cultivo de palto es la *Lasiodiplodia spp.*, siendo las podas, la principal actividad de diseminación, ya que este hongo ingresa a la planta, por las heridas de la poda y pasa de una a otra planta, por las herramientas de corte. *Lasiodiplodia spp.*, es un hongo que, en condiciones adecuadas, convive sin causar problemas al árbol de palto, pero en cuanto el árbol tenga condiciones de estrés, expresa su daño en el árbol. Para disminuir su incidencia, se han desarrollado actividades específicas, como colocar pasta cicatrizante reforzados con fungicidas a las heridas de corte, desinfectar las herramientas, realizar inyecciones de fungicidas como thiabendazole y/o hymexazol antes y después de la poda, antes y después del injerto; así como manejar adecuadamente el riego.

La plaga más importante en el cultivo de palto en el Proyecto Olmos, es el ácaro *Oligonychus punicae*, que se alimenta de las hojas, causando manchas marrones, que disminuye la capacidad fotosintética de las hojas y por ende la productividad del árbol. Para combatir esta

plaga, se realizan lavados fitosanitarios con jabón potásico, azufre mojable, entre otros; de zonas con incidencia. También se realizan aplicaciones fitosanitarias de diversos insecticidas químicos y biológicos.

Para manejar el riego, se hacen uso de herramientas como los sensores de humedad, que permite observar el nivel de humedad del suelo (porcentaje de humedad volumétrica) a través de una gráfica; también muestra valores de la temperatura del suelo y del porcentaje de aireación del suelo. Por otra parte, también se realizan uso de calicatas, el que se observa además de la humedad, haciendo uso del método del puño, el estado sanitario de las raíces. La fertilización se realiza por fertirriego, para corregir o ajustar las fertilizaciones, se hacen uso de herramientas como los análisis foliares, análisis de fruto, sondas de succión y la SFR.

la cosecha se realiza cuando la materia seca del fruto de palto, supere los 21%, para ello se realizan evaluaciones con el método tradicional, el cual consiste en recolectar frutos de campo, para que en un laboratorio se obtenga el porcentaje de materia seca de la pulpa. Otro método no destructivo y complementario que se usa es el método del NIR, con lo que se obtiene el porcentaje de materia seca de manera directa. Durante la cosecha, los frutos no deben tener lesiones por golpe o rozamiento, para ello se han generando actividades específicas como colocar espumas en la periferia de los baldes de cosecha y contenedores; así como en la superficie de los contenedores, para que amortigüe la caída, al momento del vaciado.

## V. CONCLUSIONES

En la presente experiencia profesional se cambio la metodología tradicional de trasplantar plantas ya injertadas a campo definitivo, por la de trasplantar patrones para ser injertados en campo. Si bien es cierto se han generado labores agrícolas especiales para cada etapa, se han logrado prendimientos por encima del 90%, crecimiento más acelerado del injerto y menos incidencia de *Lasiodiplodia*; obteniendo mejores rendimiento en la primera cosecha.

Los patrones ‘Ashdot 17’, ‘Degania 117’, ‘Tzrifin 99’ y ‘Fairchild’, predominantemente de origen antillano, han permitido obtener buenos resultados en líneas generales. En el fundo INAGRO el patrón ‘Fairchild’ ha mostrado conferir un mayor vigor al injerto y ‘Degania 117’ menor vigor.

Las condiciones de alta radiación en el Proyecto Olmos, obligan a la realización de labores especiales como pintado de blanco de los tallos antes del trasplante y después de las podas para evitar quemaduras y posterior necrosis de tallos expuestos, así como el uso de protectores solares. De igual forma la colocación de cobertura vegetal en las camas de trasplante mejora el establecimiento de los plantones en campo; así como también, resulta necesario el uso de cortinas rompevientos.

Las sondas de succión y el análisis foliar, son herramientas fundamentales para corregir las formulas de fertilización, sin embargo estas teconologias deben seguir mejorándose. Las sondas de succión generan datos de la concentración de los nutrientes, la conductividad eléctrica y el pH de la solución suelo, en la profundidad analizada, pero no indican las relaciones y las interacciones de los nutrientes. Los análisis foliares muestran la concentración de los nutrientes, los cuales deben estar dentro de rangos establecidos generados de una base de datos de la empresa que brinda el servivio para cada etapa fenológica; estos rangos deben mejorarse de manera científica, ya que hay situaciones en las que la concentración de los nutrientes se mantiene dentro de los rangos establecidos; sin embargo los rendimientos son bajos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda el uso de sensores de humedad, porque son una herramienta de mucha ayuda para el monitoreo del riego, ya que muestran datos del porcentaje de humedad volumétrica del suelo a las profundidades analizadas; sin embargo, para su óptima utilidad, deben establecerse de manera correcta el punto de marchitez y la capacidad de campo, pues hay situaciones en las que las curvas se muestran niveles por encima de la capacidad de campo y al realizar las calicatas, no se observan problemas de saturación.

El mejor momento de cosecha es cuando la materia seca está por encima de 21%, para ello se recomienda manejar de forma complementaria el método gravimétrico tradicional y el método basado en la espectroscopía del cercano infrarrojo (NIRS por sus siglas en inglés).

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Agraria de Noticias. (16 de Marzo de 2020). Mercados de destino de la palta peruana se duplicaron en los últimos 10 años. Obtenido de <https://agraria.pe/noticias/mercados-de-destino-de-la-palta-peruana-se-duplicaron-en-los-21074>

Agencia Agraria de Noticias. (12 de Agosto de 2022). “Perú contará con entre 42 mil y 45 mil hectáreas de palta al cierre del 2022”. Obtenido de <https://agraria.pe/index.php/noticias/peru-contara-con-entre-42-mil-y-45-mil-hectareas-de-palta-al-28935>

Agencia Agraria de Noticias. (08 de junio de 2022). ProHass: Exportaciones peruanas de palta Hass alcanzarían las 515 mil toneladas en la campaña 2022. Obtenido de <https://agraria.pe/noticias/prohass-exportaciones-peruanas-de-palta-hass-alcanzarian-las-28243>

Alcaraz Arco , M. L. (2009). Biología reproductiva del aguacate (*Persea americana* Mill.). Implicaciones para la optimización del cuajado. Málaga, España. Recuperado el Octubre de 2022, de [https://www.avocadosource.com/international/spain\\_papers/AlcarazML2009b.pdf](https://www.avocadosource.com/international/spain_papers/AlcarazML2009b.pdf)

Andina. (17 de Agosto de 2022). Exportaciones de palta Hass crecerán 8% este año. Obtenido de <https://www.andina.pe/agencia/noticia-exportaciones-palta-hass-creceran-8-este-ano-906120.aspx>

Arpaia, M. L. (2005). Avocado postharvest quality – an overview. New Zealand and Australia Avocado Grower’s Conference ’05., (pág. 8). New Zealand. Recuperado el 14 de setiembre de 2022, de <file:///C:/Users/rbarrientos/Downloads/Precosecha%20afecta%20poscosecha.pdf>.

- Bergh , B. O. (1967). Reasons for low yields of avocados. En California Avocado Society, Reasons for low yields of avocados (págs. 161- 172). California, Estados Unidos. Obtenido de [http://avocadosource.com/CAS\\_Yearbooks/CAS\\_51\\_1967/CAS\\_1967\\_PG\\_161-172.pdf](http://avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_51_1967/CAS_1967_PG_161-172.pdf)
- Cosio-Vargas , L., Salazar-García, S., Gonzales-Durand , I., y Medina-Torres, R. (Diciembre de 2008). Fenología del aguacate 'Hass' en el clima semicálido de Nayarit, México. *Scielo*, 14(3). Recuperado el 13 de Octubre de 2022, de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027-152X2008000300013](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000300013)
- Curzel , V., Buono, S., y Achem, V. (s.f.). El cultivo de Palto. *Boletín de fruticultura*. Recuperado el 13 de Octubre de 2022, de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/boletin\\_13.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/boletin_13.pdf)
- Fernandez Pérez, A. N. (2021). Repositorio institucional universidad nacional agraria la molina. Recuperado el 05 de octubre de 2022, de biblioteca agrícola nacional: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5136/fernandez-perez-alexander-nelson.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fertilab. (s.f.). El aguacate Hass y sus requerimeintos de suelo. Recuperado el 13 de Octubre de 2022, de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/El-Aguacate-Hass-y-Sus-Requerimientos-de%20Suelo.pdf>
- Fundación Charles Darwin. (1959). Fundación Charles Darwin. Recuperado el 20 de enero de 2023, de <https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=484>
- Gardiazabal, F. (s.f.). Floración en paltos. Chile. Obtenido de <http://www.avocadosource.com/Journals/VinaDelMar1998/GardiazabalFrancisco1998b.pdf>
- Hernandez-Melchor, D. J., Ferrera-Carrato, R., y Alarcón , A. (mayo de 2019). Trichoderma: importancia agrícola, biotecnológica y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Scielo*, 35(1). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>

- Holzapfel, E., Alves de Sousa, J., Jarra, J., y Carvallo Guerra, H. (5 de Junio de 2017). Responses of avocado production to variation in irrigation levels. (V. B. Heidelberg, Ed.) *Irrig Sci*, 11. doi:10.1007/s00271-017-0533-0
- Intagri. (2017). La Poda en el Cultivo de Aguacate. México. Recuperado el 14 de setiembre de 2022, de <https://www.intagri.com/articulos/frutales/la-poda-en-el-cultivo-de-aguacate>
- INTAGRI. (2018). Razas del Cultivo de Aguacate. Artículos técnicos de Intagri, Serie Frutales(32), 4. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/frutales/razas-del-cultivo-de-aguacate>
- INTAGRI. (2019). Requerimientos de clima y suelo en el cultivo de Aguacate. *INTAGRI*, 3. Recuperado el 13 de octubre de 2022, de [https://www.intagri.com/public\\_files/56.-Requerimientos-de-Suelo-y-Clima-del-Cultivo-de-Aguacate.pdf](https://www.intagri.com/public_files/56.-Requerimientos-de-Suelo-y-Clima-del-Cultivo-de-Aguacate.pdf)
- Lahav, E., Israeli, T., Regev, I., Ardity, H., Lavi, U., Chemo, M., y Saada, D. (2005). "Arad" - a new avocado cultivar. *HortScience*, 40, 488.
- Lemus, G., Ferreyra, R., Gil, P., Maldonado, P., Toledo, C., Barrera, C., y DE, J. C. (2005). El cultivo de palto. *Boletín Inia* 129.
- Osuna García, J. A., Olivares Figueroa, J. D., Herrera Gonzales, J. A., Albert Toivonen, P. M., Salazar García, S., y Goenaga, R. (2018). Uso de un espectrómetro portátil para determinar materia seca de manera no destructiva en aguacate 'Hass'. Nayarit, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Obtenido de <http://arsftfbean.uprm.edu/procinorte/wp-content/uploads/2019/04/UsodeunEspectrometroportatilparadeterminarmateriasecadenmaneranoestructivaenaguacate-%E2%80%98Hass%E2%80%99.pdf>
- Paz-Vega, S. (1997). Alternate bearing in the avocado (Persea Americana Mill). *California Avocado Society 1997 Yearbook* 81, 117 - 148. Obtenido de [http://www.avocadosource.com/CAS\\_Yearbooks/CAS\\_81\\_1997/CAS\\_1997\\_PG\\_117-148.pdf](http://www.avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_81_1997/CAS_1997_PG_117-148.pdf)

- Perez Álvarez , S., Ávila Quezada , G., y Coto Arbelo , O. (abril de 2015). El aguacatero (Persea Americana Mill). Scielo, 36(2). Recuperado el 12 de Octubre de 2022, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362015000200016#:~:text=Key%20words%3A%20avocado%2C%20conser%20vation%2C%20diseases%2C%20breeding.&text=El%20aguacatero%20\(Persea%20americana%20Mill\)%20es%20una%20especie%20originaria%20de,alrede](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000200016#:~:text=Key%20words%3A%20avocado%2C%20conser%20vation%2C%20diseases%2C%20breeding.&text=El%20aguacatero%20(Persea%20americana%20Mill)%20es%20una%20especie%20originaria%20de,alrede)
- Prom Perú. (2020). Desarrollo del comercio exterior agroexportador. Prom Perú, Lima. Lima: agro@promperu.gob.pe. Recuperado el 14 de setiembre de 2022, de <file:///C:/Users/rbarrientos/Downloads/Desenvolvimiento-comercio-exterior-agroexportador-2020.pdf>
- Reyes-Aleman, J. C., Mejía-Carranza, J., Monteagudo-Rodríguez, O. R., Valdez-Pérez, M. E., González-Dias, J. G., y Espíndola-Barquera, M. (13 de Diciembre de 2021). Fenología del aguacate 'Hass' en el Estado de México, México. Scielo, 27(2). Recuperado el 16 de Octubre de 2022, de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2021000200113&script=sci\\_arttext&tlng=es#B21](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2021000200113&script=sci_arttext&tlng=es#B21)
- Rimache, M. (2007). Cultivo de palto. Lima, Perú: Editora Macro.
- Salazar-García, S., y Lovatt, C. J. (1998b). GA3 application alters flowering phenology of the 'Hass' avocado. *J Amer Soc Hort Sci* 123:791-797. Obtenido de [http://avocadosource.com/Journals/ASHS/ASHS\\_1998\\_123\\_PG\\_791-797.pdf](http://avocadosource.com/Journals/ASHS/ASHS_1998_123_PG_791-797.pdf)
- Salazar-García, S., y Lovatt, C. J. (2000). Use of GA3 to Manipulate Flowering and Yield of 'Hass' Avocado. *J Amer Soc Hort Sci* 125(1):25-30. Obtenido de [http://www.avocadosource.com/journals/ashs/ASHS\\_2000\\_125\\_1\\_PG\\_25-30.pdf](http://www.avocadosource.com/journals/ashs/ASHS_2000_125_1_PG_25-30.pdf)
- Salazar-García, S., y Lovatt, C. J. (2002). Flowering of avocado (Persea americana Mill.). I. Inflorescence and flower development. *Rev Chapingo Serie Horti* 8(1):71-75. Obtenido de [avocadosource.com/papers/Research\\_Articles/01025-6.pdf](http://avocadosource.com/papers/Research_Articles/01025-6.pdf)
- Salazar-García, S., y Lovatt, C. J. (2022). Flowering of avocado (Persea AmericanaMill.). I. Inflorescence and Flower Devolment. *Revista Chapingo derie Horticultura*, 8 (1), 71-75.

- Salazar-García, S., Lord, E. M., y Lovatt, C. J. (1998b). Inflorescence and flower development of the "hass" avocado (*Persea americana* Mill.) during "on" and "off" years. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 13(4), 537-544.
- Sanchez-Perez, J. d. (1999). Recursos Genéticos de aguacate (*Persea americana* Mill.) y especies afines en México. *Revista Chapingo*, 5, 7-18. Recuperado el 12 de Octubre de 2022, de [https://www.avocadosource.com/WAC4/WAC4\\_p007.pdf](https://www.avocadosource.com/WAC4/WAC4_p007.pdf)
- Schaffer, B., Nigel Wolstenholme, B., y Whiley, A. W. (2013). The avocado: botany, production and uses (Segunda edición ed.). Bostón, Estados Unidos de América : CAB Internacional . Obtenido de file:///C:/Users/Asus/Downloads/Cultivars%20and%20Rootstocks.pdf
- Schaffer, B., Wolstenholme, N. B., y Whiley, A. W. (2013). The avocado: botany, production and uses. Boston: Chris shire.
- Schroeder, C. (1944). The avocado inflorescence. *Calif Avocado Soc Yrbk*.
- Schroeder, C. A. (1994). La inflorescencia del aguacate. *California Avocado Soc. Yrbk*, 28, 39-40.
- Stout, A. B. (1923). A study in cross-pollination of avocados in southern California. *California Avocado Association Annual Report* 7, 29-45.
- Universidad de Alicante. (2010). Cuadernos de biodiversidad. (C. I. (CIBIO), Ed.) Alicante, España. Recuperado el 25 de Octubre de 2022, de [https://www.researchgate.net/profile/Gerardo-Sanchez-Rojas/publication/264789805\\_El\\_manati\\_Trichechus\\_manatus\\_manatus\\_Linnaeus1758\\_Sirenia\\_una\\_especie\\_sombrilla\\_para\\_el\\_Sistema\\_Lagunar\\_de\\_Alvarado\\_Veracruz/links/53f1542b0cf2711e0c45d8ee/El-manati-Trichech](https://www.researchgate.net/profile/Gerardo-Sanchez-Rojas/publication/264789805_El_manati_Trichechus_manatus_manatus_Linnaeus1758_Sirenia_una_especie_sombrilla_para_el_Sistema_Lagunar_de_Alvarado_Veracruz/links/53f1542b0cf2711e0c45d8ee/El-manati-Trichech)
- Valbuena Puentes, A. H., Galindo Soracá, A. M., y Boyacá Quintana, Y. M. (24 de Abril de 2021). Efecto del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (balsamo) Vuillemin en el control de la oveja ked (*Melophagus ovinus*). *SciELO*, 32(2). doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i2.18362>

- Vidalon engineering services, S.A. (1965). Estudio edafológico. Ministerio de fomento y obras públicas dirección de irrigación, Lima, Lima. Recuperado el 11 de Octubre de 2022, de <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/1753/ANA0000749.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vilap agricultura digital. (s.f.). Clima para el cultivo del Palto o Aguacate Hass. *ViLab SpA*. Recuperado el 13 de Octubre de 2022, de <https://www.vilab.cl/cultivos/paltos/clima-paltos/>
- Vivero S, A., Valenzuela B, R., Valenzuela B, A., y Morales, G. (2019). Palta: compuestos bioactivos y sus posibles beneficios en salud. *Scielo*. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000400491>
- Whiley, A. W. (1992). Avocado varieties and rootstocks. Proceedings of the Avocado Research Workshop., (págs. 15-20). Brisbane.
- Whiley, A. W. (2013). The avocado: botany, production and uses. Boston: Chris shire.

## ANEXOS

**Anexo 1. Lámina de riego (LR) ejecutado para campos en mantenimiento de injertos**

CAMPAÑA	MESES	Estado fenológico	ETo (mm/día)	Kc	LR (m <sup>3</sup> /día)	campaña (m <sup>3</sup> /ha)
2019-2020	Ago.	floración	3.57	0.21	7.93	4390.48
	Set.	floración	4.00	0.17	7.18	
	Oct.	cuajado de frutos	4.29	0.13	5.90	
	Nov.	crecimiento de fruto	3.93	0.12	4.79	
	Dic.	crecimiento de fruto	4.46	0.17	7.86	
	Ene.	crecimiento de fruto	4.78	0.18	9.13	
	Feb.	crecimiento de fruto	5.02	0.22	11.81	
	Mar.	crecimiento de fruto	5.12	0.29	15.52	
	Abr.	maduración de fruto	4.85	0.44	22.46	
	May.	cosecha	4.26	0.43	19.11	
	Jun.	crecimiento vegetativo	3.85	0.41	16.69	
	Jul.	crecimiento vegetativo	3.52	0.42	15.66	

**Fuente:** Programa de fertirriego Inversiones Agrícolas Olmos

**Anexo 2. Lámina de riego (LR) ejecutado para árboles de primera campaña**

Campaña	Mes	Estado fenológico	ETo mm/ día	Kc	LR (m <sup>3</sup> /día)	campaña (m <sup>3</sup> /ha)	Eficiencia de uso del agua m <sup>3</sup> /t	Rdto (t/ha)
2020-2021	Ago.	floración	3.57	0.38	14.47	11208.94	2627.10	4.27
	Set.	floración	4.00	0.38	15.85			
	Oct.	cuajado de frutos	4.29	0.50	22.64			
	Nov.	crecimiento de fruto	3.93	0.56	23.05			
	Dic.	crecimiento de fruto	4.46	0.54	25.44			
	Ene.	crecimiento de fruto	4.78	0.80	40.48			
	Feb.	crecimiento de fruto	5.02	1.01	53.49			
	Mar.	crecimiento de fruto	5.12	0.99	53.20			
	Abr.	maduración de fruto	4.85	0.95	48.47			
	May.	cosecha	4.26	0.65	29.22			
	Jun.	crecimiento vegetativo	3.85	0.36	14.68			
	Jul.	crecimiento vegetativo	3.52	0.78	29.07			

**Fuente:** Programa de fertirriego Inversiones Agrícolas Olmos.

**Anexo 3. Lámina de riego (LR) ejecutado para árboles de segunda campaña**

Campaña	Mes	Estado fenológico	ETo mm / día	Kc	LR (m <sup>3</sup> /día)	campaña (m <sup>3</sup> /ha)	Eficiencia de uso de agua m <sup>3</sup> /t	Rdto (t/ha)
2021-2022	Ago.	floración	4.29	0.63	28.60	10409.76	949.25	10.97
	Set.	floración	4.54	0.51	24.48			
	Oct.	cuajado de frutos	4.76	0.54	27.17			
	Nov.	crecimiento de fruto	4.76	0.55	27.67			
	Dic.	crecimiento de fruto	4.40	0.61	28.30			
	Ene.	crecimiento de fruto	4.81	0.67	34.13			
	Feb.	crecimiento de fruto	5.36	0.61	34.49			
	Mar.	crecimiento de fruto	5.01	0.67	35.29			
	Abr.	maduración de fruto	4.79	0.61	30.76			
	May.	cosecha	3.37	0.68	24.12			
	Jun.	crecimiento vegetativo	2.59	0.76	20.86			
	Jul.	crecimiento vegetativo	2.97	0.85	26.60			

**Fuente:** Programa de fertirriego Inversiones Agrícolas Olmos

**Anexo 4. Plantilla de fertilización ejecutado para campos en mantenimiento de injertos, expresados en unidades por hectárea. (kg/ha)**

Camp.	Nut.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.
2019- 2020	N	8.32	11.60	12.09	17.27	14.70	13.81	14.91	13.33	17.31	16.99	11.93	10.30
	P2O5	3.03	3.43	5.22	2.61	2.95	3.20	3.55	5.11	3.31	3.86	5.77	4.84
	K2O	5.70	4.08	5.03	14.99	12.66	11.71	11.87	9.54	4.76	6.81	8.48	9.19
	CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	1.57	2.64	1.80	2.94	2.13	2.13
	Fe	0.20	0.58	0.00	0.48	0.67	0.07	0.22	0.00	0.17	0.68	0.55	0.36
	B	0.22	0.37	0.27	0.40	0.45	0.05	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
	Zn	0.69	1.26	0.83	1.77	1.66	0.60	1.15	1.80	2.42	2.80	1.86	0.72
	Mn	0.31	0.29	0.14	0.27	0.29	0.19	0.34	0.00	0.52	0.65	0.55	0.37
	N/K2O	1.46	2.84	2.40	1.15	1.16	1.18	1.26	1.40	3.64	2.50	1.41	1.12

**Fuente:** Programa de fertirriego Inversiones Agrícolas Olmos

**Anexo 5. Plantilla de fertilización ejecutado para árboles de primera campaña, expresado en unidades por hectárea (kg/ha).**

Camp.	Nut.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun..	Jul.	Nut. kg/ ha	Rdto
	N	14	18	14	14	17	24	25	25	28	17	12	10	218	
	P2O5	6	7	5	4	5	5	3	4	5	4	3	8	59.96	
	K2O	13	20	15	12	17	29	32	34	38	19	22	23	274.94	
	CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.00	
2020-	Mg	2.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	2.3	1.1	1.0	3.0	1.2	17.28	4.27
2021	Fe	0.25	0.82	0.33	0.33	0.37	0.40	0.00	0.00	0.44	0.44	0.00	0.00	3.39	
	B	0.11	0.09	0.10	0.10	0.16	0.20	0.00	0.11	0.10	0.15	0.18	0.54	1.82	
	Zn	1.05	0.84	1.15	2.31	1.92	2.26	2.33	0.00	2.30	1.00	1.34	0.00	16.49	
	Mn	0.32	0.00	0.28	0.28	0.28	0.14	0.39	0.00	0.30	0.29	0.00	0.36	2.65	
	<b>N/K</b>	<b>1.07</b>	<b>0.91</b>	<b>0.89</b>	<b>1.22</b>	<b>1.01</b>	<b>0.83</b>	<b>0.78</b>	<b>0.72</b>	<b>0.73</b>	<b>0.90</b>	<b>0.54</b>	<b>0.44</b>		

**Fuente:** Programa de fertirriego Inversiones Agrícolas Olmos

**Anexo 6. Plantilla de fertilización ejecutado para árboles de segunda campaña, expresado en unidades por hectárea (kg/h)**

Camp.	Nut.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Nut. kg/ha	Rdto t/ ha
	N	23.31	19.88	18.89	21.22	19.72	31.68	36.49	35.67	23.98	16.48	12.33	13.76	273.42	
	P2O5	4.78	5.99	5.99	7.89	4.57	5.29	6.99	6.00	4.99	9.53	4.98	6.16	73.15	
	K2O	26.78	18.71	23.73	36.46	37.84	45.51	48.12	41.20	36.95	36.59	22.04	24.24	398.16	
	CaO	0.00	4.19	5.98	5.99	5.97	5.98	4.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	35.10	
2021-	Mg	1.20	1.64	1.95	1.49	2.99	4.99	2.99	5.00	5.35	4.00	2.20	3.01	36.81	10.97
2022	Fe	0.00	0.07	0.00	0.00	0.06	0.08	0.00	0.08	0.00	0.06	0.00	0.00	0.35	
	B	0.86	0.65	0.81	0.65	0.66	1.43	0.40	0.00	0.20	0.00	0.20	0.50	6.35	
	Zn	0.50	0.42	0.40	1.99	1.99	1.10	4.99	0.60	5.00	0.60	0.30	2.00	19.89	
	mMn	0.70	0.14	0.20	1.55	1.99	1.00	1.93	2.00	3.40	0.00	0.30	0.25	13.45	
	<b>N/K</b>	<b>0.87</b>	<b>1.06</b>	<b>0.80</b>	<b>0.58</b>	<b>0.52</b>	<b>0.70</b>	<b>0.76</b>	<b>0.87</b>	<b>0.65</b>	<b>0.45</b>	<b>0.56</b>	<b>0.57</b>		

**Fuente:** Programa de fertirriego Inversiones Agrícolas Olmos

**Anexo 7. Rango de concentración de nutrientes del análisis foliar del cultivo de palto ‘Hass’**

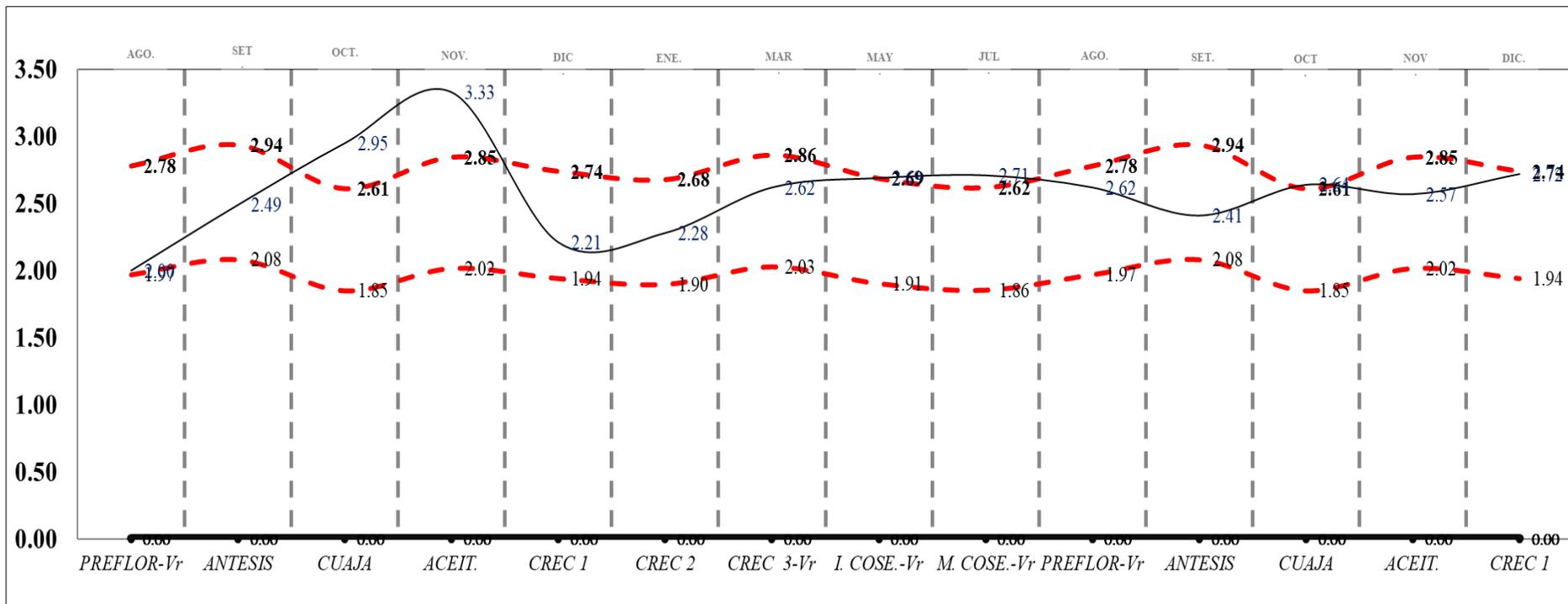
NUTRIENTE	RANGO	ESTADO FENOLÓGICO								
		Pre-floración	Antesis	cuajado	F. Aceituna	Crec. 1	Crec. 2	Crec. 3	I. de cosecha	M. de cosecha
N (%)	Min	1.97	2.08	1.85	2.02	1.94	1.9	2.03	1.91	1.86
	Max	2.78	2.94	2.61	2.85	2.74	2.68	2.86	2.09	2.62
P (% X 10)	Min	1.49	2.52	1.89	1.79	1.68	1.56	1.61	1.42	1.38
	Max	2.11	3.55	2.67	2.52	2.37	2.19	2.28	2	1.94
K (%)	Min	0.99	1.42	1.22	1.11	1.03	0.98	0.97	0.91	0.84
	Max	1.39	2.01	1.72	1.57	1.45	1.38	1.36	1.22	1.18
Ca (% X 10)	Min	1.75	0.6	0.84	1.18	1.44	1.56	1.34	1.51	1.64
	Max	2.47	0.85	1.18	1.66	2.02	2.2	1.89	2.13	2.31
Mg (% X 10)	Min	0.38	0.22	0.28	0.33	0.36	0.37	0.33	0.35	0.36
	Max	0.54	0.32	0.39	0.46	0.51	0.53	0.47	0.49	0.5
S (% X 10)	Min	0.47	0.23	0.26	0.28	0.32	0.33	0.28	0.3	0.303
	Max	0.66	0.33	0.37	0.4	0.45	0.47	0.4	0.43	0.43
B (mg/ Kg)	Min	130.1	114.46	107.15	88.35	81.92	90.89	115.53	77.25	69.44
	Max	183.4	161.34	151.04	124.54	115.48	128.12	162.92	108.89	97.89
Fe (mg/Kg)	Min	168.91	121.04	116.83	122.19	131.54	127.87	162.97	156.55	137.44
	Max	138.1	170.62	164.68	172.24	185.42	180.24	229.72	220.68	193.73
Mn (mg/Kg)	Min	168.08	51.78	76.3	132.19	160.75	164.93	146.79	169.97	182.23
	Max	236.93	72.99	103.29	186.34	226.59	232.49	206.92	239.6	256.88
Cloruro (mg/Kg)	Min	1907.76	493.1	1083.88	1499.75	1336.32	1187.79	990.09	1200.18	1096.56
	Max	2689.25	695.1	1527.88	2114.11	1883.73	1674.35	1395.67	1691.82	1545.75
Cu (mg/Kg)	Min	104.17	11.69	7.59	6.52	7.42	7.14	8.08	54	45.35
	Max	146.84	16.48	10.69	9.19	10.46	10.07	11.4	76.12	63.92
Fe. activo (mg/Kg)	Min	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Max	14	14	14	14	14	14	14	14	14
K/(Ca+Mg)	Min	0.46	1.45	0.94	0.63	0.47	0.41	0.49	0.43	0.36
	Max	0.46	2.04	1.32	0.88	0.66	0.58	0.69	0.6	0.51
Mo (mg/Kg)	Min	0.91	0.47	0.41	0.42	0.38	0.51	0.33	0.5	0.37
	Max	1.28	0.66	0.58	0.59	0.53	0.71	0.46	0.7	0.52
Na (mg/Kg)	Min	207.5	153.79	166.31	149.24	162.43	159.36	166.61	144.27	137.21
	Max	292.5	216.78	234.44	210.37	228.96	224.64	234.86	203.36	193.41
Zn (mg/Kg)	Min	240.49	74.77	104.07	132.01	157.8	169.21	152.98	176.71	215.5
	Max	339.01	105.4	146.7	186.09	222.44	238.53	215.65	249.1	276.05

**Anexo 8. Rango de concentración de nutrientes del análisis de frutos del cultivo de palto ‘Hass’.**

NUTRIENTE	RANGO	ESTADO FENOLOGICO					
		Aceituna	Crec. 1	Crec. 2	Crec. 3	I. de cosecha	M. de cosecha
N (%)	Min	1.58	1.21	1.07	1.08	1.03	0.89
	Max	2.23	1.7	1.5	1.52	1.45	1.22
P (% X 10)	Min	2.19	1.78	1.73	1.96	1.97	1.99
	Max	3.08	2.51	2.43	2.76	2.78	2.81
K (%)	Min	1.18	1.21	1.35	1.79	2.02	2.02
	Max	1.67	1.71	1.91	2.52	2.89	2.85
Ca (% X 10)	Min	1.55	1.36	1.11	0.69	0.35	0.31
	Max	2.18	1.92	1.56	0.97	0.49	0.43
Mg (% X 10)	Min	1.3	1.08	1	0.9	0.65	0.59
	Max	1.84	1.52	1.41	1.27	0.92	0.84
S (% X 10)	Min	1.47	1.28	1.25	1.26	1.25	1.13
	Max	2.07	1.8	1.76	1.77	1.77	1.59
B (mg/ Kg)	Min	128.83	123.55	135.79	176.32	151.85	136.09
	Max	181.6	174.16	191.42	248.55	214.05	191.84
Fe (mg/Kg)	Min	39.11	31.8	31.02	28.13	12.74	11.35
	Max	55.13	44.82	43.73	39.65	17.96	16
Mn (mg/Kg)	Min	11.58	9.8	8.59	6.83	4.9	4.29
	Max	16.33	13.82	12.11	9.63	6.91	6.05
Cloruros (mg/Kg)	Min	197.88	200.34	210.68	215.5	175.99	160.54
	Max	278.94	282.41	296.98	303.78	248.08	226.31
Cu (mg/Kg)	Min	5.87	5.14	5.15	5.21	2.81	2.24
	Max	8.27	7.24	7.27	7.35	3.96	3.15
K/(Ca+Mg)	Min	3.43	4.19	5.3	9.3	17.71	19.07
	Max	4.84	5.91	7.48	13.1	24.97	26.88
Mo (mg/Kg)	Min	0.34	0.39	0.3	0.25	0.38	0.13
	Max	0.48	0.56	0.43	0.36	0.46	0.18
Na (mg/Kg)	Min	151.82	154.32	147.52	173.79	195.78	245.17
	Max	214.01	217.54	207.95	244.97	275.98	345.6
Zn (mg/Kg)	Min	43.63	37.97	35.7	31.98	24.58	22.12
	Max	62.91	53.52	50.33	45.08	34.65	31.18

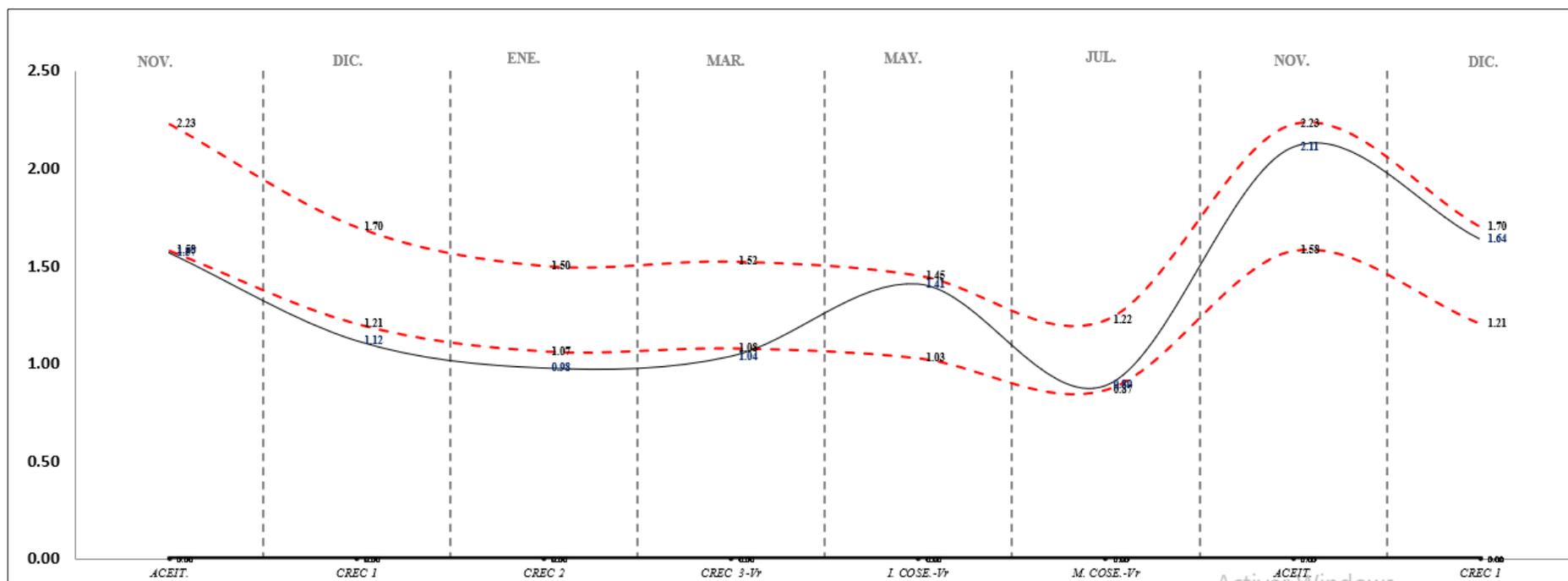
**Fuente:** Programa de riego y fertirriego-INAGRO

Anexo 9. Curva de análisis foliar del nitrógeno en el cultivo de palto ‘Hass’ patrón ‘Degania 117’



Fuente: Programa de riego y fertirriego-INAGRO

**Anexo 10. Curva de análisis de fruto del nitrógeno en el cultivo de palto ‘Hass’ patrón ‘Degania 117’**



Fuente: Programa de riego y fertiriego- INAGRO