

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“CUANTIFICACIÓN DE POLVO SEDIMENTABLE EN HOJAS DE
PALTO (*Persea americana*).”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

KEVIN ALEXIS PACHECO DAMIAN

LIMA – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“CUANTIFICACIÓN DE POLVO SEDIMENTABLE EN HOJAS
DE PALTO (*Persea americana*).”**

KEVIN ALEXIS PACHECO DAMIAN

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Dr. Jorge Alberto Escobedo Álvarez

PRESIDENTE

.....
Ph.D. Jorge Ramón Castillo Valiente

ASESOR

.....
Dr. Javier Alberto Vasquez Castro

MIEMBRO

.....
Dr. Alexander Regulo Rodriguez Berrio

MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a Dios por permitir todo aquello que es su voluntad; a mis Padres por siempre seguir mis logros y caídas: a mis compañeros y amigos que me apoyaron.

A mi querida Alma Mater quien no sólo ha cultivado en mí el conocimiento técnico, sino también el cariño por el campo.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor, Ph. D. Jorge Castillo, por la confianza, el apoyo total y su orientación brindada para realizar este trabajo.

Al Ing. Miller Lizárraga y al Ing. Jesús Bardales, gerentes de operaciones de las empresas “Inversiones Agrícola Olmos SAC” y “Sociedad Agrícola Chapi” respectivamente, por poner a disposición los campos comerciales, materiales, equipos y personal para la realización del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Polvo sedimentable	3
2.2. Factores que influyen en la distribución y transporte del polvo sedimentable.....	4
2.3. Las plantas como receptores de polvo sedimentable.....	4
2.4. Perjuicios del polvo sedimentable sobre las plantas.....	5
2.5. Coeficiente de partición o reparto (Kd y Koc).....	5
2.6. Plaguicidas usados en el cultivo de palto y sus coeficientes de absorción.....	6
2.7. Estimación del área foliar.....	6
III. METODOLOGÍA	8
3.1. Ubicación	8
3.2. Descripción de los campos comerciales.....	8
3.2.1. Campo comercial ubicado en Olmos.....	8
3.2.2. Campo comercial ubicado en Ica.....	9
3.3. Materiales y equipos empleados.....	9
3.4. Diseño del muestreo y extracción de hojas campo.....	10
3.5. Determinación de Polvo Sedimentable (mg)	11
3.6. Estimación de cantidad total de hojas por árbol y área foliar total.....	12
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	14
4.1. Cuantificación de polvo sedimentado	14
4.2. Cuantificación de área foliar	15
4.3. Efecto del factor: “Distancia respecto al camino”.....	16
4.4. Efecto del factor: “Tercio de copa”.....	18
4.5. Efecto del factor: “Flujo vegetativo”.	18
4.6. Estimación de cantidad de hojas y polvo por árbol	19
4.7. Factor “Distancia respecto al camino”.....	20
4.8. Factor “Tercio de copa”.....	21
4.9. Factor “Flujo vegetativo.....	22

4.10. Relación entre los niveles de factor.....	22
4.11. Cantidad de polvo sedimentable por árbol.....	23
4.12. Cantidad de polvo en contacto con el volumen de aplicación.....	24
V. CONCLUSIONES.....	26
VI. RECOMENDACIONES	27
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
VIII. ANEXOS	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de las partículas del suelo	3
Tabla 2: Ingredientes activos aplicados foliarmente en el cultivo de <i>Persea americana</i> y sus valores de Koc.....	7
Tabla 3: Número de hojas extraídas de cada combinación de factores.....	11
Tabla 4: Datos promedios de Peso de polvo sedimentado (g) obtenidos de la localidad de Olmos.....	14
Tabla 5: Datos promedios de Peso de polvo sedimentado (g) obtenidos de la localidad de Ica.....	15
Tabla 6: Determinación del porcentaje del peso de la hoja correspondiente a la lámina foliar en dos flujos vegetativos de palto.....	16
Tabla 7: Determinación de la relación área peso de la lámina foliar en dos flujos vegetativos de palto.....	16
Tabla 8: Cuantificación de polvo sedimentable por planta en dos campos comerciales.....	21
Tabla 9: Relación entre la cantidad de polvo en la distancia 1 con la cantidad de polvo en las distancias 2 y 3.....	23
Tabla 10: Relación entre la cantidad de polvo en el tercio Inferior con la cantidad de polvo en los tercios Medio y Superior.....	23
Tabla 11: Relación entre la cantidad de polvo en el flujo vegetativo maduro con respecto al flujo vegetativo tierno.	23
Tabla 12: Cantidad de polvo por cada litro de caldo de insecticida	25
Tabla 13: Datos de campo y gabinete del muestreo en Olmos.....	32
Tabla 14: Datos de campo y gabinete del muestreo en Ica.....	33
Tabla 15: Número de hojas por árbol en Olmos.....	34
Tabla 16: Número de hojas por árbol en Ica.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Croquis experimental	10
Figura 2: Cantidad de polvo sedimentable por centímetro cuadrado a tres distancias respecto al camino en la localidad de Olmos.....	17
Figura 3: Cantidad de polvo sedimentable por centímetro cuadrado a tres distancias respecto al camino en la localidad de Ica.....	17
Figura 4: Cantidad de polvo sedimentable por centímetro cuadrado en los tres tercios de copa en la localidad de Olmos.....	18
Figura 5: Cantidad de polvo sedimentable por centímetro cuadrado en los tres tercios de copa en la localidad de Ica.....	19
Figura 6: Cantidad de polvo sedimentable por centímetro cuadrado en dos flujos vegetativos en localidad de Olmos.....	20
Figura 7: Cantidad de polvo sedimentable por centímetro cuadrado en dos flujos vegetativos en localidad de Ica.....	20
Figura 8: Hoja de <i>Persea americana</i> con evidente acumulación de polvo sedimentable	36
Figura 9: Flujos vegetativos evaluados.....	37
Figura 10: Uso de vehículo con elevador incluido para extracción de hojas en los tercios medio y superior... ..	38
Figura 11: Conteo de hojas para la estimación de hojas por planta.....	39
Figura 12: Proceso de limpieza y pesado de hojas en gabinete	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Datos promedios de área foliar (cm ²), Peso de polvo (g) y Polvo sedimentado (mg cm ²) obtenidos de la localidad de Olmos	32
Anexo 2: Datos promedios de área foliar (cm ²), Peso de polvo (g) y Polvo sedimentado (mg cm ²) obtenidos de la localidad de Ica	33
Anexo 3: Estimación de número de hojas de planta de palto de 3 años en la localidad de Olmos.....	34
Anexo 4: Estimación de número de hojas de planta de palto de 3 años en la localidad de Ica.....	35
Anexo 5: Prospección de campo	36
Anexo 6: Flujos vegetativos evaluados	37
Anexo 7: Extracción de hojas	38
Anexo 8: Conteo de hojas para la estimación de hojas por planta	39
Anexo 9: Proceso de limpieza y pesado de hojas en gabinete	40
Anexo 10: Análisis de Varianza de la Variable “Cantidad de Polvo por área foliar (mg cm ²)” en la localidad de Olmos.....	41
Anexo 11: Prueba de Duncan para el factor “Distancia” en la localidad de Olmos.....	41
Anexo 12: Prueba de Duncan para el factor “Tercio” en la localidad de Olmos.....	42
Anexo 13: Prueba de Duncan para el factor “Flujo” en la localidad de Olmos.....	42
Anexo 14: Análisis de Varianza de la Variable “Cantidad de Polvo por área foliar (mg cm ²)” en la localidad de Ica.....	43
Anexo 15: Prueba de Duncan para el factor “Distancia” en la localidad de Ica.....	43
Anexo 16: Prueba de Duncan para el factor “Tercio” en la localidad de Ica.....	44
Anexo 17: Prueba de Duncan para el factor “Flujo” en la localidad de Ica.....	44

RESUMEN

En los diferentes cultivos llevados bajo condiciones de suelos desarrollados bajo condiciones de costa, se están observando la acumulación de polvo en las hojas, por ello se trata de buscar metodologías para cuantificar dicha variable. Es en base a esta problemática que se plantea el presente trabajo experimental, que se llevó a cabo en la empresa Inversiones Agrícola Olmos SAC durante el mes de Julio del 2018 y en la empresa Sociedad Agrícola Chapi durante el mes de Octubre del 2020 con el objetivo de cuantificar la cantidad de polvo sedimentable presentes en lotes de *Persea americana* de dichos fundos y para determinar el efecto de factores como la distancia de la planta respecto al camino, Tercio de copa y flujos vegetativos. Se extrajeron 2160 hojas por lote para determinar la cantidad de polvo por diferencia de pesos. En paralelo, se realizó una estimación del número de hojas por árbol para determinar la cantidad de polvo que alberga una copa. Respecto a la distancia del camino, los árboles más cercanos al camino presentaron una mayor acumulación de polvo en las hojas. Respecto al tercio de copa, el tercio inferior presentó una mayor acumulación de polvo en las hojas. Respecto al flujo vegetativo, aquellos brotes de mayor edad presentaron una mayor acumulación de polvo en las hojas. Finalmente, luego de la estimación de hojas, se pudo estimar que las plantas de *Persea americana* var. "Hass" de 3 años de edad captaron 743.48 g de polvo en total. Por otro lado, las plantas de *Persea americana* var. "Hass" de 15 años de edad captaron 4490.43 g de polvo en total. Las conclusiones permiten indicar que existen cantidades de polvo significativa que afectan a la eficiencia de agroquímicos y tasa fotosintética de la planta que deberá de ser cuantificada en futuros estudios.

Palabras clave: Tercio de copa, flujo vegetativo, área foliar.

ABSTRACT

In the different crops grown under conditions of soils developed under coastal conditions, the accumulation of dust on the leaves is being observed, for this reason we are trying to find methodologies to quantify this variable. It is based on this problem that the present experimental work is proposed, which was carried out in the company Inversiones Agrícola Olmos SAC during the month of July 2018 and in the company Sociedad Agrícola Chapi during the month of October 2020 with the objective to quantify the amount of sedimentable dust present in *Persea americana* lots from said farms and to determine the effect of factors such as the distance of the plant from the road, third of the crown and vegetative flows. A total of 2,160 sheets were extracted per batch that were taken to the cabinet to determine the amount of dust on said sheets by weight difference between the weight of the powdered sheets and the weight of the clean sheets. In parallel, an estimate of the number of tree leaves in each batch was made to determine the approximate amount of dust that a crown can hold. Regarding the distance of the road, the trees closest to the road presented a greater accumulation of dust on the leaves. Regarding the third of the crown, those shoots corresponding to the lower third presented a greater accumulation of dust on the leaves. Regarding the vegetative flow, those older shoots showed a greater accumulation of dust on the leaves. Finally, after estimating the leaves, it was possible to estimate that the *Persea americana* var. 3-year-old "Hass" captured 743.48 g of dust in total. On the other hand, the plants of *Persea americana* var. 15-year-old "Hass" captured 4490.43 g of dust in total. The conclusions allow to indicate that there are significant amounts of dust that affect the efficiency of agrochemicals and the photosynthetic rate of the plant that should be quantified in future studies.

Key words: Third cup, vegetative flux, leaf area

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación es uno de los temas más citados e investigado de los últimos tiempos debido a las consecuencias que ocasiona en las personas y en el planeta. Dentro de los tipos de contaminación, la contaminación por polvo atmosférico sedimentable es uno de los componentes que afecta a la humanidad en lo que salud se refiere. Según la OMS (2005), la cantidad de polvo atmosférico presente en el aire debería ser menor a 0.5 mg cm² mes usando el método de tubos pasivos. Valores de polvo atmosférico sedimentable por encima de ese valor ocasionan perjuicios a la salud humana.

Existen trabajos que documentan el uso de árboles para disminuir la cantidad de polvo atmosférico en las ciudades. No obstante, es un problema que no es estudiado en agricultura y que está presente en los agroecosistemas del Perú. Los efectos perjudiciales que ocasiona el polvo en los campos agrícolas se pueden dividir en 2: fisiológicos y sanitarios. Dentro de los efectos fisiológicos, Thompson et al. (1984) menciona que la presencia de polvo sedimentable sobre hojas de *Viburnum tinis* redujo la tasa fotosintética de la planta. Este resultaría ser el mayor problema. Otros autores como Czaja (1961) y Pyatt (1973) mencionan que también ocasiona destrucción celular y bloqueo de estomas respectivamente. Dentro de los efectos sanitarios, Cisneros (2010) menciona que los plaguicidas son adsorbidos por las partículas de suelo, dependiendo de su coeficiente de adsorción, reduciendo su eficacia de control. Además, la presencia de polvo favorece la proliferación de ácaros y querenas en cultivos frutales trayendo perjuicios sobre la cantidad y calidad de las cosechas.

El constante paso de maquinaria, cercanía las vías de comunicación y la topografía son favorables en las plantaciones para la acumulación de polvo en hojas sin tomar en cuenta el grado de contaminación de la zona. En respuesta a ello, muchas empresas realizan los lavados agrícolas como solución. Sin embargo, no existe la iniciativa de cuantificar y estudiar esta problemática.

Siendo nula la investigación que se realiza de esta problemática en el ámbito agrícola. La presente busca probar una metodología de determinación de polvo sedimentable sobre hojas de *Persea americana*. Por ende, los objetivos del presente trabajo se detallan a continuación:

Objetivo principal:

- Determinar la cantidad de polvo sedimentado en los árboles de *Persea americana*.

Objetivos específicos:

- Determinar si existen diferencias significativas sobre la cantidad de polvo sedimentado a diferentes tercios de copa de árbol.
- Determinar si existen diferencias significativas sobre la cantidad de polvo sedimentado a diferentes flujos vegetativos.
- Determinar si existen diferencias significativas sobre la cantidad de polvo sedimentado a diferentes distancias del borde de campo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Polvo sedimentable

Castillo (2017) menciona que procesos como transporte, actividades extractivas, refinería, fundición y comercialización son generadoras de partículas contaminantes. A estas se suma la quema de combustibles fósiles, emisiones volcánicas, entre otras. Según la OMS (2005), mientras más fina sea la partícula, más dañina será debido a su rápida penetración al sistema respiratorio.

Dentro de las partículas contaminantes, el polvo atmosférico sedimentable (PAS) o polvo sedimentable (PS) se encuentra constituido por partículas sólidas de un diámetro mayor o igual a 10 micras. Este tamaño y peso ocasiona que la fuerza de atracción gravitatoria terrestre ejerza acción sobre la partícula. Por ello, suelen permanecer suspendidos durante cortos periodos de tiempo (Castillo, 2017).

Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos citado por Rucks y otros (2004), las partículas del suelo se separan en 3 clases debido a su granulometría o diámetro: arena, limo y arcilla. A continuación, se presenta la clasificación de partículas propuesto por USDA en la tabla 1.

Tabla 1: Clasificación de las partículas del suelo

Fracción del suelo	Diámetros límites en mm
Arena muy gruesa	2.00 – 1.00
Arena gruesa	1.00 – 0.50
Arena media	0.50 – 0.25
Arena fina	0.25 – 0.10
Arena muy fina	0.10 – 0.05
Limo	0.05 – 0.002
Arcilla	Menos de 0.002

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Castillo (2017) menciona que el diámetro mayor de partícula del polvo sedimentable es de 10 micras o 0.01 mm. Teniendo en consideración la clasificación de las partículas en el suelo propuesta por USDA y citada por Rucks (2004), Se afirma que las partículas constituyentes del polvo sedimentable entran en las categorías de Limo y Arcilla. Según Higuera et al. (2012), las arcillas poseen mayor capacidad de retener moléculas de agua debido a las estructuras laminares que esta posee.

2.2. Factores que influyen en la distribución y transporte del polvo sedimentable.

Según Sandoval (2004), la difusión de contaminantes atmosféricos, entre ellas el polvo sedimentable, se dan por procesos de transporte y dilución de aire. Esto, a su vez, está influenciado por diversas variables meteorológicas como la dirección y velocidad del viento, presencia de inversiones de temperatura, presión, temperatura, humedad y radiación solar. Dentro de los procesos que contribuyen a la difusión del polvo sedimentable, la dirección y velocidad del viento juega un papel fundamental.

Garrido y Camargo (2012) señalan que existen estudios que muestran una distribución de las partículas respirables en relación con los regímenes de viento de una zona en estudio. Sin embargo, dentro de nuestros agroecosistemas agrícolas, también hay que tener en cuenta otros factores como topografía, cercanía a las vías de comunicación (carreteras, caminos o trochas), tipo de maquinaria que transita por la zona y la frecuencia del tránsito.

2.3. Las plantas como receptores de polvo sedimentable.

Según CEPAL (1991), La vegetación de un ecosistema ocasiona un efecto de filtrado del polvo atmosférico. Este efecto se hace mayor en especies arbóreas como lo son las especies frutales como *Persea americana* que es objeto del presente estudio. No obstante, según Dalmaso et al. (1997), la capacidad de retención de polvo por las hojas no es igual en todas las especies. Estará en función de 2 variables morfo-anatómicas de la hoja: la superficie expuesta y el grado de pilosidad de las hojas.

Según Pesson (1978), *Abies pinsapo* retiene 32 Tn/ha de polvo en condiciones de bosque denso. Otro ejemplo citado por el autor es *Populus sp.* llegando a retener 1 Tn ha. Según Guldman y Shefer (1980), refiriéndose a las características del bosque o plantación, La

cantidad de polvo sedimentable que las especies arbóreas retienen dependerá de la altura, densidad y espesor de los árboles y arbustos.

2.4. Perjuicios del polvo sedimentable sobre las plantas

Mariano (2002) menciona que las partículas sólidas absorben y difunden la luz disminuyendo la penetración e intensidad de las radiaciones solares sobre las plantas. Esto genera trastornos en las actividades metabólicas como la fotosíntesis, respiración celular, reacciones fotoquímicas lo que conlleva a una necrosis o menor periodo de vida. Estos trastornos se dan debido a que disminuye la penetración de radiaciones U.V. y del espectro visible. Debido a estos efectos se da menor acción germicida, menor acción clorofílica y un menor metabolismo del calcio por dificultar y disminuir la síntesis de vitamina D.

Borka (1980) observó una disminución del crecimiento, de la actividad fotosintética y de la actividad de la catalasa debido al polvo sedimentable sobre las hojas de *Helianthus annuus*. Otros autores como Czaja (1961) y Pyatt (1973) mencionan que también ocasiona destrucción celular y bloqueo de estomas respectivamente. Este último daño se observó en *Daphne laureola*. Diversos daños son documentados en la bibliografía siendo estos los más importantes.

2.5. Coeficiente de partición o reparto (Kd y Koc).

Según Torri (2016), los coeficientes de partición o reparto son valores que determinan la afinidad del plaguicida entre 2 fases. Para expresar el grado de sorción de un agroquímico en el suelo, se utiliza el coeficiente de adsorción Kd que es la relación entre los microgramos de plaguicida retenidos por gramo de suelo y los microgramos de plaguicidas retenidos por gramo de agua.

Sin embargo, Wauchope et al, (2002) mencionan que el coeficiente Kd presenta demasiada variabilidad para un mismo plaguicida en diferentes suelos. Esto puede explicarse debido a que, los plaguicidas, suelen presentar baja polaridad. Por ello, existe poca relación entre la cantidad de producto retenido con el contenido de arcillas edáficas.

Dada la polaridad de la mayoría de los plaguicidas, la materia orgánica presente en el suelo influye en la cantidad de producto retenido. Valencia et al. (2008), menciona que el coeficiente de adsorción normalizado (K_{oc}) tiene en cuenta la interacción del producto con el carbono orgánico presente en los suelos siendo un parámetro más preciso para evaluar el comportamiento del plaguicida que son aplicados a los suelos. Este se determina dividiendo el K_d entre el contenido de carbono orgánico en el suelo por cien y está expresado en mL/g.

Según Hidalgo (2012), valores de K_{oc} por encima de 500 indican que no existe riesgos de lixiviación en caso el plaguicida sea aplicado al suelo. Valores por debajo de 100 sugieren que hay un alto riesgo de lixiviación del plaguicida en el suelo. Torri (2016), menciona que valores por encima de 2000 indican que el plaguicida es inmóvil en el suelo. Por ello, es importante analizar estos valores antes de una probable aplicación al suelo.

2.6. Plaguicidas usados en el cultivo de palto y sus coeficientes de absorción

Como se mencionó con anterioridad, el polvo sedimentado en las hojas retiene las moléculas de plaguicidas reduciendo su acción. Por ello, es importante conocer los valores de K_{oc} . Cabe resaltar que dicha variable es calculada sobre partículas de suelo. Sin embargo, podemos utilizarla para estimar la adsorción por el polvo sedimentable en el follaje. A continuación, en la tabla 2, se mencionan algunos ingredientes activos usados en el cultivo de palto y su susceptibilidad a ser retenidos por partículas de suelo teniendo en cuenta que, según Torri (2016), valores de K_{oc} por encima de 2000 pertenecen a productos fuertemente adheridos a la partícula coloidal.

2.7. Estimación del área foliar.

En el presente estudio, el área foliar será utilizado para estimar la cantidad de polvo encontrado por cm^2 . Para ello, se hará uso del método utilizado por Cardona et al. (2009). Para ello, se requiere contar con un sacabocado con diámetro conocido para determinar el área de los discos. Posteriormente, se determina el peso fresco de una hoja, peso promedio de los discos extraídos de hojas de la especie en estudio y el área del disco. Finalmente, se calcula el área foliar de cada hoja, a través de la relación entre el peso fresco y el área unitaria del disco

Tabla 2: Ingredientes activos aplicados foliarmente en el cultivo de *Persea americana* y sus valores de Koc

Ingrediente activo	Plaga	Koc (ml g)	Retención al coloide	Referencia Bibliográfica
Abamectina	<i>Oligonychus punicae</i>	5638	Alta	Tradecorp, 2011.
Spirodiclofen	<i>Oligonychus punicae</i>	31097	Alta	Bayer CropScience, 2014.
Fenazaquim	<i>Oligonychus punicae</i>	18700- 42100	Alta	Pubchem, 2005.
Fenpyroximate	<i>Oligonychus punicae</i>	52067	Alta	PANNA, 2016.
Etoxazole	<i>Oligonychus punicae</i>	83230	Alta	INERIS, 2010.
Chlorpiriphos	<i>Fiorinia fiorinae</i>	6070	Alta	Márquez et all, 2010.
Buprofezin	<i>Fiorinia fiorinae</i>	2150- 4742	Alta	NRAAVC, 1998.
Lufenuron	<i>Oxydia vesulia,</i> <i>Sabulodes sp. y</i> <i>Oiketicus kirbyi</i>	41182	Alta	FDA, 2016.
Emamectin benzoato	<i>Oxydia vesulia,</i> <i>Sabulodes sp. y</i> <i>Oiketicus kirbyi</i>	6666	Alta	ANLA, 2017.
Spinetoram	<i>Oxydia vesulia,</i> <i>Sabulodes sp. y</i> <i>Oiketicus kirbyi</i>	8570	Alta	EPA, 2009.
Methoxifenoazide	<i>Oxydia vesulia,</i> <i>Sabulodes sp. y</i> <i>Oiketicus kirbyi</i>	402	Baja	Bayer CropScience, 2015.

Fuente: Elaboración propia.

III. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación

El ensayo se realizó en el lote 5005-5006 ubicado en las instalaciones de la empresa “Inversiones Agrícolas Olmos S.A.C”, localizado en el distrito de Olmos, departamento de Lambayeque, cuya ubicación geográfica es la siguiente:

Norte:	9331609.632 m
Este:	599846.959 m
Altura:	175 m.s.n.m.

El mismo ensayo se realizó también en el lote 36 del Fundo “Don Ernesto” ubicado en las instalaciones de la empresa “Sociedad Agrícola Chapi “, localizado en el distrito de Santiago, departamento de Ica cuya ubicación geográfica es la siguiente:

Norte:	8428429.12 m
Este:	431440.85 m
Altura:	410 m.s.n.m.

3.2. Descripción de los campos comerciales.

3.2.1. Campo comercial ubicado en Olmos:

- Cultivar: Hass
- Patrón: Zutano
- Marco de plantación: 3m x 7m
- Edad de plantación: 3 años.
- Descripción de la formación de la copa: Planta con un tallo principal que se trifurca a 40 cm de altura dando origen a tres ramas principales equidistantes que sostienen las ramas secundarias y toda la arquitectura de la planta.

- Momento y estado fenológico: La extracción de hojas se realizó durante el mes de Junio del 2019. Se concluyó con las labores de cosecha. Próximamente a realizar poda para inicio de campaña. No se tiene registro de lavados agrícolas recientes.
- Descripción del camino contiguo al campo: Vía principal no asfaltada, compactada y sin cubierta vegetal por donde transitan maquinarias de aplicación, camionetas, motocicletas, cuatrimotos y camiones.
- Número de frutos cosechados por árbol promedio: 263 (Correspondiente a la campaña 2019-2020).

3.2.2. Campo comercial ubicado en Ica:

- Cultivar: Hass
- Patrón: Zutano
- Marco de plantación: 6m x 7m
- Edad de plantación: 15 años.
- Descripción de la formación de la copa: Planta con un tallo principal que se trifurca a 40 cm de altura dando origen a tres ramas principales equidistantes que sostienen las ramas secundarias y toda la arquitectura de la planta.
- Momento y estado fenológico: La extracción de hojas se realizó durante el mes de octubre del 2020. Campo durante la fenología de frutos de 10 a 20 mm de diámetro (cuajado de frutos). No se tiene registro de lavados agrícolas recientes.
- Descripción del camino contiguo al campo: Vía principal no asfaltada, compactada y sin cubierta vegetal por donde transitan maquinarias de aplicación, maquinaria con elevador incorporado, camionetas, motocicletas, cuatrimotos y camiones.
- Número de frutos cosechados por árbol promedio: 371 (Dicha cantidad corresponde a la campaña anterior ya que, a la fecha de la redacción, no se contaba con la proyección para la campaña 2021-2021)

3.3. Materiales y equipos empleados

- Balanza electrónica de precisión
- Bolsas de papel
- Sacabocado
- Libreta

- Lapicero
- Cinta plástica
- Plumón
- Vehículo con elevador incorporado

3.4. Diseño del muestreo y extracción de hojas campo

Se extrajeron 2160 hojas de cada lote de *Persea americana* var. “Hass” para cuantificar la cantidad de polvo sedimentado en las hojas. Dichas hojas fueron extraídas de la periferia de la copa. Se tomaron los siguientes factores: tercio de copa, flujo vegetativo y distancia al borde del campo o camino. Se presume que dichos factores influyen en la cantidad de polvo sedimentado motivo por el cual se consideran para verificar su efecto. En la tabla 3, se presenta la cantidad de las hojas extraídas tomando en cuenta todos los factores mencionados.

Es necesario precisar las categorías de flujo vegetativo. Flujo vegetativo tierno se refiere al último flujo que continúa en crecimiento. Por otro lado, flujo vegetativo maduro se refiere al penúltimo flujo vegetativo color verde oscuro que sostiene al flujo vegetativo tierno.

Las hojas correspondientes a cada repetición se extrajeron de 5 árboles contiguos. En dichos árboles, se extrajeron las hojas correspondientes a cada tercio de copa y flujo vegetativo tal y cómo se detalla en el cuadro 3. Además, se consideraron rangos de distancia entre el árbol muestreado y el camino como otro factor. A continuación, se presenta el croquis del ensayo realizado

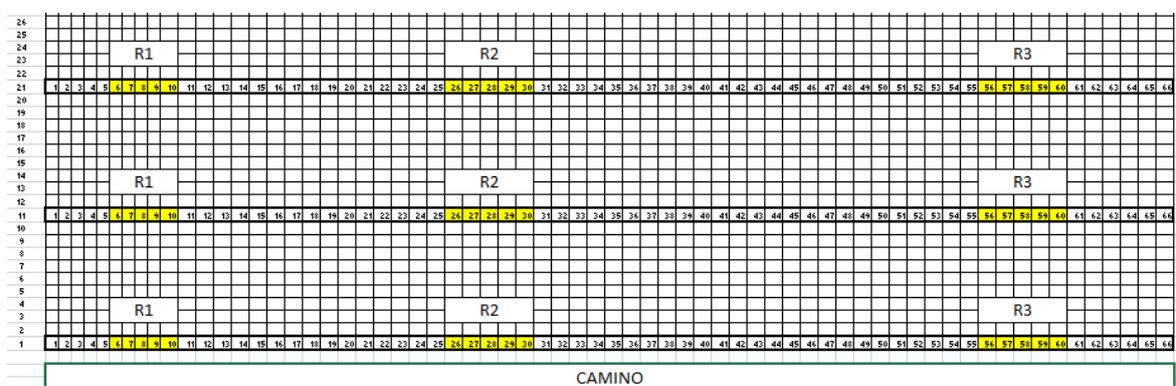


Figura 1: Croquis experimental

Tabla 3: Número de hojas extraídas de cada combinación de factores

Distancia respecto al camino	Tercio	Flujo vegetativo	Número de hojas extraídas por repetición	N° de repeticiones	Total de hojas
1 De 0 a 10 m	Inferior	Tierno	40	3	120
		Maduro	40	3	120
	Medio	Tierno	40	3	120
		Maduro	40	3	120
	Superior	Tierno	40	3	120
		Maduro	40	3	120
2 De 50 a 80 m	Inferior	Tierno	40	3	120
		Maduro	40	3	120
	Medio	Tierno	40	3	120
		Maduro	40	3	120
	Superior	Tierno	40	3	120
		Maduro	40	3	120
3 De 120 a 150 m	Inferior	Tierno	40	3	120
		Maduro	40	3	120
	Medio	Tierno	40	3	120
		Maduro	40	3	120
	Superior	Tierno	40	3	120
		Maduro	40	3	120

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Determinación de Polvo Sedimentable (mg)

Las hojas fueron introducidas en bolsas de papel craft N° 16 debidamente rotuladas. Se manejó con sumo cuidado para evitar la pérdida de polvo sedimentado.

Las muestras fueron llevadas a gabinete para la determinación de peso. Para ello se hizo uso de una balanza digital de 0.01 g de precisión. Se procedió a pesar las hojas empolvadas contenidas en la bolsa de papel kraft para determinar el peso total. Después, se procedió a limpiar en seco cada una de las hojas. Luego, se pesaron las hojas limpias. Se determinó que el peso de la bolsa de papel era de 13.20 g. Con todos estos datos, se pudo determinar los miligramos del polvo sedimentado en la muestra utilizando la siguiente operación.

$$\text{Polvo sedimentado (mg)} = \left(\begin{array}{l} \text{Peso de hojas} \\ \text{empolvadas y} \\ \text{de la bolsa (g)} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Peso de hojas} \\ \text{limpias (g)} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Peso de la bolsa} \\ \text{(13.20 g)} \end{array} \right) \times 1000$$

Finalmente, los datos fueron procesados en el Software “R” haciendo uso de un modelo Factorial por bloques. Las comparaciones fueron realizadas utilizando la prueba de Duncan a un 5% de nivel de significancia que se detalla a continuación

Prueba de Duncan:

$$Y_{ijk} - Y_{ijk} > R_p \cdot (CME/n)^{1/2}$$

Donde:

- $Y_{ijk} - Y_{ijk}$: Diferencia de medias evaluadas.
- R_p : Rango crítico
- CME: Cuadrado medio del error.
- n: Número de observaciones.

*Si la diferencia de medias evaluadas es mayor a $R_p \cdot (CME/n)^{1/2}$, existen diferencias significativas entre las medias comparadas.

3.6. Estimación de cantidad total de hojas por árbol y área foliar total

Para cuantificar el área foliar, se usó el método del sacabocado descrito por Cardona et al. (2009) en su trabajo con algunas modificaciones en las cantidades utilizadas. Para el presente trabajo, haciendo uso de las hojas extraídas, se determinó el peso de 100 hojas enteras, peso de 100 peciolos y peso de 100 discos de lámina foliar con área conocida. Con estos datos se determinó: porcentaje del peso de la hoja que corresponde sólo a lámina foliar (sin considerar

el peciolo) y la relación peso/área de las hojas de cada flujo vegetativo necesarios para calcular el área foliar a través de las siguientes fórmulas:

$$\text{Lámina foliar (\%)} = \left(\frac{\text{Peso de 100 hojas (g)} - \text{Peso de 100 peciolo (g)}}{\text{Peso de 100 hojas (g)}} \right) \times 100$$

$$\text{Área foliar (cm}^2\text{)} = \frac{\text{Peso de lámina foliar (g)} \times \text{Área de 100 discos (cm}^2\text{)}}{\text{Peso de 100 discos (g)}}$$

Para cuantificar la cantidad de hojas en un árbol, se seleccionó al azar 9 plantas. En cada planta, se cortaron al azar 3 ramas. Se extrajeron las hojas para contabilizarlas en cada rama. Luego, se hizo una estimación visual de la cantidad de ramas, con la cantidad aproximada de hojas que se estimó, del árbol evaluado. Al multiplicar la cantidad de ramas con, aproximadamente, la misma cantidad de hojas de cada árbol por la cantidad promedio de hojas de las ramas del árbol dió como resultado la cantidad aproximada de hojas de cada árbol para, luego, sacar un promedio.

Finalmente, con los datos obtenidos de número de hojas por árbol, Peso promedio de hojas, relación peso áreas de hojas y peso de polvo sedimentado se determinó la cantidad de polvo árbol y por centímetro cuadrado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Cuantificación de polvo sedimentado.

En las tablas 4 y 5, se presentan los datos promedios obtenidos de la determinación de peso del polvo sedimentado mediante diferencia de pesos en las localidades de Olmos e Ica respectivamente. Posteriormente, dicha data se utilizó para otras cuantificaciones.

Tabla 4: Datos promedios de Peso de polvo sedimentado (g) obtenidos de la localidad de Olmos

Distancia	Tercio	Flujo	Peso total (g)	Peso de la bolsa (g)	Peso de hojas limpias (g)	Peso de polvo sedimentado (g)
1	Inferior	Maduro	134.52	13.20	113.68	7.64
		Tierno	133.38	13.20	113.71	6.47
	Medio	Maduro	140.01	13.20	119.63	7.18
		Tierno	148.51	13.20	131.01	4.30
	Superior	Maduro	149.10	13.20	129.47	6.44
		Tierno	148.88	13.20	131.48	4.20
2	Inferior	Maduro	141.88	13.20	123.15	5.53
		Tierno	127.88	13.20	110.17	4.51
	Medio	Maduro	122.69	13.20	105.99	3.50
		Tierno	133.17	13.20	116.20	3.77
	Superior	Maduro	131.14	13.20	114.60	3.34
		Tierno	144.00	13.20	126.97	3.83
3	Inferior	Maduro	142.93	13.20	125.35	4.38
		Tierno	140.68	13.20	124.37	3.11
	Medio	Maduro	132.72	13.20	117.29	2.23
		Tierno	129.84	13.20	114.90	1.74
	Superior	Maduro	125.63	13.20	110.87	1.56
		Tierno	127.76	13.20	112.72	1.84

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Datos promedios de Peso de polvo sedimentado (gr) obtenidos de la localidad de Ica

Distancia	Tercio	Flujo	Peso total (g)	Peso de la bolsa (g)	Peso de hojas limpias (g)	Peso de polvo (g)
1	Inferior	Maduro	54.94	13.20	39.17	9.31
		Tierno	141.09	13.20	118.58	2.57
	Medio	Maduro	91.80	13.20	72.82	5.78
		Tierno	71.70	13.20	55.85	2.65
	Superior	Maduro	98.28	13.20	80.67	4.41
		Tierno	82.26	13.20	66.58	2.48
2	Inferior	Maduro	120.65	13.20	100.85	6.60
		Tierno	67.76	13.20	52.56	2.00
	Medio	Maduro	129.02	13.20	111.27	4.55
		Tierno	123.59	13.20	108.03	2.36
	Superior	Maduro	147.34	13.20	129.12	5.02
		Tierno	116.66	13.20	101.88	1.58
3	Inferior	Maduro	114.67	13.20	95.03	6.44
		Tierno	63.44	13.20	48.93	1.31
	Medio	Maduro	123.96	13.20	105.89	4.87
		Tierno	107.97	13.20	92.78	1.99
	Superior	Maduro	143.99	13.20	126.34	4.45
		Tierno	120.77	13.20	105.88	1.69

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Cuantificación de área foliar.

En la tabla 6, se presentan los datos obtenidos de la determinación de peso de 100 hojas enteras limpias con sus respectivos peciolo para la cuantificación del porcentaje del peso correspondiente a la lámina foliar. Posteriormente, se realizó la cuantificación de la relación área peso de la lámina foliar en ambos flujos vegetativos para estimar el área foliar de cada muestra extraída. Los resultados se presentan en la tabla 7. Los resultados del cálculo del área foliar de cada una de las muestras extraídas en campo se presentan en el anexo 1 y 2. Finalmente, con esos datos, se procede a calcular la cantidad de polvo sedimentable en miligramos por centímetro cuadrado.

Tabla 6: Determinación del porcentaje del peso de la hoja correspondiente a la lámina foliar en dos flujos vegetativos de palto

Flujo vegetativo	Peso de 100 hojas (g)	Peso de 100 peciolo (g)	Porcentaje de peso de la hoja correspondiente a la lámina foliar
Maduro	285.05	38.03	86.66
Tierno	245.19	25.62	89.55

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Determinación de la relación área peso de la lámina foliar en dos flujos vegetativos de palto

Flujo vegetativo	Peso de 100 discos (g)	Diámetro de sacabocado (cm)	Área de 100 discos (cm ²)	Relación área peso (cm ² gr)
Tierno	0.95	0.8	50.24	53.07
Maduro	1.24	0.8	50.24	40.25

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Efecto del factor: “Distancia respecto al camino”.

Se presentan los resultados del análisis estadístico. Se observa un efecto significativo del factor “Distancia respecto al camino” sobre la cantidad de polvo encontrado por centímetro cuadrado en el follaje. En las figuras 2 y 3, observamos los valores promedio de cada nivel del factor en Olmos e Ica respectivamente. Tomando en cuenta los datos numéricos, se aprecia que hay una relación inversa entre dicho factor y la cantidad de polvo sedimentable por centímetro cuadrado. En Olmos, se aprecian diferencias significativas en las tres distancias muestreadas. En Ica, no existen diferencias significativas en la cantidad de polvo

sedimentado en las distancias “2” y “3”. Sin embargo, el promedio en la distancia “3” es numéricamente menor.

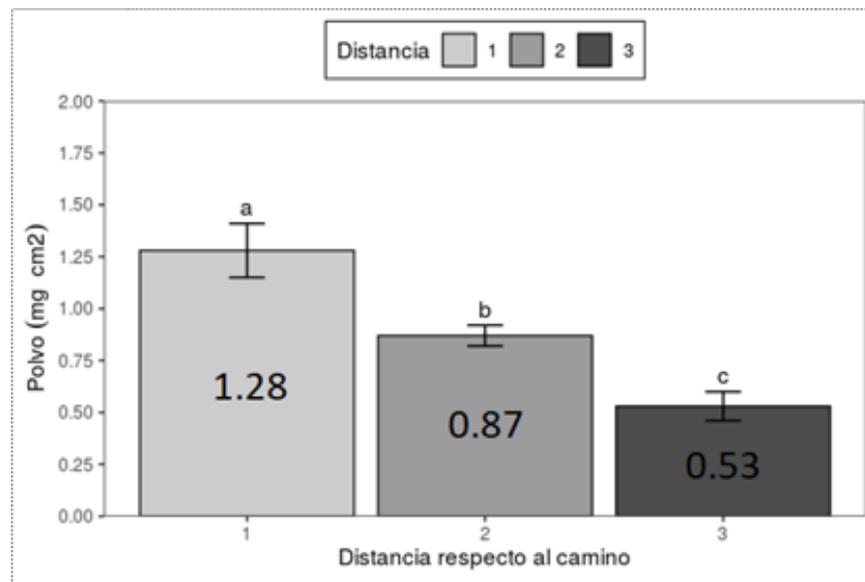


Figura 2. Cantidad de polvo sedimentable por centímetro cuadrado a tres distancias respecto al camino en la localidad de Olmos

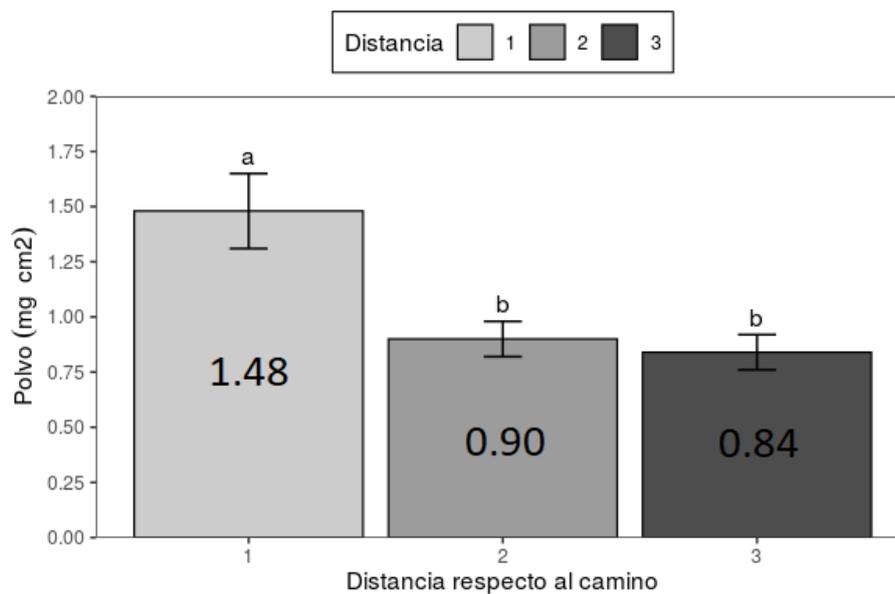


Figura 3. Cantidad de polvo sedimentable por centímetro cuadrado a tres distancias respecto al camino en la localidad de Ica

4.4. Efecto del factor: “Tercio de copa”.

Se presentan los resultados del análisis estadístico. Se observa un efecto significativo del factor “Tercio de copa” sobre la cantidad de polvo encontrado por centímetro cuadrado en el follaje. En las figuras 4 y 5, observamos los valores promedio de cada nivel del factor en Olmos e Ica respectivamente. Se observa que el nivel de factor “Inferior” corresponde al tercio de copa con valores significativamente mayores. Los niveles “Medio” y Superior” no presentan diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, cabe resaltar, que el promedio del nivel “Medio” resulta ligeramente mayor al nivel “Superior” en ambas localidades.

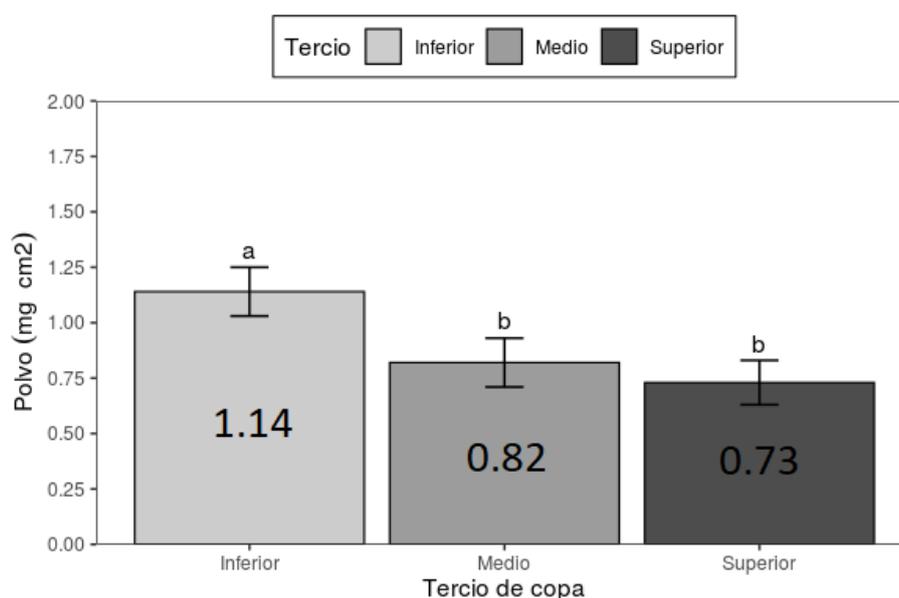


Figura 4. Cantidad de polvo sedimentable por centímetro en los tres tercios de copa en la localidad de Olmos

4.5. Efecto del factor: “Flujo vegetativo”.

Se presentan los resultados del análisis estadístico. Se observa un efecto significativo del factor “Flujo vegetativo” sobre la cantidad de polvo encontrado por centímetro cuadrado en el follaje. En los gráficos 6 y 7, observamos los valores promedio de cada nivel del factor en Olmos e Ica respectivamente. Se observa que el promedio de la cantidad de polvo sedimentable (mg cm²) es significativamente mayor en el nivel de factor “Maduro” tanto en Olmos como en Ica.

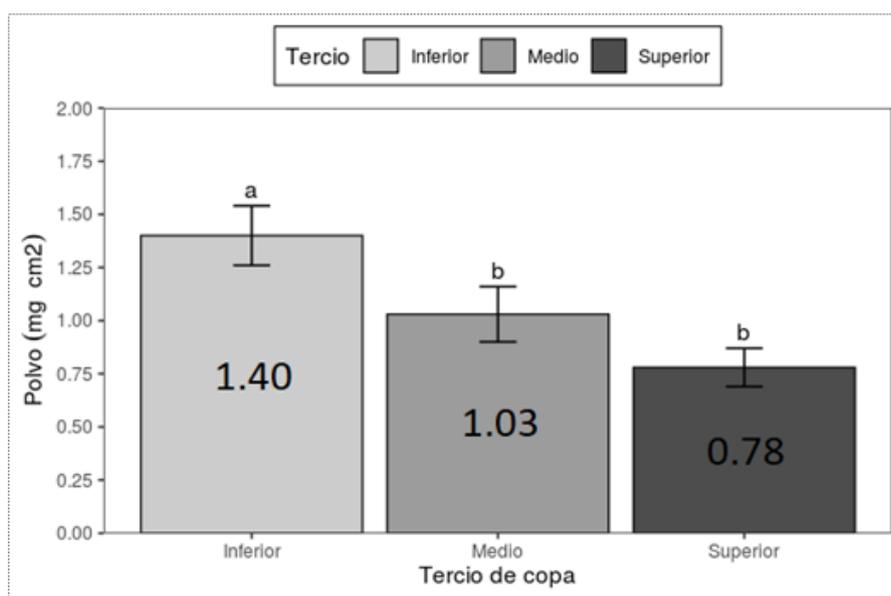


Figura 5. Cantidad de polvo sedimentable por centímetro cuadrado en los tres tercios de copa en la localidad de Ica

4.6. Estimación de cantidad de hojas y polvo por árbol

Con los datos del conteo de hojas por ramas y la estimación de ramas del árbol se realizó la estimación de hojas en cada campo. En Olmos, la plantación es de 3 años de edad dando un estimado de 7083 hojas por árbol promedio. En Ica, la plantación es de 15 años de edad dando un estimado de 46148 hojas. Los resultados de los conteos y estimaciones se presentan en los anexos 3 y 4.

Finalmente, con los datos de número de hojas por árbol y cantidad de polvo sedimentable por hojas, se realizó el cálculo de polvo sedimentable por planta. En Olmos, se cuantificó un estimado de 743.48 g de polvo sedimentable. En Ica, se cuantificó un estimado de 4490.43 g de polvo sedimentable. Los resultados de la cuantificación se presentan en la tabla 10.

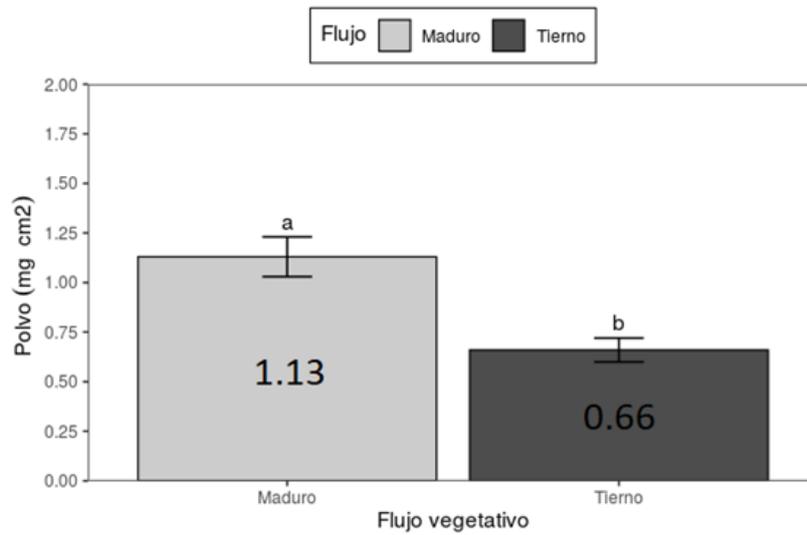


Figura 6. Cantidad de polvo sedimentable por centímetro cuadrado en dos flujos vegetativos en localidad de Olmos

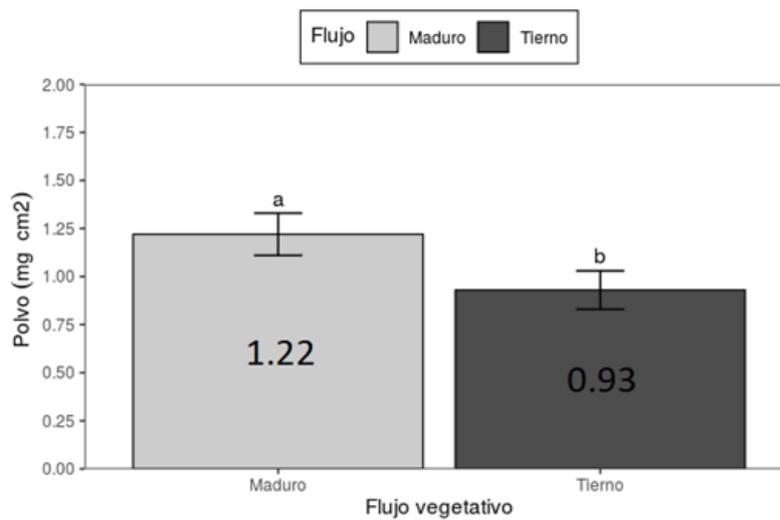


Figura 7. Cantidad de polvo sedimentable por centímetro cuadrado en dos flujos vegetativos en localidad de Ica

4.7. Factor “Distancia respecto al camino”.

Tomando en cuenta los datos numéricos, se aprecia que hay una relación inversa entre dicho factor y la cantidad de polvo sedimentable por centímetro cuadrado. En Olmos, se aprecian

diferencias significativas en las tres distancias muestreadas. En Ica, no existen diferencias significativas en la cantidad de polvo sedimentado en las distancias “2” y “3”. Sin embargo, el promedio en la distancia “3” es numéricamente menor. Esto se explica debido al mayor alejamiento de la planta al camino que es considerado como la zona con mayor contaminación de polvo debido al paso de maquinaria pesada, vehículos y personal operativo.

Tabla 8: Cuantificación de polvo sedimentable por planta en dos campos comerciales

Campo	Número estimado de hojas por árbol promedio	Cantidad promedio de polvo sedimentado por hoja (mg)	Cantidad promedio de polvo sedimentado por planta (g)
Olmos (3 años de edad)	7083	104.97	743.48
Ica (15 años de edad)	46148	97.31	4490.43

Fuente: Elaboración propia.

Esto puede ser explicado debido al uso de maquinaria especial utilizada en la empresa ubicada en la localidad de Ica. Para fines de evaluación y cosecha hacen uso del ascensor móvil que se describió con anterioridad. Dicho vehículo es usado frecuentemente a lo largo del campo ocasionando el depósito de polvo en el follaje en todos los sectores. Además, el factor viento es otro factor determinante. Según Weather Spark (2021), las velocidades del viento durante el muestreo fueron de 9.6 y 14.5 km h en Olmos e Ica respectivamente motivo por el cual, se entiende que exista una mayor dispersión del polvo en Ica.

4.8. Factor “Tercio de copa”

Se observa que el nivel de factor “Inferior” corresponde al tercio de copa con valores significativamente mayores. Los niveles “Medio” y Superior” no presentan diferencias

estadísticas significativas. Sin embargo, cabe resaltar, que el promedio del nivel “Medio” resulta ligeramente mayor al nivel “Superior” en ambas localidades. Considerando los valores numéricos, se aprecia que hay una relación inversa entre dicho factor y la cantidad de polvo sedimentable por centímetro cuadrado ya que los tercios de copa más lejanos al suelo presentan valores menores de acumulación de polvo. Esto se explica debido al mayor distanciamiento del follaje al suelo donde transita el personal y la maquinaria.

También se observó que la diferencias entre tercios es mayor en la localidad de Ica. Dichas diferencias son menores en la localidad de Olmos. Esto se explica debido a que en Ica se cuenta con árboles de 15 años de edad con mayor altura que los árboles de la localidad de Olmos que son árboles de 3 años de edad. Al tener árboles más altos, la diferencia de polvo sedimentable entre los diferentes tercios resulta mayor.

4.9. Factor “Flujo vegetativo”.

Se observa que el promedio de la cantidad de polvo sedimentable (mg cm^2) es significativamente mayor en el nivel de factor “Maduro” tanto en Olmos como en Ica. Esto se explica debido a que el tiempo de posible exposición al polvo sedimentables es mayor en un brote maduro en comparación con un brote tierno de menor edad que tendrá un tiempo de exposición significativamente menor. Por lo tanto, se considera que la edad del brote tiene una relación directa con la cantidad de polvo sedimentable en las hojas de palto.

4.10. Relación entre los niveles de factor

Haciendo uso de los datos presentados, se calculó la relación entre la cantidad de polvo en la distancia 1 con la cantidad de polvo en las distancias 2 y 3. Los resultados se presentan en la tabla 12. También se calculó la relación entre la cantidad de polvo en el tercio Inferior con la cantidad de polvo en los tercios Medio y Superior. Los resultados se presentan en la tabla 13. Finalmente, se calculó la relación entre la cantidad de polvo en el flujo vegetativo maduro con respecto al flujo vegetativo tierno. Los resultados se presentan en la tabla 14.

Tabla 9: Relación entre la cantidad de polvo en la distancia 1 con la cantidad de polvo en las distancias 2 y 3

Coeficiente	Distancia 2: De 50 a 80 m	Distancia 3: De 120 a 150 m
Distancia 1: De 0 a 10 m	1.56	2.03

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Relación entre la cantidad de polvo en el tercio Inferior con la cantidad de polvo en los tercios Medio y Superior

Coeficiente	Medio	Superior
Inferior	1.37	1.68

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Relación entre la cantidad de polvo en el flujo vegetativo maduro con respecto al flujo vegetativo tierno

Coeficiente	Tierno
Maduro	1.47

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que la cantidad de polvo sedimentable en la distancia “1” (0 a 10 m) es 1.56 y 2.03 veces mayor que en las distancias “2” (50 a 80 m) y “3” (120 a 150 m) respectivamente debido a la mayor cercanía con la fuente de contaminación de polvo. Además, la cantidad de polvo sedimentable en el tercio inferior es 1.37 y 1.68 veces mayor que en el tercio Medio y Superior respectivamente debido a la mayor cercanía al suelo de donde se levanta el polvo sedimentable. Finalmente, la cantidad de polvo sedimentable en el flujo vegetativo maduro es 1.47 veces mayor que en el flujo tierno debido al mayor tiempo de exposición a la atmósfera con polvo sedimentable.

4.11. Cantidad de polvo sedimentable por árbol.

En la localidad de Olmos, la plantación muestreada acumuló 743.48 g de polvo sedimentable por árbol en promedio. Considerando que hay 476 árboles por hectárea (3x7), podría estimarse una cantidad de polvo sedimentable de 0.354 toneladas por hectárea. Por otro lado, en la localidad de Ica, la plantación muestreada acumuló 4490.43 g de polvo sedimentable

por árbol en promedio. Considerando que hay 238 árboles por hectárea (6x7), podría estimarse una cantidad de polvo sedimentable de 1.069 toneladas por hectárea.

No se han encontrado trabajos de cuantificación de polvo sedimentable en campos comerciales de palto o de algún otro frutal. Sin embargo, Pesson (1978), cuantificó 32 toneladas de polvo sobre el follaje de *Abies pinsapo* “Abeto rojo” por hectárea en condiciones de polvo denso. También cuantificó 1 tonelada por hectárea en bosques de *Populus sp.* “Alamo”.

Se debe precisar que los campos muestreados son campos comerciales en las que se maneja la luminosidad con las respectivas podas. En el caso del *Abies pinsapo*, se cuantificó 32 toneladas de polvo en condiciones de bosque denso donde no se tiene control sobre la altura ni sobre la densidad de follaje presente en campo. Por ello, dicha condición presenta una cantidad de polvo sedimentable mucho mayor que ambos campos comerciales. Cabe resaltar que no se está comparando las fuentes de contaminación ya que son desconocidas para *Abies pinsapo*. Por otro lado, se observa que el polvo sedimentable en *Populus sp.*, es similar a la cantidad cuantificada en el Ica y muy por encima de lo que se cuantificó en Olmos. Se debe considerar que se desconoce los factores que podría contribuir en la acumulación de polvo en el bosque de *Populus*. Futuros trabajos deberán cuantificar la cantidad de polvo sedimentable en otras plantaciones de palto para tener condiciones más uniformes para hacer una mejor comparación.

4.12. Cantidad de polvo en contacto con el volumen de aplicación

Finalmente, según los encargados de campo, el volumen de agua utilizado para aplicaciones fitosanitarias por árbol en la plantación de Ica es de 16.8 L planta. Por otro lado, en Olmos es de 2.6 L Planta. Considerando los valores estimados de Cantidad promedio de polvo sedimentado por planta tendríamos los resultados que se presentan en el Tabla 11.

Tabla 12: Cantidad de polvo por cada litro de caldo de insecticida

Campo	Volumen de agua utilizado por árbol (L)	Cantidad promedio de polvo sedimentado por planta (g)	Gramos de polvo sedimentable por litro de caldo de insecticida aplicado (g L)
Olmos (3 años de edad)	2.6	743.48	285.95
Ica (15 años de edad)	16.8	4490.43	267.29

Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de polvo sedimentable que entraría en contacto por cada litro de caldo de insecticida aplicado sería de 285.95 g L y 267.29 g L en las plantaciones de 3 años y 15 años respectivamente. Estos datos son preocupantes debido a la gran cantidad de polvo que interacciona con los productos químicos que son aplicados en campo. Cabe resaltar que, Según Torri (2016), las materias activas como la Abamectina, Spirodiclofen, Etoxazole, entre otros, estaría clasificados como moléculas con una alta retención en las partículas de suelo al tener un Koc mayor a 2000 ml g, es decir, dichas moléculas reducen su eficiencia de control al entrar en contacto con partículas del suelo lo que conlleva a un problema en el control de plagas. Futuras investigaciones deberán determinar si dicha cantidad de polvo podría reducir el efecto insecticida significativamente.

V. CONCLUSIONES

- Existen diferencias significativas sobre la cantidad de polvo sedimentado a diferentes tercios de copa siendo el tercio inferior significativamente mayor debido a la cercanía al suelo. Dicha cantidad fue 1.37 y 1.68 veces mayor a lo que se encontró en los tercios medio y superior respectivamente.
- Existen diferencias significativas sobre la cantidad de polvo sedimentado a diferentes distancias de la planta respecto al camino siendo la distancia “1” (de 0 a 10 m) significativamente mayor debido a la mayor lejanía de la fuente de contaminación. Dicha cantidad fue 1.37 y 2.03 veces mayor a lo que se encontró en las distancias “2” (50 a 80 m) y “3” (120 a 150 m) respectivamente.
- Existen diferencias significativas sobre la cantidad de polvo sedimentado en diferentes flujos vegetativos siendo los flujos maduros significativamente mayor debido al mayor tiempo de captación de polvo. Dicha cantidad fue 1.47 veces mayor a lo que se encontró en los flujos vegetativos tiernos.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar la efectividad de ingredientes activos insecticidas a diferentes niveles de acumulación de polvo sedimentable para cuantificar la reducción de la eficacia del insecticida.
- Evaluar la tasa fotosintética a diferentes niveles de acumulación de polvo para estimar la reducción porcentual.
- Evaluar la capacidad de predación y el porcentaje de parasitismo de los controladores presentes en el cultivo a diferentes niveles de acumulación de polvo para determinar si existe un efecto sobre dichas variables.
- Evaluar la cantidad de polvo sedimentable en hojas ubicados en la periferia y en la parte interna de la copa para cuantificar la diferencia.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2017. Resolución N°01076. Por la cual se emite dictamen técnico ambiental para el producto formulado EFIKASS® 50 SG, a partir del ingrediente activo grado técnico EMAMECTIN BENZOATO. Colombia. 25pp.
2. BayerCrop. 2014. Hoja técnica de seguridad ENVIDOR. Revisado el 26 de noviembre del 2018. Disponible en: http://cropscience.bayer.com.ar/sites/default/files/Hoja%20de%20seguridad%20ENVIDOR_0.pdf
3. BayerCrop. 2015. Hoja técnica de seguridad RUNNER. Revisado el 26 de noviembre del 2018. Disponible en: ftp://grupoavac.eu/Fichas%20de%20Seguridad/RUNNER_08042015.pdf
4. Cardona, C.; Araméndiz, H. y Barrera, C. 2009. Modelo para estimación de área foliar en berenjena (*Solanum melongena L*) basado en muestreo no destructivo. Universidad de Córdoba, Departamento de Ingeniería Agronómica y Desarrollo Rural. Córdoba. Argentina. 17pp. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3425155.pdf>
5. Castillo, G. 2017. Partículas sedimentables del aire y su influencia en las infecciones respiratorias agudas en la ciudad de Tayabamba. Informe final. Departamento académico de ciencias ambientales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú. 19-21pp.
6. CEPAL, 1991. Impacto ecológico de contaminantes atmosféricos. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, 1 al 3 de Julio. 8pp.
7. Cisneros, F. 2010 Control químico de las plagas agrícolas. Sociedad Entomológica del Perú. Lima. Perú. 43-44pp.
8. Czaja, A. T. (1961). Die Wirkung von verstaubtem Kalk und Zement auf Pflanzen. Qual Plant. Et Mat. Veg., 8, 184-212.
9. Dalmasso, A. et al. 1997. La vegetación como indicadora de la contaminación por polvo atmosférico. Multequina, núm 6. 1997, 85-91pp.

10. EPA, 2009. Pesticide fact sheet: Spinetoram. Office of prevention, pesticides and toxic substances. Pennsylvania. United States. 9pp.
11. FDA. 2016. FINDING OF NO SIGNIFICANT IMPACT (FONSI) for Establishment of an Import Tolerance for Permissible Lufenuron Residues in Food Derived from Salmonids that has been Imported into the United States for Human Consumption. U.S. Revisado el 26 de noviembre del 2018. Disponible en: <https://www.fda.gov/downloads/AnimalVeterinary/Products/ImportExports/UCM522069.pdf>
12. Garrido, A y Camargo, Y. 2012. Partículas respirables en el aire: generalidades y monitoreo en Latinoamérica. Santa Marta. Colombia. Revista INGE CUC, Vol 8, Número 1, Octubre de 2012, pp. 293-312.
13. Guldman, J.M y D. Shefer, 1980. Industrial location and air quality pollution control association. 21: 341-346.
14. Hidalgo, C. 2010. Registro fitosanitario de plaguicidas. Fundamentos técnicos. Croplife. 84pp
15. Higuera, C.; Gómez, J. y Pardo, O. 2012. Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio. Revista Facultad de Ingeniería, UPTC, Enero-Junio de 2012, Vol. 21, No. 32, pp 21-40. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4222676.pdf>
16. INERIS, 2010. Etoxazole. Revisado el 26 de noviembre del 2018. Disponible en: <https://substances.ineris.fr/fr/substance/pdf/2792>
17. Mariano, S. (2002). Tratado de la Contaminación Atmosférica, Problemas, tratamiento y gestión. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 91-165, 387-497, 549-695, 863-867 pp.
18. Marquez, S et all. 2010. Estudio de la absorción y distribución del clorpirifos en plantas de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex chiov.) cultivadas hidropónicamente. Revista colombiana de ciencias pecuarias 2010; 23: 158-165.
19. National Registration Authority for Agricultural and Veterinary Chemicals. 2001. Evaluation of the new active Buprofezin in the product Applaud insecticide. Canberra. Australia. 22pp.
20. OMS, 2005. Guía de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Resumen de evaluación de riesgos. Ginebra. Suiza. 10pp

21. PANNA, 2016. Fenperoxymate: Identification, toxicity, use, water pollution potential, ecological toxicity and regulatory information. California. Revisado el 26 de noviembre del 2018. Disponible en: http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC36332
22. Pesson, P. 1978. Ecología Forestal. El bosque: clima, suelo, árboles, fauna. Mundiprensa (Ed.). Madrid. España.
23. Pubchem. 2005. Fenazaquim. Open Chemistry database. Revisado el 26 de noviembre del 2018. Disponible en: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Fenazaquin#section=Top>
24. Pyatt, F. 1973. Some aspects of plant contamination by air borne particulate pollutants. *Int. J. Environ. Studies*, 5,215-20.
25. Rucks, L. y otros. 2004. Propiedades físicas del suelo. Departamento de Suelos y Aguas. Facultad de Agronomía de la Universidad de la República. Uruguay. 68pp
26. Sandoval, H. 2004. Contaminación y contaminantes , aspectos científicos, teóricos y prácticos. Departamento de química. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 288p.
27. Thompson, J. R., Mueller, P. W., Fluckiger, W. & Rutter, A. J. (1984). The effect of dust on photosynthesis and its significance for roadside plants. *Environ. Poll. (Ser. A)*, 34, 171.
28. Tradecorp. 2011. Ficha de datos de seguridad ABAMECTINA. España. Revisado el 26 de noviembre del 2018. Disponible en: <http://fitoquivir.es/assets/abamectina-tradecorp.pdf>
29. Torri, S. 2016. Dinámica de los plaguicidas en los agroecosistemas. Buenos Aires. Argentina. 6-7p.
30. Valencia, E et all. 2008. Evaluation of ¹⁴C-Carbofuran and Furadan 3sc® adsorption-desorption in three cundinamarca soils (Colombia). *Revista Colombiana de Química*. Vol 37, No 1 de 2008. 81pp.
31. Wauchope, R.D., Yeh, S., Linders, J.B.H.J., Kloskowski, R., Tanaka, K., Rubin, B., Katayama, A., Kördel, W, Gerstl, Z, Lane, M, Unsworth, J.B. 2002. Pesticide soil sorption parameters: Theory, measurement, uses, limitations and reliability. *Pest Management Science* 58:p. 419-445.
32. Weatherspark.com. 2021. El Clima promedio en Ica. Revisado del 25 de Enero del 2021. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/22218/Clima-promedio-en-Ica-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

33. Weatherspark.com. 2021. El Clima promedio en Olmos. Revisado del 25 de Enero del 2021. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/m/19311/6/Tiempo-promedio-en-junio-en-Olmos-Per%C3%BA#Sections-Wind>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Datos promedios de área foliar (cm²), Peso de polvo (g) y Polvo sedimentado (mg cm²) obtenidos de la localidad de Olmos

Tabla 13: Datos de campo y gabinete del muestreo en Olmos

D	Tercio	Flujo	Pt (g)	Pb (g)	Ph (g)	Plf (g)	Af (cm ²)	Pp (g)	Pc (g cm ²)
1	Inferior	Maduro	134.52	13.20	113.68	98.51	3965.12	7.64	1.94
		Tierno	133.38	13.20	113.71	101.82	5403.82	6.47	1.19
	Medio	Maduro	140.01	13.20	119.63	103.67	4172.77	7.18	1.72
		Tierno	148.51	13.20	131.01	117.32	6226.14	4.30	0.69
	Superior	Maduro	149.10	13.20	129.47	112.20	4515.88	6.44	1.44
		Tierno	148.88	13.20	131.48	117.74	6248.32	4.20	0.69
2	Inferior	Maduro	141.88	13.20	123.15	106.72	4295.67	5.53	1.28
		Tierno	127.88	13.20	110.17	98.65	5235.58	4.51	0.86
	Medio	Maduro	122.69	13.20	105.99	91.85	3696.88	3.50	0.95
		Tierno	133.17	13.20	116.20	104.06	5522.47	3.77	0.68
	Superior	Maduro	131.14	13.20	114.60	99.32	3997.44	3.34	0.83
		Tierno	144.00	13.20	126.97	113.70	6033.99	3.83	0.64
3	Inferior	Maduro	142.93	13.20	125.35	108.63	4372.29	4.38	1.00
		Tierno	140.68	13.20	124.37	111.37	5910.42	3.11	0.54
	Medio	Maduro	132.72	13.20	117.29	101.64	4091.15	2.23	0.55
		Tierno	129.84	13.20	114.90	102.90	5460.69	1.74	0.32
	Superior	Maduro	125.63	13.20	110.87	96.08	3867.22	1.56	0.41
		Tierno	127.76	13.20	112.72	100.94	5356.93	1.84	0.34

D: Distancia respecto al camino; Pt: Peso total; Pb: Peso de la bolsa; Ph: Peso de las hojas; Plf: Peso de la lámina foliar; Af: Área foliar; Pp: Peso de polvo; Pc: Polvo sedimentado por centímetro cuadrado

Anexo 2: Datos promedios de área foliar (cm²), Peso de polvo (g) y Polvo sedimentado (mg cm²) obtenidos de la localidad de Ica

Tabla 14: Datos de campo y gabinete del muestreo en Ica

D	Tercio	Flujo	Pt (g)	Pb		Plf (g)	Af	Pp	Pc	(g)
				(g)	Ph (g)		(cm ²)	(g)	cm ²)	
1	Inferior	Maduro	54.94	13.20	39.17	33.94	1366.28	2.57	2.02	
		Tierno	141.09	13.20	118.58	106.19	5635.42	9.31	1.68	
	Medio	Maduro	91.80	13.20	72.82	65.21	3460.71	5.78	1.60	
		Tierno	71.70	13.20	55.85	48.40	1948.08	2.65	1.44	
	Superior	Maduro	98.28	13.20	80.67	72.24	3833.78	4.41	1.11	
		Tierno	82.26	13.20	66.58	57.70	2322.35	2.48	1.06	
2	Inferior	Maduro	120.65	13.20	100.85	90.31	4792.81	6.60	1.38	
		Tierno	67.76	13.20	52.56	45.55	1833.33	2.00	1.11	
	Medio	Maduro	129.02	13.20	111.27	99.64	5288.02	4.55	0.86	
		Tierno	123.59	13.20	108.03	93.62	3768.16	2.36	0.71	
	Superior	Maduro	147.34	13.20	129.12	115.63	6136.32	5.02	0.81	
		Tierno	116.66	13.20	101.88	88.29	3553.64	1.58	0.50	
3	Inferior	Maduro	114.67	13.20	95.03	85.10	4516.22	6.44	1.43	
		Tierno	63.44	13.20	48.93	42.40	1706.71	1.31	0.78	
	Medio	Maduro	123.96	13.20	105.89	94.82	5032.34	4.87	0.97	
		Tierno	107.97	13.20	92.78	80.40	3236.23	1.99	0.62	
	Superior	Maduro	143.99	13.20	126.34	113.14	6004.21	4.45	0.74	
		Tierno	120.77	13.20	105.88	91.76	3693.16	1.69	0.47	

D: Distancia respecto al camino; Pt: Peso total; Pb: Peso de la bolsa; Ph: Peso de las hojas; Plf: Peso de la lámina foliar; Af: Área foliar; Pp: Peso de polvo; Pc: Peso de polvo por centímetro cuadrado

Anexo 3: Estimación de número de hojas de planta de palto de 3 años en la localidad de Olmos

Tabla 15: Número de hojas por árbol en Olmos

Planta	Rama	Número de hojas	Número de Ramas	Número estimado de hojas por árbol	Número estimado de hojas por árbol promedio
1	1	485	24	11640	7083 ± 2335
	2	333	24	7992	
	3	311	24	7464	
2	1	189	19	3591	
	2	301	19	5719	
	3	197	19	3743	
3	1	271	20	5420	
	2	355	20	7100	
	3	381	20	7620	
4	1	520	17	8840	
	2	309	17	5253	
	3	398	17	6766	
5	1	468	18	8424	
	2	226	18	4068	
	3	315	18	5670	
6	1	484	21	10164	
	2	463	21	9723	
	3	167	21	3507	
7	1	413	23	9499	
	2	371	23	8533	
	3	501	23	11523	
8	1	481	16	7696	
	2	410	16	6560	
	3	398	16	6368	
9	1	515	16	8240	
	2	413	16	6608	
	3	219	16	3504	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4: Estimación de número de hojas de planta de palto de 15 años en la localidad de Ica

Tabla 16: Número de hojas por árbol en Ica

Planta	Rama	Número de hojas	Número de Ramas	Número estimado de hojas por árbol	Número estimado de hojas por árbol promedio
1	1	1911	22	42042	46148 ± 12737
	2	2891	19	54929	
	3	2291	25	57275	
2	1	2428	23	55844	
	2	1521	20	30420	
	3	2391	23	54993	
3	1	2391	15	35865	
	2	2467	19	46873	
	3	2076	23	47748	
4	1	2587	24	62088	
	2	2891	19	54929	
	3	1591	25	39775	
5	1	1374	27	37098	
	2	2841	18	51138	
	3	2953	7	20671	
6	1	437	40	17480	
	2	879	28	24612	
	3	2034	23	46782	
7	1	2104	21	44184	
	2	2401	22	52822	
	3	1911	22	42042	
8	1	2891	19	54929	
	2	2291	25	57275	
	3	2345	23	53935	
9	1	2781	26	72306	
	2	1981	20	39620	
	3	1933	25	48325	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5: Prospección de campo



Figura 8: Hoja de *Persea americana* con evidente acumulación de polvo sedimentable

Anexo 6: Flujos vegetativos evaluados

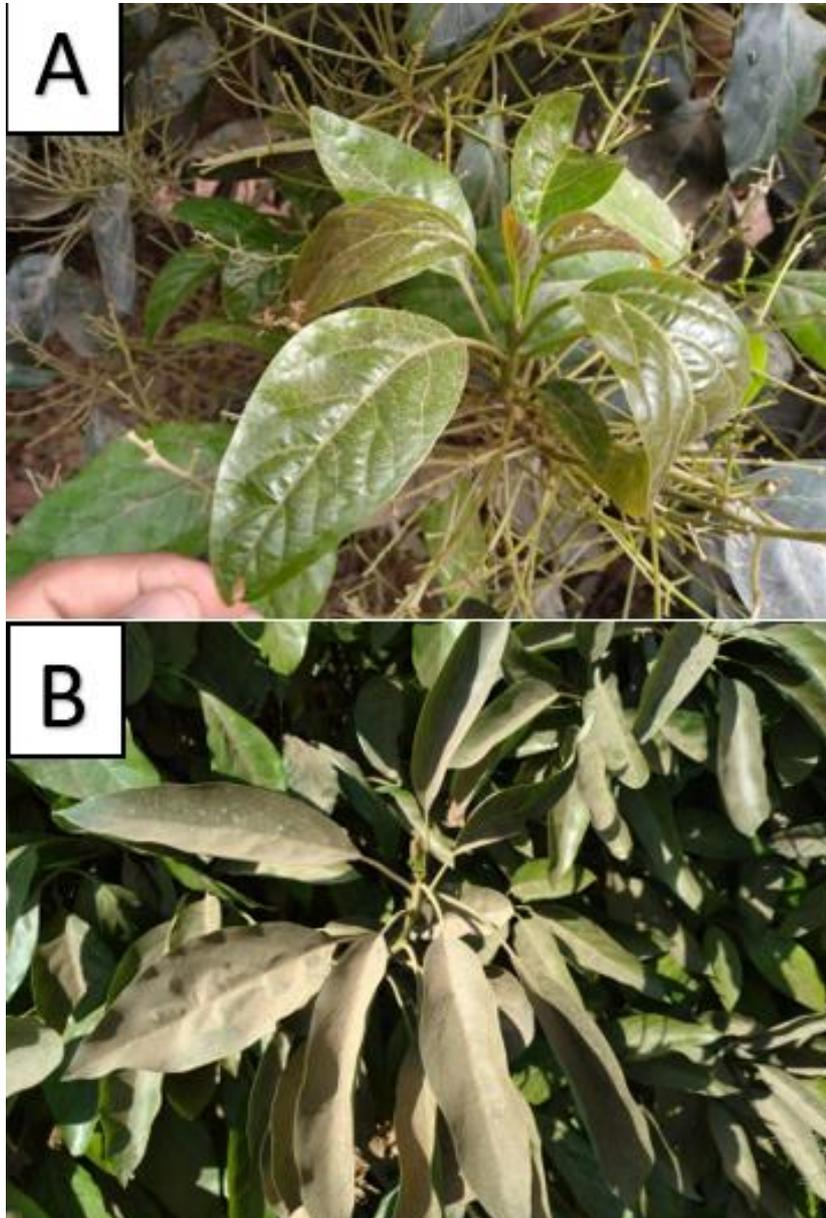


Figura 9: A. Brote correspondiente al último flujo (Brote tierno); B. Brote correspondiente al penúltimo flujo (Brote maduro).

Anexo 7: Extracción de hojas



Figura 10: Uso de vehículo con elevador incluido para extracción de hojas en los tercios medio y superior.

Anexo 8: Conteo de hojas para la estimación de hojas por planta



Figura 11: A. Corte de ramas; B. Extracción de hojas de la rama; C. Conteo de hojas.

Anexo 9: Proceso de limpieza y pesado de hojas en gabinete

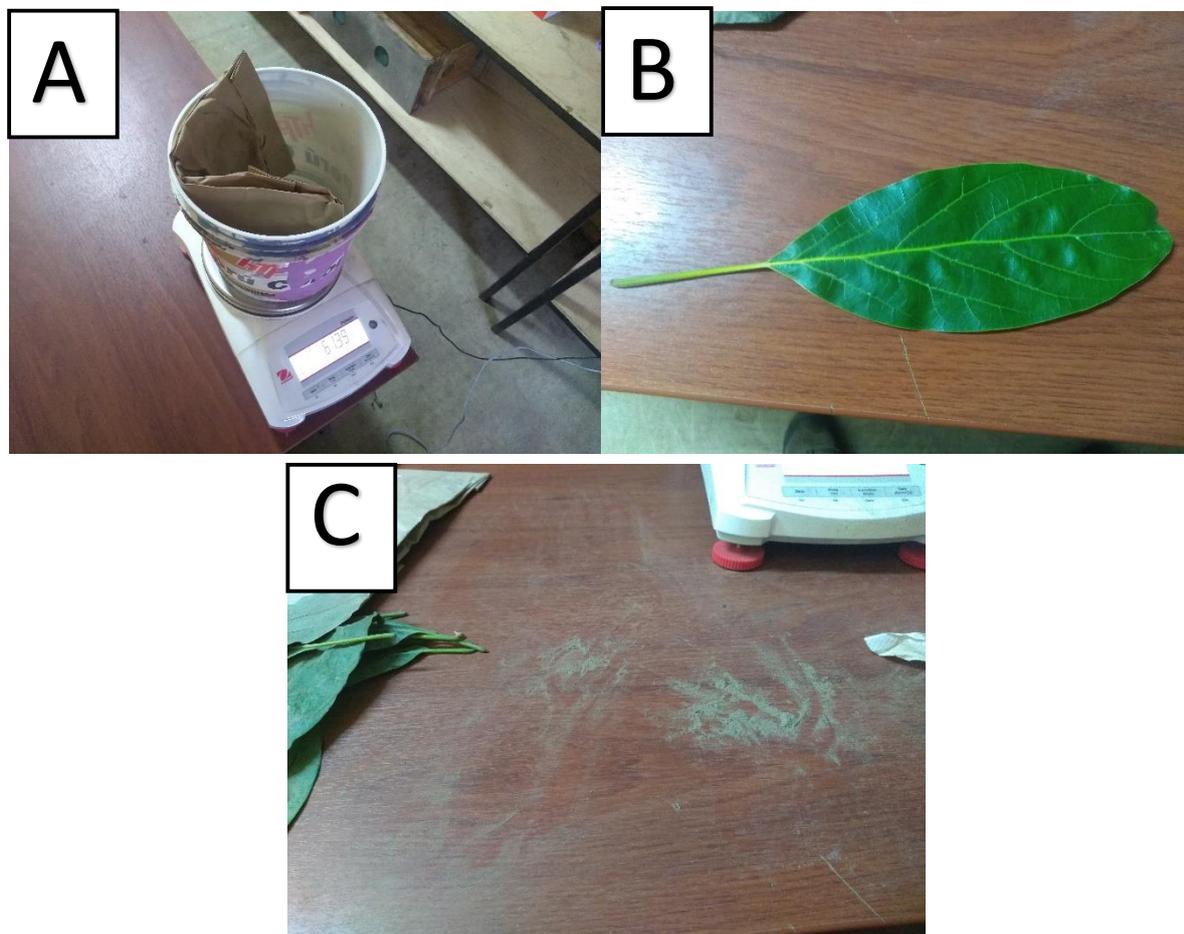


Figura 12: A. Pesado de bolsa de papel con hojas empolvadas; B. Limpieza de hojas en seco para posterior pesado; C. Polvo extraído de las hojas muestreadas.

Anexo 10: Análisis de Varianza de la Variable “Cantidad de Polvo por área foliar (mg cm²)” en la localidad de Olmos

Analysis of Variance

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
R	2	0.179	0.0895	2.857	0.0713 .
distancia	2	5.089	2.5446	81.244	1.12e-13 ***
tercio	2	1.676	0.8379	26.752	1.05e-07 ***
flujo	1	2.912	2.9121	92.979	2.94e-11 ***
distancia:tercio	4	0.045	0.0114	0.363	0.8331
distancia:flujo	2	0.984	0.4918	15.703	1.48e-05 ***
tercio:flujo	2	0.108	0.0538	1.716	0.1949
distancia:tercio:flujo	4	0.125	0.0311	0.995	0.4239
Residuals	34	1.065	0.0313		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Anexo 11: Prueba de Duncan para el factor “Distancia” en la localidad de Olmos

Statistics

variable	test	ntr	alpha	Mean	CV
pa	Duncan	3	0.05	0.89	19.80

	distancia	pa	std	r	ste	min	max	sig
1	1.28	0.53	18	0.13	0.41	2.33	a	
2	0.87	0.23	18	0.05	0.56	1.47	b	
3	0.53	0.28	18	0.07	0.19	1.07	c	

Anexo 12: Prueba de Duncan para el factor “Tercio” en la localidad de Olmos

Statistics					
variable	test	ntr	alpha	Mean	CV
pa	Duncan	3	0.05	0.89	19.80

	tercio	pa	std	r	ste	min	max	sig
Inferior	1.14	0.48	18	0.11	0.19	2.33	a	
Medio	0.82	0.47	18	0.11	0.24	1.86	b	
Superior	0.73	0.4	18	0.1	0.27	1.68	b	

Anexo 13: Prueba de Duncan para el factor “Flujo” en la localidad de Olmos

Statistics					
variable	test	ntr	alpha	Mean	CV
pa	Duncan	2	0.05	0.89	19.80

	flujo	pa	std	r	ste	min	max	sig
Maduro	1.13	0.52	27	0.1	0.36	2.33	a	
Tierno	0.66	0.29	27	0.06	0.19	1.28	b	

Anexo 14: Análisis de Varianza de la Variable “Cantidad de Polvo por área foliar (mg cm²)” en la localidad de Ica

Analysis of Variance

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
R	2	1.405	0.7025	3.972	0.028167	*
distancia	2	4.629	2.3145	13.086	6.1e-05	***
tercio	2	3.490	1.7450	9.866	0.000418	***
flujo	1	1.113	1.1130	6.293	0.017056	*
distancia:tercio	4	0.206	0.0515	0.291	0.881759	
distancia:flujo	2	0.138	0.0690	0.390	0.680151	
tercio:flujo	2	0.125	0.0627	0.355	0.703897	
distancia:tercio:flujo	4	0.076	0.0191	0.108	0.978955	
Residuals	34	6.013	0.1769			

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Anexo 15: Prueba de Duncan para el factor “Distancia” en la localidad de Ica

Statistics

variable	test	ntr	alpha	Mean	CV
pa	Duncan	3	0.05	1.07	39.23

	distancia	pa	std	r	ste	min	max	sig
1	1.48	0.71	18	0.17	0.42	2.88	a	
2	0.9	0.34	18	0.08	0.29	1.46	b	
3	0.84	0.35	18	0.08	0.3	1.52	b	

Anexo 16: Prueba de Duncan para el factor “Tercio” en la localidad de Ica

Statistics					
variable	test	ntr	alpha	Mean	CV
pa	Duncan	3	0.05	1.07	39.23

	tercio	pa	std	r	ste	min	max	sig
Inferior	1.4	0.59	18	0.14	0.57	2.88	a	
Medio	1.03	0.56	18	0.13	0.47	2.52	b	
Superior	0.78	0.38	18	0.09	0.29	1.64	b	

Anexo 17: Prueba de Duncan para el factor “Flujo” en la localidad de Ica

Statistics					
variable	test	ntr	alpha	Mean	CV
pa	Duncan	2	0.05	1.07	39.23

	flujo	pa	std	r	ste	min	max	sig
Maduro	1.22	0.58	27	0.11	0.7	2.88	a	
Tierno	0.93	0.54	27	0.1	0.29	2.21	b	