



Identificación y manejo de enfermedades que afectan la calidad comercial del fruto de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass

Alejandro Jaramillo Laverde | Nubia Murcia Riaño
Mauricio Fernando Martínez | Germán Ceballos Aguirre
Luz Natalia Martínez Caballero | Carolina Ángel García
Kevin Alejandro Rodríguez Arévalo



DESARROLLO Y VALIDACIÓN
DE TECNOLOGÍAS
PARA INCREMENTAR
LA PRODUCTIVIDAD DEL
CULTIVO DE AGUACATE HASS
EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA



**Identificación y manejo de
enfermedades que afectan la calidad
comercial del fruto de aguacate
(*Persea americana* Mill.) cv. Hass**

Alejandro Jaramillo Laverde
Nubia Murcia Riaño
Mauricio Fernando Martínez
Germán Ceballos Aguirre
Luz Natalia Martínez Caballero
Carolina Ángel García
Kevin Alejandro Rodríguez Arévalo

Identificación y manejo de enfermedades que afectan la calidad comercial del fruto de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. / Alejandro Jaramillo Laverde [y otros seis]. -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2023.

194 páginas (Colección Alianzas Agrosavia)

Incluye referencias bibliográficas, fotografías y gráficos.

ISBN: 978-958-740-669-6

ISBN e-Book: 978-958-740-670-2

1. *Persea americana* 2. Calidad de las semillas 3. Enfermedades de las plantas 4. Fitopatología 5. Medidas fitosanitarias 6. Sanidad vegetal 7. Cauca (Colombia).

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA

Centro de Investigación Tibaitatá,

Mosquera – Cundinamarca. Código postal 250047 Colombia.

Esta publicación forma parte de los resultados del proyecto “Desarrollo y validación de tecnologías para incrementar la productividad del cultivo de aguacate Hass en el departamento del Cauca”, ejecutado por La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, el cual fue financiado con recursos públicos del Sistema General de Regalías del departamento del Cauca, convenio 1929. La Gobernación del Cauca, a través de la Secretaría de Desarrollo Económico y Competitividad, respaldó la ejecución de este proyecto, al igual que las asociaciones de productores conformadas en los municipios de Piendamó, Cajibío, Morales, Caldono, Sotará, Timbío, El Tambo, Popayán, Caloto, Corinto y Toribío.

Colección: Alianzas Agrosavia

Tipología: Libro de análisis

Primera edición, noviembre de 2023

Primera impresión: 1.000 ejemplares

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Líder editorial: Astrid Verónica Bermúdez

Edición: Felipe Solano Fitzgerald

Corrección de estilo: Nathalie De La Cuadra Núñez

Diseño y diagramación: María Cristina Rueda Traslaviña y Wilson Martínez Montoya

Ilustraciones: Juan Felipe Martínez Tirado

Impresión: DGP Editores S. A. S.

Impreso en Bogotá, Colombia, noviembre de 2023

Printed in Bogotá

Citación sugerida: Jaramillo Laverde, A., Murcia-Riaño, N., Fernando-Martínez, M. F., Ceballos Aguirre, G., Martínez-Caballero, L. N., Ángel García, C., Rodríguez Arévalo, K. A. (2023). *Identificación y manejo de enfermedades que afectan la calidad comercial del fruto de aguacate* (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7406702>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

<http://www.agrosavia.co/>



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>



Tabla de contenido

Agradecimientos	21
Introducción	22
Referencias	25
 Capítulo I. Descripción del sistema productivo de aguacate en el Cauca	26
Caracterización de productores de aguacate Hass. . . .	29
Conclusiones	40
Referencias	40
 Capítulo II. Estado de las enfermedades que afectan la calidad comercial del aguacate Hass en el departamento del Cauca	42
Prevalencia de enfermedades en el Cauca y distribución del tipo de daño en frutos de aguacate Hass	46
Daños externos en el fruto y pedúnculo	47
Daños internos del fruto	52
Daño 1	53
Daño 2	54
Daño 3	55

Incidencia de enfermedades en municipios productores del departamento del Cauca	57
Conclusiones	67
Referencias	68
Capítulo III. Metodologías para el aislamiento e identificación de microorganismos asociados a enfermedades del fruto de aguacate Hass	70
Aislamiento de microorganismos	71
Protocolo de identificación morfológica de hongos asociados a enfermedades en frutos, pedúnculos y pudriciones internas de aguacate Hass	74
Reactivación de aislamientos	74
Producción de estructuras reproductivas de <i>Colletotrichum</i> spp	75
Producción de estructuras reproductivas de especies de la familia Botryosphaeriaceae	77
Inoculación en fruto de cacao	77
Inoculación en yemas de aguacate Hass	77
Producción de estructuras reproductivas de especies del orden Diaporthales	79
Identificación molecular de aislamientos asociados a enfermedades de frutos y pedúnculos de aguacate Hass	80
Extracción de ácidos nucleicos	80
Disrupción física y química de las estructuras celulares	80

Purificación de los ácidos nucleicos	81
Precipitación y lavado de ácidos nucleicos	81
Resuspensión de los ácidos nucleicos	81
Almacenamiento y verificación de la calidad de la extracción	82
Cuantificación de ácidos nucleicos	84
Amplificación de los ácidos nucleicos	85
Posicionamiento taxonómico de los aislamientos	86
Discriminación entre <i>C. acutatum</i> sensu lato y <i>C. gloeosporioides</i> sensu lato	88
Resultados de la identificación de aislamientos mediante análisis de la región ITS	90
Pruebas de patogenicidad en ramas apicales, pedúnculos y frutos de aguacate Hass	93
Pruebas de patogenicidad en ramas y pedúnculos.	93
Pruebas de patogenicidad en frutos de aguacate Hass.	96
Pruebas de patogenicidad de <i>Pseudocercospora</i> sp. en hojas de aguacate Hass	100
Conclusiones	104
Referencias.	105

Capítulo IV. Microorganismos patógenos asociados a enfermedades del fruto y el pedúnculo del aguacate Hass	108
<i>Pseudocercospora</i> sp.	109

Síntomas de enfermedades asociadas a	
<i>Pseudocercospora norchiensis</i> en aguacate Hass	110
Peca en frutos de aguacate Hass	110
Peca en hojas de aguacate Hass	112
Pudrición o anillamiento del pedúnculo	114
<i>Colletotrichum</i> sp.	115
Síntomas de enfermedades asociadas	
a <i>Colletotrichum</i> sp. en aguacate Hass	117
Antracnosis que afecta	
lenticelas de aguacate Hass	118
Antracnosis que causa pudriciones	
internas en aguacate Hass	119
Hongos de la familia Botryosphaeriaceae.	120
Síntomas de enfermedades asociadas	
a hongos del complejo <i>Botryosphaeria</i> sp	123
Pudrición interna del fruto asociada a	
los géneros <i>Lasiodiplodia</i> y <i>Neofusicoccum</i>	123
Hongos de los géneros	
<i>Pestalotiopsis</i> sp. y <i>Diaporthe</i> sp.	124
Síntomas de enfermedades asociadas	
con <i>Pestalotiopsis</i> sp. y <i>Diaporthe</i> sp	128
Conclusiones	129
Referencias	129

Capítulo V. Estrategias de manejo de enfermedades de fruto en pre y poscosecha 132

Pruebas de eficiencia *in vitro* de
productos usados para la protección
fitosanitaria en aguacate 133

 Materiales y métodos 134

 Resultados y discusión 139

Evaluación de tratamientos en campo
para el control de enfermedades del fruto
de aguacate Hass 145

 Materiales y métodos 146

 Análisis estadístico 152

 Resultados 152

 Floración y desarrollo de frutos 152

 Resultados de evaluación de
 tratamientos en el primer ciclo productivo (C1) 157

 Resultados de evaluación de tratamientos
 en el segundo ciclo productivo (C2) 161

 Resultados de evaluación de
 tratamientos en el tercer ciclo productivo (C3) 165

 Área bajo la curva de progreso
 de las enfermedades 168

Evaluación de tratamientos poscosecha y
su efecto sobre la pudrición interna de la fruta 169

Materiales y métodos 170

 Evaluación de tratamientos de campo 170

 Evaluación tratamientos de inmersión 171

 Resultados y discusión 177

Severidad inicial	177
Maduración de los frutos.	179
Severidad en la postcosecha	179
Pudriciones internas	181
Severidad en tratamientos de inmersión	181
Conclusiones	188
Referencias.	189
Los autores.	191

Lista de figuras

Figura 1. Área sembrada y rendimiento del cultivo de aguacate Hass en 13 municipios del departamento del Cauca en el año 2021.	28
Figura 2. Representación bidimensional de las diferentes categorías asociadas a datos generales de manejo del cultivo. . .	32
Figura 3. Representación bidimensional de las diferentes categorías asociadas al manejo de la antracnosis.	34
Figura 4. Representación bidimensional de las diferentes categorías asociadas al manejo de la lenticelosis.	35
Figura 5. Representación bidimensional de las diferentes categorías asociadas al manejo de la pudrición del pedúnculo. . .	36
Figura 6. Variables que más influyen en el análisis y su respectiva contribución.	37
Figura 7. Agrupación de productores de aguacate en el departamento del Cauca	38

Figura 8. Fruto sano de aguacate Hass con presencia característica de lenticelas.	43
Figura 9. Frutos de aguacate Hass con pedúnculo sano.	45
Figura 10. Mapa de distribución de fincas productoras de aguacate Hass muestreadas para identificación de agentes causales en el departamento del Cauca.	46
Figura 11. Síntomas de lenticelosis en frutos de aguacate Hass en distintos estados de desarrollo.	48
Figura 12. Síntomas de pudrición de pedúnculo en frutos de aguacate Hass.....	49
Figura 13. Prevalencia de enfermedades de fruto de aguacate Hass en nueve municipios del Cauca.	50
Figura 14. Daño interno tipo 1 presente en frutos de aguacate Hass.....	53
Figura 15. Daño interno tipo 2 presente en frutos de aguacate Hass	54
Figura 16. Daño interno tipo 3 presente en frutos de aguacate Hass.....	55
Figura 17. Seguimiento de enfermedades en predios de productores del departamento del Cauca.	59
Figura 18. Curva de desarrollo de lenticelosis en frutos de aguacate Hass en cuatro municipios productores del Cauca, durante el periodo agosto de 2019-marzo de 2020.....	60
Figura 19. Curva de desarrollo de pudrición de pedúnculo en frutos de aguacate Hass en cuatro municipios productores del Cauca, durante el periodo agosto de 2019-marzo de 2020... .	61
Figura 20. Evolución de síntomas de lenticelosis y pudrición del pedúnculo en el municipio de Timbío durante la evaluación de incidencia en el ciclo II de floración de 2019.	63

Figura 21. Evolución de síntomas de la lenticelosis y pudrición del pedúnculo en el municipio de Piendamó, durante la evaluación de incidencia en el ciclo II de floración de 2019.	64
Figura 22. Evolución de síntomas de la lenticelosis y pudrición del pedúnculo en el municipio de Sotará, durante la evaluación de incidencia en el ciclo II de floración de 2019.	65
Figura 23. Evolución de síntomas de la lenticelosis y pudrición del pedúnculo en el municipio de Popayán durante la evaluación de incidencia en el ciclo II de floración de 2019.	66
Figura 24. Esquema de procesamiento de muestras de frutos de aguacate Hass provenientes de nueve municipios del Cauca.	72
Figura 25. Preparación de inóculo de <i>Colletotrichum</i> spp.	76
Figura 26. Inoculación de yemas de aguacate Hass y frutos de cacao para la producción de estructuras reproductivas de hongos de la familia Botryosphaeriaceae ...	78
Figura 27. Crecimiento de colonias de hongos del orden Diaporthales.	79
Figura 28. Proceso de extracción de ADN de hongos aislados de frutos de aguacate Hass.	82
Figura 29. Concentración y calidad del banco de muestras de ADN de hongos aislados de frutos y pedúnculos de aguacate Hass.	84
Figura 30. Cromatograma obtenido de la secuenciación Sanger en sentido forward con el cebador ITS1 del aislamiento 57H5CH (nodo 15).	87
Figura 31. Cromatograma obtenido de la secuenciación Sanger en antisentido con el cebador ITS4 del aislamiento 2H4 (nodo 10).	87

Figura 32. Amplificación de aislamientos asociados al complejo de especies <i>Colletotrichum acutatum</i> , empleando el cebador específico Calnt...	88
Figura 33. Árbol filogenético construido a partir de las 34 OTU que representan los 237 hongos aislados de enfermedades en pedúnculos y frutos de aguacate Hass cultivados en el Cauca.	89
Figura 34. Inoculación de aislamientos en yemas de aguacate Hass.	95
Figura 35. Severidad de <i>Colletotrichum</i> sp., <i>Lasiodiplodia theobromae</i> , <i>Neofusicoccum</i> spp. y <i>Fusarium graminearum</i> sobre frutos de aguacate Hass, diez días después de inoculados.	98
Figura 36. Severidad a los diez días después de la inoculación de <i>C. gloeosporioides</i> _8H4, <i>C. siamense</i> _15H4, <i>C. gloeosporioides</i> _23H4 y <i>Colletotrichum</i> spp_40H4.	98
Figura 37. Severidad a los diez días después de la inoculación de <i>L. theobromae</i> _3H5, <i>N. ribis</i> _5H5 y 24H5 y <i>N. italicum</i> _66H5CH.	99
Figura 38. Severidad a los diez días después de la inoculación de <i>Fusarium graminearum</i> _3H15, 19H15 y 26H15.	100
Figura 39. Reacción de hojas de aguacate Hass a la inoculación de <i>P. norchiensis</i> mediante punción.	102
Figura 40. Reacción de hojas de aguacate Hass a la inoculación con agua.	103
Figura 41. Crecimiento de <i>Pseudocercospora</i> sp., obtenido de pedúnculo y frutos de aguacate Hass.	109
Figura 42. Progreso de la infección por <i>Pseudocercospora norchiensis</i> en aguacate Hass.	111
Figura 43. Sintomatología de peca en hojas de aguacate Hass.	113

Figura 44. Descripción del anillamiento de pedúnculo en aguacate Hass.....	114
Figura 45. Crecimiento de <i>Colletotrichum</i> spp. obtenido de pedúnculo y frutos de aguacate Hass.	116
Figura 46. Síntomas de antracnosis en lenticelas de frutos de aguacate Hass.....	118
Figura 47. Síntomas de antracnosis en frutos de aguacate Hass.....	119
Figura 48. Características de los hongos <i>Lasiodiplodia</i> sp. y <i>Neofusicoccum</i> sp. aislados de frutos de aguacate Hass.	121
Figura 49. Pudrición interna causada por <i>Lasiodiplodia</i> sp. y <i>Neofusicoccum</i> sp.	124
Figura 50. Crecimiento de <i>Pestalotiopsis</i> sp. obtenido de pedúnculo y frutos de aguacate Hass.	125
Figura 51. Crecimiento de <i>Diaporthe</i> sp. obtenido de pedúnculo y frutos de aguacate Hass.	126
Figura 52. Sintomatología de anillamiento de pedúnculo en frutos de aguacate Hass.....	128
Figura 53. Efecto de los tratamientos con Azoxystrobin+Difenoconazol, azufre, <i>B. amyloliquefaciens</i> , extracto de té, Azoxystrobin+Flutriafol, Hymezaxol, extracto de quitosano, Myclobutanil, Prochloraz, sulfato de cobre, Tebuconazol+Prochloraz, Tebuconazol+Trifloxystrobin, sobre el crecimiento <i>in vitro</i> de <i>Colletotrichum acutatum</i> , <i>C. gloeosporioides</i> , <i>C. siamense</i> , <i>Lasiodiplodia theobromae</i> , <i>L. pseudotheobromae</i> , <i>Neofusicoccum kwambonambiense</i> , <i>N. italicum</i> , <i>Pseudoestalotiopsis</i> y <i>Diaporthe</i>	139
Figura 54. Efecto de los tratamientos con Azoxystrobin + Difenoconazol, Azufre, <i>B. amyloliquefaciens</i> , extracto de té, Azoxystrobin + Flutriafol, Hymezaxol, extracto de quitosano, Myclobutanil, Prochloraz, sulfato de cobre pentahidratado,	

Tebuconazol + Prochloraz, Tebuconazol+Trifloxystrobin,
sobre el crecimiento *in vitro* de *Colletotrichum acutatum*,
C. gloeosporioides, *C. siamense*, *Lasiodiplodia theobromae*,
L. pseudotheobromae, *Neofusicoccum kwambonambiense*,
N. italicum, *Pseudopezalotiopsis* y *Diaporthe*. 140

Figura 55. Ejemplo de la inhibición del crecimiento
C. gloeosporioides y *L. theobromae* en cultivos modificados
con Azoxystrobin+Difenoconazol, azufre, *B. amyloliquefaciens*,
extracto de té, Azoxystrobin+Flutriafol, Himezaxol, extracto
de quitosano, Myclobutanil, Prochloraz, sulfato de cobre,
Tebuconazol+Prochloraz, Tebuconazol+Trifloxystrobin.
A. *C. gloeosporioides*; b. *L. theobromae*. 143

Figura 56. Floración acumulada en ramas rotuladas
de parcelas experimentales a través del tiempo. 153

Figura 57. Floración en ramas evaluadas y ciclos
productivos de aguacate cv. Hass cultivado 154

Figura 58. Incidencia de daños en pedúnculos y frutos
de aguacate durante el primer ciclo productivo (C1) en
las parcelas experimentales de Timbío y Sotaró. 158

Figura 59. Incidencia de daños en pedúnculos y frutos
de aguacate durante el segundo ciclo productivo (C2)
en las fincas experimentales de Timbío, Morales,
Sotaró y Popayán 162

Figura 60. Incidencia de daños en pedúnculos
y frutos durante el tercer ciclo productivo (C3) en
las fincas de Timbío y Morales. 166

Figura 61. Desinfección de frutos de aguacate
Hass mediante inmersión en hipoclorito de sodio,
etanol y agua estéril. 173

Figura 62. Tratamientos de inmersión poscosecha
de aguacate Hass en *B. amyloliquefaciens*,
sulfato de cobre pentahidratado y Prochloraz. 174

Figura 63. Limpieza de frutos de aguacate Hass, mediante la inmersión en amonio cuaternario, hipoclorito de sodio, etanol y agua estéril.	176
Figura 64. Valores iniciales de calidad de frutos obtenidos en tratamientos de campo.	178
Figura 65. Días de madurez de consumo en frutos provenientes de los tratamientos de campo, con posterior inmersión en <i>Bacillus</i> , sulfato de cobre y Prochloraz.	180
Figura 66. Efecto de la inmersión poscosecha de aguacate Hass en <i>B. amyloliquefaciens</i> , sulfato de cobre pentahidratado y Prochloraz, en el desarrollo de daños en lenticelas y pudriciones pedunculares.	183

Lista de tablas

Tabla 1. Grupos para el análisis de manejo sanitario del cultivo de aguacate Hass.	30
Tabla 2. Distribución de fincas muestreadas en nueve municipios del departamento del Cauca.	47
Tabla 3. Incidencia de los tipos de daño externo en las lenticelas (L1, L2) y pudrición del pedúnculo (P) en frutos de aguacate Hass del departamento del Cauca.	51
Tabla 4. Relación de frecuencia de los tipos de daño externo de las lenticelas (L1, L2) y la pudrición del pedúnculo (P) en un mismo fruto de aguacate Hass.	52
Tabla 5. Incidencia del daño peduncular interno en frutos de aguacate Hass en el departamento del Cauca.	56
Tabla 6. Distribución y prevalencia de los tipos de daño interno en frutos de aguacate Hass por municipio en el departamento del Cauca.	56

Tabla 7. Municipios en los que se hizo el seguimiento de las enfermedades pudrición de pedúnculo y lenticelosis 58

Tabla 8. Área bajo la curva de progreso escalonado y relativo de la enfermedad para lenticelosis y pudrición de pedúnculo en cuatro municipios del departamento del Cauca 62

Tabla 9. Géneros de hongos identificados a partir de hipótesis filogenética, discriminados por clados y unidades taxonómicas operativas. 91

Tabla 10. Aislamientos inoculados en frutos de aguacate Hass en condiciones de laboratorio 96

Tabla 11. Tratamientos para la inoculación de *P. norchiensis* (aislamiento 40H3H) en hojas de aguacate Hass, en condiciones de cámara húmeda 101

Tabla 12. Productos seleccionados para evaluar la eficacia sobre el crecimiento de hongos fitopatógenos en frutos de aguacate Hass 135

Tabla 13. Concentración de los tratamientos evaluados sobre el crecimiento de hongos fitopatógenos en aguacate Hass . . 136

Tabla 14. Aislamientos de los fitopatógenos obtenidos a partir de frutos de aguacate Hass, seleccionados para la evaluación *in vitro* de fungicidas 137

Tabla 15. Análisis de varianza para medias del efecto de los tratamientos con diferentes ingredientes activos, en la inhibición de *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides*, *C. siamense*, *Lasiodiplodia theobromae*, *L. pseudotheobromae*, *Neofusicoccum kwambonambiense*, *N. italicum*, *Pseudopezalotiopsis* y *Diaporthe* en condiciones *in vitro* . . . 141

Tabla 16. Predios seleccionados para el seguimiento de las enfermedades en pedúnculos y frutos de aguacate cv. Hass . . 147

Tabla 17. Tratamientos evaluados en el primer ciclo productivo (C1) 148

Tabla 18. Tratamientos evaluados en el segundo ciclo productivo (C2)	149
Tabla 19. Tratamientos evaluados en el tercer ciclo productivo (C3)	150
Tabla 20. Resultados de calidad de fruta y severidad de enfermedades en los tratamientos evaluados en el primer ciclo productivo	159
Tabla 21. Resultados de calidad de fruta y severidad de enfermedades en los tratamientos evaluados en el segundo ciclo productivo	164
Tabla 22. Resultados de calidad de fruta y severidad de enfermedades en los tratamientos evaluados en el tercer ciclo productivo	167
Tabla 23. Área bajo la curva de progreso de las enfermedades, incidencia y severidades finales en los tratamientos evaluados en el municipio de Timbío	169
Tabla 24. Descripción de tratamientos evaluados en ensayos experimentales en el municipio de Timbío	171
Tabla 25. Descripción de tratamientos aplicados durante un ciclo productivo en el municipio de Timbío.	172
Tabla 26. Tratamientos para la evaluación de poscosecha de aguacate Hass, en condiciones de laboratorio	174
Tabla 27. Análisis de varianza para valores iniciales de calidad de frutos de distintos tratamientos de campo	179
Tabla 28. Análisis de varianza para la evaluación de frutos de aguacate Hass en tratamientos de campo	181
Tabla 29. Análisis de varianza para la evaluación de frutos de aguacate Hass en tratamientos con inmersión en <i>B. amyloliquefaciens</i> , sulfato de cobre y Prochloraz.	182





Agradecimientos

Los autores agradecemos a los productores de aguacate Hass del departamento del Cauca, quienes mostraron su completa disposición para brindar la información requerida, permitir el ingreso a sus fincas y disponer de las muestras necesarias para el desarrollo de este trabajo. De igual manera, agradecemos su participación en los días de campo y talleres de capacitación durante la ejecución del proyecto.

Agradecemos al Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTeI) del Sistema General de Regalías (SGR), con el apoyo de la Gobernación del Cauca, por la financiación del proyecto *Desarrollo y validación de tecnologías para incrementar la productividad del cultivo de aguacate Hass en el departamento del Cauca*.



Introducción



El aguacate Hass se ha convertido en uno de los principales renglones productivos del país, principalmente por el incremento de los volúmenes de exportación a Europa y Estados Unidos, y por la apertura de nuevos mercados en países como Argentina, República Popular China, Singapur, Japón y Chile (Contexto Ganadero, 2019; Grisales et al., 2016; Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2023). Según cifras de la Asociación Nacional de Comercio Exterior (Analdex, 2023), entre 2015 y 2022 se registró un incremento anual del 15 % al 50 % de las exportaciones, y se llegó a 725,8 millones de dólares y 366.582 toneladas. Durante 2021 se alcanzó la cifra de USD FOB 203,7 millones y 96.357,7 toneladas netas; datos que registran una variación positiva del 57,3 % respecto a 2020, cuando se realizaron ventas al exterior por USD FOB 129,5 millones y 67.514,6 toneladas.

Aproximadamente el 34 % del área total sembrada de aguacates en el país corresponde a la variedad Hass y agrupa a más de 4.000 agricultores dedicados a su producción, los cuales están distribuidos en los departamentos de Tolima, Antioquia, Caldas y Valle del Cauca. En estas zonas, se ha observado un incremento en el área sembrada, pues se pasó de 17.657 ha en 2007 a 93.045 ha en 2020; de esta manera, se alcanzó un rendimiento promedio nacional de 11 t/ha (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).

El aguacate Hass se ha convertido en uno de los principales renglones productivos del país, principalmente por el incremento de los volúmenes de exportación a Europa y Estados Unidos, y por la apertura de nuevos mercados en países como Argentina, República Popular China, Singapur, Japón y Chile.



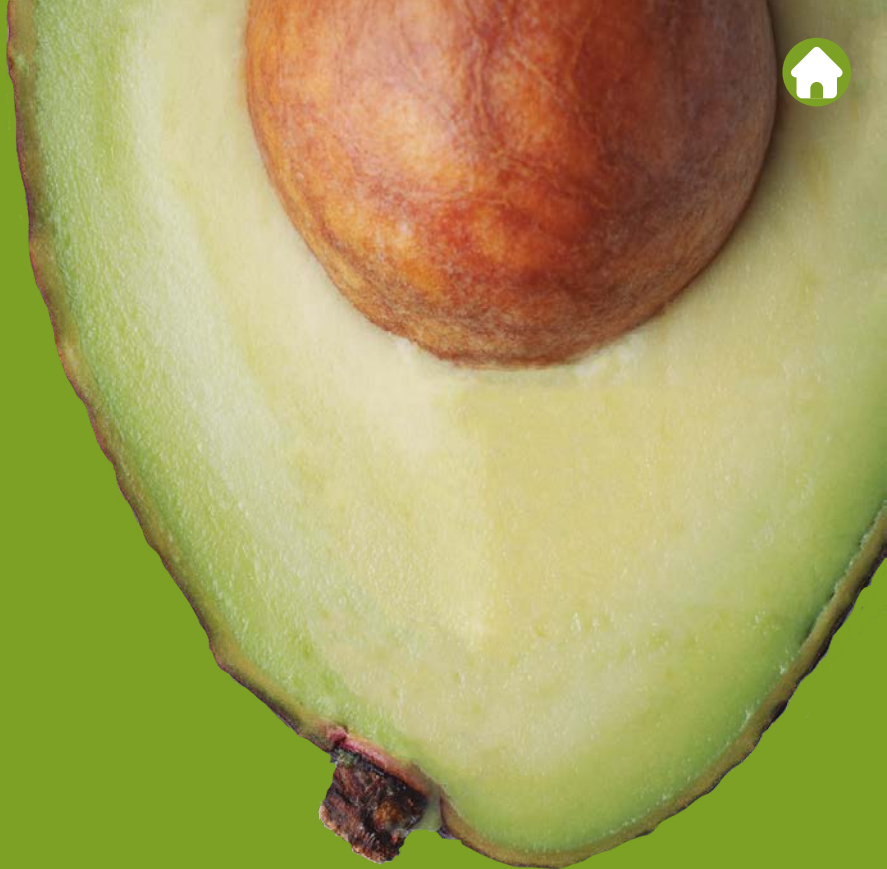
La creciente demanda de aguacate a nivel mundial se debe a su calidad culinaria, como bajo contenido de fibra, excelente color y sabor, y alto contenido de aceites insaturados, los cuales pueden alcanzar el 79% de los ácidos grasos presentes en el mesocarpio, y una excelente capacidad de almacenamiento y transporte (Cobo, 2017; Ferreyra et al., 2016). Sin embargo, la producción de aguacate está limitada por problemas fitosanitarios que afectan la calidad del fruto, lo cual influye en el rendimiento del cultivo, además de causar pérdidas en poscosecha que afectan entre el 5% y el 50% de la producción (Gañan et al., 2015; Grisales et al., 2016). La necesidad de controlar estos problemas ha llevado al uso inadecuado de productos de síntesis química, que pueden generar riesgos para la salud pública, contaminación ambiental o llegar a interferir en el comercio internacional (Bastidas et al., 2013).

En los últimos años se han incrementado los problemas de calidad de la fruta causados por enfermedades como pudrición del pedúnculo y daños en las lenticelas, y esto afecta el volumen que se destina a la exportación. Para responder a esta problemática, se identificaron los principales patógenos asociados a estas enfermedades y se evaluaron diferentes planes de manejo orientados a disminuir la incidencia y mejorar la sanidad y calidad comercial del aguacate Hass en los municipios productores del departamento del Cauca.



Referencias

- Asociación Nacional de Comercio Exterior [Analdex]. (2023). *Informe exportaciones de aguacate Hass septiembre 2022*. <https://www.analdex.org/2022/12/13/informe-exportaciones-de-aguacate-hass-septiembre-2022/>
- Bastidas, D., Guerrero, J., & Wyckhuys, K. (2013). Residuos de plaguicidas en cultivos de pasifloras en regiones de alta producción en Colombia. *Rev. Colomb. Quim.*, 42(2), 39-47.
- Cobo, G. M. (2017). *Identificación y caracterización de especies de Colletotrichum spp., causantes de antracnosis en frutos de aguacate Persea americana var. Hass* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Unal. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59484>
- Ferreya, R., Selles, G., Saavedra, J., Ortiz, J., Zúñiga, C., Troncoso, C., Rivera, S. A., Gonzalez-Agüero, M., & Defilippi, B. G. (2016). Identification of pre-harvest factors that affect fatty acid profiles of avocado fruit (*Persea americana* Mill. cv. 'Hass' at harvest). *South African Journal of Botany*, 104, 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2015.10.006>
- Gañan, L., Álvarez, E., & Castaño-Zapata, J. (2015). Identificación genética de aislamientos de *Colletotrichum* spp. causantes de antracnosis en frutos de aguacate, banano, mango y tomate de árbol. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 39(152), 339-347.
- Grisales, N. Y., Rodríguez, F. P., Henao, J. C., & Tamayo, M. P. (2016). Incidencia de *Colletotrichum* sp. en aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) en Antioquia. *Agronomía Colombiana*, 34(1), 918-921.
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2023). *Planes de trabajo para exportación de vegetales en fresco*. <https://www.ica.gov.co/importacion-y-exportacion/planes-trabajo-exportacion-vegetales>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2021). *Cadena productiva aguacate*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf> 



CAPÍTULO I

Descripción del sistema productivo de aguacate en el Cauca



El departamento del Cauca presenta condiciones especiales para el desarrollo del cultivo de aguacate que se dan principalmente por la amplia oferta agroecológica del territorio, la disponibilidad de recursos naturales y las acciones gubernamentales, institucionales y de cooperación internacional, que han permitido aumentar el área sembrada en los últimos 20 años (Ospina Parra et al., 2023; Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano [Agronet], 2023).

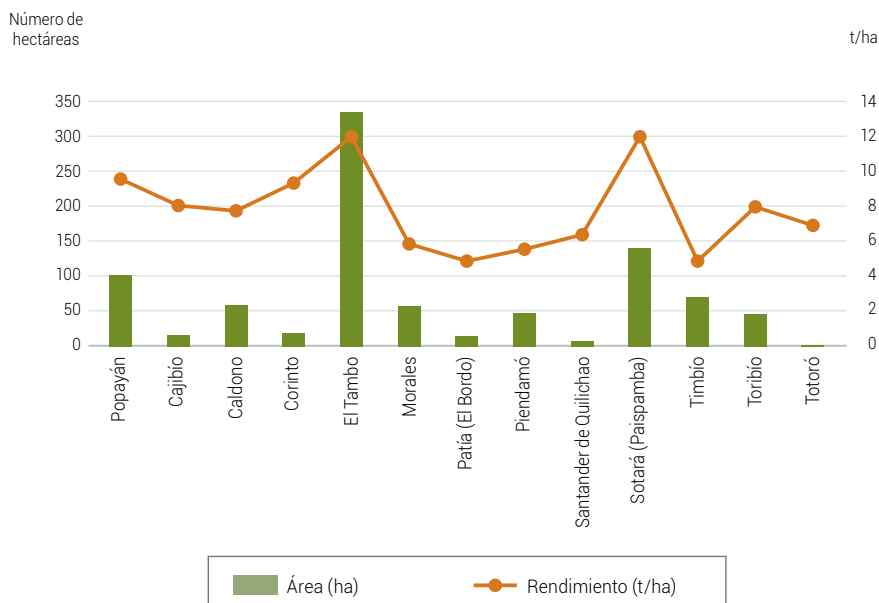
Esta dinámica se ve reflejada en el área apta para la siembra de aguacate en el país, teniendo en cuenta el mapa de zonificación de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), donde el Cauca es el segundo departamento con mayor área apta para el establecimiento del cultivo, con aproximadamente 469.628 ha. El departamento muestra una aptitud alta en los municipios de Popayán (28.138 ha), El Tambo (20.795 ha) y Caldonó (15.241 ha), media en Páez-Belalcázar (19.690 ha), Cajibío (19.095 ha), El Tambo (17.758 ha), Morales (12.464 ha) y baja en Páez-Belalcázar (14.927 ha), Cajibío (12.460 ha) e Inzá (12.327 ha) (Camacho et al., 2019).

En 2021, en el departamento del Cauca se reportaron 944 ha en 13 municipios, con un rendimiento promedio de 7,8 toneladas por hectárea. Los municipios con las mayores áreas sembradas son El Tambo, Sotará y Popayán, que representan el 61,12% del área total; el otro 38,9% de la producción está distribuido en los otros diez municipios, como se presentan en la figura 1.





Figura 1. Área sembrada y rendimiento del cultivo de aguacate Hass en 13 municipios del departamento del Cauca en el año 2021.



Fuente: Agronet (2023).

De acuerdo con Ospina Parra et al. (2023), el sistema productivo de aguacate en el departamento del Cauca se caracteriza por que el 81 % de los productores son propietarios y el 19 % corresponde a aparcería u otros arreglos, diversificados principalmente con cultivos de café, cítricos, maíz, plátano, pastos, yuca, frijol, maracuyá y hortalizas, que emergen como estratégicos para la seguridad alimentaria. El 79 % de los productores tiene su cultivo en predios de menos de 6 ha, los cuales están ubicados entre los 1.700 y 2.300 m s. n. m., principalmente en zonas onduladas y pendientes, donde el cultivar más sembrado es el Hass (80 %), combinado con otras variedades criollas o locales como Lorena y Papelillo.



Caracterización de productores de aguacate Hass

La caracterización de productores busca reconocer similitudes en las prácticas de manejo del cultivo, producción y nivel de adopción de tecnologías disponibles, con el fin de planificar y establecer estrategias diferenciadas que guíen la mejora de las unidades productivas y optimicen el uso de recursos. Estos ejercicios se han realizado en otros sistemas productivos, por ejemplo, de plátano, pasifloras, lulo y café (Criollo-Escobar et al., 2016; León-Agatón et al., 2015; Miranda & Carranza, 2010; Ríos-Gallego et al., 2014; Rodríguez-Yzquierdo et al., 2019).

La tipificación de los productores en cuanto al manejo de las principales enfermedades asociadas al sistema de producción de aguacate Hass, en el departamento del Cauca, se realizó mediante una encuesta estructurada a 80 productores de los municipios de Popayán, El Tambo, Morales, Piendamó, Timbío, Cajibío y Sotará. La información que se obtuvo se agrupó a partir de dos enfoques:

- 1. Enfoque 1:** información general de manejo fitosanitario del cultivo. Para esto, se realizaron preguntas acerca del reconocimiento de los síntomas de las principales enfermedades que afectan el fruto de aguacate (grupo 1).
- 2. Enfoque 2:** sobre prácticas culturales, aplicaciones, productos, monitoreo y épocas de aparición de enfermedades como antracnosis, lenticelosis y pudrición de pedúnculo (grupos 2, 3 y 4). Las variables y categorías de cada grupo se muestran en la tabla 1.

La caracterización de productores busca reconocer similitudes en las prácticas de manejo del cultivo, producción y nivel de adopción de tecnologías disponibles, con el fin de planificar y establecer estrategias diferenciadas que guíen la mejora de las unidades productivas y optimicen el uso de recursos.



Tabla 1. Grupos para el análisis de manejo sanitario del cultivo de aguacate Hass

Grupo	Nombre	Número de categorías
1	Datos generales de manejo del cultivo	34
	• ¿Cuál es la topografía predominante en su predio?	3
	• ¿Cuenta con registro como predio exportador?	2
	• ¿Qué tipo de sistema de riego tiene?	5
	• ¿Recibe asistencia técnica?	2
	• ¿Realiza podas?	2
	• ¿Realiza desinfección a las herramientas?	2
	• ¿Con qué frecuencia hace monitoreo de enfermedades?	5
	• ¿Cuál es el destino de la fruta?	7
	• ¿Se presenta antracnosis en su cultivo?	2
	• ¿Se presenta lenticelosis en su cultivo?	2
	• ¿Se presenta pudrición de pedúnculo en su cultivo?	2
	Manejo de antracnosis	39
	• ¿Realiza podas sanitarias?	2
2	• ¿Realiza desinfección a las herramientas?	2
	• ¿Se presenta antracnosis en su cultivo?	2
	• ¿En qué época del año se presenta la enfermedad?	4
	• ¿En qué fase del cultivo se presenta la enfermedad?	6
	• ¿Qué tipo de control usa para esta enfermedad?	6
	• ¿Con qué frecuencia realiza el control?	5
	• ¿Qué productos usa para el control de esta enfermedad?	11

Continúa en la página siguiente...



Continuación Tabla 1. Grupos para el análisis de manejo sanitario del cultivo de aguacate Hass

Grupo	Nombre	Número de categorías
3	Manejo de lenticelosis	36
	• ¿Realiza podas sanitarias?	2
	• ¿Realiza desinfección a las herramientas?	2
	• ¿Se presenta lenticelosis en su cultivo?	2
	• ¿En qué época del año se presenta la enfermedad?	4
	• ¿En qué fase del cultivo se presenta la enfermedad?	6
	• ¿Qué tipo de control usa para esta enfermedad?	6
	• ¿Con qué frecuencia realiza el control?	5
	• ¿Qué productos usa para el control de esta enfermedad?	10
	• ¿Con qué frecuencia hace el monitoreo de esta enfermedad?	5
4	Manejo de pudrición de pedúnculo	36
	• ¿Realiza podas sanitarias?	2
	• ¿Realiza desinfección a las herramientas?	2
	• ¿Se presenta pudrición de pedúnculo en su cultivo?	2
	• ¿En qué época del año se presenta la enfermedad?	4
	• ¿En qué fase del cultivo se presenta la enfermedad?	6
	• ¿Qué tipo de control usa para esta enfermedad?	6
	• ¿Con qué frecuencia realiza el control?	5
	• ¿Qué productos usa para el control de esta enfermedad?	10
	• ¿Con qué frecuencia realiza el monitoreo de esta enfermedad?	5

Fuente: Elaboración propia.

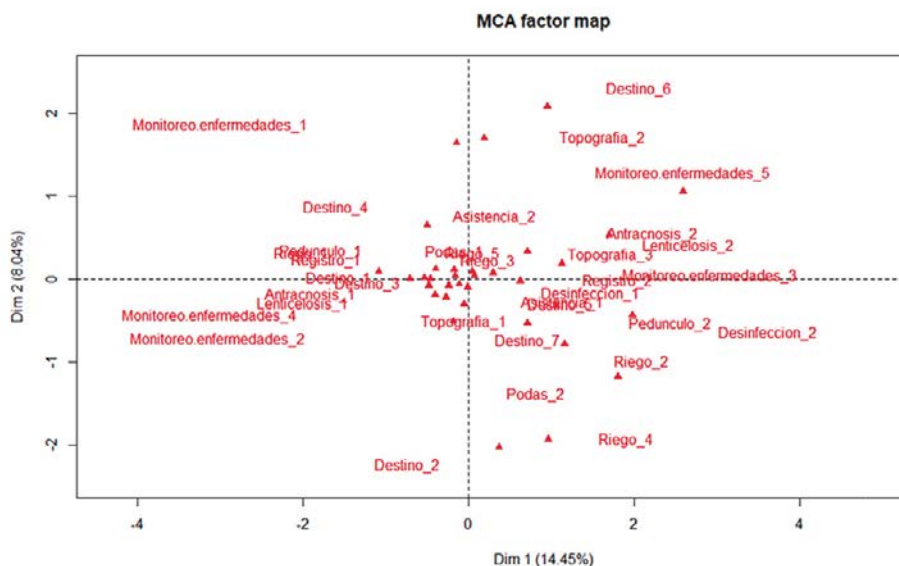




Para comparar las unidades de observación, correspondientes a cada uno de los productores encuestados y la relación entre las categorías (respuestas) de las variables cualitativas (preguntas), se realizó un análisis de correspondencia múltiple representando, mediante gráficos de posicionamientos, la estructura de relaciones de dos o más variables mediante el uso del software R (R Foundation for Statistical Computing RStudio Versión 1.0.153 - © 2009-2017 RStudio, Inc.).

Los resultados del análisis para el grupo 1, correspondiente a datos generales del cultivo, mostraron que 13 dimensiones explican el 80,95 % de la variabilidad de las 34 categorías para las 11 variables. De acuerdo con las respuestas de los agricultores, se observaron tres grupos de categorías que se encuentran relacionadas (figura 2).

Figura 2. Representación bidimensional de las diferentes categorías asociadas a datos generales de manejo del cultivo.



Fuente: Elaboración propia.



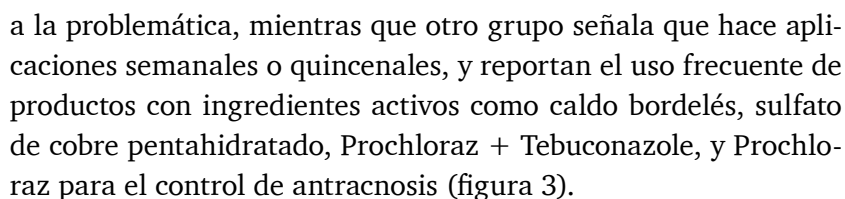
La mayoría de los agricultores coincidió en varias de las categorías de las variables analizadas; sin embargo, se encontraron tres grupos de categorías relacionadas entre sí en la periferia del plano. Un primero grupo se relaciona con agricultores cuya finca está en una topografía quebrada, hacen monitoreo de enfermedades semanalmente y tienen diferentes destinos para su producción; además, reportan no contar con asistencia técnica en su cultivo. Otro grupo es el de agricultores cuya producción tiene como destino el mercado local, generalmente el mismo municipio, o el mercado nacional. Este grupo tiene algún sistema de riego (gravedad o microaspersión) y no realiza podas sanitarias. Un tercer grupo reúne agricultores que no cuentan con Registro ICA, que no hacen monitoreo de enfermedades en su finca y, por lo tanto, no reportan presencia de antracnosis, lenticelosis o pudrición de pedúnculo (figura 2).

En términos generales, el 87,50 % de los productores encuestados tienen asistencia técnica en su cultivo y el 53,75 % tienen el Registro ICA para exportación; sin embargo, el 85 % no cuenta con ningún sistema de riego en su predio. El principal destino del aguacate es el mercado local (25 %), seguido del consumo fresco (23,75 %) y la exportación (18,75 %). El 16,25 % de los productores destina su producto al mercado nacional.

El 63,75 % de los productores dice que presenta problemas asociados a antracnosis en fruto, lo cual es más frecuente en épocas de lluvia (60 %) y en etapa de llenado de fruto (36,25 %). Los resultados del análisis para el grupo 2, correspondiente al manejo de antracnosis en el cultivo, mostraron que 16 dimensiones explican el 81,96 % de la variabilidad de las 39 categorías para las 9 variables (figura 3).

Un grupo de agricultores reporta la presencia de antracnosis durante todo el año; en este caso, la enfermedad también afecta a la fruta en etapa de poscosecha. En este mismo grupo, algunos productores indican que no realizan ningún tipo de manejo frente





MCA factor map

Dim 2 (8.42%)

Dim 1 (14.42%)

Variables plotted include:

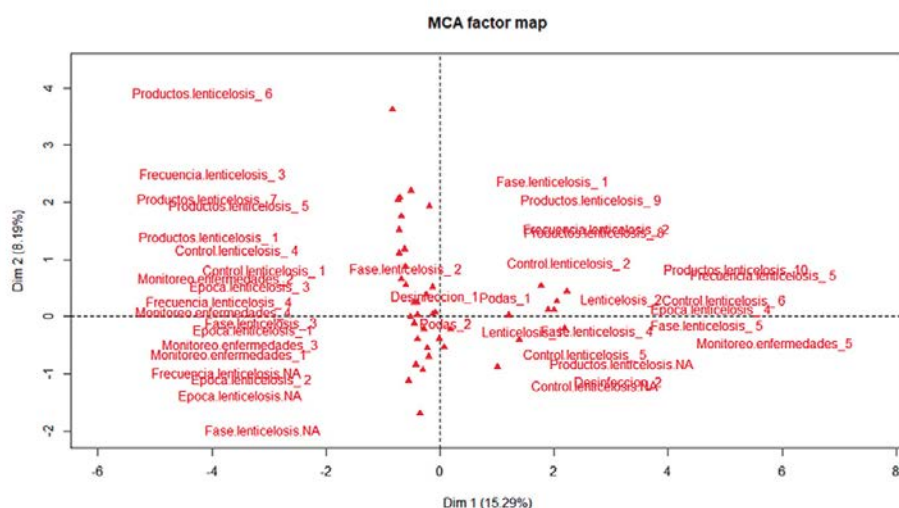
- Frecuencia antracnosis_1
- Productos antracnosis_7
- Productos antracnosis_8
- Control antracnosis_2
- Productos antracnosis_9
- Frecuencia antracnosis_2
- Control antracnosis_1
- Monitoreo enfermedades_5
- Productos antracnosis_5
- Fase antracnosis_5
- Control antracnosis_5
- Epoca antracnosis_4
- Monitoreo enfermedades_3
- Monitoreo enfermedades_4
- Productos antracnosis.NA
- Frecuencia antracnosis.NA
- Control antracnosis.NA
- Fase antracnosis_4
- Desinfeccion_2
- Pedas_1
- Antracnosis_2
- Desinfeccion_1
- Pedas_2
- Productos antracnosis_10
- Monitoreo enfermedades_2
- Control antracnosis_3
- Antracnosis_3
- Epoca antracnosis_2
- Monitoreo enfermedades_1
- Control antracnosis_5
- Fase antracnosis_1
- Epoca antracnosis_3
- Fase antracnosis.NA
- Productos antracnosis_2
- Frecuencia antracnosis_2
- Productos antracnosis_1
- Control antracnosis_4
- Fase antracnosis_3
- Epoca antracnosis_1
- Control antracnosis_1
- Productos antracnosis_3

En cuanto a la presencia de lenticelosis, el 57,14% de los productores dice que presenta problemas asociados a esta patología durante todo el año (42,50%), principalmente en la época de cosecha (56,25%). Los resultados del análisis para el grupo 3, correspondiente al manejo de lenticelosis en el cultivo, mostraron que 16 dimensiones explican el 82,20% de la variabilidad de las 36 categorías para las 9 variables (figura 4).



Uno de los grupos de agricultores que no hace desinfección de herramientas después de las podas sanitarias reporta que la enfermedad en sus fincas es más frecuente en épocas secas. En estas condiciones, los productores usan productos que tienen como ingredientes activos Azoxystrobin + Flutriafol para el control de lenticelosis. Otro grupo de agricultores que realiza aplicaciones mensuales menciona que usa productos con ingredientes activos Prochloraz + Tebuconazole, y Prochloraz para el control, principalmente en la etapa de cuajado de frutos (figura 4).

Figura 4. Representación bidimensional de las diferentes categorías asociadas al manejo de la lenticelosis.



Fuente: Elaboración propia.

El 72,50% de los productores encuestados reporta presencia de pudrición del pedúnculo en sus predios durante todo el año (56,25%), lo cual afecta principalmente la fase de llenado de frutos (86,25%). Para este grupo, la mayoría de los agricultores coincidieron en varias de las categorías de las variables analizadas.

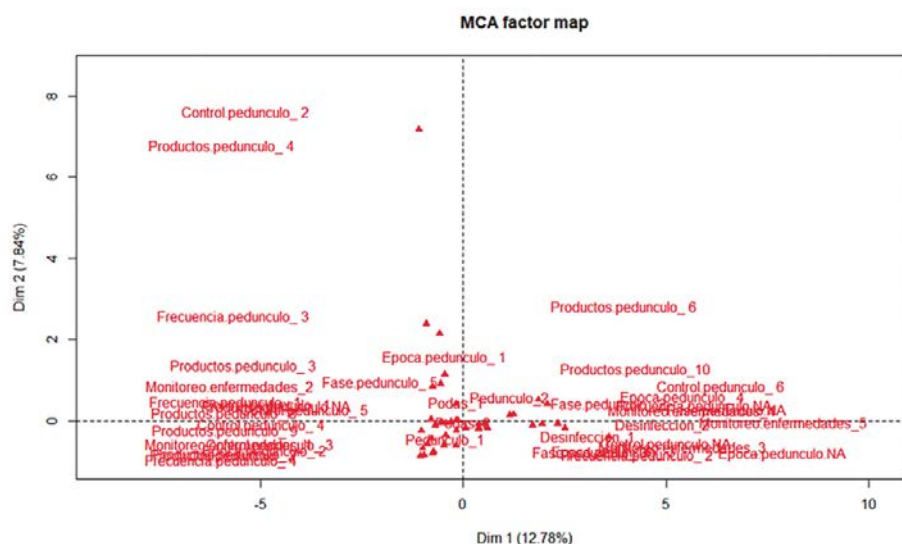




Los resultados del análisis para el grupo 4, correspondiente al manejo de la pudrición del pedúnculo en el cultivo, mostraron que 16 dimensiones explican el 81,19% de la variabilidad de las 36 categorías para las 9 variables (figura 5).

Pocos productores usan el control biológico como estrategia para el manejo de pudrición del pedúnculo (1,25%), mientras que el 36,25% solo usa productos de síntesis química. El 21,25% de los agricultores realiza estas aplicaciones con base en los resultados del monitoreo (figura 5).

Figura 5. Representación bidimensional de las diferentes categorías asociadas al manejo de la pudrición del pedúnculo.



Fuente: Elaboración propia.

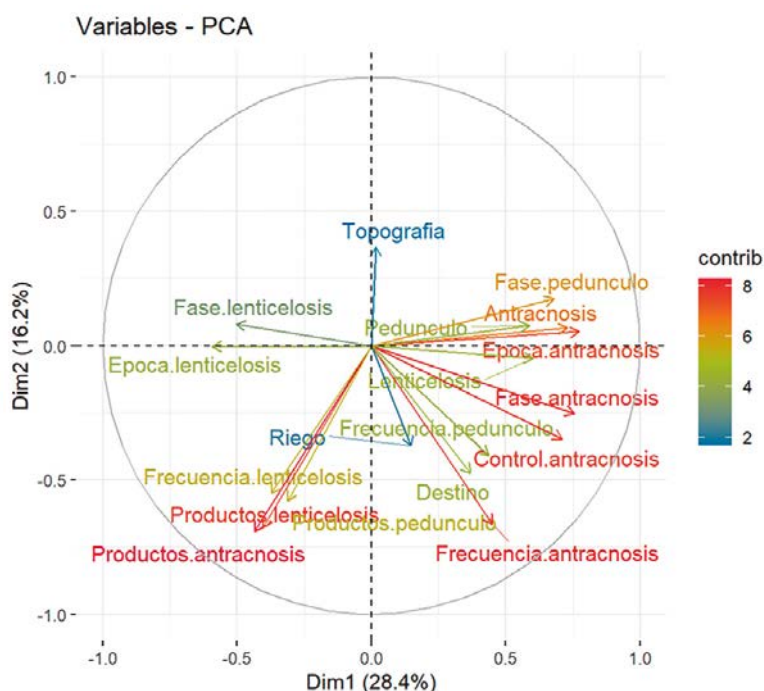
Con base en la información obtenida en las encuestas presenciales, se puede decir que los agricultores, aunque reconocen en su mayoría los síntomas asociados a cada patología, no tienen claro un manejo integrado que permita disminuir el número de aplicaciones durante el ciclo productivo. De igual manera, se identificó el



empleo de gran variedad de productos de síntesis química que se usan para los distintos problemas, con una periodicidad que puede ser semanal y mensual; no obstante, estos productos no se recomiendan con una efectividad en el control. Con esta información recopilada se tiene una caracterización más amplia del estado actual y los riesgos fitosanitarios del cultivo en la zona de estudio.

El análisis general para problemas como antracnosis mostró que las variables que más aportan al porcentaje de variación acumulado se relacionan con la época de mayor incidencia de antracnosis, la fase del cultivo en la que se presenta, la frecuencia con que se realiza el control y los productos que se usan para el control de esta enfermedad (figura 6).

Figura 6. Variables que más influyen en el análisis y su respectiva contribución.

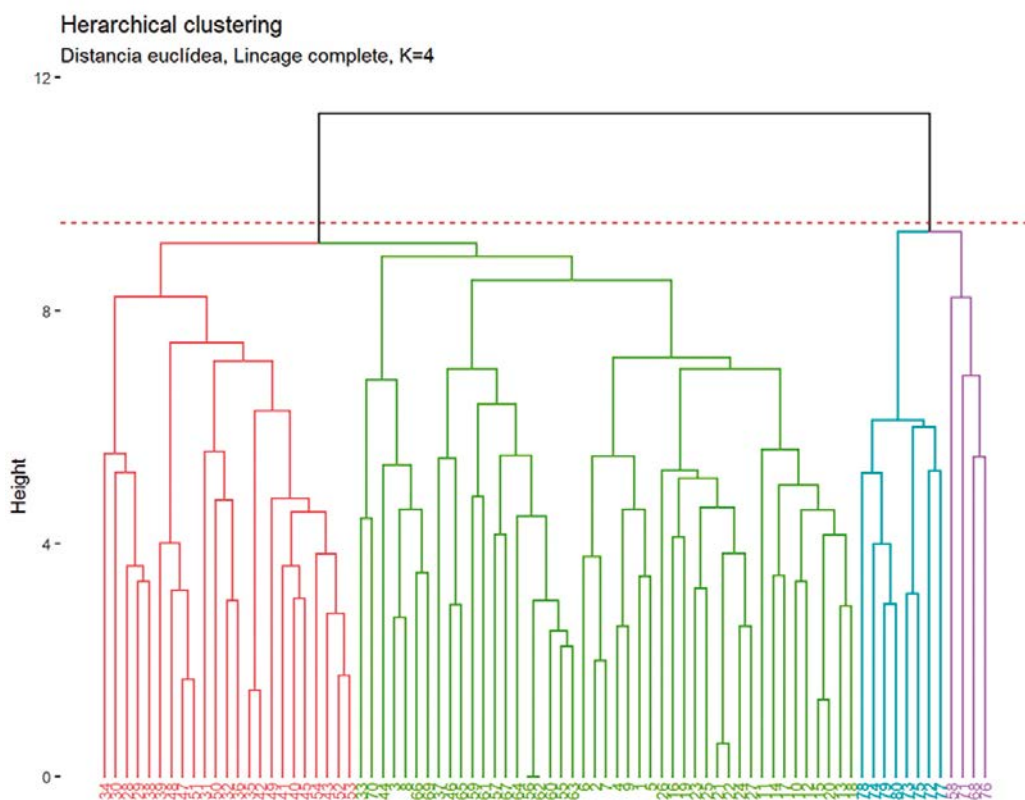


Fuente: Elaboración propia.



Con los resultados de las encuestas, se construyó el análisis de agrupamiento jerárquico, donde se pudo determinar cuatro grupos de productores de aguacate Hass. La figura 7 muestra la agrupación de los productores en clústeres.

Figura 7. Agrupación de productores de aguacate en el departamento del Cauca.



Fuente: Elaboración propia.

En el grupo 1 se encuentra el 28,75% de los productores encuestados, de los cuales el 56,52% se encuentran ubicados en el municipio de Timbío y el 34,78% en el municipio de Piendamó. En su totalidad reciben asistencia técnica en sus cultivos y el 69,57% de ellos tiene registro como predio exportador. Reconocen los



síntomas asociados a enfermedades del fruto, realizan monitoreos mensuales y el control usado es principalmente químico. Aun cuando disponen de registro como predio exportador, la mayor parte de los productores comercializan el producto en el mercado local.

En el grupo 2 se encuentra el 56,25 % de la población encuestada, agrupando productores de los municipios de Popayán, El Tambo, Morales, Piendamó, Timbío, Cajibío y Sotará. Este grupo se caracteriza por que la mayoría recibe asistencia técnica y reconoce los síntomas de enfermedades asociadas a la antracnosis, lenticelosis y pudrición del pedúnculo. Este grupo de productores usa diferentes estrategias de manejo para el control de cada enfermedad, y la mayoría realiza aplicaciones teniendo en cuenta el monitoreo de estas. El mercado de destino de la fruta es principalmente para exportación (44,4%) y mercado nacional o distribución a otras ciudades (22%).

En el grupo 3 se encuentra el 10% de la población encuestada, los cuales son productores ubicados en el municipio de Sotará, quienes reportan baja presencia de las enfermedades asociadas al fruto de aguacate Hass, y en los casos que se presenta, usan productos de síntesis química para su control.

En el grupo 4 se encuentra el 5% de la población encuestada, quienes cuentan con asistencia técnica, registro como predio exportador, reconocen los síntomas asociados a enfermedades del fruto, realizan controles de acuerdo con los focos de las enfermedades y destinan la fruta para mercado de exportación.

Se evidenció la heterogeneidad de los sistemas de cultivo y las prácticas que utilizan los productores para el manejo de las enfermedades del aguacate Hass, teniendo en cuenta las particularidades de cada uno de ellos. En este sentido, las acciones para aumentar la productividad y calidad del cultivo deben tener en cuenta factores relevantes que permitan una mejor adopción de las tecnologías.





Conclusiones

- El departamento del Cauca tiene un potencial importante para el establecimiento y desarrollo de los cultivos de aguacate Hass en la mayoría del territorio, por lo que estas condiciones favorables pueden impulsar la economía agrícola en distintos municipios.
- La caracterización de los productores de aguacate Hass, en función del reconocimiento y manejo de los principales problemas sanitarios, es una herramienta que permite identificar estrategias integradas para mejorar la productividad y calidad del cultivo en el departamento.

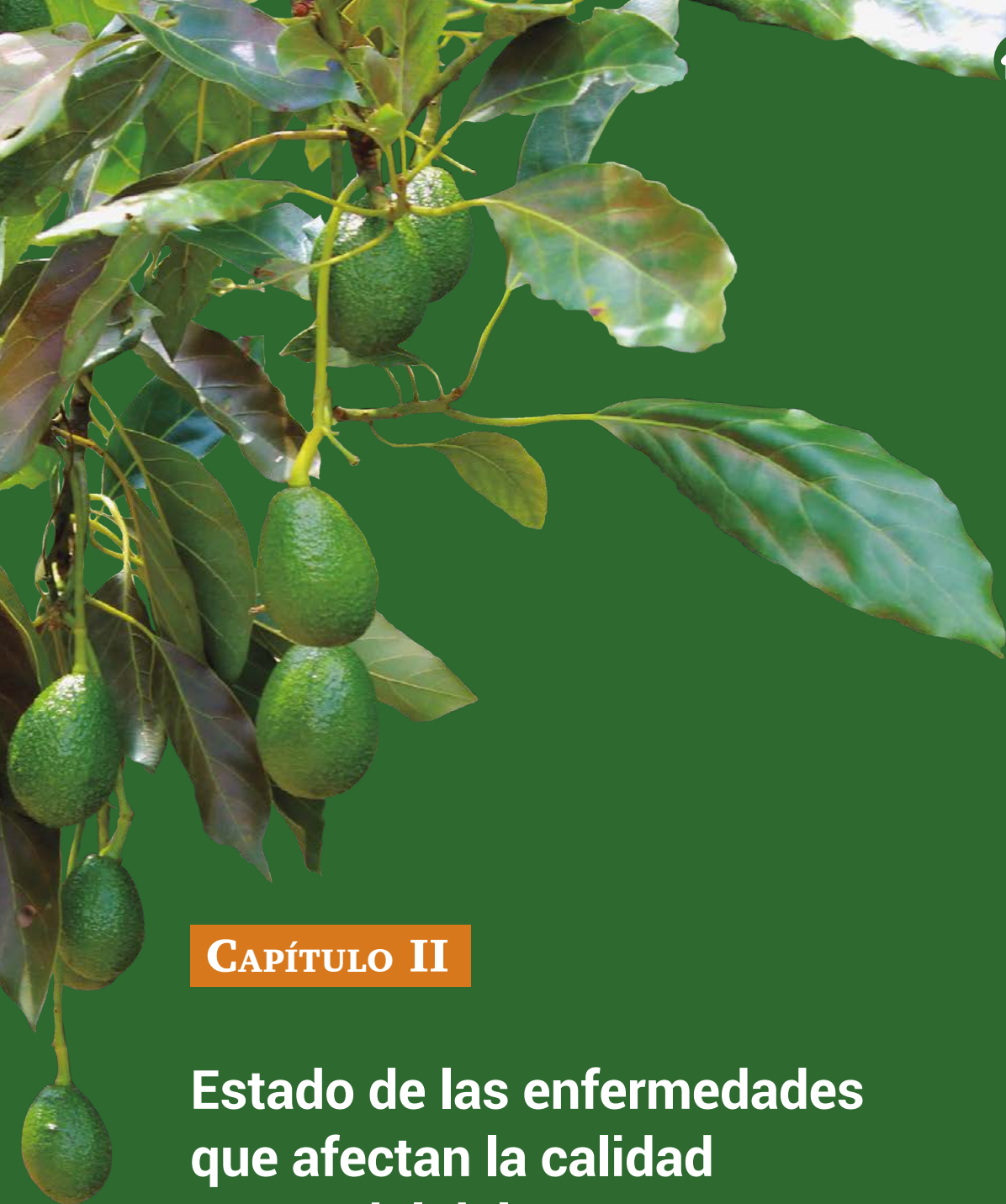
Referencias

- Criollo Escobar, H., Lagos Burbano, T. C., Ibarra, T. B., & Muñoz Belalcázar, J. A. (2016). Caracterización de los sistemas productivos de café en Nariño, Colombia. *Revista U. D. C. A. Actualidad & Divulgación Científica*, 19(1), 105-113.
- León-Agatón, L., Mejía-Gutiérrez, L. F., & Montes-Ramírez, L. M. (2015). Caracterización socioeconómica y tecnológica de la producción del plátano en el bajo occidente del departamento de Caldas. *Luna Azul*, (41), 184-200. <https://doi.org/10.17151/luaz.2015.41.11>
- Miranda, D., & Carranza, C. (2010). *Caracterización de los sistemas productivos de pasifloráceas en zonas productoras de Colombia* [Ponencia]. Primer Congreso Latinoamericano de Pasiflora. Neiva, Colombia.
- Ospina Parra, C. E., Garavito, L. V., & Correa, D. L. (2023). Cadena de valor aguacate Hass: procesos interinstitucionales hacia la exportación en Cauca, Colombia. *Rivar*, 10(28), 235-252. <https://doi.org/10.35588/rivar.v10i28.5333>
- Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano [Agronet]. (2023). *Estadísticas Agropecuarias*.



Ríos Gallego, G., Romero Carrascal, M., Botero Ospina, M. J., Franco, G., Pérez Cárdenas, J. C., Morales Muñoz, J. E., Gallego Duque, J. L., & Echeverry Agudelo, D. I. (2004). Zonificación, caracterización y tipificación de los sistemas de producción de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en el Eje Cafetero. *Revista Corpoica*, 5(1), 22-30. https://doi.org/10.21930/rcta.vol5_num1_art:21

Rodríguez-Yzquierdo, G. A., Becerra-Campiño, J. J., Miranda-Salas, T. C., Alzate-Henao, S. V., & Sandoval Contreras, H. A. (2019). Caracterización de tipologías de productores de plátano (*Musa* AAB) en los Llanos Orientales de Colombia. *Temas Agrarios*, 24(2), 129-138. <https://doi.org/10.21897/rta.v24i2.2001> 



CAPÍTULO II

**Estado de las enfermedades
que afectan la calidad
comercial del aguacate Hass
en el departamento del Cauca**



Las lenticelas son poros ligeramente elevados que están en la superficie del fruto de aguacate y que permiten el intercambio directo de gases entre los tejidos internos de las plantas y la atmósfera. Las lenticelas sobresalen de la superficie del fruto con color blanco o gris, que permanecen parenquimatosos, y comúnmente no se abren paso a través de la epidermis (Barrientos-Prieto et al., 1996; Everett et al., 2008; Nelson, 2018) (figura 8).

Figura 8. Fruto sano de aguacate Hass con presencia característica de lenticelas.



Foto: Alejandro Jaramillo Laverde.



Las lenticelas pueden ser afectadas por diferentes causas, dentro de las cuales están la humedad en el momento de la cosecha, el estrés hídrico, el balance nutricional (principalmente calcio), los daños mecánicos durante la precosecha (roce entre frutos y ramas), la cosecha y la poscosecha. Por lo general, la cosecha es una actividad crítica que puede causar daños físicos o mecánicos a la fruta, por lo tanto no se recomienda realizarla cuando haya lluvia, debido a que las células adyacentes a la lenticela se tornan túrgidas por la humedad y se pueden dañar por la manipulación. El daño de las lenticelas es motivo de preocupación por el efecto adverso sobre la apariencia de la fruta al llegar al mercado y por la posible infección secundaria, que conduce a la pudrición de la fruta (Everett et al., 2008).

El pedúnculo y el pedicelo del fruto son dos tejidos de suma importancia para la producción y la sanidad de los frutos de aguacate. Por su cercanía y conexión con el fruto, tienen un papel trascendental en el llenado de la fruta, debido a que contienen el sistema vascular encargado de conducir nutrientes y fotoasimilados del área foliar hasta el fruto (figura 9). Sin embargo, estos tejidos presentan completa exposición al ambiente y pueden ser objeto de afectación por fitopatógenos, lo que causa una obstrucción significativa para el paso de agua y nutrientes; por esto, los frutos afectados se pueden desprender por la acción del viento y el consecuente rompimiento del pedúnculo. Esta situación adversa afecta notablemente el adecuado llenado de la fruta y, por consiguiente, el calibre y las variables de rendimiento del cultivo, como tamaño y cantidad de frutos.

Es común que los síntomas de daños en la fruta causados por los fitopatógenos en aguacate se expresen cuando esta ha alcanzado su madurez de consumo; esta condición es una limitante para la exportación de la fruta. En frutas frescas y hortalizas, el deterioro en poscosecha puede ser por causa de cambios fisiológicos (senescencia), daños físico-mecánicos o descomposición por microorganismos. Por esto es importante identificar los fitopatógenos



asociados a los daños en precosecha y poscosecha, como el primer paso para el reconocimiento en campo y la identificación de estrategias de manejo.

Los principales problemas fitosanitarios asociados a frutos de aguacate Hass en las zonas productoras del departamento del Cauca se relacionan con daños en la epidermis y en el pedúnculo, los cuales se pueden presentar en la parte interna y externa.

Figura 9. Frutos de aguacate Hass con pedúnculo sano.



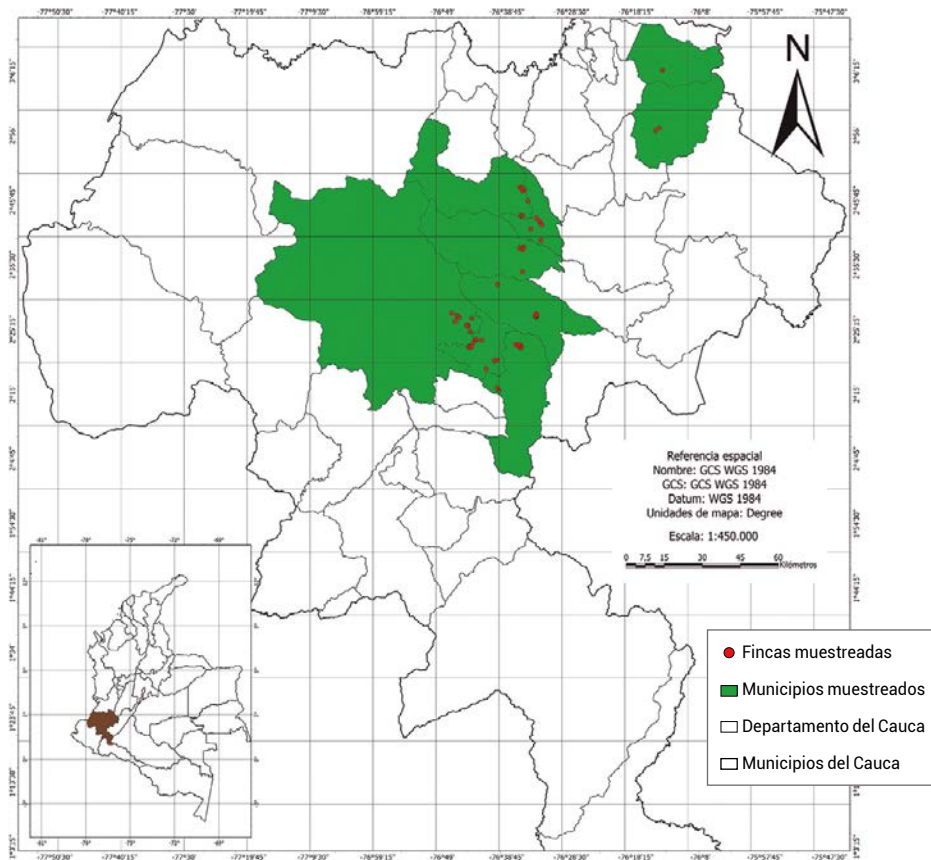
Fotos: Alejandro Jaramillo Laverde y Germán Ceballos Aguirre



Prevalencia de enfermedades en el Cauca y distribución del tipo de daño en frutos de aguacate Hass

La evaluación de las enfermedades presentes en frutos que afectan la calidad de exportación del aguacate Hass se realizó en 67 fincas seleccionadas aleatoriamente distribuidas en nueve municipios.

Figura 10. Mapa de distribución de fincas productoras de aguacate Hass muestreadas para identificación de agentes causales en el departamento del Cauca.



Fuente: Elaboración propia.



La mayor parte del muestreo se realizó en la zona central del departamento del Cauca, donde se encuentra ubicada la mayor área sembrada y el mayor número de productores (figura 10).

En la tabla 2 se resume el número de fincas donde se realizó el muestreo en cada uno de los municipios. El 65 % de las fincas muestreadas están en El Tambo, Timbío, Popayán y Sotará, donde se encuentra la mayor área sembrada en etapa productiva del departamento.

Tabla 2. Distribución de fincas muestreadas en nueve municipios del departamento del Cauca

Zona	Municipio	Número de fincas	Altura promedio sobre el nivel del mar
Norte	Toribío	2	2.047
	Corinto	2	1.867
Centro	El Tambo	11	1.711
	Timbío	12	1.810
	Cajibío	6	1.789
	Popayán	10	1.886
	Morales	7	1.636
	Piendamó	7	1.758
	Sotará	12	2.003

Fuente: Elaboración propia.

Daños externos en el fruto y pedúnculo

Los síntomas asociados a la epidermis en el fruto se caracterizan por la presencia de lesiones negras, redondeadas, lisas y compactas sobre la superficie de las lenticelas del fruto, las cuales, en ocasiones, pueden presentar un leve hundimiento. De igual manera, en las lenticelas del fruto se observan manchas de color marrón con centro oscuro de forma irregular y corrugada; estas lesiones tienden a cuartearse incluso antes de que el fruto sea cosechado (figura 11).





Figura 11. Síntomas de lenticelosis en frutos de aguacate Hass en distintos estados de desarrollo (a y b).



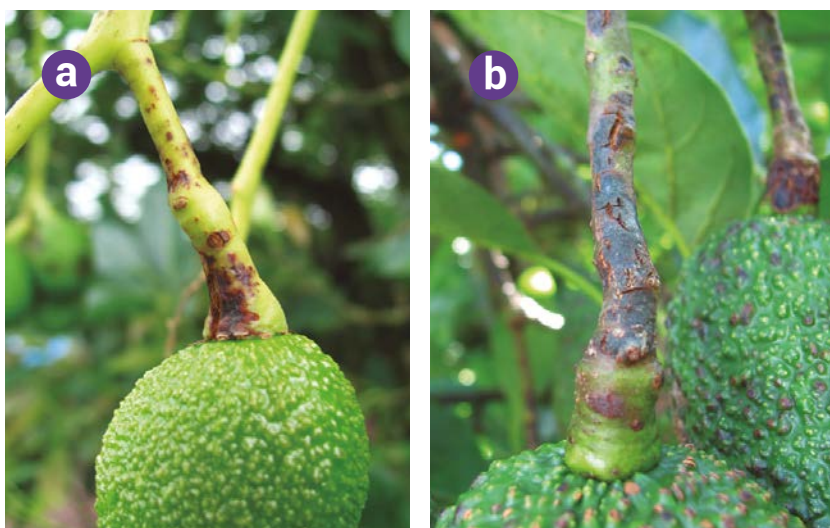
Fotos: Alejandro Jaramillo Laverde.



Este problema se conoce en la zona como lenticelosis. Para el aguacate Hass de exportación, las lenticelas afectadas o manchas negras con diámetro menor de 3 mm constituyen un daño superficial, que está asociado con las lesiones causadas durante la cosecha y el empaque del fruto, y se incrementan cuando se cosechan frutos en periodo de lluvias (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec], 2018).

Los síntomas asociados a daños externos en el pedúnculo se caracterizan por la presencia de lesiones de color marrón, que en algunos casos son muy oscuras y de forma irregular, a lo largo de la superficie. En estados iniciales de la enfermedad, se pueden observar pequeños puntos de color marrón, agrupados en diferentes partes del pedúnculo (figura 12a), y con el tiempo estas lesiones se unen y se expanden rodeando el pedúnculo y creando un anillamiento (figura 12). A medida que avanzan los síntomas, el tejido vascular se necrosa (figura 12b), lo cual interrumpe el flujo de fotoasimilados necesarios para el adecuado llenado de la fruta. Esta enfermedad se conoce en la zona como pudrición de pedúnculo.

Figura 12. Síntomas de pudrición de pedúnculo en frutos de aguacate Hass (a y b).

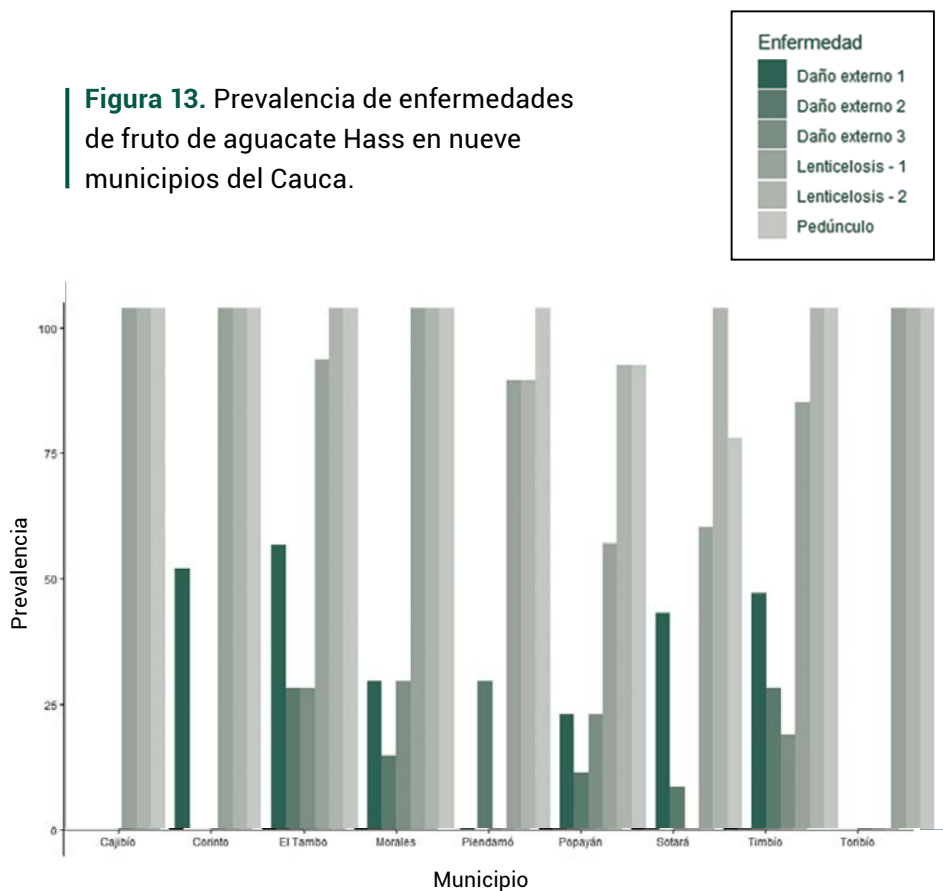


Fotos: Alejandro Jaramillo Laverde.



Durante las evaluaciones en campo, los problemas de pudrición de pedúnculo se encontraron en el 94,2% y la lenticelosis en el 97,01 % de las fincas visitadas en todos los municipios muestreados del departamento del Cauca. Los municipios que presentaron valores más bajos de prevalencia de pudrición de pedúnculo fueron Popayán, con el 89 %, y Sotará, con el 75 %. En el caso de la lenticelosis, los valores más bajos se observaron en los municipios de Piendamó y Popayán (figura 13).

Figura 13. Prevalencia de enfermedades de fruto de aguacate Hass en nueve municipios del Cauca.



Fuente: Elaboración propia.

Los daños internos del fruto en madurez de consumo se evidenciaron en el 50,7% de las fincas muestreadas y se clasificaron como tipo de daño 1, 2 y 3, siendo el tipo de daño 1 el de mayor



importancia, pues se presentó en seis de los nueve municipios muestreados, con una prevalencia del 31,3 %. El tipo de daño 2 se detectó también en seis de los nueve municipios muestreados, pero con una prevalencia del 16,41 %. El tipo de daño 3 se encontró en cuatro municipios, en el 13,4 % de las fincas muestreadas. En general, se considera que la presencia de pudrición de pedúnculo y de lenticelosis es alta en todos los municipios muestreados (figura 13).

En el laboratorio, se procesaron 935 frutos de aguacate Hass, de los cuales 232 correspondieron al estado fenológico 715 (de acuerdo con la escala establecida por Alcaraz et al., 2013) y 703 frutos al estado 719. En frutos del estado fenológico 719, se presentaron con mayor frecuencia los dos tipos de lenticelosis: L1, con un valor de 41,1 %, y L2, con un valor de 94,8 % (tabla 3).

De manera general, la lenticelosis tipo 2 se presentó con una incidencia mayor (92,2 %) en el total de frutos evaluados. El daño relacionado con pudrición de pedúnculo se observó en el 82,9 % del total de frutos evaluados. En el estado 715, se observaron síntomas iniciales con una incidencia alta (75,4 %); asimismo, en frutos del estado 719 con síntomas avanzados e incidencia alta (85,4 %).

Tabla 3. Incidencia de los tipos de daño externo en las lenticelas (L1, L2) y pudrición del pedúnculo (P) en frutos de aguacate Hass del departamento del Cauca

Estado fenológico	Frutos procesados	Tipo de daño		
		L1 %	L2 %	P %
715	232	20,6	90,5	75,4
719	703	41,1	94,8	85,4
Total	935	34,1	92,2	82,9

Fuente: Elaboración propia.



Los daños en la pudrición de pedúnculo y la lenticelosis tipo L2 pueden ser causados en estados fenológicos previos al 715.

En campo, se observó una posible relación entre la presencia de lesiones características de la pudrición de pedúnculo y los daños asociados a la lenticelosis. Con alta frecuencia, la pudrición de pedúnculo coincidió con la lenticelosis tipo L2 (80,4 %) (tabla 4), y en el 30,2 % de los casos coincidió con la lenticelosis L1, lo cual indica que existe alta probabilidad de que haya relación entre los dos tipos de daño.

Tabla 4. Relación de frecuencia de los tipos de daño externo de las lenticelas (L1, L2) y la pudrición del pedúnculo (P) en un mismo fruto de aguacate Hass

Estado fenológico	Frutos procesados	Relación entre tipos de daños en frutos			
		L1+L2 (%)	P + L10 (%)	P + L2 (%)	L1 + L2 + P (%)
715	232	12,9	12,1	74,6	11,6
719	688	36,8	36,3	82,4	33,0
Total	920	30,7	30,2	80,4	27,6

Fuente: Elaboración propia.

Daños internos del fruto

En condiciones de cultivo, la lenticelosis y pudrición del pedúnculo se presentan como infecciones quiescentes en los frutos inmaduros y, por lo tanto, no muestran deterioro interno del fruto. Estas infecciones se desarrollan posteriormente en la poscosecha o en el transporte, de tal manera que los síntomas de pudriciones y necrosis interna de la pulpa se evidencian una vez la fruta llega al destino.





En la parte interna del fruto, se pueden presentar al menos tres tipos de daños, principalmente en la poscosecha. Estos daños están relacionados con el crecimiento de los microorganismos, los cuales aceleran el proceso de degradación de la pulpa y la semilla, y se diferencian claramente del deterioro por causa de golpes, transporte o daños por frío.

En condiciones de cultivo, la lenticelosis y pudrición del pedúnculo se presentan como infecciones quiescentes en los frutos inmaduros y, por lo tanto, no muestran deterioro interno del fruto.

Daño 1

Se caracteriza por una coloración oscura (negra) en la pulpa de la fruta de consistencia corchosa y dura. Este tipo de lesión se presenta, primero, con una necrosis café oscura/parda que se extiende desde la unión con el pedúnculo (figura 14), luego avanza hacia la pulpa del fruto y lo coloniza, y por último la lesión se torna oscura. Con poca frecuencia se ha presentado este tipo de daño en la semilla.

Figura 14. Daño interno tipo 1 presente en frutos de aguacate Hass.



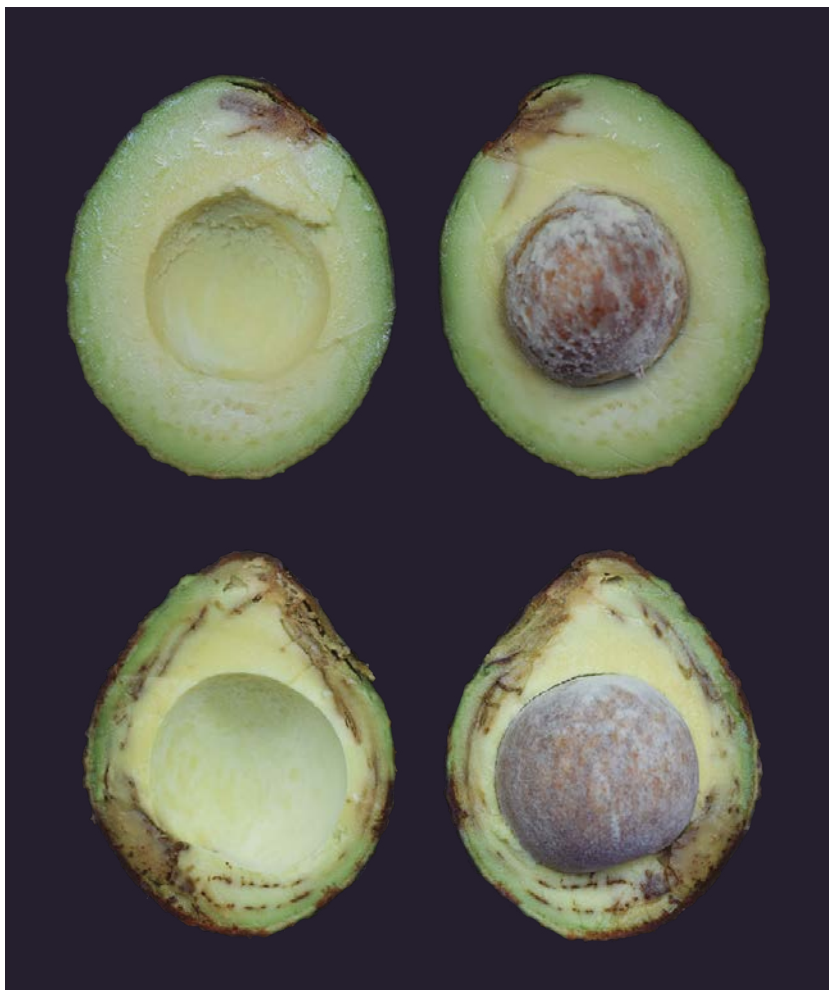
Fotos: Alejandro Jaramillo Laverde.



Daño 2

Se presenta necrosis de color café claro en la unión del fruto con el pedúnculo, lo que ocasiona, por lo general, una necrosis de la mayoría de los haces vasculares del fruto, los cuales se observan pronunciados y necróticos. El área necrótica inicial está acompañada de abundante crecimiento de micelio algodonoso de coloración blanquecina a gris (figura 15).

| Figura 15. Daño interno tipo 2 presente en frutos de aguacate Hass



Fotos: Alejandro Jaramillo Laverde.



Daño 3

Inicia con la necrosis de la pulpa en la zona de unión con el pedúnculo. Por lo general, este tipo de lesión tiene una consistencia amarilla pálida y blanda (figura 16); normalmente se presenta crecimiento interno de micelio blanquecino y en la mayoría de los casos no hay necrosis de los haces vasculares en el fruto.

Figura 16. Daño interno tipo 3 presente en frutos de aguacate Hass.



Fotos: Alejandro Jaramillo Laverde.

De todas las fincas muestreadas, en 34 de ellas (50,7%) se presentaron frutos con daños internos cuando alcanzaron la madurez de consumo, lo que indica una relación significativa de los daños presentes en campo (precosecha) con el deterioro de la calidad de la poscosecha (tabla 5). El daño peduncular P1 es el de mayor importancia, debido a que se presentó en seis de los nueve municipios muestreados, con una incidencia del 31,34% (tabla 6), mientras que el daño P2 tuvo una incidencia del 16,41% y el P3 del 13,43%.



Tabla 5. Incidencia del daño peduncular interno en frutos de aguacate Hass en el departamento del Cauca

Tipo de daño peduncular	Fincas afectadas	% FDI	% TFM
P1	21	61,76	31,34
P2	11	32,35	16,41
P3	9	26,47	13,43

% FDI: total de fincas con daños internos (34)
%TFM: total de fincas muestreadas (67)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Distribución y prevalencia de los tipos de daño interno en frutos de aguacate Hass por municipio en el departamento del Cauca

Municipio	Fincas muestreadas	Tipo de daño peduncular		
		P1 %	P2 %	P3 %
El Tambo	11	54,5	27,3	27,3
Morales	7	28,5	14,3	28,5
Piendamó	7	0	28,5	0
Popayán	9	22,2	11,1	22,2
Timbío	11	45,4	27,3	18,2
Cajibío	6	0	0	0
Sotará	12	41,6	8,3	0
Corinto	2	50,0	0	0
Toribío	2	0	0	0
Total	67	31,3	16,4	13,4

Fuente: Elaboración propia.



Incidencia de enfermedades en municipios productores del departamento del Cauca

En aguacate, el llenado de frutos es el tiempo que transcurre entre la polinización y la maduración fisiológica del fruto. Dicho fruto puede alcanzar la madurez fisiológica en el árbol y permanecer allí después de este periodo hasta por tres meses o más. El periodo entre la polinización y la cosecha del fruto depende de la raza, del cultivar y de las condiciones edafoclimáticas de la zona donde se ubique el cultivo, y puede oscilar entre 27 y 60 semanas. Para el cultivar de Hass en Colombia, oscila entre 9 y 12 meses, dependiendo de la altitud donde se establece el cultivo (Bernal-Estrada & Díaz-Díez, 2020).

En Antioquia, Bernal (2011) encontró que existe una influencia de la altura sobre el periodo de floración a cosecha. Cultivos sembrados a 2.410 m s.n.m. tardaron 12 meses; a 2.180 m s.n.m., entre 10 y 11 meses; a 1.900 m s.n.m., entre 9 y 10 meses, y a 1.340 m s.n.m., entre 7 y 8 meses.

En esas condiciones de altitud, una de las particularidades con el aguacate es que naturalmente se producen dos cosechas al año y se les denomina cosecha principal y traviesa (secundaria). Por lo general, la cosecha principal corresponde al 70% del total de la cosecha anual, y el 30% restante, a la cosecha traviesa (secundaria). Teniendo en cuenta los dos periodos de floración y de cosecha en el año, junto con el largo periodo de llenado de la fruta, es usual que se encuentren flores, fruta pequeña, fruta mediana y fruta grande al mismo tiempo (Red Agrícola, 2019).

El periodo entre la polinización y la cosecha del fruto depende de la raza, del cultivar y de las condiciones edafoclimáticas de la zona donde se ubique el cultivo, y puede oscilar entre 27 y 60 semanas.



El seguimiento al desarrollo de la lenticelosis y la pudrición de pedúnculo en los municipios se realizó entre agosto de 2019 y marzo de 2020, periodo que coincide con el inicio del segundo ciclo de producción de aguacate en el departamento. Para esto, se seleccionaron predios representativos en los municipios de Piendamó, Popayán, Timbío y Sotaró (tabla 7).

Tabla 7. Municipios en los que se hizo el seguimiento de las enfermedades pudrición de pedúnculo y lenticelosis

Municipio	Vereda	Altitud (m s. n. m.)
Piendamó	Octavio	1.696
Popayán	La Claridad	1.889
Sotaró	El Crucero	1.941
Timbío	Hato Viejo	1.845

Fuente: Elaboración propia.

En cada predio se hizo una distribución al azar de los árboles y se marcaron cuatro ramas principales por árbol (ubicadas en los cuatro puntos cardinales) para hacer el seguimiento durante el ciclo de desarrollo del fruto (figura 17). Para cada predio, se marcaron 20 árboles para áreas superiores a dos hectáreas y quince árboles en predios con áreas inferiores.

Se estableció un diseño en bloques al azar, distribuyendo los bloques de acuerdo con el sentido de la pendiente. Se tomó un árbol como unidad experimental, con cinco repeticiones por bloque. Las evaluaciones de incidencia de las enfermedades se hicieron cada 20 días, mediante el conteo de frutos que presentaran síntomas asociados a cada una de estas. Con los valores obtenidos se construyó la curva de desarrollo de la enfermedad para cada una de las fincas.



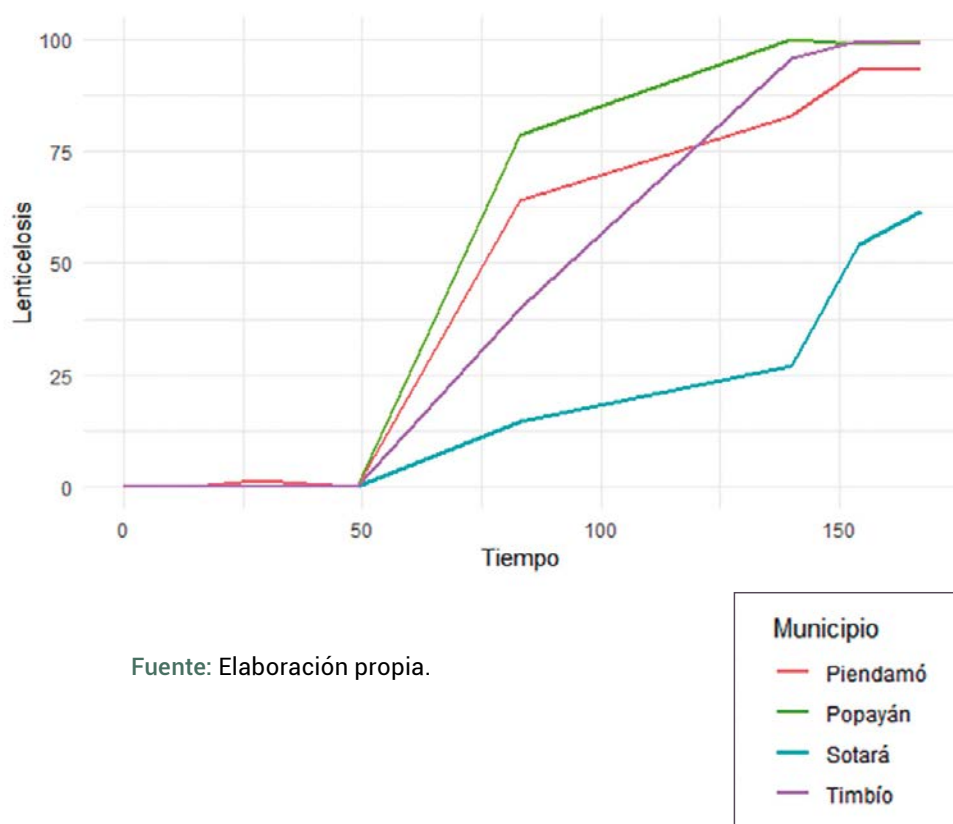
Figura 17. Seguimiento de enfermedades en predios de productores del departamento del Cauca. a. Selección de árboles; b. Selección de ramas; c. Marcación de ramas.





El seguimiento a la lenticelosis en el periodo evaluado se muestra en la figura 18, y se evidencia un comportamiento sigmoideal, en el cual los síntomas de la enfermedad se observaron 50 días después de la antesis en todas las fincas evaluadas. Los síntomas de la enfermedad se presentaron con mayor velocidad durante la última parte del ciclo productivo, principalmente cuando los controles sanitarios al fruto se suspendieron debido al riesgo por residualidad de algunos productos. En Sotará, la enfermedad se mantuvo por debajo del 25% durante la mayor parte del ciclo productivo.

Figura 18. Curva de desarrollo de lenticelosis en frutos de aguacate Hass en cuatro municipios productores del Cauca, durante el periodo agosto de 2019-marzo de 2020.



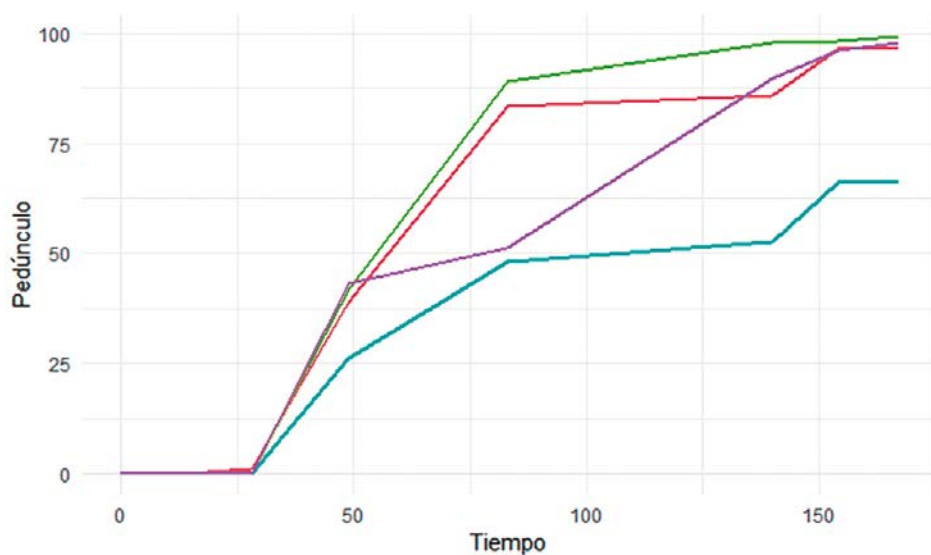
Fuente: Elaboración propia.



El comportamiento de la pudrición del pedúnculo en las cuatro localidades evaluadas se observa en la figura 19. Los síntomas de la enfermedad se empezaron a observar antes de los 50 días después de la antesis floral en las localidades de Popayán y Pien-damó, donde se encontró mayor incidencia.

En la localidad de Sotará, la enfermedad se presentó con menor incidencia, y se mantuvo por debajo del 50% durante la mayor parte del ciclo.

Figura 19. Curva de desarrollo de pudrición de pedúnculo en frutos de aguacate Hass en cuatro municipios productores del Cauca, durante el periodo agosto de 2019-marzo de 2020.



Fuente: Elaboración propia.

Municipio

- Pien-damó
- Popayán
- Sotará
- Timbío



El área bajo la curva de progreso escalonado de la enfermedad (AUDPS) mejora la estimación del progreso de la enfermedad al otorgar un peso más cercano al óptimo a la primera y última observación (Simko & Piepho, 2012). De acuerdo con este cálculo, los síntomas de las enfermedades fueron más severos en la localidad de Popayán durante el ciclo evaluado y menos severos en Sotará (tabla 8).

Tabla 8. Área bajo la curva de progreso escalonado y relativo de la enfermedad para lenticelosis y pudrición de pedúnculo en cuatro municipios del departamento del Cauca

Municipio	Lenticelosis		Pudrición de pedúnculo	
	AUDPS	AUDPS relativo	AUDPS	AUDPS relativo
Timbío	6.185,63	0,3427	8.168,83	0,4526
Sotará	2.701,01	0,1496	6.092,00	0,3375
Popayán	8.453,22	0,4683	10.425,53	0,5776
Piendamó	7.267,37	0,4026	9.816,13	0,5438

AUDPS: área bajo la curva de progreso escalonado de la enfermedad.

Fuente: Elaboración propia.

En el municipio de Timbío, el comportamiento de las enfermedades fue similar durante el ciclo evaluado, y se encontró una alta incidencia después de 150 días de la antesis floral, lo cual afecta directamente la calidad de la fruta que se destina para exportación. Durante octubre, no se observaron síntomas relacionados con ninguna de las enfermedades evaluadas (figuras 20a y 20b), mientras que en febrero (figura 20c) y marzo (figura 20d) los síntomas fueron más severos.



Figura 20. Evolución de síntomas de lenticelosis y pudrición del pedúnculo en el municipio de Timbío (vereda Hato Viejo) durante la evaluación de incidencia en el ciclo II de floración de 2019. a. y b. Octubre de 2019; c. Febrero de 2020; d. Marzo de 2020.

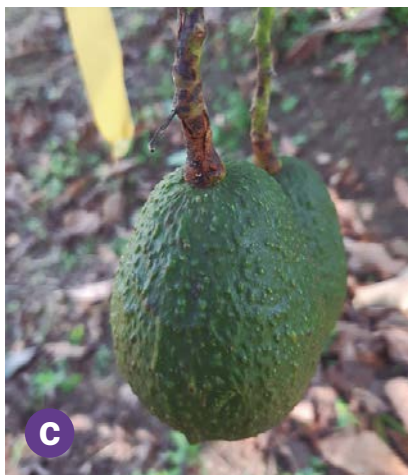


Fotos: Germán Ceballos Aguirre y Alejandro Jaramillo Laverde.



En el municipio de Piendamó se presentaron las enfermedades en etapas tempranas de desarrollo del fruto (figuras 21a y 21b) y con mayor severidad en etapas previas a la cosecha, lo cual afectó la calidad del fruto para su comercialización (figuras 21c y 21d). En este municipio, la mayor parte de la producción se vende en el mercado local.

Figura 21. Evolución de síntomas de la lenticelosis y pudrición del pedúnculo en el municipio de Piendamó durante la evaluación de incidencia en el ciclo II de floración de 2019. a. Septiembre de 2019; b. Noviembre de 2019; c. Febrero de 2020; d. Marzo de 2020.



Fotos: Germán Ceballos Aguirre y Alejandro Jaramillo Laverde.



En el municipio de Sotar  se presentaron los menores valores de incidencia de las enfermedades evaluadas. En etapas tempranas de desarrollo del fruto, no se observaron síntomas (figuras 22a-22c). Los síntomas se concentraron en las etapas finales del ciclo, cuando se suspenden las aplicaciones sanitarias (figura 22d). La baja incidencia de estas enfermedades en la finca permitió destinar los frutos al mercado de exportación.

Figura 22. Evolución de síntomas de la lenticelosis y pudrición del pedúnculo en el municipio de Sotar  durante la evaluación de incidencia en el ciclo II de floración de 2019. a. Septiembre de 2019; b. Noviembre de 2019; c. Febrero de 2020; d. Marzo de 2020.



Fotos: Germán Ceballos Aguirre y Alejandro Jaramillo Laverde.



Figura 23. Evolución de síntomas de la lenticelosis y pudrición del pedúnculo en el municipio de Popayán durante la evaluación de incidencia en el ciclo II de floración de 2019; a. Septiembre de 2019; b. Noviembre de 2019; c. Febrero de 2020; d. Marzo de 2020.



Fotos: Germán Ceballos Aguirre y Alejandro Jaramillo Laverde.



En el municipio de Popayán, para las enfermedades evaluadas, se presentaron los mayores valores de incidencia de todas las localidades que se analizaron. Los síntomas aparecieron en etapas tempranas de desarrollo del fruto (figuras 23a y 23b), los cuales progresaron rápidamente y afectaron la calidad y la producción de la finca. En casos severos de infección de la fruta (figuras 23c y 23d), esta presentó un calibre muy bajo, característica que afecta la comercialización incluso para el mercado local.

Conclusiones

- La pudrición del pedúnculo y la lenticelosis del fruto de aguacate Hass se presentó en más del 95 % de las fincas evaluadas en este estudio.
- Los daños en los frutos de aguacate Hass observados en la etapa de precosecha tuvieron una relación directa con los daños internos de frutos y el deterioro de la calidad interna en 50,7 % de las fincas evaluadas. El daño tipo I es el de mayor importancia y prevalencia en este estudio.
- Los síntomas de daños en los frutos de aguacate asociados a pudrición de pedúnculo y lenticelosis se empezaron a observar aproximadamente a los 50 días después de la antesis, y se presentaron con mayor severidad durante los últimos 30 días de desarrollo en el árbol previos a la cosecha.



Referencias

- Alcaraz, M. L., Thorp, T. G., & Hormaza, J. I. (2013). Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 164, 434-439. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.051>
- Barrientos Prieto, A. F., García Villanueva, E., & Avitia García, E. (1996). Anatomía del fruto de aguacate, ¿drupa o baya? *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 2(2), 189-198. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.1995.06.041>
- Bernal Estrada, J. A., & Díaz Díez, D. A. (Comps.). (2020). *Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403831>
- Bernal, J. A. (2011). *Cuarto informe de avance del proyecto: Estudio y evaluación del comportamiento agronómico y productivo de las variedades de aguacate Hass en diferentes pisos térmicos del departamento de Antioquia*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia.
- Everett, K. R., Hallett, I. C., Rees-George, J., Chynoweth, R. W., & Pak, H. A. (2008). Avocado lenticel damage: The cause and the effect on fruit quality. *Postharvest Biology and Technology*, 48(3), 383-390. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.09.008>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec]. (2018). Frutas frescas. Aguacate variedad Hass. Especificaciones. <https://tienda.icontec.org/gp-frutas-frescas-aguacate-variedad-hass-especificaciones-ntc6345-2019.html>



Nelson, R. (2018). Avocado. Common avocado quality defects. *FruiTrop*, (259), 96-101. <https://www.fruitrop.com/en/Articles-by-subject/Quality-defects/2018/Common-Avocado-Quality-Defects>

Red Agrícola. (2019). El aguacate Hass encuentra su segundo hogar en Colombia. <https://www.redagricola.com/co/el-aguacate-hass-encuentrasu-segundo-hogar-en-colombia>

Simko, I., & Piepho, H.-P. (2012). The area under the disease progress stairs: calculation, advantage, and application. *Phytopathology*, 102(4), 381-389 





CAPÍTULO III

**Metodologías para el
aislamiento y la identificación
de microorganismos asociados
a enfermedades del fruto de
aguacate Hass**



Los hongos representan uno de los grupos de microorganismos más diversos en el planeta y desempeñan variadas funciones en los ecosistemas (Kendrick, 2017). En la actualidad, se estima que hay descritas alrededor de 150.000 especies de hongos, y se espera que estas representen una pequeña porción de la cantidad total de especies fúngicas, la cual podría llegar a ser de 11,7 a 13,2 millones de especies (Hyde, 2022). Esta gran diversidad ha generado sistemas de clasificación biológica diferentes, pero compatibles, de los cuales los más importantes históricamente son el morfológico y el molecular. El estudio morfológico de los aislamientos fúngicos ha sido uno de los componentes fundamentales de la clasificación e identificación de los hongos y en la actualidad es esencial, a pesar del avance de las técnicas de identificación molecular (Hyde et al., 2010).

Aislamiento de microorganismos

El aislamiento y la identificación de microorganismos se realizaron en el laboratorio de microbiología agrícola de AGROSAVIA, en el Centro de Investigación Palmira. Después de recibir las muestras, se clasificaron de acuerdo con el tipo de estructura y el estado fenológico (fruto 715-719) para luego verificar, con ayuda del estereoscopio, el tipo de daño presente.

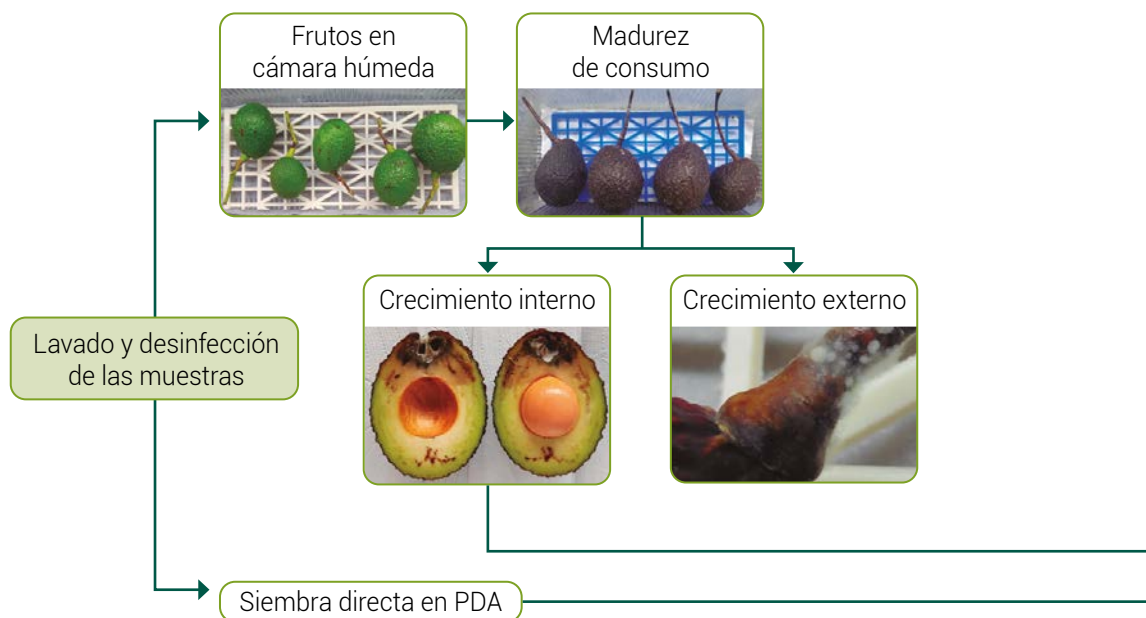
Las muestras se sumergieron en una solución de agua y jabón líquido con pH neutro y se secaron con una toalla de papel absorbente estéril; posteriormente, se sumergieron durante dos minutos en hipoclorito de sodio a una concentración de 1,5%. Transcurrido este tiempo, se enjuagaron tres veces con agua



destilada estéril y se secaron con toallas de papel estériles. Se extrajeron fragmentos de tejido afectado de aproximadamente 5 mm x 5 mm para realizar siembras directas en medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA). El resto de la muestra se introdujo en cámaras húmedas. El mismo procedimiento se siguió en el caso de muestras de estructuras sin síntomas (sanas).

Las cámaras húmedas se elaboraron con recipientes plásticos con tapa de cierre hermético, y dentro de estos se dispusieron toallas de papel estériles que se humedecieron con 20 ml de agua destilada estéril. Sobre el papel toalla humedecido se instaló una rejilla de plástico y sobre esta se dispusieron los frutos de cada muestra de manera uniforme, evitando el contacto directo entre ellos. En cada cámara húmeda, se introdujeron muestras de la misma finca, de la misma categoría (sano o enfermo), del mismo tipo de estructura (vegetativa/reproductiva) y del mismo estado fenológico.

Figura 24. Esquema de procesamiento de muestras de frutos de aguacate Hass provenientes de nueve municipios del Cauca.

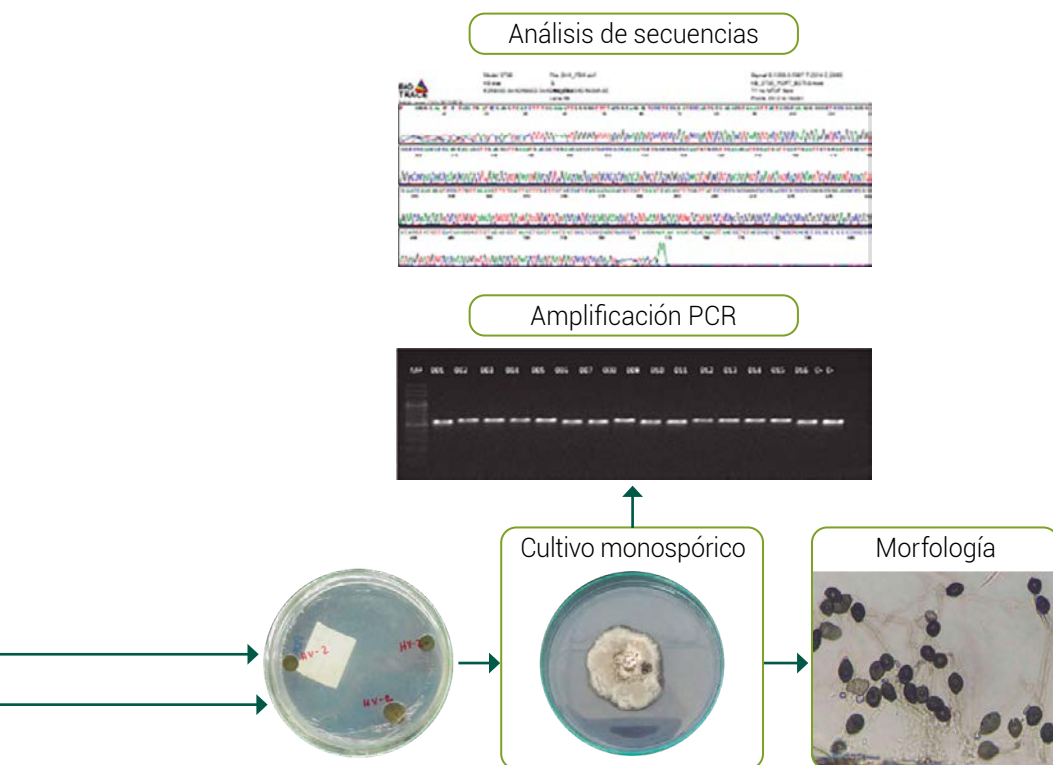


Fuente: Elaboración propia.



Las muestras en cámara húmeda se incubaron a temperatura ambiente hasta que los frutos alcanzaron el estado de madurez de consumo (aproximadamente 15 días). Transcurrido este tiempo, se usó el estereoscopio para identificar el desarrollo de lesiones externas e internas, y la presencia de estructuras de microorganismos en las muestras. Después, se sembraron fragmentos de tejido que presentaron síntomas o estructuras de microorganismos en medio del cultivo PDA para obtener el respectivo aislamiento (figura 24).

De todas las muestras procesadas se obtuvo una colección de aislamientos fúngicos (hongos), a partir de los cuales se conformaron grupos con crecimiento y morfología similar, conocidos como morfotipos. De cada aislamiento se obtuvieron cultivos monospóricos, y con estos se realizó la identificación morfológica y molecular de la colección. No se obtuvo crecimiento de microorganismos bacterianos asociados a las lesiones de las muestras.





Protocolo de identificación morfológica de hongos asociados a enfermedades en frutos, pedúnculos y pudriciones internas de aguacate Hass

La identificación morfológica de los microorganismos obtenidos en el proceso de aislamiento de frutos y pedúnculos se realizó mediante la descripción y medición de estructuras sexuales y asexuales, características que se encuentran presentes en cada grupo estudiado. De acuerdo con las condiciones de crecimiento de los géneros encontrados, se ajustaron distintos protocolos para la obtención de estructuras para identificación.

Reactivación de aislamientos

1. Para la reactivación de los aislamientos se tomó un fragmento de papel filtro conservado y se dispuso en el punto central de una caja de petri con medio PDA. A partir del crecimiento de la colonia se tomaron discos para realizar los diferentes ensayos.
2. La selección del medio de cultivo para el crecimiento óptimo de los microorganismos se realizó con base en los reportes de filogenia de cada género en estudio. Para las descripciones macroscópicas y de crecimiento se usaron los medios de cultivo PDA y agar extracto de malta (MEA). Para favorecer el desarrollo de estructuras reproductivas, se utilizó el medio PNA (agar al 2% suplementado con acículas de pino). La siembra se realizó por disco, transfiriendo un segmento de la zona de avance de $0,5 \text{ cm}^2$ en el centro de la nueva caja de petri con 15 ml de medio de cultivo.





3. Las condiciones de crecimiento se establecieron por cada grupo, pero en general la temperatura óptima de crecimiento es de 24 °C, con un fotoperiodo de 12 horas.
4. Se registró la transición del color de las colonias durante el crecimiento en el medio de cultivo, ya que la formación de estructuras reproductivas y su maduración está relacionada con el paso de los días. También se tomó el registro fotográfico de las colonias y las evaluaciones de color con referencia al sistema Munsell.
5. El crecimiento micelial se describió teniendo en cuenta su densidad y elevación, y se describió la formación de estructuras reproductivas como estromas, acérvulos, picnidios, conidiomatas y sus exudados.

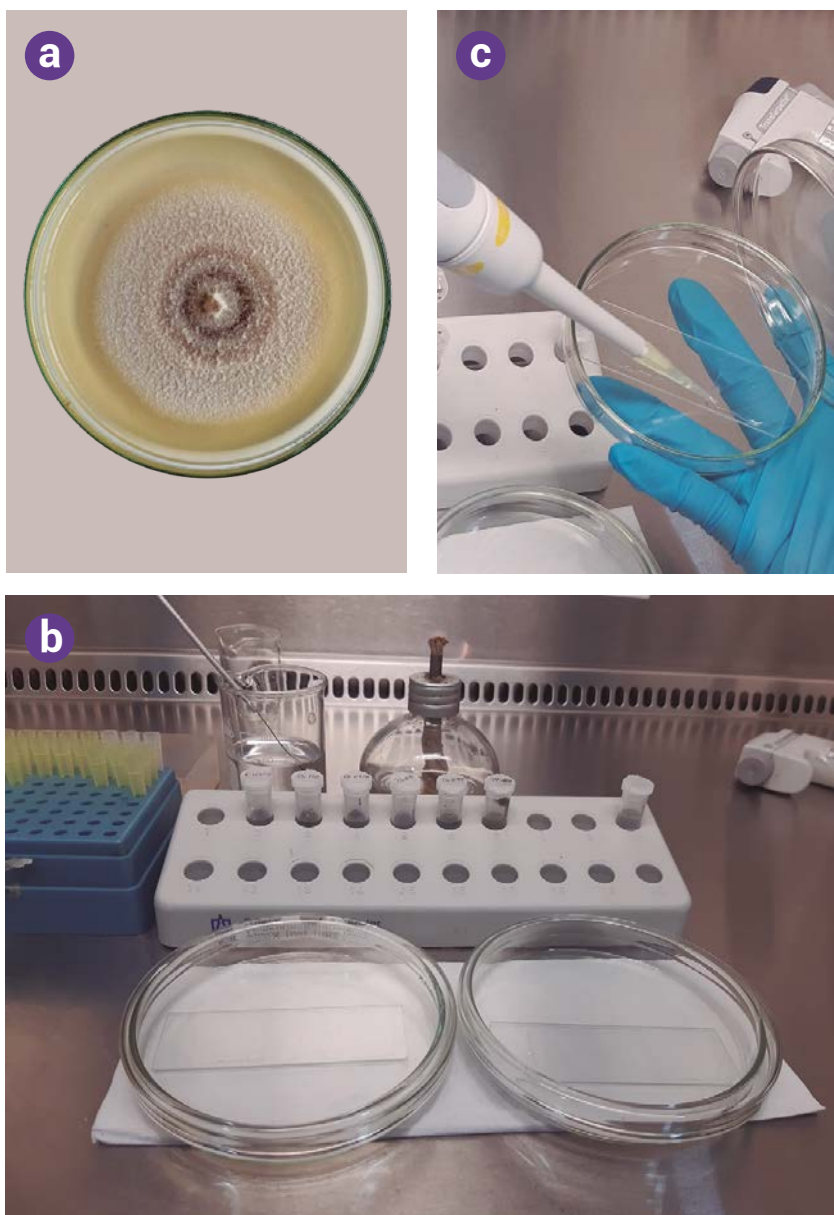
Producción de estructuras reproductivas de *Colletotrichum* spp.

La identificación de *Colletotrichum* spp. se llevó a cabo con la técnica de microcultivo en medio agar agua (15.000 ppm). Un volumen de 1 ml de agua destilada estéril se depositó en un tubo eppendorf de 1,5 ml, luego se agregó una masa de conidias en formación, procedentes de una colonia pura del patógeno de 15 días de crecimiento y se agitó con vórtex. Como inóculo se tomaron 30 μ L de una suspensión de conidios del hongo y se sembraron en 60 μ L del medio de cultivo servido en portaobjetos, como se muestra en la figura 25.

Los microcultivos se incubaron en condiciones de cámara húmeda a temperatura ambiente entre 5 y 7 días aproximadamente para la formación de apresorios. La medición de las estructuras se realizó en un microscopio Nikon de contraste, integrado al software NIS-Elements Analysis.



Figura 25. Preparación de inóculo de *Colletotrichum* spp. a. Colonia de 15 días de crecimiento; b. Suspensión de conidias y microcultivo; c. Aplicación de la suspensión de esporas en el microcultivo.



Fotos: Luz Natalia Martínez Caballero.



Producción de estructuras reproductivas de especies de la familia Botryosphaeriaceae

La producción de estructuras reproductivas de las especies de la familia Botryosphaeriaceae se induce mediante la inoculación del hongo en discos de frutos de cacao y yemas de aguacate Hass.

Inoculación en fruto de cacao

Los frutos de cacao de aproximadamente dos meses de desarrollo se sumergieron en una solución de agua y Timsem® (1.000 ppm) durante cinco minutos y se lavaron con agua de grifo. Se cortaron longitudinalmente rodajas de 5 mm de grosor, se inocularon con un disco de agar con el micelio del hongo y se sellaron con papel parafinado (figura 26). El tejido inoculado se incubó durante ocho días a temperatura ambiente en condiciones de cámara húmeda.

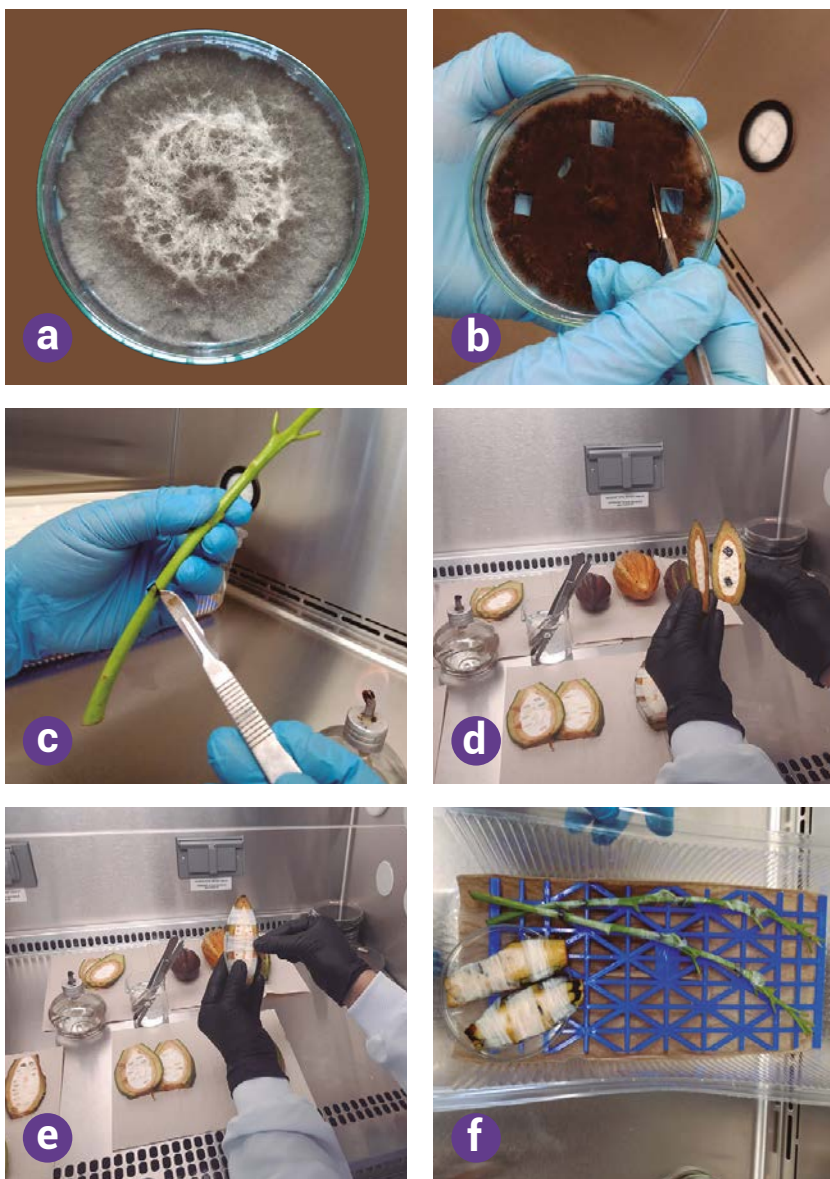
Inoculación en yemas de aguacate Hass

Se colectaron yemas de árboles de aguacate Hass en producción y se lavaron en una solución de agua y Timsem® (1g/L) y agua de grifo. Posteriormente, se realizó una triple desinfección con hipoclorito de sodio al 1 % por un minuto, etanol al 70 % por un minuto y agua destilada estéril. El tejido se secó con toallas de papel estéril en cámara de bioseguridad y se inoculó con micelio de una colonia pura del microorganismo de 15 días de crecimiento. Para la inoculación, se hizo una pequeña herida con cuchilla, el micelio se introdujo en ella y finalmente se selló con papel parafinado. Las yemas se incubaron a temperatura ambiente durante 12 días en condiciones de cámara húmeda (figura 26).

La formación de picnidios y las conidias se observaron en un microscopio de contraste integrado al software NIS-Elements Analysis.



Figura 26. Inoculación de yemas de aguacate Hass y frutos de cacao para la producción de estructuras reproductivas de hongos de la familia Botryosphaeriaceae. a. Colonia de 15 días de crecimiento. b. Corte del inóculo; c. Inoculación en yemas de aguacate; d. Inoculación en fruto de cacao; e. Cobertura con parafilm; f. Tejido inoculado en cámara húmeda.



Fotos: Carolina Ángel García y Germán Ceballos Aguirre



Producción de estructuras reproductivas de especies del orden Diaporthales

Los conidios alfa y beta se produjeron inoculando el microorganismo sobre la superficie de fragmentos de papel filtro estéril (figura 27), dispuestos sobre el medio PDA. Las colonias se incubaron a temperatura ambiente y fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 de oscuridad, durante 24 y 30 días, hasta observar la formación de las estructuras.

Figura 27. Crecimiento de colonias de hongos del orden Diaporthales. a. Colonia de 15 días de crecimiento en medio PDA; b. Crecimiento de colonias en papel filtro inoculado.



Fotos: Germán Ceballos Aguirre



Identificación molecular de aislamientos asociados a enfermedades de frutos y pedúnculos de aguacate Hass

La identificación molecular de los microorganismos asociados a enfermedades de fruto y pedúnculo de aguacate Hass se realizó con 237 aislamientos monospóricos, procedentes de nueve municipios del departamento del Cauca.

Los hongos aislados fueron activados y propagados en medio de cultivo PDA; posteriormente, se cosechó el micelio mediante raspado sobre el medio de cultivo y se almacenó en bolsas de aluminio a -40°C, hasta el momento de extracción en el Laboratorio de genética molecular del Centro de Investigación Palmira.

Extracción de ácidos nucleicos

El proceso de extracción de ADN fúngico se realizó con base en el protocolo modificado de Raeder & Broda (1985). El paso a paso del protocolo de extracción se especifica a continuación.

Disrupción física y química de las estructuras celulares

Se transfirieron entre 50 mg y 100 mg de micelio de cada aislamiento a morteros de porcelana; inmediatamente se adicionaron 500 μ L de buffer o tampón de extracción (Tris HCl pH 8,0 100 mM, EDTA pH 8,0 10 mM, SDS 0,01 %) y se maceró el contenido con ayuda de un pistilo de porcelana. El macerado se transfirió a un tubo de microcentrífuga de 1,5 mL y se incubaron en baño María a 65°C por una hora, realizando mezcla por inversión de tubos cada diez minutos.



Purificación de los ácidos nucleicos

Al finalizar el periodo de incubación, se adicionaron 500 μL de Fenol:Cloroformo:Alcohol isoamílico (24:24:1); este se mezcló por inversión gentil de los tubos durante cinco minutos y se centrifugó a 14.000 rpm durante diez minutos a 4°C. Durante este proceso ocurre una separación de los ácidos nucleicos contenidos en la fase acuosa y el resto de las sustancias celulares (proteínas denaturadas, lípidos, residuos de pared celular, etcétera) contenidas en la fase orgánica. Por lo tanto, se rescató el contenido de la fase acuosa sobrenadante e inmediatamente se transfirió a un nuevo tubo de microcentrífuga de 1,5 mL, en el cual se realizó una segunda purificación con la adición de 500 μL de Cloroformo:Alcohol isoamílico (24:1), el cual se mezcló por inversión durante cinco minutos y se centrifugó a 14.000 rpm durante diez minutos a 4°C. Se rescató la fase acuosa sobrenadante y se transfirió a un nuevo tubo de microcentrífuga de 1,5 mL.

Precipitación y lavado de ácidos nucleicos

Se agregaron 850 μL de una mezcla de acetato de sodio 3M pH 5,2 con etanol absoluto frío (1:16), se mezcló suavemente mediante inversión de los tubos y se incubó a -20°C durante toda la noche. Al día siguiente, las muestras se centrifugaron a 14.000 rpm durante 15 minutos a 4°C. Se descartó el sobrenadante teniendo en cuenta que no se desprendiera el pellet de ADN localizado en el fondo del tubo; posteriormente, se adicionaron 500 μL de etanol al 70% frío, y se agitó la muestra vigorosamente con ayuda de un vórtex, hasta desprender el pellet; después se centrifugó de nuevo la muestra a 14.000 rpm durante 15 minutos a 4°C. Por último, se descartó el sobrenadante.

Resuspensión de los ácidos nucleicos

Se dejó secar el pellet a temperatura ambiente en una cabina de flujo laminar para resuspender en 30 μL de agua/ARNasa A (10 mg/mL), incubando la suspensión a 37°C por una hora.

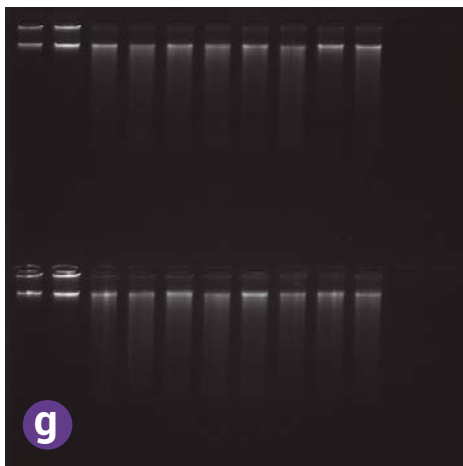


Almacenamiento y verificación de la calidad de la extracción

Las extracciones fueron almacenadas a -20°C . La concentración y calidad del ADN se estimó por espectrofotometría con ayuda del equipo Nano Drop™ (Thermo Fischer Scientific) y la integridad de los ácidos nucleicos se confirmó por electroforesis en gel de agarosa al 1 % (p/v), polimerizada en TBE 0,5X teñido con Gel-Red (Biotium Inc.) y visualizado con luz ultravioleta en un fotodocumentador Enduro GDS (Labnet) (figura 28).

Figura 28. Proceso de extracción de ADN de hongos aislados de frutos de aguacate Hass. a. Aproximadamente 100 mg de micelio; b. Macerado en un mortero con buffer de extracción; c. Tubos de microcentrífuga de 1,5 mL, conteniendo el micelio macerado inmerso en buffer de extracción; d. Separación del sobrenadante y la fase orgánica durante la purificación con Fenol:Cloroformo:Alcohol isoamílico antes de centrifugar; e. Separación del sobrenadante y la fase orgánica durante la purificación con Cloroformo:Alcohol isoamílico después de centrifugar; f. Secado de pellet en cabina de flujo laminar; g. Validación de integridad del ADN mediante electroforesis; h. Evaluación de calidad y concentración del ADN extraído.





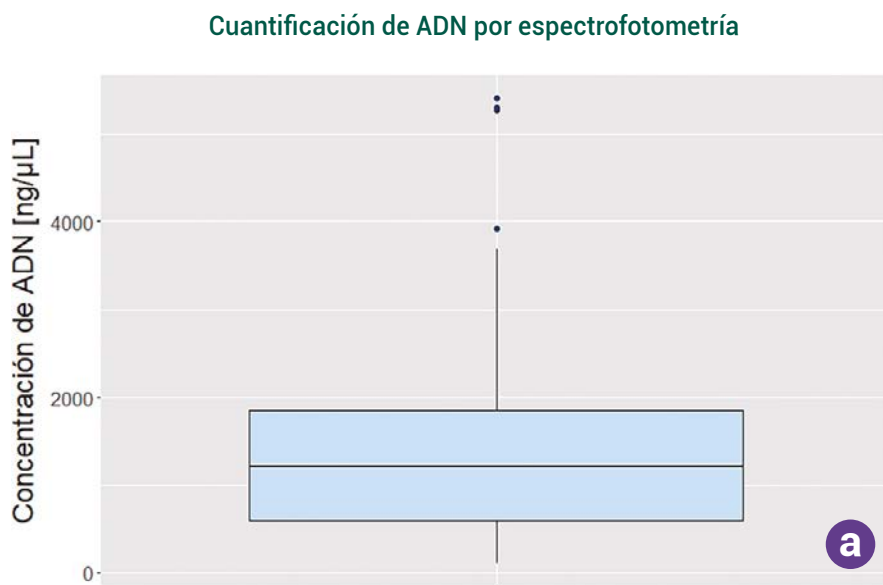
Fotos: Carolina Ángel García y Kevin Alejandro Rodríguez Arévalo

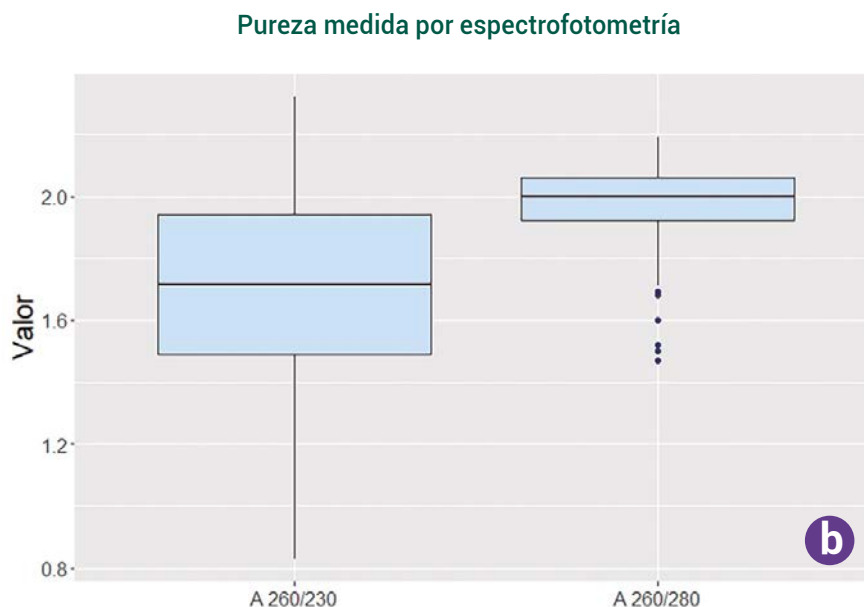


Cuantificación de ácidos nucleicos

La concentración de ADN promedio fue de 1.200 ng/ μ L (figura 29a). Los cuartiles 0,25 y 0,75 para la calidad del ADN estimada mediante espectrofotometría en la relación de absorbancia 260/230 estuvieron entre 1,51 y 1,94, con un promedio de 1,72 (figura 29b). Valores entre 1,4 y 2,0 se consideran aceptables para la mayoría de las aplicaciones de biología molecular (Boesenber-Smith et al., 2012). Los valores inferiores observados en las muestras se pueden atribuir a remanentes de sales caotrópicas, fenoles o hidratos de carbono. Los valores de absorbancia a 260/280 se registraron entre 1,93 y 2,06, con un promedio de 2,0 (figura 29b), los cuales indican un nivel adecuado de pureza de los ácidos nucleicos (Koetsier & Cantor, 2019).

Figura 29. Concentración y calidad del banco de muestras de ADN de hongos aislados de frutos y pedúnculos de aguacate Hass.
a. Concentración de ADN en ng/ μ L; b. Relación de absorbancia 260/230 y 260/280.





Fuente: Elaboración propia.

Amplificación de los ácidos nucleicos

El ADN extraído se ajustó a una concentración de 20 ng/ μ L, con el fin de construir un stock de trabajo para amplificación. Para flanquear completamente las regiones de los espaciadores internos transcritos ITS1 e ITS2, se seleccionaron los *primers* ITS1 e ITS4, desarrollados por White et al. (1990) para identificar los aislamientos, con base en hipótesis filogenética. Para esto, se llevaron a cabo reacciones de amplificación de 25 μ L conteniendo 20 ng de ADN total, 1X de Taq Buffer + KCl, 1,5 mM de MgCl₂, 0,2 mM dNTP, 0,2 μ M de cada oligonucleótido y 1U de Taq ADN polimerasa, recombinante (Thermo Scientific).

La reacción se llevó a cabo en un termociclador SimpliAmp (AppliedBiosystems), con un programa de denaturación inicial de 94°C por 5 minutos, seguido de 35 ciclos de 94°C por 45 segundos, 55°C por 30 segundos y 72°C por 1 minuto, y por último un ciclo de elongación de 72°C por 10 minutos. Los productos



amplificados se visualizaron mediante electroforesis en gel de agarosa al 1,4% (p/v) y cuando tuvieron una banda intensa y única del tamaño esperado, fueron secuenciados en sentido y antisentido en un ABI 3730XL (AppliedBiosystems).

Posicionamiento taxonómico de los aislamientos

Los electroferogramas que se obtuvieron de los 237 aislamientos secuenciados por la metodología Sanger fueron analizados y editados con el software Geneious Prime 2022.2.1 (Kearse et al., 2012). A cada sentido se le mapeó los cebadores (sentido y antisentido) (figuras 30 y 31) para su ensamblaje y obtención de la secuencia consenso. Con el fin de obtener secuencias agrupadas por su identidad, se utilizó la herramienta ensamblaje de novo del software Geneious Prime, para obtener conglomerados con identidad nucleotídica $\geq$ al 99,0%, lo que permitió gaps de máximo cinco posiciones por lectura; de este modo, se generó el agrupamiento en nodos con una única secuencia consenso.

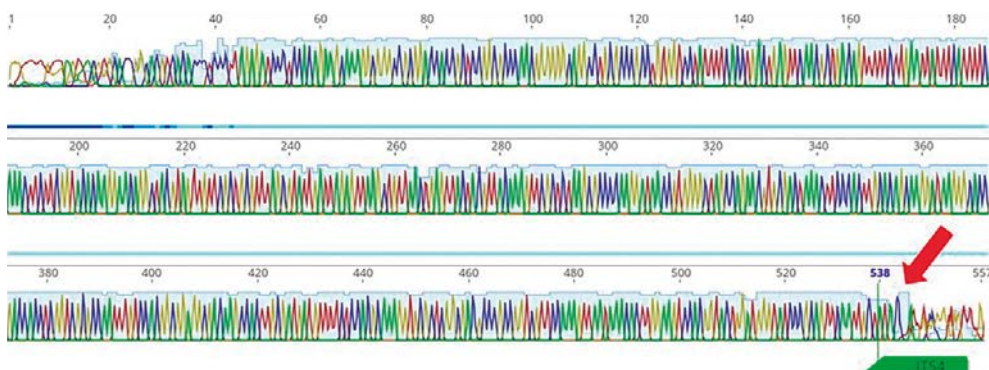
El análisis permitió la obtención de 225 secuencias agrupadas en 22 nodos, considerados como unidades taxonómicas operativas (OTU, por su sigla en inglés, Operative Taxonomic Unit) y 12 secuencias que no pudieron ser agrupadas, asumidas igualmente cada una como una OTU, para un total de 34 OTU. Tomando como datos de entrada, las secuencias consenso de las 34 OTU, se utilizó la función Geneious Tree Builder para construir el árbol filogenético con el método *neighbor-joining* y el modelo de distancia genética Tamura-Nei.

El grupo externo corresponde al nodo 28, cuya identidad es *Schizophyllum* sp.; este género es el único basidiomycete y se encuentra genéticamente más distante en comparación con los demás microorganismos aislados. Teniendo en cuenta que cada secuencia consenso de los nodos representa una OTU, fueron comparadas



en la base de datos GenBank mediante el software Blast, el cual está disponible en el Centro Nacional de Información Biotecnológica (National Center for Biotechnology Information [NCBI]).

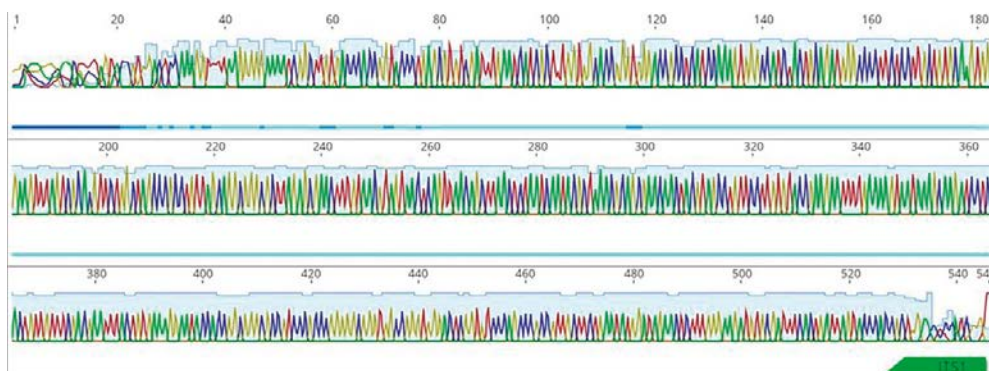
Figura 30. Cromatograma obtenido de la secuenciación Sanger en sentido forward con el cebador ITS1 del aislamiento 57H5CH (nodo 15).



Nota: en este cromatograma se observa el comportamiento esperado en fluorescencia y un amplicón de 540 pares de bases (flecha roja). Se obtuvo al realizar el mapeo del primer ITS4.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. Cromatograma obtenido de la secuenciación Sanger en antisentido con el cebador ITS4 del aislamiento 2H4 (nodo 10).



Nota: en este cromatograma se observa un comportamiento esperado en intensidad de fluorescencia, reflejando el amplicón de tamaño esperado cerca de los 540 pb.

Fuente: Elaboración propia.



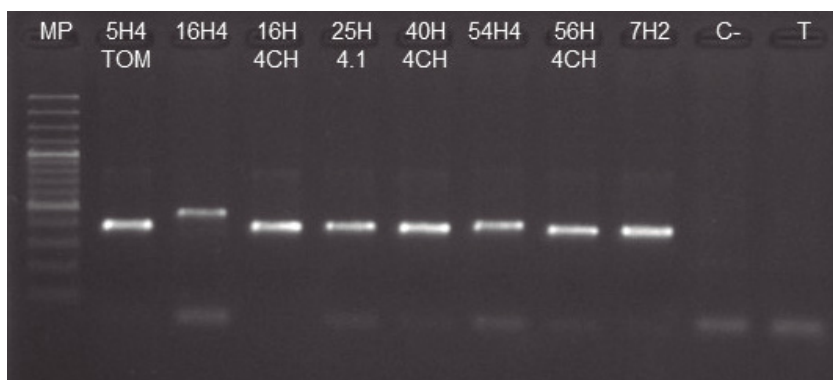
La asignación taxonómica a nivel de género se estableció de acuerdo con el mayor porcentaje de identidad, máxima cobertura y máximo puntaje de alineamiento.

Las secuencias obtenidas en los consensos de los diferentes nodos presentaron varios tamaños, que oscilaron entre 510 y 578 pares de bases (pb).

Discriminación entre *C. acutatum* sensu lato y *C. gloeosporioides* sensu lato

El uso del cebador específico Calnt, en conjunto con el cebador universal ITS4, permitió verificar las muestras asociadas al complejo de especies *Colletotrichum acutatum*. El amplicón muestra buena intensidad de fluorescencia a un tamaño esperado de 450 a 500 pares de bases (pb). El control negativo que corresponde a una muestra de *C. gloeosporioides* y el tratamiento testigo no amplificaron, como consecuencia se logró la asociación de ocho aislamientos al complejo de especies *C. acutatum* (figura 32).

Figura 32. Amplificación de aislamientos asociados al complejo de especies *Colletotrichum acutatum*, empleando el cebador específico Calnt.



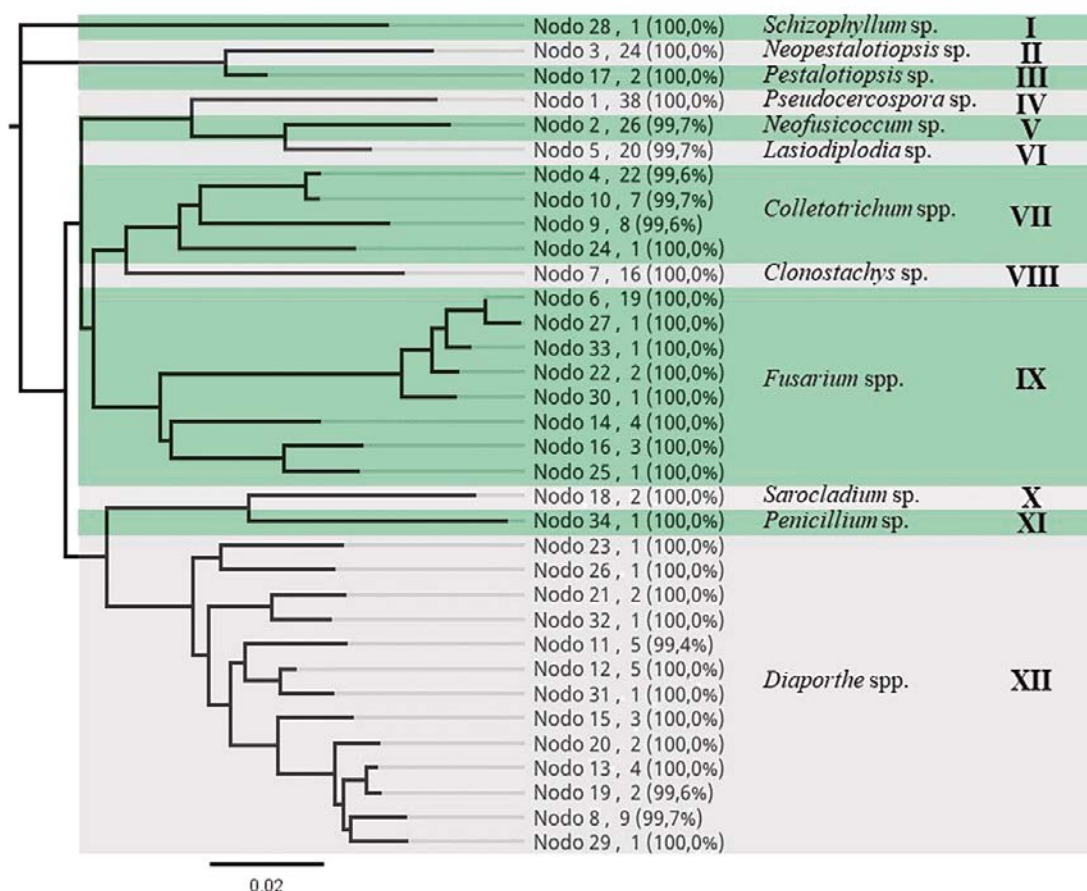
Nota: MP: marcador de peso; C-: aislamiento asociado al complejo de especies *C. gloeosporioides*; T: testigo (mezcla de reactivos sin adición de ADN).

Fuente: Elaboración propia.



Igualmente, la secuenciación de la región ITS reveló los mismos ocho aislamientos asociados a este complejo de especies, con un porcentaje de similitud entre secuencias de 99,6% (figura 33).

Figura 33. Árbol filogenético construido a partir de las 34 OTU que representan los 237 hongos aislados de enfermedades en pedúnculos y frutos de aguacate Hass cultivados en el Cauca.



Nota: Cada rama está enumerada del 1 al 34, de acuerdo con el nodo al cual pertenece, según el análisis con el enfoque de ensamblaje de novo. Después está el número de aislamientos y el porcentaje de similitud entre las secuencias que pertenecen al mismo nodo. La separación de clados corresponde a los géneros encontrados y sus respectivas familias.

Fuente: Elaboración propia.



Resultados de la identificación de aislamientos mediante análisis de la región ITS

Para el estudio filogenético, se alinearon 237 secuencias. La región ITS mostró alto nivel de variabilidad nucleotídica entre los aislamientos. La agrupación, la arquitectura del dendrograma y la asociación a especies mediante búsquedas de alineación local permitieron ubicar dentro de los ascomycetes a nueve familias: Aspergillaceae, Bionectriaceae, Botryosphaeriaceae, Diaporthaceae, Glomerellaceae, Mycosphaerellaceae, Nectriaceae, Sarocladiaceae y Sporocadaceae, que comprenden 11 géneros: *Penicillium*, *Clonostachys*, *Lasiodiplodia*, *Neofusiocum*, *Diaporthe*, *Colletotrichum*, *Pseudocercospora*, *Fusarium*, *Sarocladium*, *Pestalotiopsis* y *Neopestalotiopsis* (Schoch et al., 2020).

El árbol filogenético que se construyó a partir de las secuencias consenso de los nodos permitió agrupar en doce clados distintos que corresponden a las nueve familias encontradas (figura 33, tabla 9).

En el clado I se encuentra un único aislamiento del género *Schizophyllum* sp. En el clado II se encuentra el nodo 3, con 24 aislamientos identificados como *Neopestalotiopsis* sp. que presentaron identidad intranodo del 100%. En el clado III, se agrupó únicamente el nodo 17 de dos aislamientos con identidad nucleotídica del 100%, cuyo consenso, al ser comparado con la base de datos del NCBI, permitió la clasificación como *Pestalotiopsis* sp. El clado IV agrupó 38 aislamientos en el nodo 1, con identidad del 100% identificado dentro del género *Pseudocercospora* sp. El análisis Blast mostró mayores porcentajes de identidad con *Pseudocercospora purpurea*, detectado en eucalipto y árboles de la familia Myrtaceae, identificados tanto con ITS como con análisis multigen (Pérez et al., 2009, 2013).



Tabla 9. Géneros de hongos identificados a partir de hipótesis filogenética, discriminados por clados y unidades taxonómicas operativas

Género asociado	Clado	Aislamientos	Porcentaje poblacional	OTU
<i>Schizophyllum</i> sp.	I	1	0,5	1
<i>Neopestalotiopsis</i> sp.	II	24	10,1	1
<i>Pestalotiopsis</i> sp.	III	2	0,8	1
<i>Pseudocercospora</i> sp.	IV	38	16,0	1
<i>Neofusicoccum</i> spp.	V	26	11,0	1
<i>Lasiodiplodia</i> spp.	VI	20	8,4	1
<i>Colletotrichum</i> spp.	VII	38	16,0	4
<i>Clonostachys</i> sp.	VIII	16	6,8	1
<i>Fusarium</i> sp.	IX	32	13,5	8
<i>Sarocladium</i> sp	X	2	0,8	1
<i>Penicillium</i> sp.	XI	1	0,5	1
<i>Diaporthe</i> sp.	XII	37	15,6	13
Total		237	100,0	34

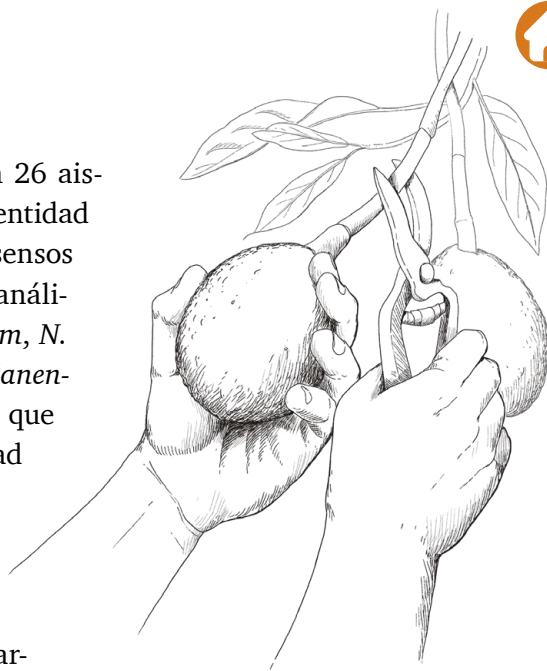
OTU: Operative Taxonomic Unit (unidades taxonómicas operativas).

Fuente: Elaboración propia.

El género *Pseudocercospora* se ha caracterizado por su alta plasticidad morfológica y variabilidad genética, expresada en la región ITS y la cual dificulta la identificación a nivel de especie (Crous et al., 2013). Cabe resaltar que, si bien esta especie no ha sido reportada como patógeno en aguacate, *Pseudocercospora purpurea* (syn. *Cercospora purpurea*) se ha referido como el agente causal de “la peca o mancha negra” del aguacate, que registra incidencia del 100% en frutos cosechados, lo cual reduce la calidad comercial y puede causar pérdidas económicas en las variedades Lorena, Choquete y Hass (Reina-Noreña et al., 2015).



El clado v contiene el nodo 2 con 26 aislamientos que presentaron una identidad intranodo de 99,7%, cuyos consensos mostraron identidades altas en el análisis Blast con las especies *N. parvum*, *N. ribis*, *N. kwambonambiense* y *N. dianense*. El clado vi contiene el nodo 5 que agrupó 20 secuencias con identidad intranodo de 99,7%, las cuales, en las búsquedas Blast, alinearon con especies del género *Lasiodiplodia*. En Colombia, se ha reportado a *L. theobromae* causando marchitez de médula en tronco de aguacate y pudrición de frutos (Ramírez-Gil, 2018; Ramírez-Gil et al., 2020), mientras que *L. pseudotheobromae* se reporta como causante de pudrición de tallo y frutos en Tailandia (Trakunyingcharoen et al., 2015).



El clado vii agrupó los nodos 4, 10, 9 y 24, que a su vez contenían 22, 7, 8 y 1 aislamientos respectivamente, los cuales fueron clasificados dentro del género *Colletotrichum*. Los nodos 4 y 10 con identidades intranodo de 99,6% y 99,7% mediante el análisis Blast alinearon con diferentes especies contenidas dentro del complejo de especies de *C. gloeosporioides*. Por otra parte, el nodo 9 con identidad intranodo de 99,6% agrupó 8 aislamientos que se identificaron dentro del complejo de *C. acutatum*. Finalmente, un único aislamiento del nodo 24 se clasificó dentro del complejo de especies *C. gigasporum*.

El clado viii agrupó 16 aislamientos idénticos en el nodo 7, la comparación Blast reveló mayor asociación al género *Clonostachys* y particularmente la especie con mayor puntaje bit y cobertura en los alineamientos fue *Clonostachys rosea*. El clado ix agrupó 8 nodos que no presentaron variación intragénica, todos clasificados dentro del género *Fusarium* con mayor asociación a los complejos



de especies *F. incarnatum-eqiseti*, *F. solani*, *F. fujikuroi* y *F. graminearum*. El clado x se conformó por el nodo 18, agrupó 2 aislamientos con 100 % de identidad, los cuales alinearon con especies del género *Sarocladium*.

El clado xi constituido por el nodo 34, con un único aislamiento, reveló mediante el análisis Blast alta identidad y cobertura con accesiones de la especie *Penicillium citrinum*. Finalmente, en el clado xi se agruparon 13 nodos con identidad $\geq 99,4\%$, cada nodo contuvo entre 1 y 9 aislamientos para un total de 37, los cuales mediante alineamiento Blast pudieron ser clasificados dentro del género *Diaporthe*, sin lograr asociaciones contundentes a ninguna especie.

Pruebas de patogenicidad en ramas apicales, pedúnculos y frutos de aguacate Hass

Pruebas de patogenicidad en ramas y pedúnculos

Se realizó una colecta en campo de las ramas apicales (yemas) completamente sanas. El material se desinfestó mediante lavado con agua de grifo (cinco minutos), hipoclorito de sodio al 1 % (un minuto), etanol al 70 % (un minuto), lavado en agua destilada estéril y secado en toallas estériles; al final, las muestras se distribuyeron en cajas de plástico. Para las pruebas de patogenicidad se seleccionaron los aislamientos *Pestalotiopsis microspora*, *Phomopsis* sp., *Pseudocercospora norchiensis*, *Colletotrichum horii* y *Neofusicoccum italicum* con crecimiento activo.

Por cada rama se marcaron tres puntos de inoculación, en los cuales se ubicó el micelio de cada aislamiento. Se usaron dos

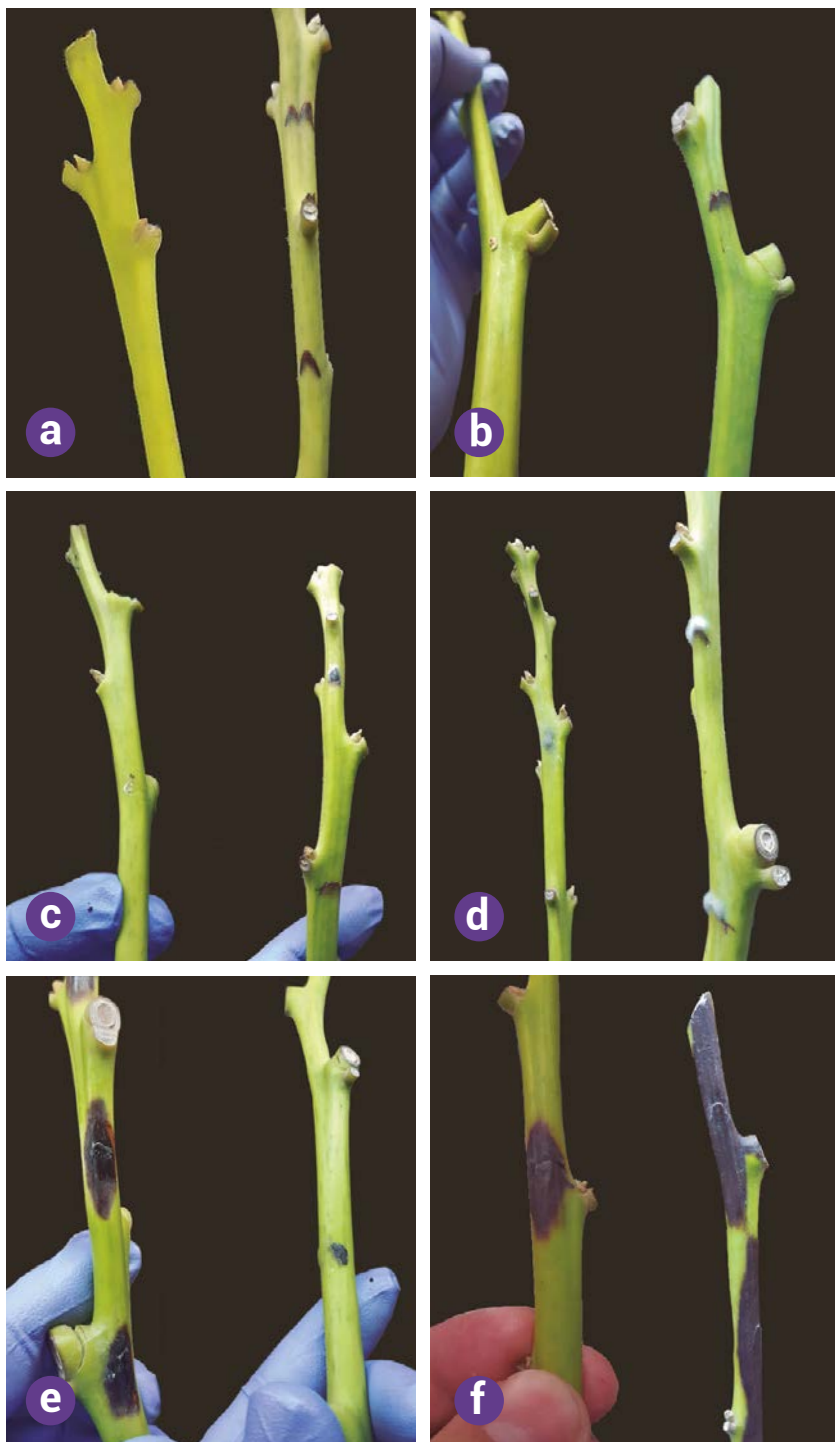




métodos de inoculación con herida y sin herida, y los controles respectivos, inoculados con agua estéril. Las cámaras húmedas se incubaron a 24°C durante dos semanas, hasta observar lesiones asociadas a los aislamientos en los puntos de inoculación.

Se presentaron lesiones generadas a partir de las inoculaciones con *Colletotrichum horii* y *Neofusicoccum italicum*, en comparación con los controles (agua estéril) que se hicieron con los dos métodos de inoculación. Con *C. horii* inoculado mediante herida, se encontraron lesiones con ligero hundimiento (depresión), con un centro necrótico característico del género *Colletotrichum* (figura 34) y con pequeños puntos necróticos que se observaron con estereoscopio en la inoculación sin herida. Con *N. italicum* se evidenciaron lesiones necróticas muy notorias a partir del tercer día después de la inoculación (ddi), con total cubrimiento del tejido a los 7 ddi y presencia de micelio externo; esto indica una rápida colonización del tejido y alta patogenicidad. Con *Pestalotiopsis microspora*, *Phomopsis* sp., *Pseudocercospora norchiensis* y los controles (agua estéril), no se presentaron lesiones características que indicaran la patogenicidad de los aislamientos inoculados.

Figura 34. Inoculación de aislamientos en yemas de aguacate Hass. a. Control con herida (izq.) y sin herida (der.); b. *Pestalotiopsis microspora* con herida (izq.) y sin herida (der.); c. *Phomopsis* sp. con herida (izq.) y sin herida (der.); d. *Pseudocercospora norchiensis* con herida (izq.) y sin herida (der.); e. *Colletotrichum horii* con herida (izq.) y sin herida (der.); f. *Neofusicoccum italicum* con herida a los 3 ddi (izq.) y con herida a los 7 ddi (der.).



Fotos: Germán Ceballos Aguirre



Pruebas de patogenicidad en frutos de aguacate Hass

Se realizó inoculación artificial de siete aislamientos de *Colletotrichum* sp., uno de *Lasiodiplodia theobromae*, tres de *Neofusicoccum* y tres de *Fusarium graminearum*, obtenidos en colectas de campo en el departamento del Cauca (tabla 10), para verificar los postulados de Koch.

Tabla 10. Aislamientos inoculados en frutos de aguacate Hass en condiciones de laboratorio

N.º	Tratamiento (aislamiento)	Procedencia	
		Municipio	Vereda
1	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Timbío	El Atillo
2	<i>Colletotrichum siamense</i>	Piendamó	Octavio
3	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Cajibío	La María
4	<i>Colletotrichum horii</i>	Cajibío	La María
5	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Timbío	Urubamba
6	<i>Colletotrichum</i> spp.	Popayán	La Claridad
7	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Morales	Carpintero
8	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	El Tambo	Puente Alta
9	<i>Neofusicoccum italicum</i>	Timbío	Hato Viejo
10	<i>Neofusicoccum italicum</i>	Cajibío	La María
11	<i>Neofusicoccum ribis</i>	Sotará	El Crucero
12	<i>Fusarium graminearum</i>	El Tambo	Puente Alta
13	<i>Fusarium graminearum</i>	Sotará	El Crucero
14	<i>Fusarium graminearum</i>	El Tambo	Cabuyal

Fuente: Elaboración propia.



Se emplearon frutos de aguacate Hass aparentemente sanos, los cuales se lavaron con agua de grifo durante cinco minutos, se desinfectaron con inmersión en hipoclorito de sodio (1 %) durante un minuto, etanol (50 %) por otro minuto y doble lavado en agua destilada estéril. Después se secaron en flujo de aire y en óptimas condiciones de asepsia. Para la inoculación, se tomaron discos de agar con micelio (5 mm de diámetro) extraídos del margen de colonias de 15 días de crecimiento en PDA.

El pedicelo se retiró de la fruta y se puso en la herida el disco de agar con micelio; se hicieron tres repeticiones del proceso por tratamiento. Para el control, se inoculó una misma cantidad de frutos con discos de PDA estéril sin micelio. Los frutos se incubaron en cajas plásticas almacenadas a temperatura promedio de 24°C, humedad relativa cercana al 100 % y con un fotoperiodo de 12 h.

Se evaluó la incubación de los aislamientos fúngicos durante diez días, y después de estos la fruta se abrió longitudinalmente para su evaluación. La severidad de los síntomas (ss) se calificó mediante la escala de 0 a 4 establecida por Guarnaccia et al. (2016) para pudrición del pedúnculo en aguacate, donde 0 = sin síntomas visibles, 1 = 1 al 25 % afectado, 2 = 25 al 50 % afectado, 3 = 50 al 75 % afectado y 4 = más del 75 % afectado.

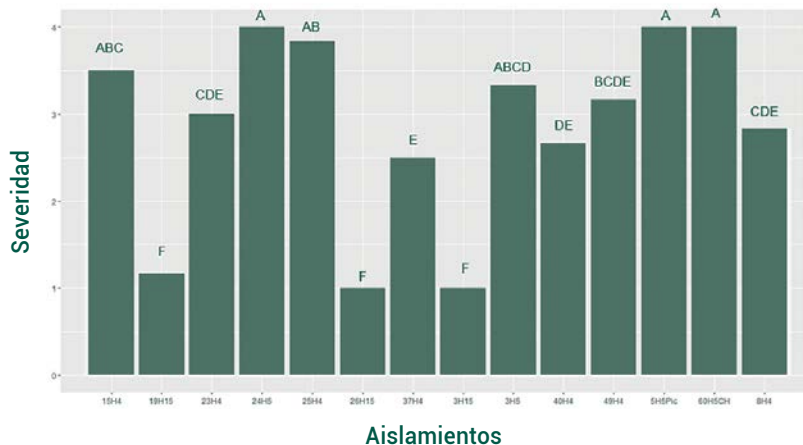
Los resultados de la severidad en frutos de aguacate después de diez días de inoculación mostraron diferencias significativas entre los aislamientos evaluados, siendo más severos *L. theobromae* y *Neofusicoccum*, y menos severos *Fusarium graminearum* (figura 35).

Se presentaron lesiones internas con todos los aislamientos inoculados, pero con diferente porcentaje de severidad, dependiendo del aislamiento; asimismo, se observaron síntomas internos con lesiones necróticas y pudrición del fruto a partir del punto de inoculación, y externamente se evidenció crecimiento de micelio y estructuras (signos) típicas del hongo *Colletotrichum* sp. (aislamientos *C. gloeosporioides*, *C. siamense*, *Colletotrichum* spp.) (figura 36).





Figura 35. Severidad de *Colletotrichum* sp., *Lasiodiplodia theobromae*, *Neofusicoccum* spp. y *Fusarium graminearum* sobre frutos de aguacate Hass, diez días después de inoculados.



Nota: la agrupación se realizó a través del método de Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, con una confianza del 95 %.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. Severidad a los diez días después de la inoculación de *C. gloeosporioides*_8H4, *C. siamense*_15H4, *C. gloeosporioides*_23H4 y *Colletotrichum* spp_40H4.



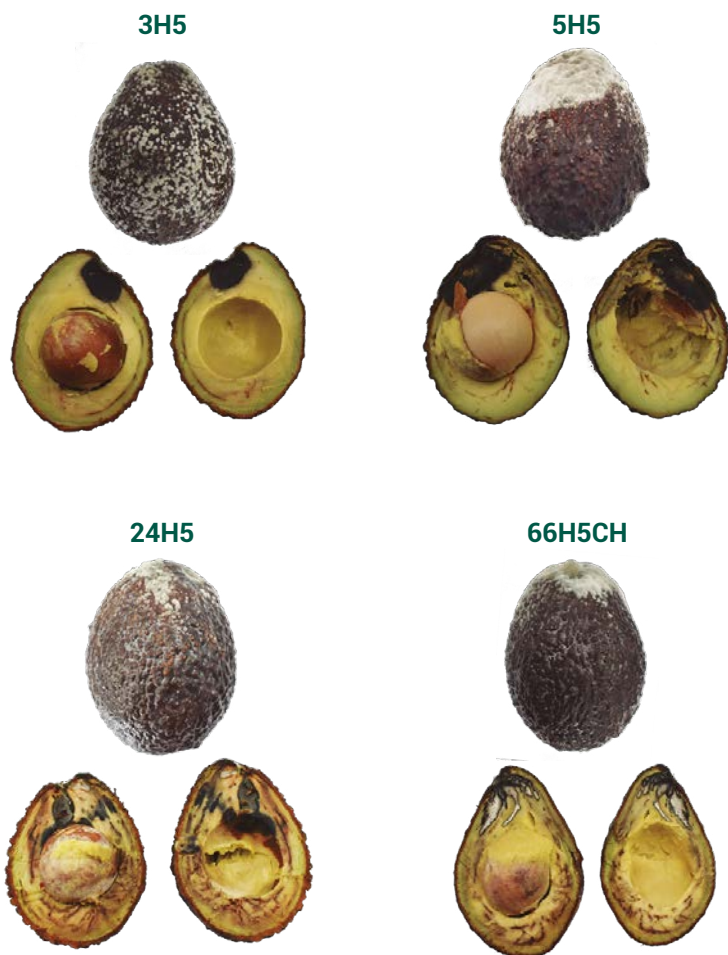
Fotos: Germán Ceballos Aguirre y Alejandro Jaramillo Laverde



Con *L. theobromae*, *N. ribis* y *N. italicum* se presentó rápida necrosis del tejido y crecimiento abundante de micelio externo, lo cual afectó a más del 50% del fruto (figura 37).

Con *Fusarium graminearum* se presentó menor severidad, la cual se manifestó en un menor porcentaje de tejido necrótico, poca colonización y pudrición del fruto, y un micelio característico de color rojizo (figura 38). No se evidenciaron áreas necróticas ni pudrición del fruto en los controles (agar estéril sin hongo).

Figura 37. Severidad a los diez días después de la inoculación de *L. theobromae*_3H5, *N. ribis*_5H5 y 24H5 y *N. italicum*_66H5CH



Fotos: Germán Ceballos Aguirre y Alejandro Jaramillo Laverde



Figura 38. Severidad a los diez días después de la inoculación de *Fusarium graminearum*_3H15, 19H15 y 26H15.



Fotos: Germán Ceballos Aguirre y Alejandro Jaramillo Laverde

Pruebas de patogenicidad de *Pseudocercospora* sp. en hojas de aguacate Hass

Se emplearon hojas sanas desprendidas (nuevas) provenientes de árboles de aguacate Hass en condiciones de vivero, en el Centro de Investigación Palmira (tabla 11). El material se desinfestó mediante un lavado con agua y jabón líquido pH neutro; luego se hizo una inmersión seriada en hipoclorito de sodio al 1 % (un minuto), etanol al 70 % (un minuto) y agua destilada estéril. Por último, se secaron en toallas estériles y se distribuyeron en cajas de plástico adaptadas como cámara húmeda.



Tabla 11. Tratamientos para la inoculación de *P. norchiensis* (aislamiento 40H3H) en hojas de aguacate Hass, en condiciones de cámara húmeda

Tratamiento	Método de inoculación	Porcentaje de lesiones que presentaron infección	Observaciones
40H3H	Sin punción	0	El micelio continuó su desarrollo y creció sobre la superficie de la hoja, pero no hubo infección visible del tejido.
40H3H	Con punción	100	El micelio creció en haz y envés de la hoja, hay zona de avance la infección de color marrón claro y se presentaron algunas lesiones pequeñas con grietas.
Testigo	Sin punción	0	Tejido completamente sano.
Testigo	Con punción	0	Respuesta del tejido a la herida mecánica.

Fuente: Elaboración propia.

Se empleó *Pseudocercospora norchiensis* reactivando el micelio a partir del aislamiento original conservado en papel filtro a 4°C y el crecimiento se replicó para obtener colonias frescas con crecimiento activo de dos semanas. Por cada hoja se definieron tres puntos de inoculación, en los cuales se ubicó el micelio del *P. norchiensis* y se hicieron tres repeticiones. Se usaron dos métodos de inoculación sin herida y con herida mecánica mediante punción de aguja hipodérmica. Las cámaras húmedas se incubaron a 24°C, con un fotoperiodo de 12 h luz y 12 h oscuridad, durante 22 días para observar reacciones del tejido frente a la inoculación del aislamiento.

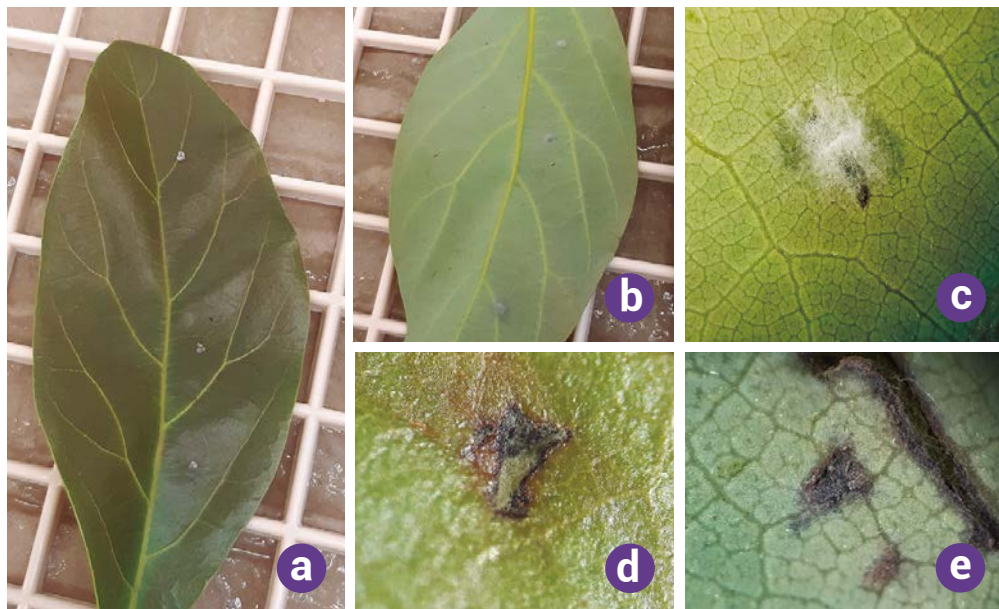
Se hicieron evaluaciones a los 15 y 22 días después de la inoculación, por medio de observaciones en el estereoscopio, para calificar la infección de *P. norchiensis*.





Se observó una reacción positiva con la inoculación de *P. norchiensis* en hojas de aguacate Hass. La infección se favoreció mediante la inoculación por el método de punción (tabla 11) y se caracterizó por una pequeña zona necrótica, acompañada de un halo clorótico irregular que contrasta con el verde natural de la hoja, lo que indicó la zona de avance de la infección. Las lesiones continuaron su desarrollo y el micelio de *P. norchiensis* continuó su crecimiento, con mayor colonización en el envés de la hoja (figura 39). Con el tiempo se formaron pequeñas grietas en la zona adyacente al punto de la inoculación. El hongo no afectó la nervadura principal y ni las secundarias.

Figura 39. Reacción de hojas de aguacate Hass a la inoculación de *P. norchiensis* mediante punción. a. y b. Crecimiento de las colonias en el haz y envés de las hojas, respectivamente; c. Zona necrótica acompañada de un halo clorótico irregular que comprende la zona de avance de la infección; d. Crecimiento de la colonia en el envés de la hoja; e. Formación de pequeñas grietas en la zona adyacente al punto de la inoculación.

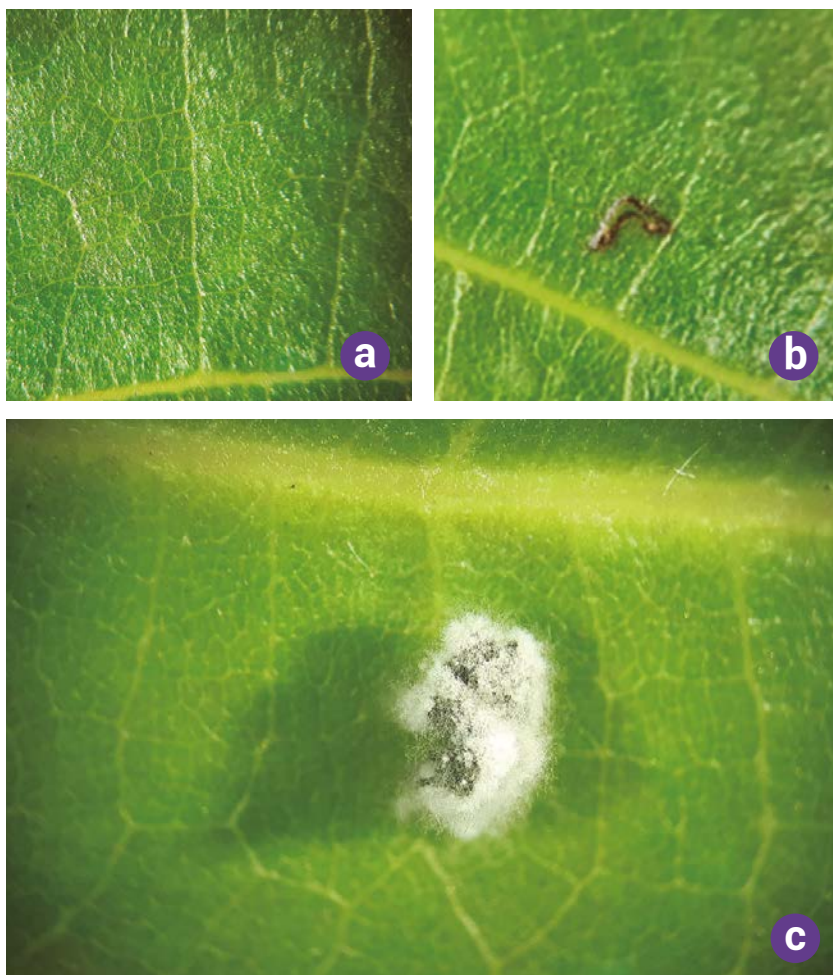


Fotos: Germán Ceballos Aguirre



En contraste, la inoculación de *P. norchiensis* sin herida no produjo infección del tejido, y el micelio se conservó en la superficie de la hoja, posiblemente por las condiciones de humedad relativa de la cámara (figura 40c). En los testigos (sin y con punción) no se desarrollaron lesiones (figuras 40a y 40b).

Figura 40. Reacción de hojas de aguacate Hass a la inoculación con agua. a. Agua estéril (sin punción); b. Agua estéril (con punción); c. Reacción de hojas a la inoculación de *P. norchiensis* sin punción.



Fotos: Germán Ceballos Aguirre



Conclusiones

- El muestreo de 69 fincas y la evaluación de síntomas asociados a las enfermedades del fruto de aguacate Hass en los nueve municipios permitieron obtener una colección de trabajo de 237 aislamientos, los cuales se encuentran reportados en el sistema de información biológica (SiB) del Instituto Humboldt.
- Se estandarizó, mediante el uso de frutos de cacao y yemas de aguacate Hass, la producción de estructuras de reproducción para pruebas de patogenicidad e identificación morfológica de hongos de las especies *Lasiodiplodia* y *Neofusicoccum*.
- Se identificaron, mediante técnicas morfológicas, moleculares y pruebas de patogenicidad, los géneros *Colletotrichum*, *Pseudocercospora*, *Neofusicoccum*, *Lasiodiplodia*, *Diaporthe*, *Neopestalotiopsis* y *Pestalotiopsis*, como los principales patógenos asociados a las enfermedades que afectan la calidad comercial del aguacate Hass en el departamento del Cauca.



Referencias

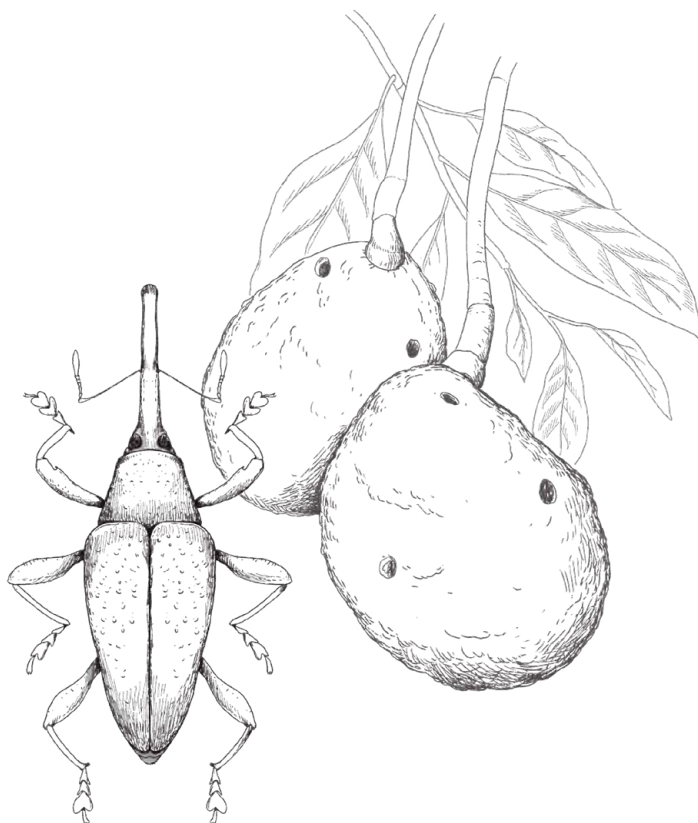
- Boesenberg-Smith, K. A., Pessarakli, M. M., & Wolk, D. M. (2012). Assessment of DNA Yield and Purity: An Overlooked Detail of PCR Troubleshooting. *Clinical Microbiology Newsletter*, 34(1), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.clinmicnews.2011.12.002>
- Crous, P. W., Braun, U., Hunter, G. C., Wingfield, M. J., Verkley, G. J. M., Shin, H. D., Nakashima, C., & Groenewald, J. Z. (2013). Phylogenetic lineages in Pseudocercospora. *Studies in Mycology*, 75(1), 37-114. <https://doi.org/10.3114/sim0005>
- Guarnaccia, V., Vitale, A., Cirvilleri, G., Aiello, D., Susca, A., Epifani, F., Perrone, G., & Polizzi, G. (2016). Characterization and pathogenicity of fungal species associated with Branch cankers and stem-end rot of avocado in Italy. *European Journal of Plant Pathology*, (146), 963-976. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-0973-z>
- Hyde, K. D. (2022). The numbers of fungi. *Fungal Diversity*, 114(1), 1. <https://doi.org/10.1007/s13225-022-00507-y>
- Hyde, K. D., Abd-Elsalam, K., & Cai, L. (2010). Morphology: Still essential in a molecular world. *Mycotaxon*, 114, 439–451. <https://doi.org/10.5248/114.439>
- Kearse, M., Moir, M., Wilson, A., Stones-Havas, S., Cheung, M., Sturrock, S., Buxton, S., Cooper, A., Markowitz, S., Duran, C., Thierer, T., Ashton, B., Meintjes, P., & Drummond, A. (2012). Geneious Basic: An integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics*, 26(12), 1647-1649. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts199>
- Kendrick, B. (2017). Kingdoms, Classification, Nomenclature, and Biodiversity. En B. Kendrick (Ed.), *The fifth kingdom an introduction to mycology* (4.º ed., pp. 1-15). Hackett Publishing Company.
- Koetsier, G., & Cantor, E. (2019). A practical guide to analyzing nucleic acid concentration and purity with microvolume spectrophotometers. *New England Biolabs Technical Note*, (2019), 1-8.

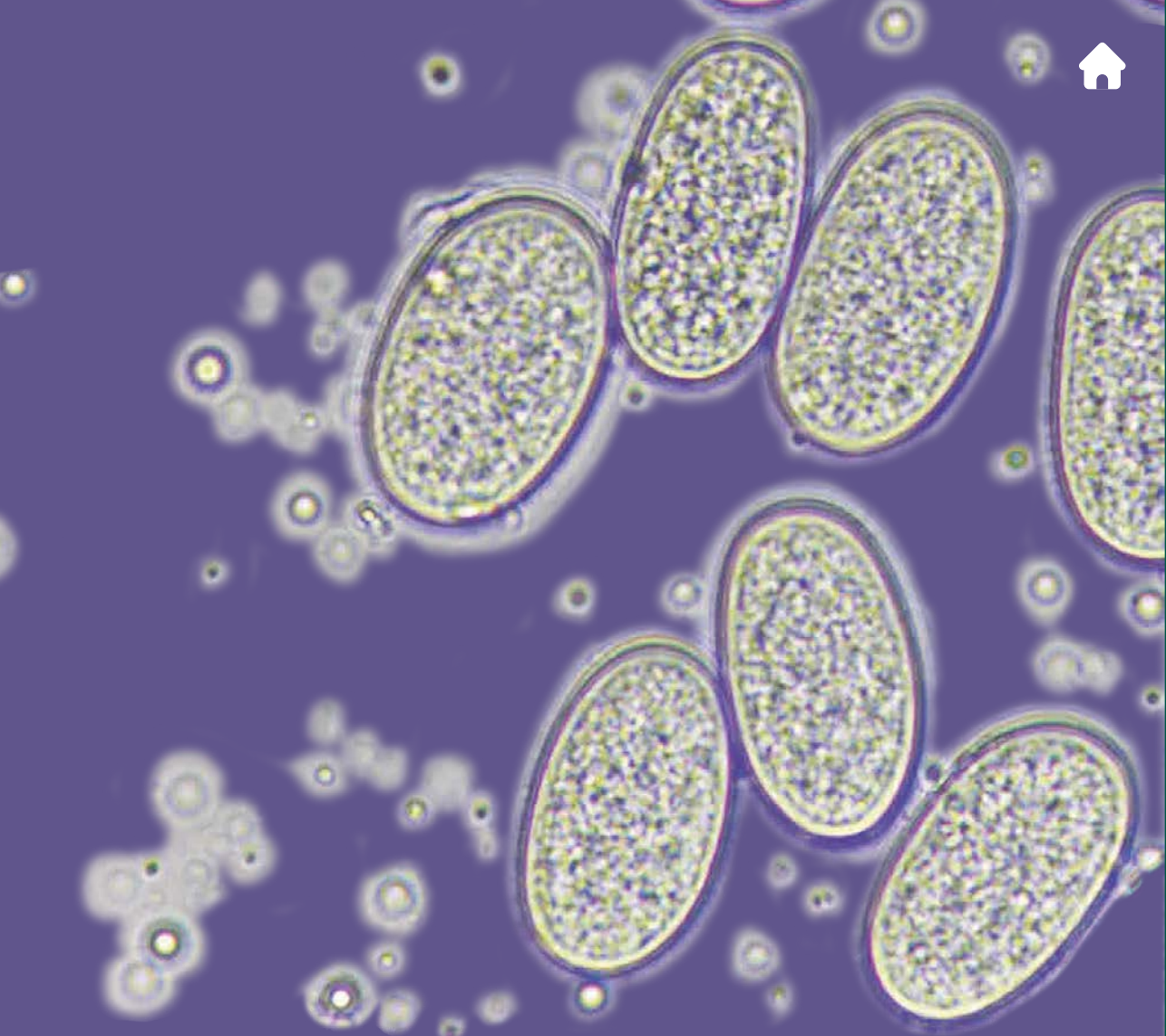


- Pérez, C. A., Wingfield, M. J., Altier, N. A., & Blanchette, R. A. (2009). Mycosphaerellaceae and Teratosphaeriaceae associated with Eucalyptus leaf diseases and stem cankers in Uruguay. *Forest Pathology*, 39(5), 349-360. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2009.00598.x>
- Pérez, C. A., Wingfield, M. J., Altier, N., & Blanchette, R. A. (2013). Species of Mycosphaerellaceae and Teratosphaeriaceae on native Myrtaceae in Uruguay: Evidence of fungal host jumps. *Fungal Biology*, 117(2), 94-102. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2012.12.002>
- Raeder, U., & Broda, P. (1985). Rapid preparation of DNA from filamentous fungi. *Letters in Applied Microbiology*, 1(1), 17-20. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.1985.tb01479.x>
- Ramírez-Gil, J. G. (2018). Avocado wilt complex disease, implications and management in Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 71(2), 8525-8541. <https://doi.org/10.15446/rfna.v71n2.66465>
- Ramírez-Gil, J. G., López, J. H., & Henao-Rojas, J. C. (2020). Causes of Hass avocado fruit rejection in preharvest, harvest, and packinghouse: Economic losses and associated variables. *Agronomy*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy10010008>
- Reina -Noreña, J., Mayorga-Cobos, M. J., Caldas-Herrera, S. J., Rodríguez-Valenzuela, J., & Varón-Devia, E. H. (2015). El problema de la peca en cultivos de aguacate (*Persea americana* Mill.) del norte del Tolima, Colombia. *Revista Corpoica*, 16(2), 265-278. https://doi.org/10.21930/rcta.vol16_num2_art:372
- Schoch, C. L., Ciufu, S., Domrachev, M., Hotton, C. L., Kannan, S., Khovanskaya, R., Leipe, D., Mcveigh, R., O'Neill, K., Robbertse, B., Sharma, S., Soussov, V., Sullivan, J., Sun, L., Turner, S., & Karsch-Mizrachi, I. (2020). NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. *Database*, 2020, baaa062. <https://academic.oup.com/database/article/doi/10.1093/database/baaa062/5881509?login=false>



- Trakunyingcharoen, T., Cheewangkoon, R., & To-anun, C. (2015). Phylogenetic Study of the Botryosphaeriaceae Species Associated with Avocado and Par rubber in Thailand. *Chiang Mai Journal of Science*, 42(1), 104-116. <http://epg.science.cmu.ac.th/ejournal/>
- White, T. J., Burns, T., Lee, S., & Taylos, J. (1990). Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal RNA Genes for Phylogenetics. En M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, & T. J. White (Eds.), *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications* (pp. 315-322). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1> 🍋





CAPÍTULO IV

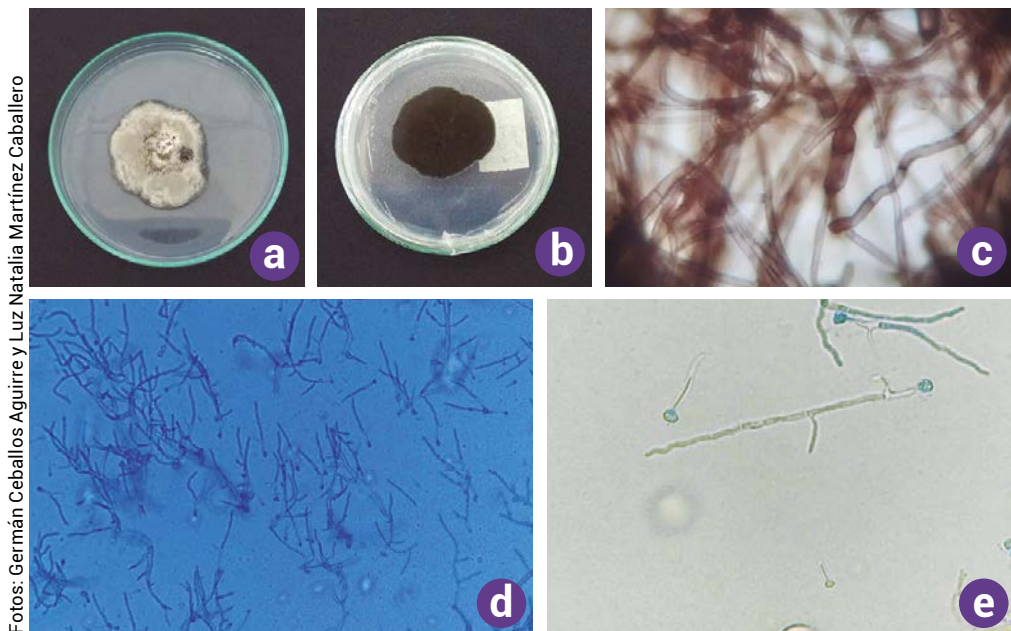
Microorganismos patógenos asociados a enfermedades del fruto y el pedúnculo del aguacate Hass



Pseudocercospora sp.

Los aislamientos de *Pseudocercospora* sp. se caracterizan por presentar una colonia de color gris, densa y de crecimiento lento en medio de cultivo PDA. El micelio es de color gris claro y elevado. En el microscopio se observan fragmentos de micelio corto y separado, y no es común ver estructuras reproductivas como esporas (figura 41).

Figura 41. Crecimiento de *Pseudocercospora* sp., obtenido de pedúnculo y frutos de aguacate Hass. a y b. Colonia vista en la cara superior e inferior; c. Micelio; d. Conidias vistas a 40X; e. Vista a 100X.



Fotos: Germán Ceballos Aguirre y Luz Natalia Martínez Caballero



Síntomas de enfermedades asociadas a *Pseudocercospora norchiensis* en aguacate Hass

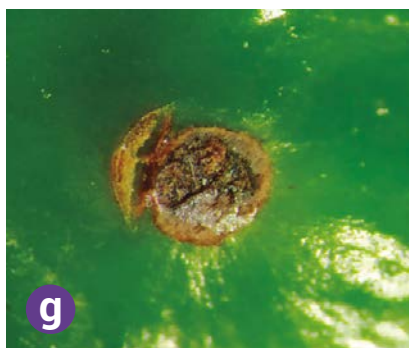
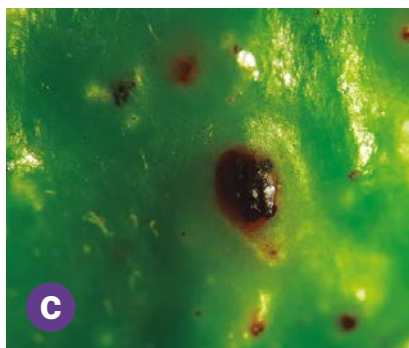
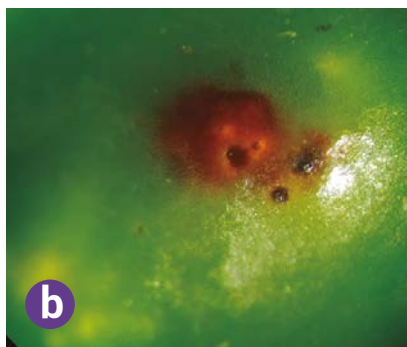
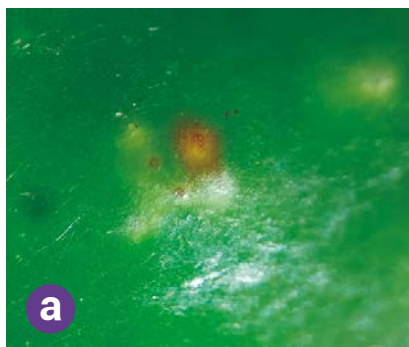
Pseudocercospora norchiensis puede afectar diferentes tejidos de la planta, entre ellos el fruto, el pedúnculo y las hojas.

Peca en frutos de aguacate Hass

Los daños ocasionados por peca se consideran una limitante para la comercialización del aguacate en todas las regiones productoras. De acuerdo con Darvas y Kotze (1987), las pérdidas por causa de los daños estéticos del fruto pueden llegar a un 69% de la producción para huertos en Sudáfrica, donde no se hizo manejo de la enfermedad; mientras que en los cultivos Fuerte, Edranol, Hass y Ryan con manejo fitosanitario, las pérdidas pueden ser hasta del 12% (Darvas, 1982). Se menciona que esta enfermedad afecta aguacates criollos y verdes en pre y poscosecha en casi todos los departamentos productores de aguacate de Colombia (Tamayo-Molano, 2013).

Los síntomas de peca en frutos de aguacate Hass se caracterizan por presentar manchas negras, redondeadas, lisas y compactas sobre la superficie de las lenticelas, las cuales pueden mostrar un leve hundimiento a causa de la manipulación. Estas lesiones son superficiales, y solo afectan la corteza del fruto; sin embargo, en estados avanzados, estas lesiones se agrietan, condición que favorece la entrada de hongos oportunistas. Cuando hay condiciones de alta humedad relativa en los cultivos, se puede observar el crecimiento del hongo en el centro de la lesión (figura 42).

Figura 42. Progreso de la infección por *Pseudocercospora norchiensis* en aguacate Hass. a. b. c. y d. Aparición de puntos independientes de color café claro, que se dispersan a lo largo del pericarpio conforme avanza la infección; e. f. g. y h. Las lesiones independientes se unen y conforman una lesión más grande y compacta que se agrieta.



Fotos: Luz Natalia Martínez Caballero



A nivel mundial, esta patología se conoce como *Cercospora spot* (o *spot blotch*) en aguacates y fue descrita por primera vez por Cooke (1878; citado en Darvas & Kotze, 1979, p. 92), y luego en Florida y otras zonas de Latinoamérica por Stevens y Piper (1941), Zentmyer (1955), Zentmyer (1961), y en las Antillas francesas, Martinica y Camerún, por Gustafson (1976); también en México, por Turu (1969), y en Sudáfrica, por Brodrick et al. (1974).

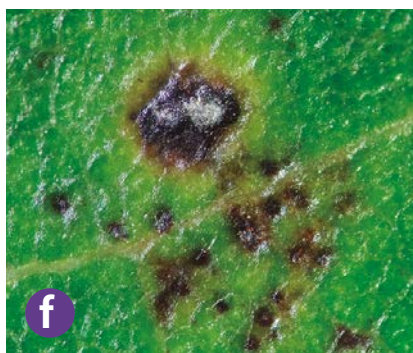
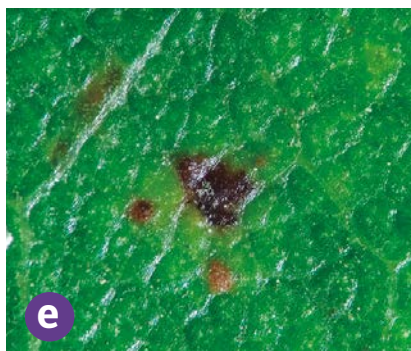
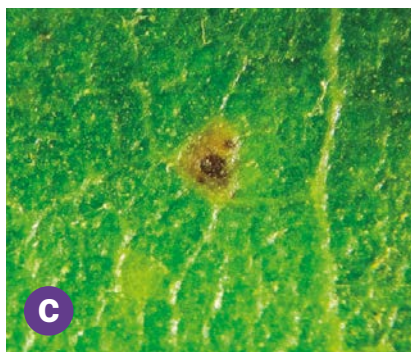
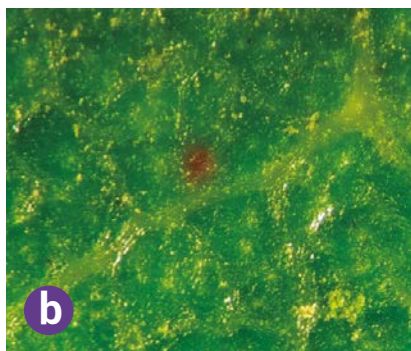
De acuerdo con el compendio CABI (2016), la enfermedad también está presente en India, Japón, Filipinas, República Democrática del Congo, Costa de Marfil, Guinea, Kenya, Bermuda, Estados Unidos, El Salvador, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico, Trinidad y Tobago, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Guyana, Perú, Venezuela, Australia y Palau.

Peca en hojas de aguacate Hass

La sintomatología en hojas es similar a la reportada en frutos. La infección comienza con la presencia de puntos pequeños de color café claro dispersos a lo largo del área foliar, los cuales aumentan de tamaño y cambian a un color café-oscuro. Posteriormente, las lesiones presentan un halo de color amarillo y se observan lesiones nuevas cercanas a la lesión más antigua. A medida que las lesiones crecen, se unen y el tejido se agrieta (figura 43). En general, el crecimiento de las lesiones y la dispersión es lento. Es posible observar lesiones tanto en hojas jóvenes como maduras cuando la enfermedad se establece en el cultivo, por lo que el tejido foliar afectado constituye una fuente de inóculo permanente.

Figura 43. Sintomatología de peca en hojas de aguacate Hass. a. Hoja con diferentes puntos de infección; b. Aparición de puntos independientes de color café claro; c y d. Inicio del proceso de dispersión; e y f. Las lesiones independientes se unen y conforman una lesión más grande, se observan estructuras del patógeno; g. Lesiones compuestas necróticas y compactas que se agrietan.





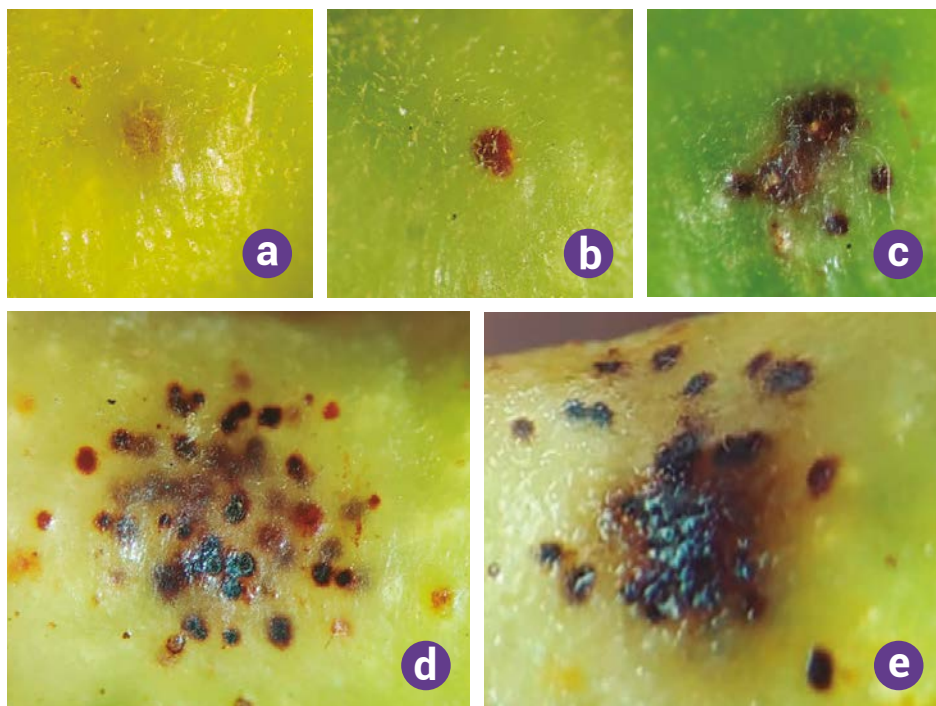
Fotos: Luz Natalia Martínez Caballero



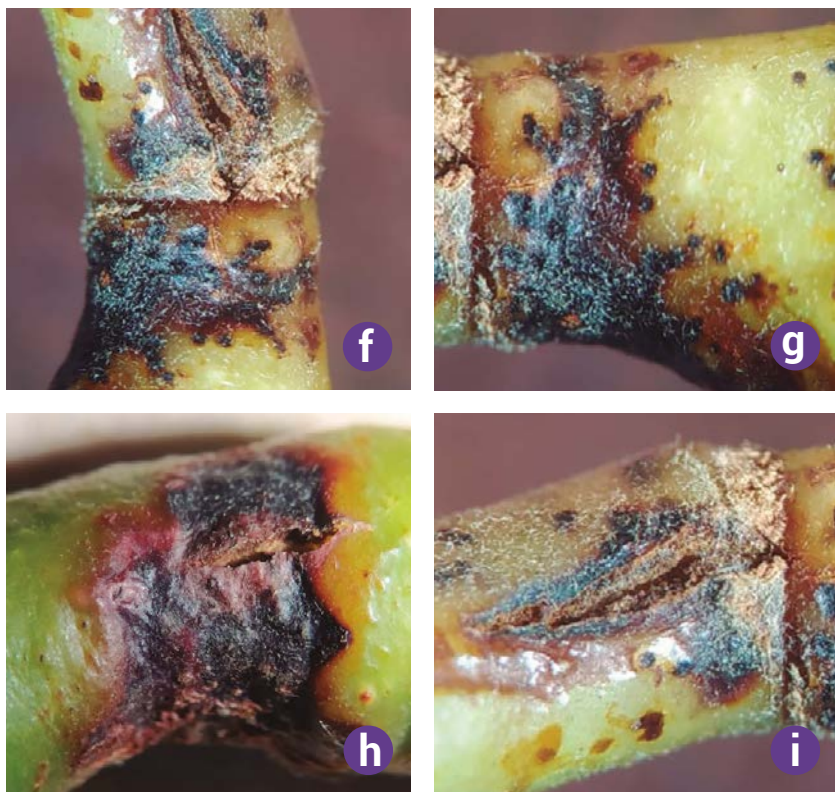
Pudrición o anillamiento del pedúnculo

Los síntomas iniciales de pudrición o anillamiento del pedúnculo se caracterizan por presentar pequeños puntos necróticos de color café claro, que se agrupan inicialmente en diferentes partes del pedúnculo. Luego, estos puntos de infección aumentan su tamaño y las lesiones se tornan necróticas. El tejido se rompe y abre paso a microorganismos secundarios que acentúan la enfermedad (figura 44).

Figura 44. Descripción del anillamiento de pedúnculo en aguacate Hass. a. b. y c. Aparición de puntos independientes de color café claro, que se dispersan a lo largo del pedúnculo conforme avanza la infección, y se forman aglomeraciones independientes a lo largo del pedúnculo; f. g. h. i. Las lesiones independientes se unen y conforman una lesión más grande y compacta que se agrieta.



Fotos: Luz Natalia Martínez Caballero



Fotos: Luz Natalia Martínez Caballero

Colletotrichum sp.

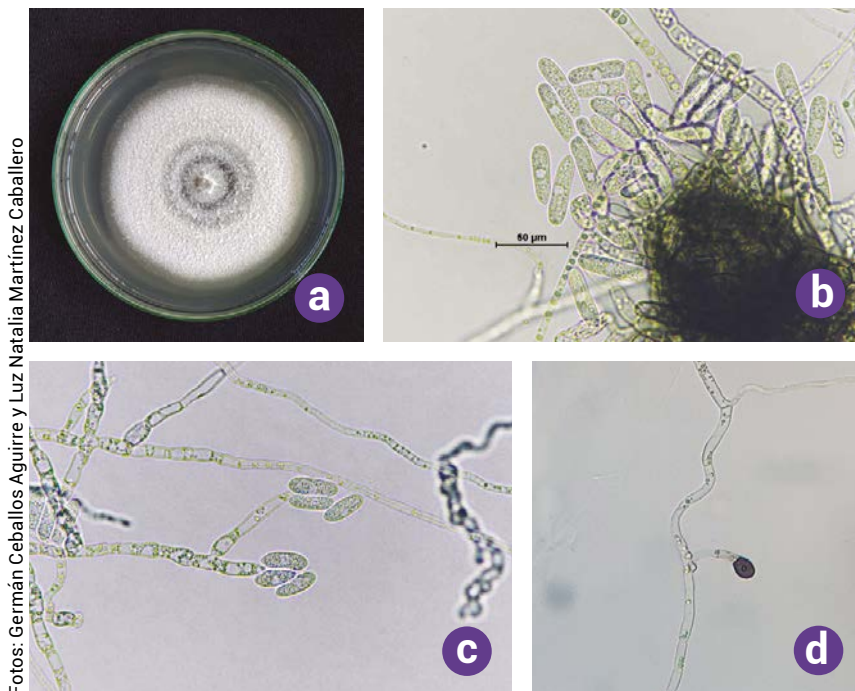
El hongo *Glomerella cingulata* (anamorfo *Colletotrichum gloeosporioides*) es el principal patógeno asociado con la antracnosis en todos los países productores de aguacate (Guillén-Andrade et al., 2007; Peres et al., 2005). El hongo *Colletotrichum gloeosporioides* puede ocasionar diferentes enfermedades en precosecha (Willingham et al., 2000).

Los aislamientos obtenidos de frutos de aguacate Hass se caracterizan por presentar colonias de color gris, algodonosa y de crecimiento rápido. Se observa formación abundante de masas de esporas (acérvulos) de color salmón en la mayoría de los casos,



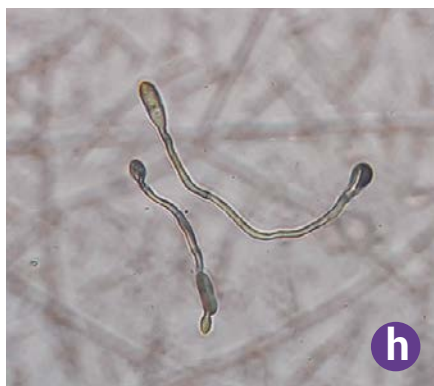
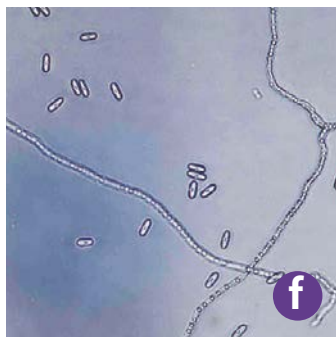
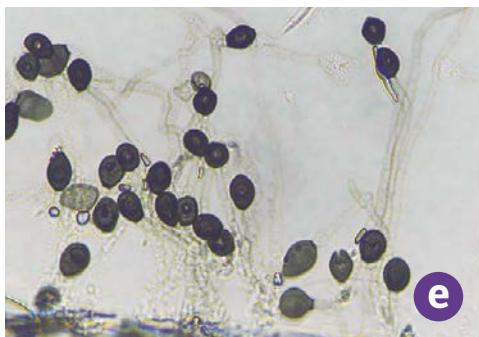
y abundante producción de conidias en gran parte de los aislamientos. Asimismo, se evidencia micelio septado, conidias producidas en conidióforos individuales, presencia de setas (espinas), conidias uniceluladas y biceluladas para producción del apresorio, buena esporulación y alta producción de conidias. Este tipo de estructuras es propio de hongos del género *Colletotrichum* sp. (figura 45).

Figura 45. Crecimiento de *Colletotrichum* spp. obtenido de pedúnculo y frutos de aguacate Hass. a. Colonia de *Colletotrichum gloeosporioides*; b. Conidias de *C. fragariae* (100x); c. Conidias de *C. tamarilloi* (100x); d. y e. Apresorio de *C. gloeosporioides*, apresorios *C. siamense* (100x); f. Conidias de *C. scovillei*; g. Conidias de *Colletotrichum* sp.; h. Germinación de conidias de *C. scovillei*.





Fotos: Germán Ceballos Aguirre y Luz Natalia Martínez Caballero



Síntomas de enfermedades asociadas a *Colletotrichum* sp. en aguacate Hass

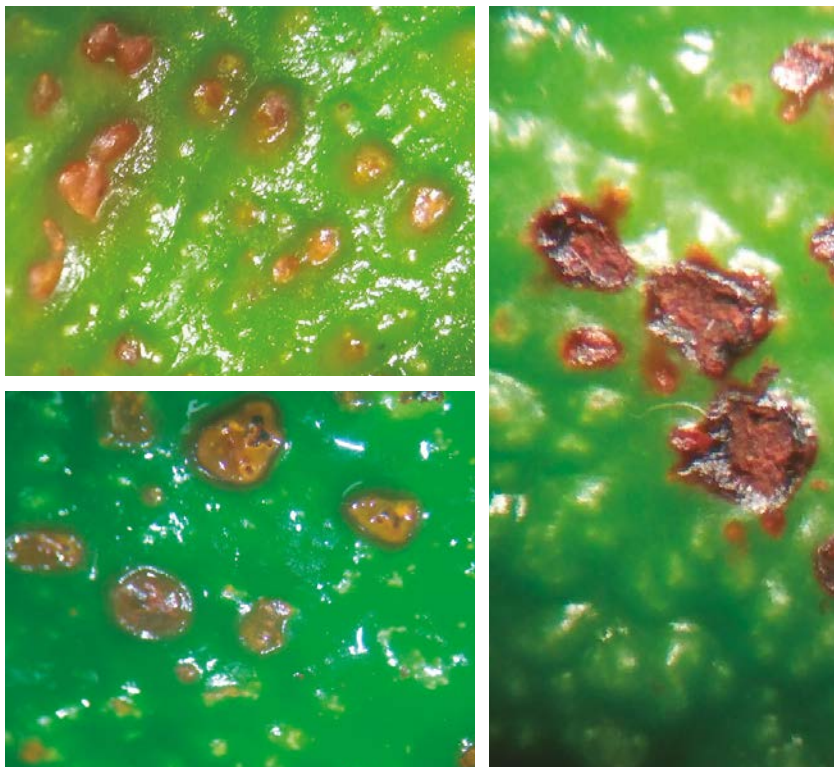
La antracnosis es una enfermedad muy común en la poscosecha de frutas, pues es endémica en muchas áreas productivas y es la más limitante en zonas de alta precipitación (Hartil, 1991). A nivel mundial, la antracnosis es la enfermedad más limitante en fase de poscosecha en aguacate Hass, ya que genera pérdidas que pueden llegar al 100 % (Sanders et al., 2000; Wasilwa et al., 2005). En Colombia, se estima que los daños ocasionados por *Colletotrichum* sp. pueden causar pérdidas por rechazo en planta comercializadora de hasta un 52,5 % (Ramírez-Gil et al., 2020).



Antracnosis que afecta lenticelas de aguacate Hass

Los síntomas de antracnosis en frutos de aguacate Hass se caracterizan por la presencia de lesiones circulares irregulares y corrugadas de color marrón con centro oscuro y presencia de halo café claro de consistencia porosa, en las cuales se pueden presentar hundimientos y, como efectos de la pudrición, se desprende el tejido, lo que causa aberturas, incluso antes de cosechado el fruto (figura 46). Después de que el hongo ha infectado la epidermis, puede permanecer en estado de latencia hasta la maduración, momento durante el cual coloniza la pulpa, y esto ocasiona decoloración y posteriormente pudrición interna.

Figura 46. Síntomas de antracnosis en lenticelas de frutos de aguacate Hass.



Fotos: Luz Natalia Martínez Caballero



Antracnosis que causa pudriciones internas en aguacate Hass

Los síntomas de pudriciones internas asociadas a *Colletotrichum* sp. se presentan inicialmente como una lesión de color café claro en la unión del fruto con el pedúnculo que avanza hacia la base y afecta los haces vasculares, los cuales se tornan pronunciados y necróticos (figura 47). En las cavidades de unión con el pedúnculo, se observa la presencia de micelio algodonoso de color gris (Ochoa-Ascencio, 2009; Robledo et al., 2016); estas lesiones también se evidencian en otras partes del fruto, cuando la infección penetra el exocarpo y causa una decoloración de la pulpa.

Figura 47. Síntomas de antracnosis en frutos de aguacate Hass.
a. y b. Síntomas de antracnosis en la pulpa de aguacate Hass;
c. y d. Crecimiento del hongo en la zona peduncular del fruto; e. Hongo esporulado en frutos con desarrollo avanzado de la enfermedad



Fotos: Germán Ceballos Aguirre y Luz Natalia Martínez Caballero



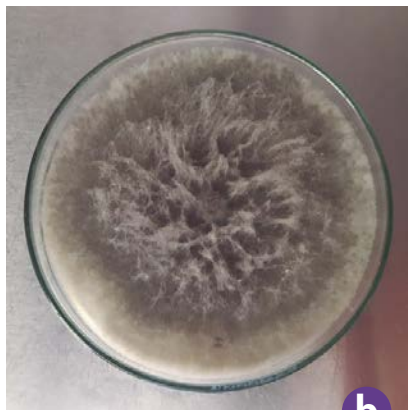
Hongos de la familia Botryosphaeriaceae

La familia Botryosphaeriaceae está compuesta por 23 géneros de hongos con una amplia gama de hospederos, siendo los más importantes *Diplodia*, *Dothiorella*, *Lasiodiplodia* y *Neofusicoccum*. Esta familia comprende hongos cosmopolitas que pueden ser endófitos, fitopatógenos o saprófitos (Mondragón-Flores et al., 2021).

Los aislamientos de *Lasiodiplodia* sp. y *Neofusicoccum* sp. se caracterizan por presentar colonias algodonosas de micelio elevado y crecimiento rápido. Inicialmente, son de color blanco y luego varían de color hasta alcanzar una tonalidad oscura. No evidencian estructuras de reproducción tipo espora. Estos aislamientos presentan un micelio filamentososo denso, con crecimiento aéreo; al comienzo, el micelio es blanquecino y se torna gris-olivo a los siete días, y adquiere un color completamente negro a los diez días. En condiciones de incubación y medio de cultivo PDA, no se diferencian estructuras que permitan su identificación a nivel de género; sin embargo, estas se obtienen a partir de tejido inoculado, en los cuales se consiguen picnidios, esporas inmaduras (aseptadas) y esporas maduras (septadas) (figura 48).



a



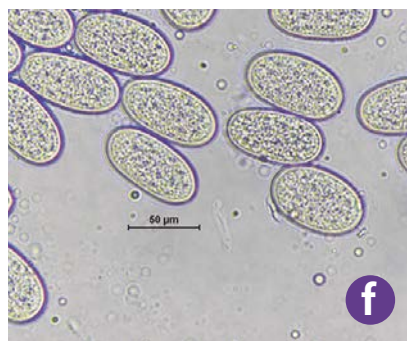
b



Figura 48. Características de los hongos *Lasiodiplodia* sp. y *Neofusicoccum* sp. aislados de frutos de aguacate Hass.

a. Crecimiento de las colonias de los géneros *Lasiodiplodia theobromae*. b. *Neofusicoccum*; c. Producción de estructuras típicas como picnidios y liberación de conidias de *L. theobromae*; d. Picnidios con crecimiento micelial a partir de la germinación conidias de *Neofusicoccum* sp. (100x); e. Conidias de *Neofusicoccum* inmaduras aseptadas; f. Conidia inmadura de *L. theobromae* aseptada (100x); g. Conidia madura septada de *L. pseudotheobromae* (100x); h. Picnidios y liberación de conidias en pedúnculos colectados en campo; i. Picnidios formados por *L. theobromae* en ramas de aguacate Hass inoculadas; j. y k. Colonización micelial del fruto en poscosecha; l. Infección inicial y producción de micelio de *Neofusicoccum italicum*.

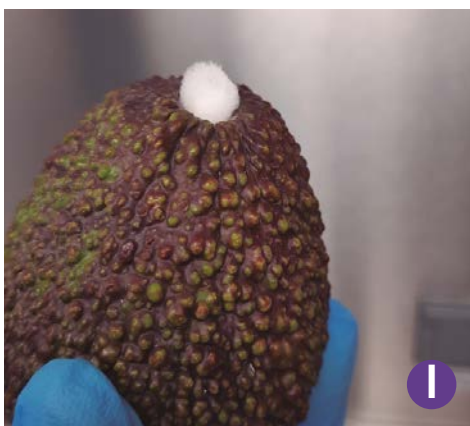
Fotos: Germán Ceballos Aguirre y Luz Natalia Martínez Caballero



Continúa...



Continuación Figura 48. Características de los hongos *Lasiodiplodia* sp. y *Neofusicoccum* sp. aislados de frutos de aguacate Hass.



Fotos: Germán Ceballos Aguirre y Luz Natalia Martínez Caballero



Síntomas de enfermedades asociadas a hongos del complejo *Botryosphaeria* sp.

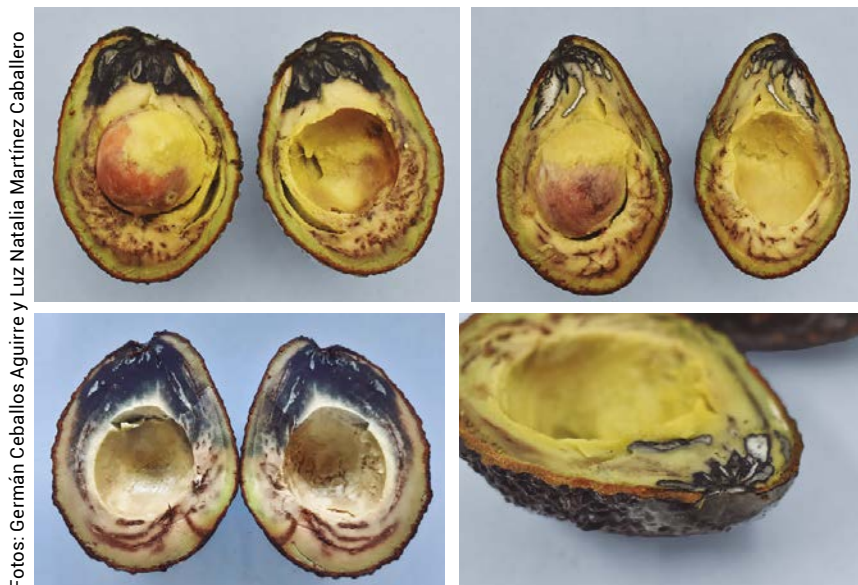
Los hongos *Lasiodiplodia theobromae* y *Neofusicoccum parvum* causan daños en poscosecha que se manifiestan como una pudrición en la inserción del pedúnculo con el fruto (Tamayo-Molano, 2007); estos daños pueden representar pérdidas importantes en cuanto a la calidad de la fruta para consumo interno y de exportación.

Pudrición interna del fruto asociada a los géneros *Lasiodiplodia* y *Neofusicoccum*

Los síntomas de pudrición interna asociada a los géneros *Lasiodiplodia* y *Neofusicoccum* se presentan inicialmente con una necrosis color marrón de oscura a parda, la cual se presenta en la unión del fruto con el pedúnculo y luego avanza hacia la pulpa y la coloniza completamente, la vuelve de color negro y le deja con abundante micelio, que se puede extender hasta la semilla. La consistencia de la pulpa se torna corchosa y dura (figura 49). Las infecciones causadas por estos hongos se caracterizan por una rápida degradación del tejido, que puede ocurrir entre cinco y diez días.



Figura 49. Pudrición interna causada por *Lasiodiplodia* sp. y *Neofusicoccum* sp.



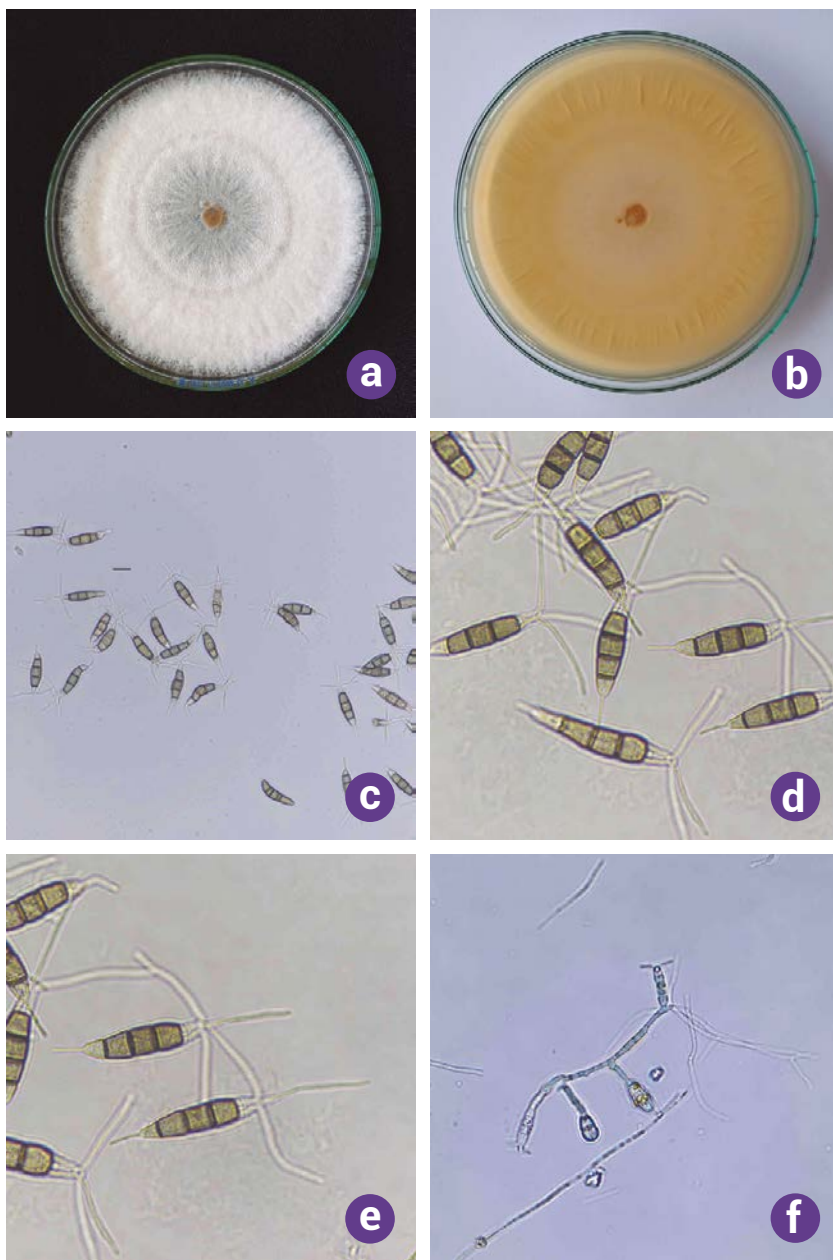
Fotos: Germán Ceballos Aguirre y Luz Natalia Martínez Caballero

Hongos de los géneros *Pestalotiopsis* sp. y *Diaporthe* sp.

Los aislamientos que se obtuvieron de *Pestalotiopsis* sp. y *Pseudopestalotiopsis* sp. presentan colonias blancas con forma de rose-ta, borde elevado y formación tardía de acérvulos aislados (figura 50). De igual forma, se evidencia buen crecimiento de micelio cuando se cultiva en medio PDA, pero su etapa de esporulación es tardía. Se observan puntos oscuros en el medio del micelio, que corresponden a los acérvulos con abundante presencia de esporas; estas se caracterizan por tener varias células con un patrón de pigmentación y estructuras típicas como apéndices apicales y basales, las cuales están asociadas a hongos del género *Pestalotiopsis* sp. y *Pseudopestalotiopsis* sp. Estas estructuras y su número se usan para clasificar las diversas especies de dicho género.



Figura 50. Crecimiento de *Pestalotiopsis* sp. obtenido de pedúnculo y frutos de aguacate Hass. a. y b. Colonia vista en la cara superior e inferior; c. Conidias de *Pestalotiopsis microspora*; d. y e. Conidias de *Pseudopestalotiopsis* sp.; f. Conidioforos.



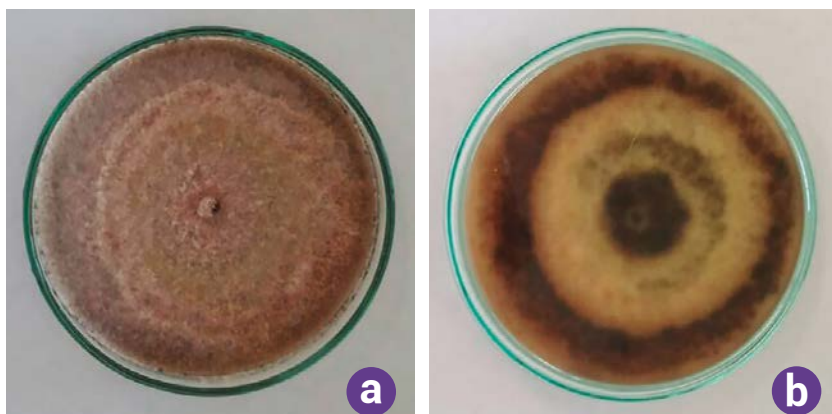
Fotos: Germán Ceballos Aguirre



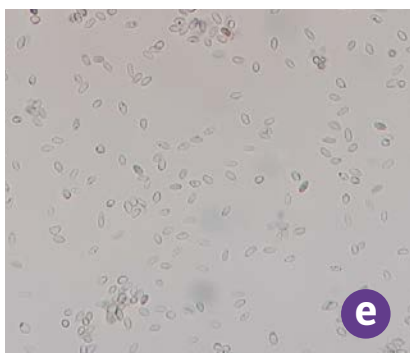
Los aislamientos obtenidos de *Diaporthe* sp. se caracterizan por presentar colonias blancas de micelio elevado grueso y crecimiento rápido e irregular, así como generación de estructuras con forma de paredes en los bordes de la colonia.

Se evidencia buen crecimiento micelial cuando se cultiva en medio de PDA, pero no tiene una esporulación definida. En general, no se producen esporas cuando se cultiva en medio PDA. Se presenta la formación de estructuras tipo picnidios con la liberación de exudados con contenidos de conidias tipo alfa y beta, cuando se cultivan en medio de PDA con fragmentos de papel filtro (figura 51).

Figura 51. Crecimiento de *Diaporthe* sp. obtenido de pedúnculo y frutos de aguacate Hass. a. y b. Colonia vista en la cara superior e inferior; c. Picnidios vistos en el estereoscopio; d. Picnidio con la presencia de exudado (vista ampliada al estereoscopio); e. Conidias tipo alfa; f. Conidias tipo beta; g. Exudados de *Phomopsis* sp.; h. Conidias tipo beta de *Phomopsis* sp.; i. Germinación de conidias a partir del picnidio en *Phomopsis* sp.; j. Exudado de *Diaporthe* sp.



Fotos: Germán Ceballos Aguirre



Fotos: Germán Ceballos Aguirre



Síntomas de enfermedades asociadas con *Pestalotiopsis* sp. y *Diaporthe* sp.

Los síntomas avanzados de pudrición o anillamiento del pedúnculo se caracterizan por presentar lesiones con un leve hundimiento, que forma una especie de “cuello” en la zona afectada, la cual se puede presentar a lo largo y alrededor del pedúnculo, y cubrir así su perímetro; con esto se da lo que se conoce como anillamiento. Este último puede abarcar todo el tejido, desde el pedicelo hasta la unión con la rama. En estados más avanzados, se dan cuarteamientos o agrietamientos del tejido (figuras 52).

Figura 52. Sintomatología de anillamiento de pedúnculo en frutos de aguacate Hass (a, b y c).



Fotos: Alejandro Jaramillo Laverde, Germán Ceballos Aguirre y Luz Natalia Martínez Caballero



Conclusiones

- Se caracterizaron los microorganismos asociados a los estados iniciales y avanzados de las enfermedades que ocasionan la pudrición del pedúnculo y daños en lenticelas a partir de infecciones controladas, y así se obtuvieron perfiles típicos de daños internos y externos de los frutos.
- Este estudio ayudó al reconocimiento de los síntomas característicos en campo, asociados a los daños en lenticelas y pudrición del pedúnculo en los estados fenológicos del cultivo y sus agentes causales, lo que permitirá un control más efectivo para la protección de la cosecha.

Referencias

- Brodrick, H. T., Pretorius, W. J., & Frean, R. T. (1974). *Avocado diseases. Farming in South Africa*. Avocado Series No. H1: 1 - 8.
- CABI Compendium. (2016). *Pseudocercospora purpurea* (spot blotch). <https://www.cabi.org/cpc/datasheet/12266>
- Darvas, J. M. (1982). *Etiology and control of some avocado fruit diseases* [Tesis doctoral, University of Pretoria]. http://avocadosource.com/papers/SouthAfrica_Papers/DarvasJozsef1982/THESIS_JOE%20DARVAS_TITLE%20PAGE.pdf
- Darvas, J. M., & Kotze, J. M. (1987). Avocado fruit diseases and their control in South Africa. En *First World Avocado Congress* (pp. 117-119). South African Avocado Growers' Association Yearbook.
- Guillén-Andrade, H., Gutiérrez, M., Lara-Chávez, M. B. N., Chávez, T., Vidales-Fernández, A., Ochoa, S., & López-Medina, J. (2007). Antracnosis: una investigación sobre su agente causal en la franja aguacatera de Michoacán, México [Ponencia]. Actas VI Congreso Mundial del Aguacate, Viña del Mar, Chile.



- Gustafson, D. (1976). 1976 World avocado production. *Cal Avocado Soc Yearb*, 60, 74-90.
- Hartill, W. F. T. (1991). Post-harvest diseases of avocado fruits in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 19(3), 297-304. <https://doi.org/10.1080/01140671.1991.10421814>
- Mondragón-Flores, A., Rodríguez-Alvarado, G., Gómez-Dorantes, N., Guerra-Santos, J. J., & Fernández-Pavía, S. P. (2021). Botryosphaeriaceae: una familia de hongos, compleja, diversa y cosmopolita. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(4), 643-654.
- Ochoa-Ascencio, S. (2009). Enfermedades poscosecha del fruto de aguacate. En *Memorias del III Congreso Latinoamericano del Aguacate* (Vol. 2009, pp. 1-14). <https://acortar.link/t8REdj>
- Peres, N. A., Timmer, L. W., Adaskaveg, J. E., & Correll, J. C. (2005). Lifestyles of *Colletotrichum acutatum*. *Plant Disease*, 89(8), 784-796. <https://doi.org/10.1094/PD-89-0784>
- Ramírez-Gil, J. G., López, J. H., & Henao-Rojas, J. C. (2020). Causes of hass avocado fruit rejection in preharvest, harvest, and packinghouse: Economic losses and associated variables. *Agronomy*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy10010008>
- Robledo, J., Aguirre, C., & Zapata, J. (2019). *Guía ilustrada de enfermedades en postcosecha de frutas y verduras y sus agentes causantes en Colombia*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Sanders, G. M., Korsten, L., & Wehner, F. C. (2000). Survey of fungicide sensitivity in *Colletotrichum gloeosporioides* from different avocado and mango production areas in South Africa. *European Journal of Plant Pathology*, 106, 745-752. <https://doi.org/10.1023/A:1026523021296>
- Stevens, H. E., & Piper, R. B. (1941). Enfermedades del aguacate en La Florida. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 5(16 y 17), 11-51.
- Tamayo-Molano, P. J. (2007). Enfermedades del aguacate. *Revista Politécnica*, 3(4), 51-70.



- Tamayo-Molano, P. J. (2013). Enfermedades y desórdenes abióticos. En J. A. Bernal, & Díaz C. A. (Comps.), *Tecnología para el cultivo de aguacate* (pp. 286-313). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Turu, T. (1969). Avocados south of the border. *California Avocado Society Yearbook*, 70, 31-37.
- Wasilwa, L. A., Njuguna, J. K., Kirigua, V., Waturu, C. N., Stafne, R. A., & Morelock, T. E. (2005). Impact of anthracnose on avocado production in Kenya. *HortScience*, 40(4), 1103-1104. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.4.1103D>
- Willingham, S. L., Cooke, A. W., Coates, L. M., & Pegg, K. G. (2000). Pepper spot: a new preharvest *Colletotrichum* disease of avocado cv. Hass. *Australasian Plant Pathology*, 29(2), 151. <https://doi.org/10.1071/AP00025>
- Zentmyer, G. A. (1955). Diseases of the avocado. *California Avocado Society Yearbook*, 39, 44-58.
- Zentmyer, G. A. (1961). Avocado diseases in the Americas. <https://digital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c5504fe0-625a-4337-8938-ca3d815ad933/content> 





CAPÍTULO V

Estrategias de manejo de enfermedades de fruto en pre y poscosecha



El proceso de producción de aguacate Hass para la exportación tiene implícitas muchas variables que interfieren en el rendimiento y la calidad de la fruta, por ejemplo, están las variables climáticas, las cuales influyen durante todas las etapas de desarrollo de la fruta. Desde antes de la floración, seguido del cuaje, el llenado de la fruta y el momento de cosecha y poscosecha, la fruta está expuesta a todos los factores climáticos y microorganismos fitopatógenos que la pueden afectar en cualquier fase.

Pruebas de eficiencia *in vitro* de productos usados para la protección fitosanitaria en aguacate

Desde que se establece el cultivo de aguacate Hass, el principal objetivo es la producción de fruta para la exportación. En el manejo fitosanitario de las principales enfermedades que afectan el cultivo, se dispone de una variedad de productos biológicos, extractos y moléculas químicas, que están registrados para su uso en aguacate Hass, teniendo en cuenta el blanco biológico y los periodos de carencia y residualidad (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2022).

Por lo general, la antracnosis causada por diversas especies del género *Colletotrichum* es el patosistema que se relaciona con mayor frecuencia en las fichas técnicas de los productos empleados para la protección fitosanitaria del aguacate; sin embargo, como



se demuestra en el presente estudio, son varios los microorganismos que están asociados al deterioro de la calidad de la fruta desde su desarrollo en el cultivo. En este sentido, los productos evaluados también tienen una respuesta diferencial, ya que el efecto puede ser específico para un género de hongo y no ser el mismo para otros.

Con el objetivo de evaluar el crecimiento *in vitro* de los principales fitopatógenos asociados al deterioro de la calidad de la fruta de aguacate Hass, se evaluaron diferentes tratamientos con extractos, productos biológicos y fungicidas para seleccionar combinaciones de tratamientos que permitieran su posterior evaluación en campo.

Materiales y métodos

Teniendo en cuenta los productos registrados en el ICA, comprendidos en el listado de registros de plaguicidas, se seleccionaron extractos, productos biológicos y fungicidas de síntesis, los cuales se describen en la tabla 12.

Los tratamientos se establecieron en el medio de cultivo PDA, que fue seleccionado como el medio sólido y el cual se modificó individualmente con la concentración de cada tratamiento (tabla 13). Estas pruebas se hicieron en el laboratorio de microbiología agrícola del Centro de Investigación Palmira; adicionalmente, se evaluó el efecto de la dosis media de los productos que se relacionan en la tabla 13.

Después de adicionar los tratamientos al medio de cultivo estéril, estos se homogenizaron a temperatura menor de 40°C para la correcta distribución del producto en el agar diluido. Finalmente, el medio fue servido en las cajas petri y dispuesto en condiciones de asepsia en cámara de flujo laminar. El producto Bs006 se preparó usando alícuota de 100 μ l por cada caja de medio PDA, distribuida sobre la superficie del agar.



Tabla 12. Productos seleccionados para evaluar la eficacia sobre el crecimiento de hongos fitopatógenos en frutos de aguacate Hass

Reg. ICA	Ingrediente activo	Categoría toxicológica	Objetivo biológico	Modo de acción	Mecanismo de acción
6296	Extracto de té	III	Antracnosis	Protectante	Rompimiento de la barrera permeable de las estructuras de la pared y la membrana celular.
1694	Sulfato de cobre penta-hidratado	II	Antracnosis	Protectante	Fungistático e inhibidor de la germinación de esporas sobre la superficie tratada.
9158	Extracto de quitosano	No específica	No específica	Bioestimulante	No se especifica.
-	Cepa <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> Bs006 AGROSAVIA	-	-	Antagonista	Secreción de sustancias que impide el crecimiento del micelio y la esporulación de hongos.
2374	Azufre	III	No específica	Protectante	El azufre interfiere en las reacciones normales de hidrogenación de la célula.
2391		No específica	No específica	Protectante	Inhibe la secreción de enzimas necesarias para el proceso de infección de los hongos.
1169	Prochloraz	II	Antracnosis en pre y poscosecha	Sistémico	Inhibe la biosíntesis del ergosterol.
429	Tebuconazol +Trifloxystrobin	III	Antracnosis mancha angular	Sistémico	Inhibe la biosíntesis del ergosterol, impiden la formación de membranas celulares y el crecimiento.
0297	Azoxystrobin + Difenconazol	II	Antracnosis	Sistémico	Impide la germinación de esporas y la respiración mitocondrial. Inhibe la biosíntesis del ergosterol.
442	Tebuconazol + Prochloraz	III	Antracnosis	Sistémico	Inhibe la desmetilación del esterol.

Continúa en la página siguiente...



Continuación Tabla 12. Grupos para el análisis de manejo sanitario del cultivo de aguacate Hass

Reg. ICA	Ingrediente activo	Categoría toxicológica	Objetivo biológico	Modo de acción	Mecanismo de acción
2697	Myclobutanil	III	Antracnosis	Sistémico	Inhibe la biosíntesis del ergosterol, y bloquea así el desarrollo del micelio.
1573	Azoxystrobin + Flutriafol	II	Antracnosis	Sistémico	Impide la germinación de esporas y la respiración mitocondrial.
2193	Hymexazol	III	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Sistémico	Inhibe el crecimiento de los hongos al interferir con la síntesis de ácidos nucleicos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Concentración de los tratamientos evaluados sobre el crecimiento de hongos fitopatógenos en aguacate Hass

N.º	Código	Ingrediente activo	Dosis (mL/L)
1	ExtT	Extracto de té	5
2	Sulf	Sulfato de cobre pentahidratado	5
3	ExtQ	Extracto de quitosano	2
4	BAC	B. Amylolyquefaciens	10
5	AzufP	Azufre	3,3
6	AzufE	Azufre	2,5
7	Proc	Prochloraz	1
8	Nat	Tebuconazol + trifloxystrobin	1,6
9	Ami	Azoxystrobin + difenoconazol	0,75
10	Sup	Tebuconazol + prochloraz	1
11	Fur	Azoxystrobin + flutriafol	1,6
12	Tac	Hymexazol	1,9

Fuente: Elaboración propia.



Como inóculo para evaluar el efecto *in vitro* de los diferentes tratamientos, se seleccionaron aislamientos relacionados con los daños en el fruto y en el pedúnculo de aguacate Hass (tabla 14).

Tabla 14. Aislamientos de los fitopatógenos obtenidos a partir de frutos de aguacate Hass, seleccionados para la evaluación *in vitro* de fungicidas

N.º	Aislamiento	Procedencia	Tipo de daño	Presencia
1	<i>Colletotrichum acutatum</i>	El Tambo	P, L2	E
2	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	El Tambo	P, L2	E
3	<i>Colletotrichum horii</i>	Timbío	P, L1, L2	E
4	<i>Colletotrichum siamense</i>	Piendamó	P, L1, L2	E
5	<i>Lasiodiplodia</i> sp.	Corinto	P, L1, L2	E / I
6	<i>Neofusicoccum kwambonambiense</i>	Piendamó	P, L1, L2	E
7	<i>Neofusicoccum parvum</i>	El Tambo	P	I
8	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Popayán	P, L1, L2	E
9	<i>Lasiodiplodia pseudotheobromae</i>	Morales	P, L2	E
10	<i>Pseudopezalotiopsis</i> sp.	El Tambo	P, L1	E
11	<i>Diaporthe phaseolorum</i>	Popayán	P, L1, L2	E

P: daños en pedúnculo; L1: lesiones de peca; L2: lesiones de antracnosis; E: daño externo; I: daño interno.

Fuente: Elaboración propia.



Los aislamientos se cultivaron en medio de PDA durante siete días para obtener el crecimiento activo del micelio. Mediante sacabocados, se tomó una muestra (colonia) de agar con micelio de cada aislamiento y se dispuso el disco de cinco milímetros de diámetro, ubicado en el punto central de las cajas de petri en cada uno de los tratamientos. Se hicieron tres repeticiones por cada aislamiento evaluado, y los controles que comprendieron la siembra del aislamiento puro en el medio de PDA sin modificar. Las cajas se sellaron y se incubaron a una temperatura de 24 °C.

La evaluación del crecimiento de las colonias se hizo desde las 24 h después de la siembra y durante siete días, haciendo medición diaria del diámetro de la colonia (en dos sentidos), para determinar, al final, el porcentaje de inhibición de los tratamientos con respecto al testigo, mediante la ecuación 1:

$$\% \text{ Inhibición} = \frac{\text{Crecimiento del control} - \text{Crecimiento del tratamiento}}{\text{Crecimiento del control}} * 100$$

Ecuación 1

Donde,

Crecimiento del control: diámetro de la colonia en el crecimiento del testigo.

Crecimiento del tratamiento: diámetro de la colonia con el tratamiento.

Los datos de inhibición fueron analizados mediante el software R (R Foundation for Statistical Computing Rstudio Versión 1.0.153 - © 2009-2017 Rstudio, Inc.), para determinar diferencias significativas entre tratamientos.

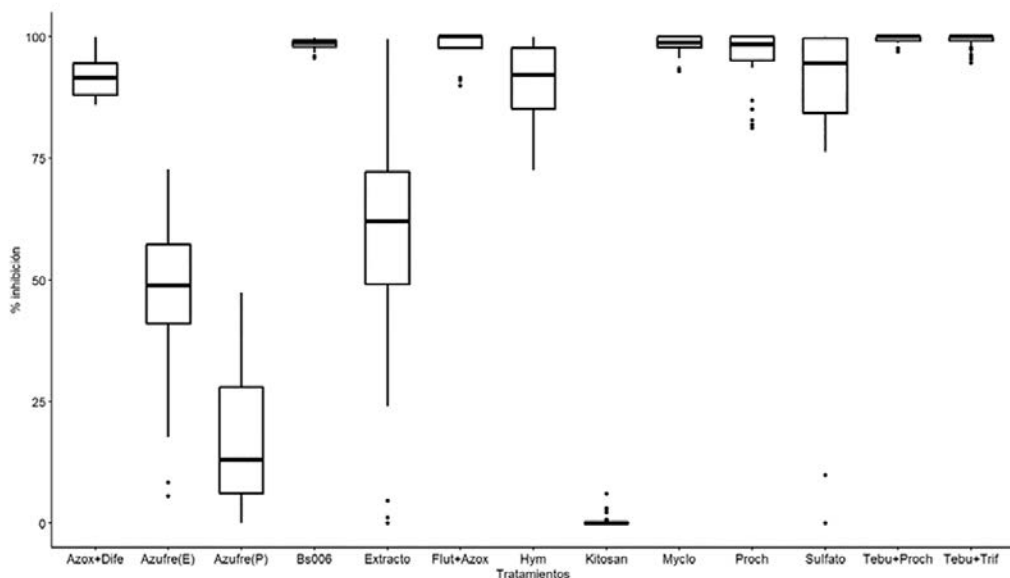


Resultados y discusión

Los resultados mostraron un efecto significativo en la inhibición del crecimiento de todos los aislamientos evaluados. Se resalta un efecto significativo en los tratamientos que se hicieron con *Bacillus*, Myclobutanil, y las mezclas de Tebuconazol + Prochloraz y Tebuconazol + Trifloxystrobin; estos se caracterizaron por presentar inhibiciones por encima del 90% del crecimiento de las colonias con todos los aislamientos evaluados (figuras 53 y 54).

Figura 53. Efecto de los tratamientos con

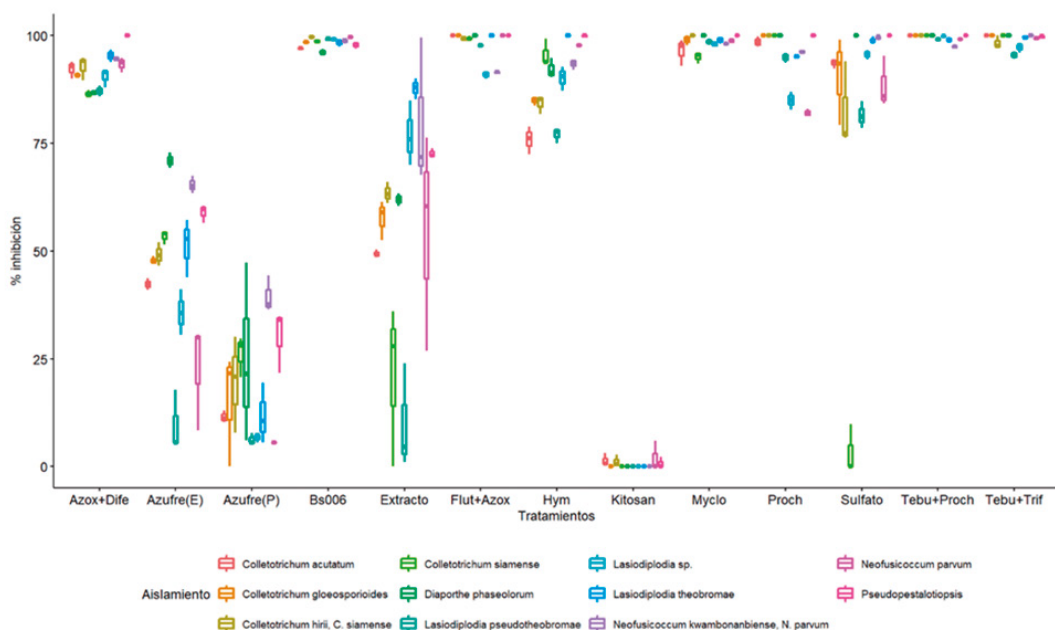
Azoxystrobin+Difenoconazol, azufre, *B. amyloliquefaciens*, extracto de té, Azoxystrobin+Flutriafol, Hymexazol, extracto de quitosano, Myclobutanil, Prochloraz, sulfato de cobre, Tebuconazol+Prochloraz, Tebuconazol+Trifloxystrobin, sobre el crecimiento *in vitro* de *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides*, *C. siamense*, *Lasiodiplodia theobromae*, *L. pseudotheobromae*, *Neofusicoccum kwambonambiense*, *N. italicum*, *Pseudopezalotiopsis* y *Diaporthe*.



Fuente: Elaboración propia.



Figura 54. Efecto de los tratamientos con Azoxystrobin + Difenconazol, Azufre, *B. amyloliquefaciens*, extracto de té, Azoxystrobin + Flutriafol, Himezaxol, extracto de quitosano, Myclobutanil, Prochloraz, sulfato de cobre pentahidratado, Tebuconazol + Prochloraz, Tebuconazol+Trifloxystrobin, sobre el crecimiento *in vitro* de *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides*, *C. siamense*, *Lasiodiplodia theobromae*, *L. pseudotheobromae*, *Neofusicoccum kwambonambiense*, *N. italicum*, *Pseudoestalotopsis* y *Diaporthe*.



Fuente: Elaboración propia.

También, se destaca un efecto significativo con *B. amyloliquefaciens* Miclobutanil, Azoxystrobin + Flutriafol, los cuales mostraron una inhibición del 98,46 % y el 98,08 %, respectivamente. Por su parte, los tratamientos con Prochloraz, Azoxystrobin + Difenconazol, Himezaxol, sulfato de cobre pentahidratado causaron un efecto considerable de la inhibición de los fitopatógenos, ya



que permitieron reducir el crecimiento de las colonias en 95,63 %, 91,86 %, 90,12 % y 84,93 %, respectivamente, en cada uno de los tratamientos indicados. En contraste, el menor efecto en la inhibición se observó con el extracto de té (57,76 %), azufre (46,15 % y 15,96 %) y quitosano (0,48 %) (tabla 15).

Tabla 15. Análisis de varianza para medias del efecto de los tratamientos con diferentes ingredientes activos, en la inhibición de *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides*, *C. siamense*, *Lasiodiplodia theobromae*, *L. pseudotheobromae*, *Neofusicoccum kwambonambiense*, *N. italicum*, *Pseudopezalotiopsis* y *Diaporthe* en condiciones *in vitro*

Tratamiento	Ingrediente activo	Porcentaje de inhibición del crecimiento
Sup	Tebuconazol + Prochloraz	99,51 ^a
Nati	Tebuconazol + Trifloxystrobin	99,07 ^a
Bac	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> BS006	98,46 ^{ab}
Ral	Myclobutanil	98,46 ^{ab}
Fur	Azoxystrobin + Flutriafol	98,08 ^{ab}
Mir	Prochloraz	95,63 ^{abc}
Ami	Azoxystrobin + Difenconazol	91,86 ^{bc}
Tac	Himezaxol	90,12 ^{cd}
Sulf	Sulfato de cobre pentahidratado	84,93 ^d
ExtT	Extracto de hoja de té	57,76 ^e
AzufE	Azufre	46,15 ^f
AzufP	Azufre	17,96 ^g
ExtQ	Quitosano	0,48 ^h

Nota: Los promedios con letras iguales no difieren de forma significativa ($p > 0,05$), según la prueba de Duncan.

Fuente: Elaboración propia.



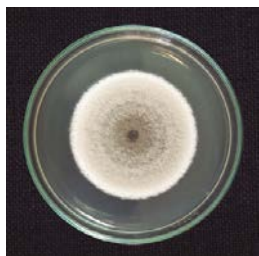
En la figura 55a se puede observar el efecto de los distintos tratamientos que se usaron en los medios de cultivo modificados, en los cuales se evaluó el crecimiento de *C. gloeosporioides* y *L. theobromae*, en condiciones de laboratorio. En la parte superior de la figura se resalta una buena inhibición de *C. gloeosporioides* con sulfato de cobre, Bs006, Prochloraz, y las mezclas de los ingredientes Tebuconazol + Trifloxystrobin, Azoxystrobin + Difenconazol, Tebuconazol + Prochloraz y Myclobutanil, en comparación con el testigo sin tratamiento; mientras que el extracto de té y de quitosano no presentan una inhibición considerable. De igual forma, en la parte inferior de la figura se muestra el crecimiento de *L. theobromae* y su respectiva inhibición con los diferentes ingredientes activos evaluados; además, se relaciona el bajo efecto de inhibición con los extractos de té y quitosano.

Asimismo, se presenta de manera resumida un ejemplo de los diferentes tratamientos evaluados y su efecto sobre *C. gloeosporioides* y se resalta la inhibición altamente significativa del crecimiento con Tebuconazol+Prochloraz, Tebuconazol+Trifloxystrobin, y con el biológico *B. amyloliquefaciens*, Miclobutanil, Azoxystrobin+Flutriafol. En la figura 55b, se relaciona el aislamiento de *L. theobromae* en los mismos tratamientos.

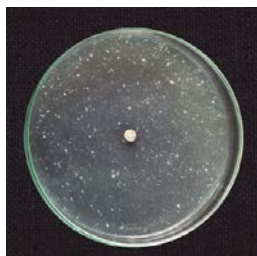
Figura 55. Ejemplo de la inhibición del crecimiento *C. gloeosporioides* y *L. theobromae* en cultivos modificados con Azoxystrobin+Difenoconazol, azufre, *B. amyloliquefaciens*, extracto de té, Azoxystrobin+Flutriafol, Hymezaxol, extracto de quitosano, Myclobutanil, Prochloraz, sulfato de cobre, Tebuconazol+Prochloraz, Tebuconazol+Trifloxystrobin. a. *C. gloeosporioides*; b. *L. theobromae*.



a



Control *C. gloeosporioides*



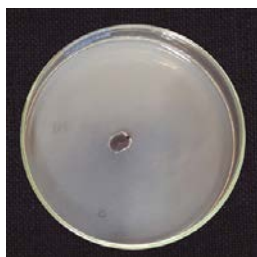
Tebuc + Pro



Tebuc + Triflo



Bacillu



Myclobutanil



Azox + Flut



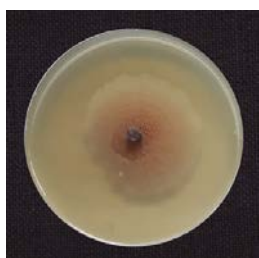
Prochloraz



Azox + Difen



Hymexazol



Sulfato Cu



Extracto



AzufreE



AzufreP



Quitosano

Fotos: Germán Ceballos Aguirre



b



Control *L. theobromae*

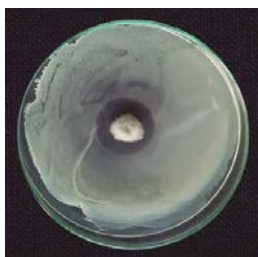


Tebuc + Proch



Tebuc + Triflo

Fotos: Germán Ceballos Aguirre



Bacillus



Myclobutanil



Azox + Flut



Prochloraz



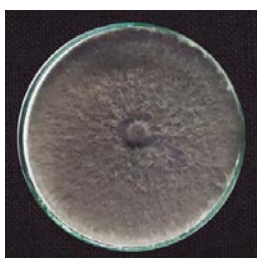
Azox + Difen



Hymexazol



Sulfato Cu



Extracto



AzufreE



Azufre



Quitosano



Evaluación de tratamientos en campo para el control de enfermedades del fruto de aguacate Hass

Epidemiología se deriva del griego “epi” (sobre o entre), “demos” (pueblo o población) y “logia” (estudio o ciencia), lo que se traduce literalmente como “estudio sobre la población” y se utiliza en contextos de sanidad. El término fue acuñado por el médico griego Hipócrates para describir el estudio de las enfermedades que afectan grandes grupos de poblaciones. Para todos los casos, incluidas las plantas, la epidemiología estudia los factores que afectan la tasa de crecimiento de una enfermedad en las poblaciones a través del tiempo. Los elementos de estudio en una epidemia constituyen un hospedante susceptible, un ambiente favorable, un patógeno virulento y el comportamiento durante un lapso (Castaño-Zapata, 2002).

Se ha estimado que en campo se pierde entre el 20 % y el 40 % de la producción de cultivos alimentarios en el mundo por plagas y enfermedades; de esto, el 14,1 % corresponde solo a las enfermedades de plantas y representa 220.000 millones de dólares en pérdidas anuales. Alrededor del 83 % de las enfermedades infecciosas de las plantas es causado por hongos; el 9 % por virus y fitoplasmas, y más del 7 % por bacterias (Khakimov et al., 2022).

En aguacate, diversas enfermedades fungosas afectan la producción; no obstante, aquellas asociadas a pedúnculos y frutos han cobrado especial atención, debido al aumento de incidencia en campo y al rechazo de fruta en maquila, pues esto es un indicador de pérdidas poscosecha. Las enfermedades de fruto más relevantes son antracnosis, peca, roña y lenticelosis; las tres primeras las causan los hongos de los géneros *Colletotrichum*, *Pseudocercospora* y *Sphaeceloma*, respectivamente, mientras que la lenticelosis corresponde a una fisiopatía desencadenada por altas humedades durante un tiempo prolongado; esto la convierte en puerta de entrada para



microorganismos oportunistas como bacterias y otros hongos saprófitos. Como se presentó en el Capítulo IV, el anillamiento y la pudrición del pedúnculo puede ser ocasionado por una amplia diversidad de hongos; no obstante, predominan los hongos maderables como *Lasiodiplodia* y *Neofusicoccum*, que igualmente se ven favorecidos por humedades relativas altas.

Una vez identificados los agentes causales, el conocimiento del comportamiento de las enfermedades y los métodos de control son fundamentales para asegurar la inocuidad de los alimentos. La selección de productos biológicos y químicos, y las prácticas culturales de prevención y remoción de la enfermedad deben ser evaluadas para validar planes de manejo y asegurar la productividad de los cultivos, especialmente en aguacate, debido a la presencia simultánea de flores y frutos de diferentes tamaños, la afección de los productos sobre la floración y la trazabilidad o residualidad de fungicidas nocivos para la salud humana. Es importante destacar que el mejor método de control de las enfermedades implica la integración de estrategias de manejo que pueden incluir la rotación de ingredientes activos, una adecuada fertilización e incluso las podas fitosanitarias.

Es importante destacar que el mejor método de control de las enfermedades implica la integración de estrategias de manejo que pueden incluir la rotación de ingredientes activos, una adecuada fertilización e incluso las podas fitosanitarias.

Materiales y métodos

Se realizó seguimiento de la incidencia y severidad de las enfermedades asociadas al fruto y al pedúnculo en cuatro fincas productoras de aguacate cv. Hass en el Cauca, que estuvieran en etapa productiva (tabla 16). Se establecieron al azar parcelas experimentales de bloques con cuatro repeticiones y cuatro unidades experimentales por tratamiento en cada repetición, y se demarcaron cuatro ramas por árbol, procurando abarcar todos los puntos cardinales; también se les hizo seguimiento quincenal a las enfermedades.



Tabla 16. Predios seleccionados para el seguimiento de las enfermedades en pedúnculos y frutos de aguacate cv. Hass

Municipio	Vereda	Altitud (m. s. n. m.)	Tratamientos evaluados	Ciclos productivos
Morales	Carpintero	1.616	T1 a T4	C1, C2, C3
Popayán	La Claridad	1.889	T1 a T4	C2
Sotará	El Crucero	1.941	T1 a T4	C1, C2
Timbío	Hato Viejo	1.845	T1 a T5	C1, C2, C3

Fuente: Elaboración propia.

Se evaluaron tres ciclos productivos desde floración hasta cosecha, desde septiembre de 2021 hasta abril de 2023. Las variables evaluadas fueron: número de flores (NF), diámetro de frutos (DF), incidencia y severidad de pudrición de pedúnculo (DDP), incidencia y severidad de enfermedades asociadas a las lenticelas (DL), daños por roña (DR), daños mecánicos (DMEC), daños por *Monalonion* (DMON) y daños por otros insectos (DINS). Esto se hizo teniendo en cuenta la escala de severidad propuesta por Twizeyimana et al. (2013) para la evaluación de enfermedades en el pedúnculo y la escala de severidad aplicada por Grisales et al. (2016) para enfermedades en epidermis de frutos. Al finalizar cada ciclo productivo, se tomaron 30 frutos al azar de cada tratamiento y por repetición para estimar las variables mencionadas, con el fin de verificar el estado sanitario de la fruta en la cosecha.

En todas las fincas, posterior a la cosecha, se realizaron podas de mantenimiento y aclareo. A partir del C2 se realizó una fertilización foliar a base de calcio, boro, zinc y nitrógeno durante la floración. La evaluación de ingredientes activos y los programas de aplicación por ciclo productivo se muestran en las tablas 17, 18 y 19.



Tabla 17. Tratamientos evaluados en el primer ciclo productivo (C1)

Ciclo productivo 1 (septiembre 2021-abril 2022)		
TTO	Ingrediente activo	Frecuencia de aplicación
T1	<i>Trichoderma harzianum</i> y <i>T. koningii</i>	Primera aplicación inundativa en cuajado de fruto (2 kg/ha) y después aplicaciones quincenales a dosis 1 kg/ha.
T2	Sulfato de Cu pentahidratado (260g/L)	Se iniciaron aplicaciones foliares mensuales con el primer reporte de enfermedad y la dosis osciló entre 1 y 2 L/ha, si la incidencia era menor o mayor del 5 %.
T3	Tebuconazole (133 g/L) + Procloraz (267 g/L)	Se realizaron dos aplicaciones preventivas, una inmediatamente después del cuajado y otra 60 días después del cuajado del fruto a dosis 0,5 L/ha.
T4	Testigo	N/A.
T5	Calcio, zinc, boro y nitrógeno (350, 100, 50 y 69 g/L)	Se realizaron dos aplicaciones, la primera en floración y la segunda inmediatamente después del cuajado a dosis de 4L/ha.

TTO: Tratamientos evaluados.

Fuente: Elaboración propia.





Tabla 18. Tratamientos evaluados en el segundo ciclo productivo (C2)

Ciclo productivo 2 (febrero 2022-diciembre 2022)		
TTO	Ingrediente activo	Frecuencia de aplicación
T1	<i>Trichoderma harzianum</i> y <i>T. koningii</i> .	Primera aplicación inundativa en cuajado de fruto (2 kg/ha) y después aplicaciones mensuales a dosis 1 kg/ha.
T2	Azoxystrobin 200 g/L + Difenconazole 125 g/L.	Se realizaron dos aplicaciones, la primera al finalizar la cosecha del ciclo anterior y después de floración, y la segunda 30 días después a dosis 600 mL/ha.
	Sulfato de Cu pentahidratado (260g/L).	Se iniciaron aplicaciones foliares quincenales dos meses antes de la cosecha a dosis 1 L/ha.
T3	Tebuconazole + trifloxystrobin (200 +100 g/L).	Se realizó una aplicación foliar preventiva inmediatamente después de la cosecha del ciclo anterior, a dosis 0,5 L/ha.
	Tebuconazole (133 g/L) + Procloraz (267 g/L).	Se realizó una aplicación foliar 60 días después de la aplicación de Tebuconazol + Trifloxystrobin, a dosis de 0,5 L/ha.
	Azufre elemental (720 g/L).	Se realizaron dos aplicaciones mensuales antes de la cosecha a dosis 1 kg/ha.
T4	Testigo	N/A.
T5	Benomil 500g/kg.	Una aplicación dos meses antes de la cosecha, a dosis 500 g/ha.
	Silicatos de calcio y óxido de zinc.	Una aplicación dos meses antes de la cosecha, a dosis 800 mL/ha.
	Fosfito de potasio potencializado con ácido salicílico.	Una aplicación dos meses antes de la cosecha, a dosis 1Lt/ha.

TTO: Tratamientos evaluados.

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 19. Tratamientos evaluados en el tercer ciclo productivo (C3)

Ciclo productivo 3 (septiembre 2022-abril 2023)		
TTO	Ingrediente activo	Frecuencia de aplicación
T1	Azoxystrobin 125 g/L + Flutriafol 125 g/L.	Una aplicación inmediatamente después de la cosecha del ciclo anterior y finalizada la floración a dosis 0,5 L/ha.
T2	Azoxystrobin 200 g/L+ Difenoconazole 125 g/L.	Se realizaron dos aplicaciones, la primera al finalizar la cosecha del ciclo anterior y después de floración, la segunda 30 días después, a dosis 600 mL/ha.
	Sulfato de Cu pentahidratado (260g/L).	Se iniciaron aplicaciones foliares quincenales dos meses antes de la cosecha, a dosis 1 L/ha.
T3	Tebuconazole + Trifloxystrobin (200 +100 g/L).	Se realizó una aplicación foliar preventiva inmediatamente después de la cosecha del ciclo anterior, a dosis 0,5 L/ha.
	Sulfato de Cu pentahidratado (260g/L).	Se iniciaron aplicaciones foliares quincenales dos meses antes de la cosecha, a dosis 1 L/ha.
T4	Testigo.	N/A.
T5	Benomil 500g/kg.	Se realizaron dos aplicaciones, la primera inmediatamente después de la cosecha anterior y finalizada la floración, y la segunda 60 días después de la primera aplicación, a dosis 500 g/ha.
	Silicatos de calcio y óxido de zinc.	Se realizaron dos aplicaciones, la primera inmediatamente después de la cosecha anterior, y la segunda 60 días después de la primera aplicación a dosis 800 mL/ha.
	Fosfito de potasio potencializado con ácido salicílico.	Se realizaron dos aplicaciones, la primera inmediatamente después de la cosecha anterior, y la segunda 60 días después de la primera aplicación a dosis 1Lt/ha.

TTO: Tratamientos evaluados.

Fuente: Elaboración propia.



La evaluación de la incidencia se hizo durante el desarrollo fisiológico mediante el registro de la presencia o ausencia de las enfermedades; esto se calculó con base en la ecuación 2:

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Número de frutos con síntomas de la enfermedad}}{\text{Número total de frutos evaluados}} \times 100$$

Ecuación 2

La evaluación de la severidad se hizo mediante la aparición de los síntomas característicos de las enfermedades a través del tiempo. Se estimó la severidad empleando la ecuación 3:

$$S(\%) = \frac{\sum GE}{N}$$

Ecuación 3

Donde,

s: severidad de la enfermedad expresada en porcentaje.

$\sum GE$: sumatoria de porcentaje de severidad de todas las muestras evaluadas.

N: número de muestras evaluadas.

Para calcular el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) se tomaron los valores promedio de severidad por tratamiento en cada localidad y se aplicó la ecuación 4:



$$ABCPE = \sum_{i=1}^{N_i-1} \frac{(y_{-i} + y_{-(i+1)})}{2} (t_{i+1} - t_i)$$

Ecuación 4

Donde,

y_i = severidad inicial.

y_{i+1} = severidad final.

t_{i+1} = tiempo final.

t_i = tiempo inicial.

Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (Anova) y a una comparación de medias tipo Duncan, por medio del Software R-4.2.2.

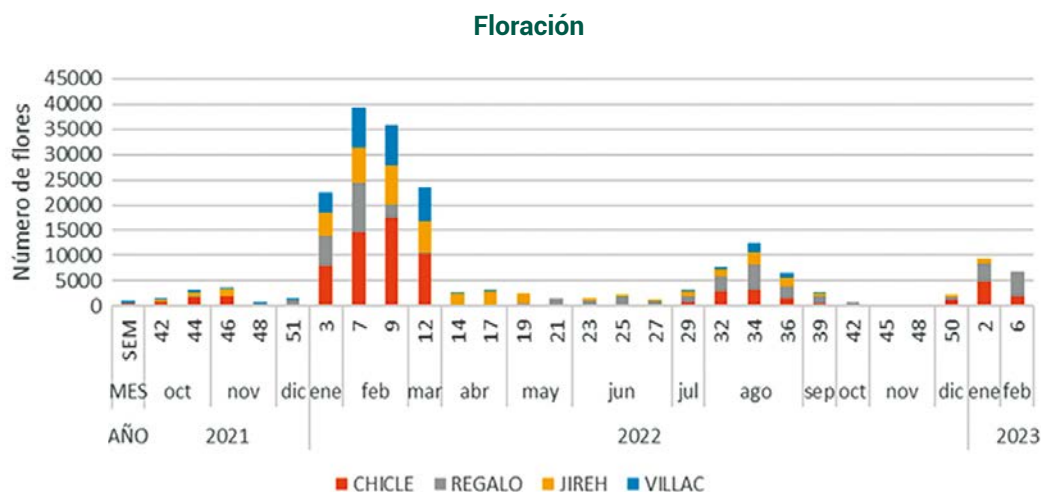
Resultados

Floración y desarrollo de frutos

En las parcelas experimentales establecidas en Morales, Popayán, Sotará y Timbío se observan dos picos de floración anual, que ocurren en el primer y tercer trimestre del año (figura 56). La primera floración es la más abundante y determinante sobre la cosecha principal, que representa el 70% de la producción anual (Red Agrícola, 2019).



Figura 56. Floración acumulada en ramas rotuladas de parcelas experimentales a través del tiempo.



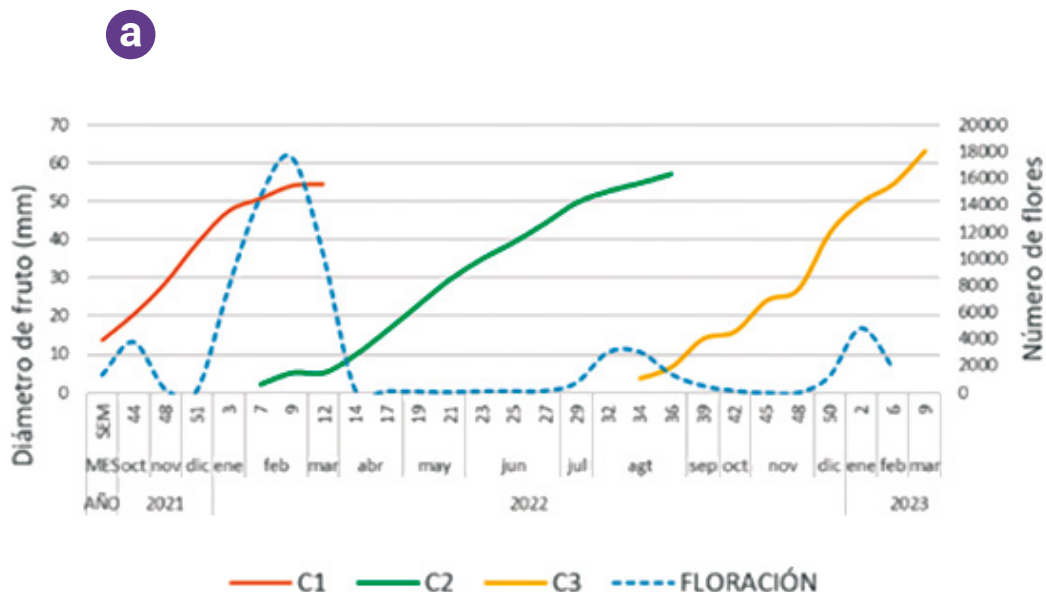
Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la figura 56 la aparición de flores en todo el año en varias localidades, lo cual incide en la presencia simultánea de frutos de diferentes edades. Aunque la precipitación y el estrés hídrico no ejercen una influencia directa sobre el proceso de floración, se evidencia que los dos momentos de máxima floración se producen durante las temporadas secas más marcadas en el departamento del Cauca (de enero a febrero y de junio a agosto). Según Bernal-Estrada et al. (2020), el aguacate es una planta termoperiódica, lo cual significa que su floración está estrechamente relacionada con las fluctuaciones de temperatura. Teniendo en cuenta los registros históricos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam, s. f.), en el departamento del Cauca las temperaturas máximas y mínimas ocurren en el mismo lapso: las máximas se presentan durante el día y las mínimas, durante la noche, y coinciden con los mismos trimestres de floración del aguacate en el departamento.



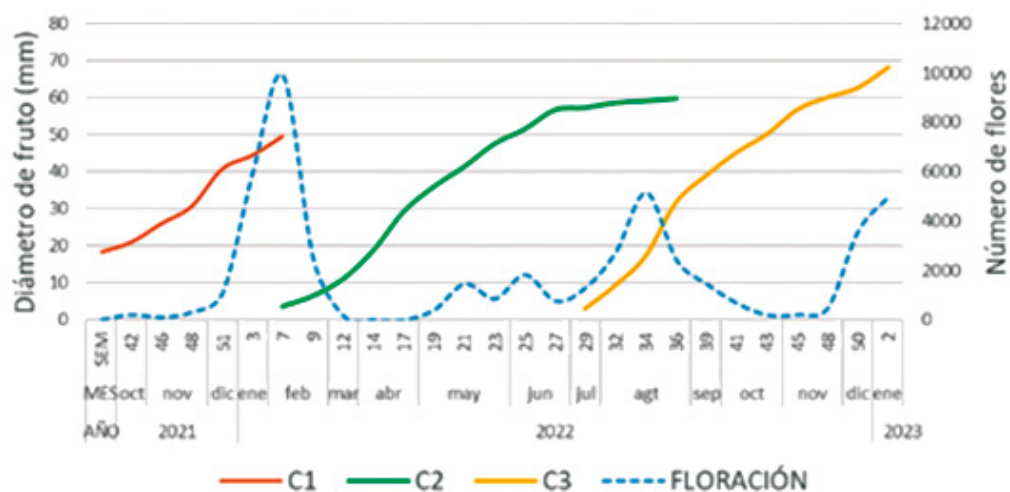
En las parcelas experimentales, el tiempo que transcurrió desde la floración hasta la cosecha tuvo una duración promedio de ocho meses (figura 57). Es importante destacar que el criterio utilizado para determinar el momento de la cosecha es la madurez fisiológica del fruto; sin embargo, el porcentaje de materia seca presente en los frutos varía considerablemente de acuerdo con la altitud y puede ser una exigencia dependiendo de la comercializadora y del país de destino, en caso de exportación. Asimismo, la trazabilidad de la fruta también tiene un papel importante en el criterio de cosecha.

Figura 57. Floración en ramas evaluadas y ciclos productivos de aguacate cv. Hass cultivado. a. Cultivo en Timbío; b. Cultivo en Morales; c. Cultivo en Sotará; d. Cultivo en Popayán.

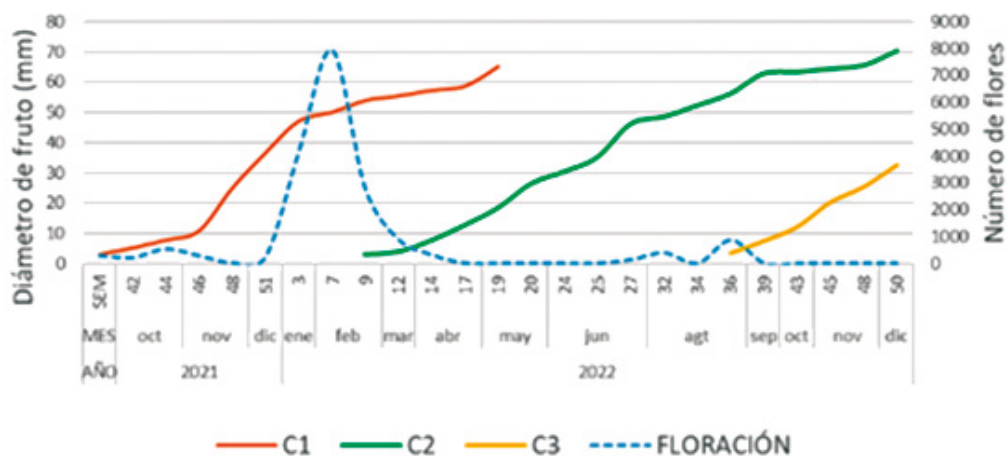


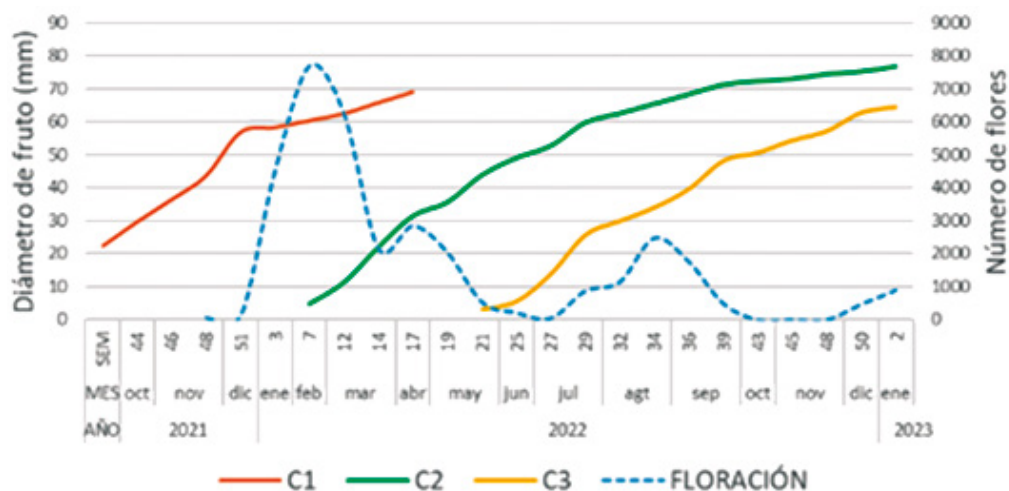


b



c



**d**

El periodo entre la polinización y la cosecha del fruto depende de la raza, el cultivar y las condiciones edafoclimáticas del lugar donde se ubique el cultivo, y puede oscilar entre 6,5 y 15 meses; para el cultivar Hass en Colombia, oscila entre nueve y doce meses (Bernal-Estrada et al., 2020). En Antioquia, se reportó una relación entre la altitud y el tiempo transcurrido desde la floración hasta la cosecha; por ejemplo, en cultivos a una altitud de 1.340 m s.n.m., este lapso fue de siete a ocho meses, mientras que en cultivos a 2.410 m s.n.m., el periodo se extendió a diez meses (Bernal-Estrada et al., 2020).

La figura 57 muestra que, en las parcelas experimentales ubicadas en Popayán y Sotará, el tiempo hasta la cosecha se prolongó a once meses en zonas de mayor altitud (C2). Es importante destacar que la madurez fisiológica se alcanzó a los nueve meses y los productores optaron por esperar mejores precios en el mercado, considerando que, una vez alcanzada la madurez fisiológica, el fruto puede permanecer en el árbol hasta seis meses más sin llegar a la madurez de consumo (Bernal-Estrada et al., 2020).



La floración cruzada y el cuajado en el nuevo ciclo de cultivo siempre coinciden con los últimos dos o tres meses del llenado del ciclo productivo anterior, como se muestra en la figura 57. Esta coincidencia presenta desafíos en el manejo de plagas y enfermedades, ya que los primeros días de llenado del fruto son propensos a sufrir mayores daños por el insecto *Monalonia*. Además, la aplicación preventiva de fungicidas e insecticidas se ve restringida debido a los residuos de ingredientes activos en la cosecha, lo que puede influir en la aparición de síntomas de enfermedades en los frutos, como roña y peca.

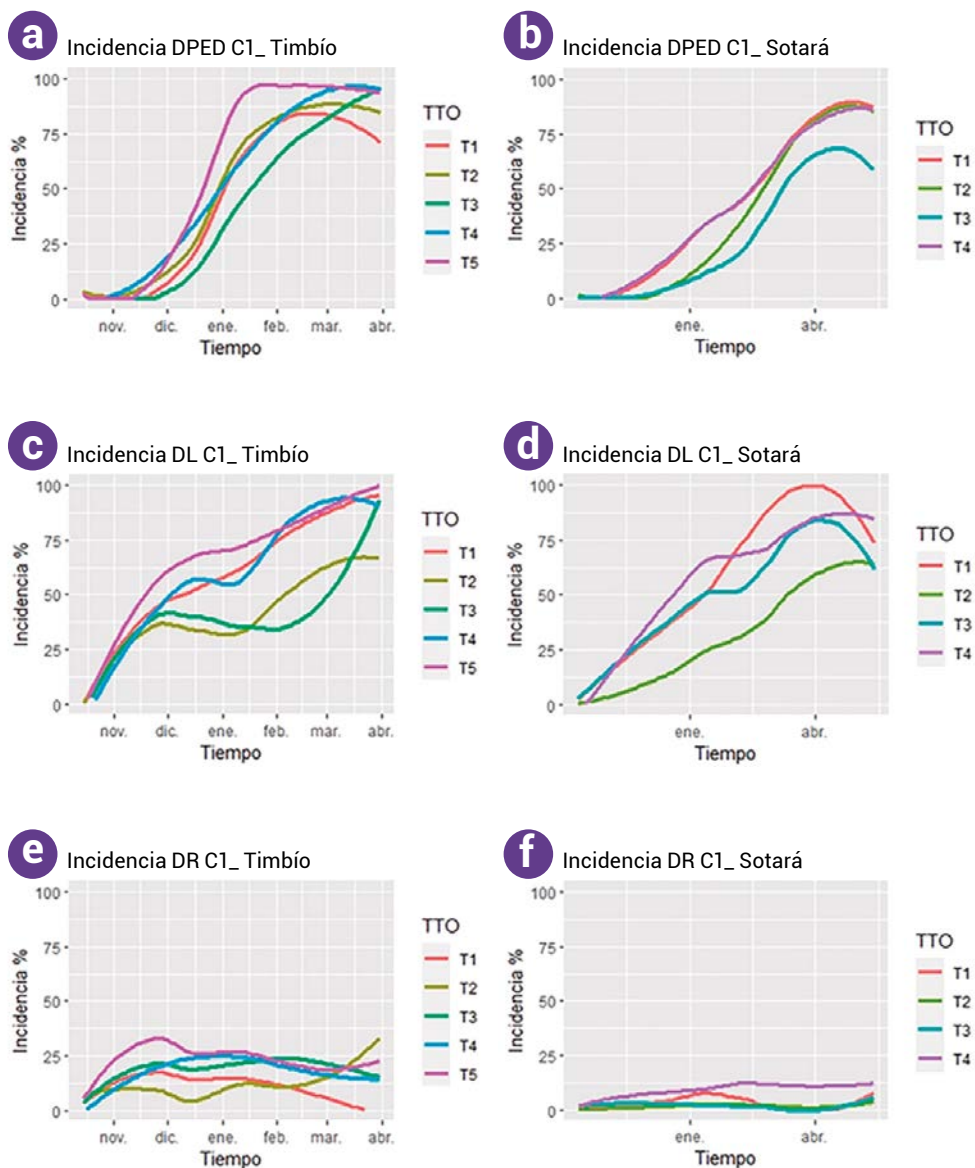
Resultados de evaluación de tratamientos en el primer ciclo productivo (C1)

Se cosecharon frutos con más volumen en la finca analizada en Sotarà como resultado de un mayor número de días transcurridos entre la floración y la cosecha, comparado con la finca en Timbío. En esta última, se observa una mayor presión de enfermedades y aunque la incidencia de pudrición del pedúnculo fue superior al 80 % en todos los tratamientos, la severidad fue mayor en T1, T4 y T5 (control biológico, manejo del productor y fertilización foliar sin adición de fungicidas, respectivamente) con severidades similares a T1 y T4 en la finca de Sotarà. Esto quiere decir que se logra mayor control de pudrición de pedúnculo mediante la aplicación de Tebuconazol y Prochloraz, seguido de la aplicación de sulfato de cobre pentahidratado, correspondientes a los tratamientos T3 y T2 (figura 58 y tabla 20).

En las evaluaciones iniciales se observó que en las fincas de Morales y Popayán hubo menor floración y mayor caída de frutos. Al finalizar el C1, el rendimiento fue inferior a 1,5 t/ha. Debido a esto, los datos recopilados en dichas parcelas no son representativos y no se incluyen en el análisis epidemiológico.



Figura 58. Incidencia de daños en pedúnculos y frutos de aguacate durante el primer ciclo productivo (C1) en las parcelas experimentales de Timbío y Sotará. a. y b. Pudrición del pedúnculo; c. y d. Daños en las lenticelas; e. y f. Daños por roña.





En las fincas de Sotar y Timbío hubo un incremento sigmoidal en la incidencia de pudrición del pedúnculo (DPED), aunque la mayoría de los tratamientos superó el 85% de incidencia de DPED en el momento de cosecha. Por su parte, los tratamientos T2 y T3 mostraron menor severidad de la enfermedad comparativamente (tabla 20). Tanto en Sotar como en Timbío se observa un aumento progresivo de la incidencia entre diciembre y enero de 2021; no obstante, en la parcela ubicada en Timbío se evidenció un incremento de más del 50% de incidencia (figura 58), lo cual puede deberse al aumento tpico de humedad relativa que sufre el departamento entre octubre y diciembre (Ideam, s. f.).

Tabla 20. Resultados de calidad de fruta y severidad de enfermedades en los tratamientos evaluados en el primer ciclo productivo

Municipio	TTO	DIAM (mm)	PFRU (g)	DPED (%)	DL (%)	DR (%)
Timbío	T1	56,24 ^b	123,32 ^b	38,20 ^{ab}	6,10 ^{ab}	5,61 ^{bc}
	T2	55,77 ^b	118,00 ^b	27,45 ^c	4,91 ^{bc}	10,84 ^a
	T3	59,33 ^a	138,98 ^a	31,92 ^{bc}	3,45 ^c	1,74 ^c
	T4	59,21 ^a	135,98 ^a	40,69 ^a	7,50 ^a	4,54 ^c
	T5	58,59 ^a	136,16 ^a	50,57 ^a	5,74 ^{abc}	9,64 ^{ab}
Sotar	T1	65,82 ^a	195,33 ^a	32,36 ^a	5,5 ^b	0,92 ^b
	T2	66,24 ^a	193,62 ^a	25,55 ^b	2,27 ^c	0,05 ^b
	T3	62,97 ^b	166,4 ^b	17,22 ^c	4,24 ^b	0,11 ^b
	T4	66,19 ^a	190,58 ^a	32,63 ^a	8,47 ^a	3,41 ^a

TTO: tratamientos evaluados; DIAM: diámetro fruto inicial; PFRU: peso fruto inicial; DPED: incidencia de pudrición del pedúnculo; DL: daños en las lenticelas; DR: incidencia de daños por roña.

Nota: Análisis de varianza y pruebas comparativas de promedio tipo Duncan por localidad. Las letras disímiles representan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia.



La incidencia de daños en las lenticelas (DL) mostró un comportamiento similar en ambas localidades. T2 y T3 presentaron un progreso más lento comparado con T1, T4 y T5; no se observan diferencias significativas en la aparición de la enfermedad tras la aplicación de *Trichoderma* sp., la fertilización foliar y el testigo. Aunque casi todos los tratamientos superaron el 80 % de incidencia, la severidad por encima del umbral de tolerancia para exportación solo ocurrió en T1 y T4 en Timbío (6,10 % y 7,5 %, respectivamente) y T4 en Sotará (8,47 %), que corresponden al manejo con *Trichoderma* y el tratamiento testigo.

La mayor presión de patógenos, específicamente de roña, se evidenció en Timbío, ya que mostró una incidencia máxima del 41 % en T5, con severidad del 9,64 %. Mientras que en Villa Cristina la incidencia máxima fue del 12 % en T4 (testigo) y con severidad de 3,4 %, cuyas diferencias son significativas, si se comparan con los demás tratamientos que presentaron severidad inferior al 0,9 %.

Al comparar los productos empleados durante el C1, se deduce que la aplicación de *Trichoderma* sp. no muestra efectos significativos y la fruta cosechada no obtuvo calidad de exportación. El uso de sulfato de Cu pentahidratado muestra muy buen comportamiento en el manejo de enfermedades asociadas a las lenticelas, pero no en la prevención y el control de roña. Por esto, la selección del producto dependerá de la altitud y etapa de llenado del fruto, considerando que al ser un producto no residual puede mitigar las enfermedades al aproximarse el tiempo de cosecha. En el caso de Tebuconazol y Prochloraz, se observa un buen control de DR y DPED comparativamente, y no presentan diferencias altamente significativas con el sulfato de Cu en el manejo de DL. Respecto a la fertilización foliar, el objetivo principal con enfoque de enfermedades es fortalecer la epidermis del fruto para prevenir el ataque y la colonización de agentes causales; no obstante, el comportamiento del T5 en Timbío, posterior a la aplicación de calcio, boro y nitrógeno, fue similar al testigo y no permitió la obtención de fruta con calidad de exportación.

Se cosecharon frutos con mayor calibre en Sotará, como resultado de un mayor número de días transcurridos entre la floración y la



cosecha, comparado con Timbío, pero no se deducen diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) entre los tratamientos, a excepción de T3, que obtuvo el menor peso de fruto en Sotará.

Las demás variables evaluadas, como daños por *Monalonia*, daños mecánicos y daños por otros insectos, no presentan incidencia ni severidad superior al 1 % en las parcelas experimentales.

Resultados de evaluación de tratamientos en el segundo ciclo productivo (C2)

La incidencia de daños en el pedúnculo (DPED) muestra un comportamiento similar a C1; sin embargo, la aparición de DPED presenta un crecimiento exponencial en todas las localidades a partir de abril, y llega a una fase estacionaria o de poco crecimiento desde julio. Es decir que los meses entre abril y julio representan un lapso de mayor susceptibilidad a las enfermedades asociadas al pedúnculo. Cabe recordar que durante C2 en los tratamientos T2 y T3 se evaluaron productos sistémicos en el inicio del ciclo productivo, y se finalizó con moléculas de contacto no residuales o de baja residualidad. Estos tratamientos presentaron diferencias significativas entre ellos respecto a la incidencia, mas no en la severidad final, que no sobrepasó el 20% en la mayoría de las localidades (figura 59 y tabla 21).

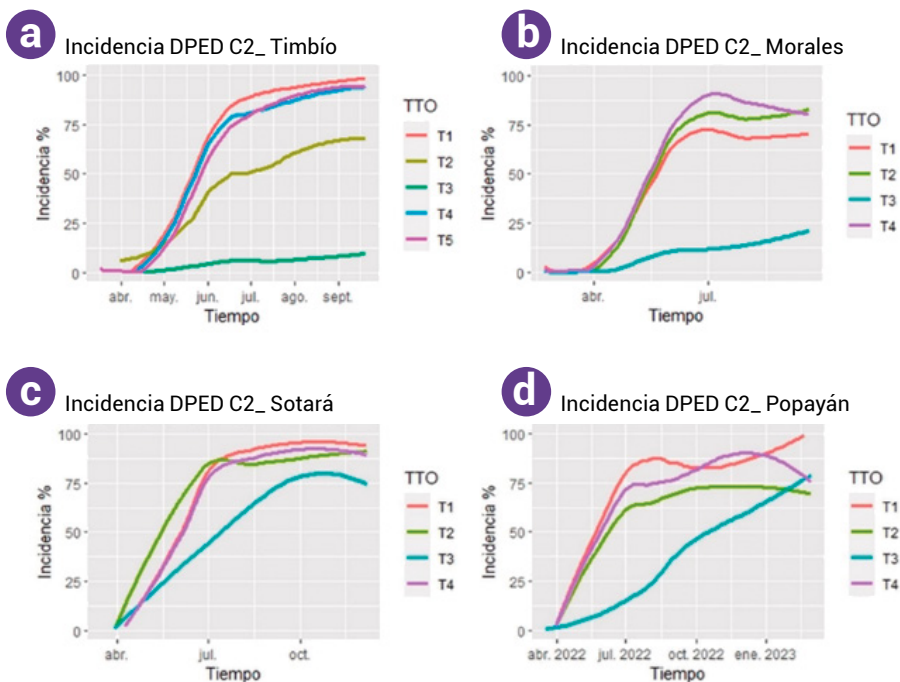
La incidencia de DL no muestra un comportamiento típico en todas las localidades (figura 59). Se observó que las cosechas de Timbío y Morales tuvieron menor incidencia y severidad de DL, en comparación con Sotará y Popayán, donde se cosechó tres y cuatro meses después. La aplicación de los tratamientos T2 (Azoxystrobin, Difenconazol y sulfato de Cu) y T3 (Trifloxystrobin, Tebuconazol, Procloraz y azufre elemental) permitió obtener fruta con severidad de DL inferior al 6%. Aunque la severidad de DL en Popayán fue del 7% y el 10% en T2 y T3, las afecciones se atribuyen en gran medida a factores ambientales, pues durante



septiembre hubo granizo en tres ocasiones, lo que afectó severamente la fruta con lenticelosis y fisuras que facilitan el ingreso de microorganismos oportunistas.

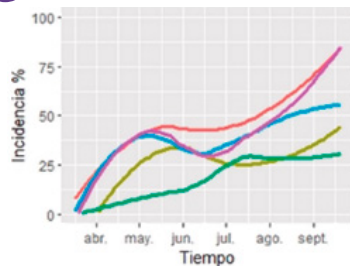
En relación con los DR, los tratamientos evaluados no presentaron diferencias significativas en Sotará durante el C2. Se observó en todos los ciclos que esta localidad exhibe una menor presión de enfermedades en comparación con las demás. Esto puede atribuirse a la altitud, dado que a mayor altitud menor temperatura y, por ende, una humedad relativa reducida. Al contrario, la parcela de Morales, que tiene menor altitud, mostró mayor severidad de DR y no se observó un control efectivo de la enfermedad en T1, T2 y T4. Se deduce, entonces, que el mejor tratamiento para el control de roña en todas las localidades fue T3 (tabla 21).

Figura 59. Incidencia de daños en pedúnculos y frutos de aguacate durante el segundo ciclo productivo (C2) en las fincas experimentales de los municipios de Timbío, Morales, Sotará y Popayán. a. b. c. y d. Pudrición del pedúnculo; e. f. g. y h. Daños en las lenticelas; i. j. k. y l. Daños por Roña.

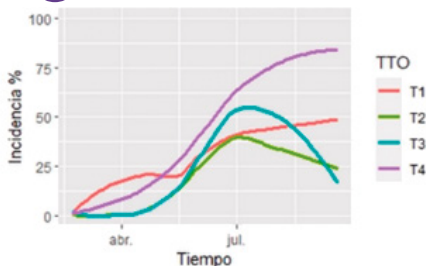




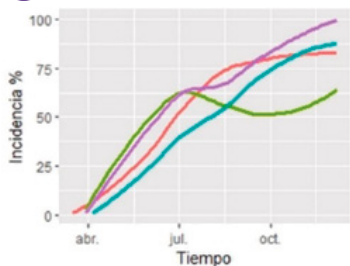
e Incidencia DPED C2_ Timbío



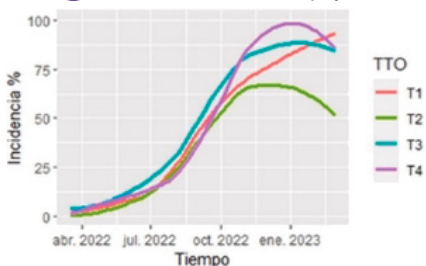
f Incidencia DPED C2_ Morales



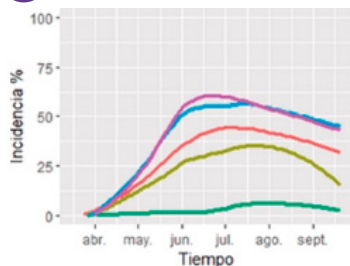
g Incidencia DL C2_ Sotará



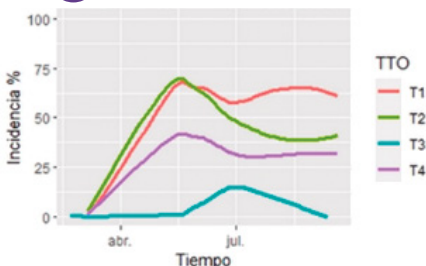
h Incidencia DL C2_ Popayán



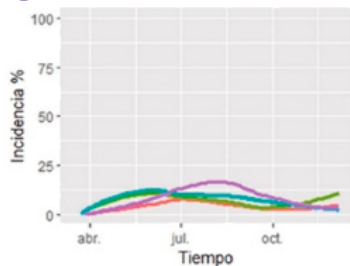
i Incidencia DR C2_ Timbío



j Incidencia DL C2_ Morales



k Incidencia DR C2_ Sotará



l Incidencia DL C2_ Popayán

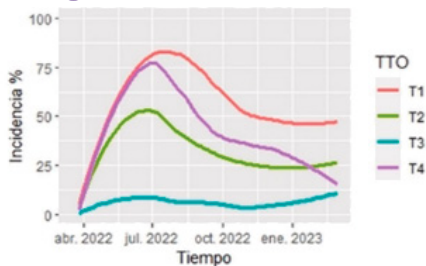




Tabla 21. Resultados de calidad de fruta y severidad de enfermedades en los tratamientos evaluados en el segundo ciclo productivo

Municipio	TTO	DIAM (mm)	PFRU (g)	DPED (%)	DL (%)	DR (%)
Timbío	T1	58,81 ^e	132,37 ^d	32,91 ^a	2,33 ^b	4,99 ^a
	T2	62,77 ^b	168,33 ^b	17,91 ^b	0,69 ^c	1,22 ^{bc}
	T3	65,28 ^a	180,17 ^a	2,63 ^c	0,65 ^c	0,02 ^c
	T4	59,91 ^d	143,24 ^c	33,75 ^a	3,34 ^a	4,02 ^{ab}
	T5	61,30 ^c	147,91 ^c	33,19 ^a	2,16 ^b	6,31 ^a
Morales	T1	58,76 ^c	131,4 ^c	37,21 ^{ab}	6,51 ^a	12,99 ^a
	T2	59,77 ^{bc}	138,04 ^{bc}	32,91 ^b	0,58 ^b	10,36 ^{ab}
	T3	64,12 ^a	173,7 ^a	3,19 ^c	0,47 ^b	0,11 ^c
	T4	60,8 ^b	145,55 ^b	41,25 ^a	8,71 ^a	6,47 ^b
Popayán	T1	66,48 ^b	185,18 ^b	28,89 ^a	31,61 ^a	9,50 ^a
	T2	69,78 ^a	217,59 ^a	15,97 ^b	7,09 ^c	1,51 ^b
	T3	68,79 ^a	207,46 ^a	11,81 ^b	10,12 ^c	0,39 ^b
	T4	64,86 ^c	172,36 ^c	28,51 ^a	21,86 ^b	1,65 ^b
Sotará	T1	69,93 ^{bc}	218,28 ^{bc}	24,17 ^a	10,73 ^b	0,03 ^a
	T2	72,08 ^a	239,40 ^a	20,00 ^a	2,58 ^c	0,09 ^a
	T3	70,78 ^b	225,33 ^b	19,03 ^a	5,27 ^c	0,33 ^a
	T4	68,87 ^c	213,37 ^c	20,97 ^a	14,84 ^a	0,03 ^a

TTO: tratamientos evaluados; DIAM: diámetro fruto inicial; PFRU: peso fruto inicial; DPED: incidencia de pudrición de pedúnculo; DL: daños en las lenticelas; DR: incidencia de daños por roña.

Nota: Análisis de varianza y pruebas comparativas de promedio tipo Duncan por localidad. Las letras disímiles representan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia.



La sanidad de la fruta tiene un papel fundamental en el llenado del fruto, especialmente durante los primeros dos meses de llenado, cuando la fruta es más susceptible al ataque de enfermedades de la epidermis, como la roña (figura 59). Aunque los síntomas iniciales pueden confundirse fácilmente con peca y antracnosis, los daños severos se distinguen por la agrupación de lesiones costrosas que pueden causar deformación del fruto y reducen la capacidad fotosintética. Los resultados del C2 validan que un fruto sano puede alcanzar mayor calibre.

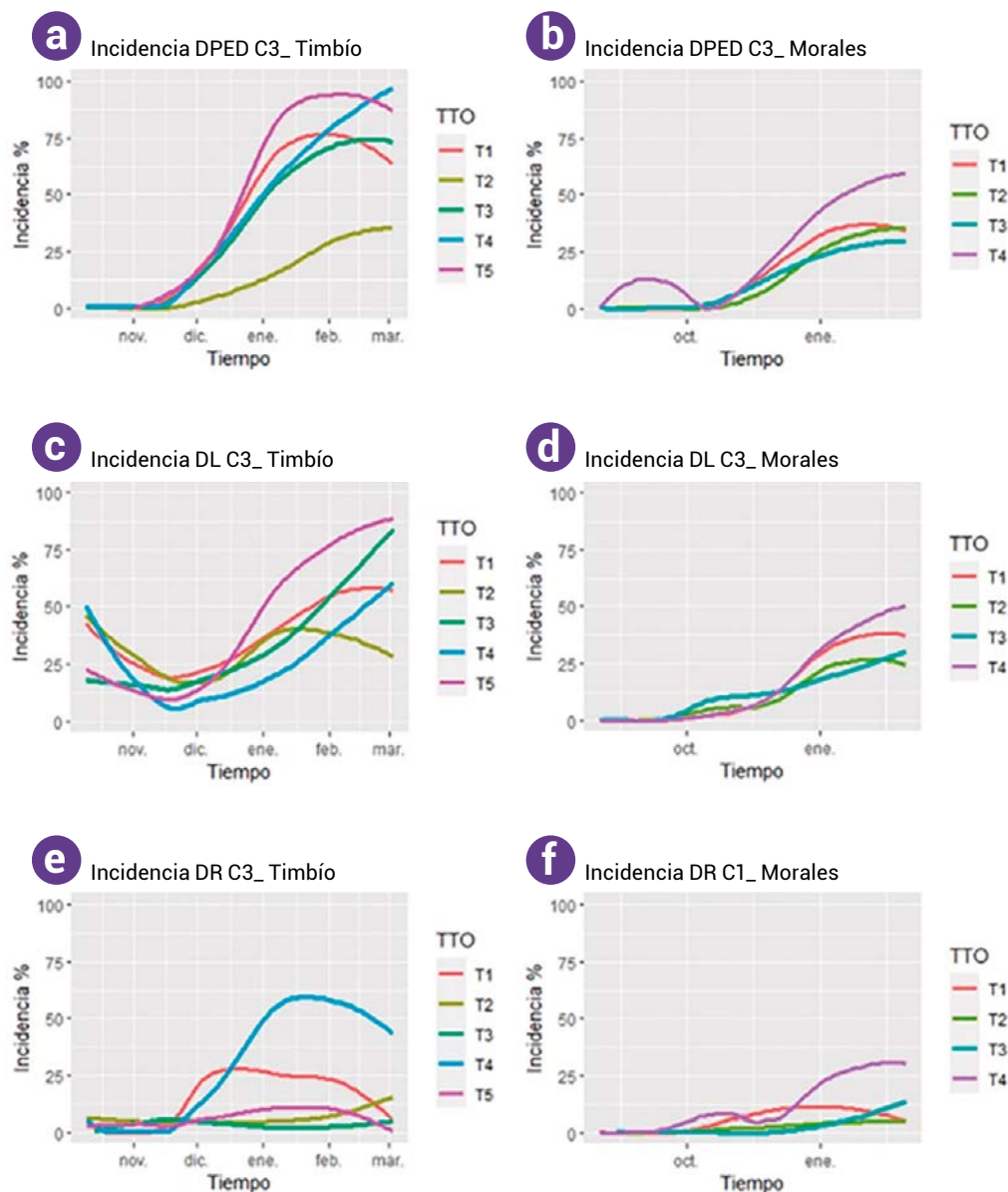
Resultados de evaluación de tratamientos en el tercer ciclo productivo (C3)

El tercer ciclo productivo solo se realizó en las parcelas de Timbío y Morales. Los tratamientos T1, T2 y T3 se iniciaron con la aplicación de una única dosis de un producto sistémico que se llevó a cabo inmediatamente después de la cosecha del C2 y al finalizar la floración; dos meses antes de la cosecha se hizo una aplicación generalizada de un producto de contacto no residual. En la parcela experimental de Morales, se obtuvo el mejor comportamiento, comparado con los ciclos productivos anteriores y considerando la alta presión de patógenos en la zona.

Asimismo, se evidenció un mejor comportamiento de la incidencia y severidad de las enfermedades asociadas a pedúnculo y fruto de aguacate cv. Hass en T1 y T2 (Azoxystrobin + Flutriafol y Azoxystrobin + Difenconazol). La incidencia de DPED en T2 fue inferior al 30% y la severidad, inferior al 15% en las dos localidades, mientras que los testigos y la fertilización foliar presentaron incidencia superior al 60% y severidad superior al 33% (figura 60 y tabla 22).



Figura 60. Incidencia de daños en pedúnculos y frutos durante el tercer ciclo productivo (C3) en fincas de Timbío y Morales. a. y b. Pudrición del pedúnculo; c. y d. Enfermedades asociadas a las lenticelas; e. y f. Daños por roña.



Fuente: Elaboración propia.



Tabla 22. Resultados de calidad de fruta y severidad de enfermedades en los tratamientos evaluados en el tercer ciclo productivo

Municipio	TTO	DIAM (mm)	PFRU (g)	DPED (%)	DL (%)	DR (%)
Timbío	T1	63,21 b	163,07 b	23,33 c	1,02 c	1,07 ^b
	T2	64,84 a	175,93 a	14,44 d	1,31 c	1,25 ^b
	T3	63,01 b	163,19 b	34,86 b	5,33 a	0,88 ^b
	T4	62,19 b	156,58 b	33,58 b	3,76 b	7,41 ^a
	T5	62,01 b	155,91 b	45,51 a	5,44 a	1,37 ^b
Morales	T1	61,03 ab	150,85 ab	22,64 b	3,88 c	0,44 ^b
	T2	60,82 b	151,85 ab	14,86 c	1,93 c	0,45 ^b
	T3	61,98 a	157,82 a	19,44 bc	7,93 b	0,19 ^b
	T4	60,40 b	143,93 b	35,83 a	11,79 a	3,07 ^a

TTO: tratamientos evaluados; DIAM: diámetro fruto inicial; PFRU: peso fruto inicial; DPED: incidencia de pudrición de pedúnculo; DL: daños en las lenticelas; DR: incidencia de daños por roña.

Nota: Análisis de varianza y pruebas comparativas de promedio tipo Duncan por localidad. Las letras disímiles representan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia.

En Timbío hubo mayor incidencia inicial de DL, pues disminuyó notablemente en todos los tratamientos durante los primeros tres meses después del cuaje influido por la caída de frutos con ataque severo del insecto *Monalonion* sp.; no obstante, un mes después incrementó progresivamente la incidencia de DL. Por el contrario, en la parcela de Morales, la propagación de DL fue lenta y no superó el 50 % de incidencia en ninguno de los tratamientos. Respecto a la severidad, solo el tratamiento con Benomil más fertilización foliar en Timbío y los testigos en ambas localidades superaron el umbral de tolerancia de daños para exportación (6 % de superficie afectada).



Aunque se evidencia menor presión de DR al comparar el testigo con los tratamientos químicos, los DR fueron significativamente menores en los tratamientos T1, T2, T3 y T5, con severidades inferiores al 1,5 %. Los resultados permiten deducir que los tratamientos con Benomil funcionan relativamente bien para el control de roña, pero no para el control de agentes causales asociados a enfermedades en las lenticelas.

Área bajo la curva de progreso de las enfermedades

La tabla 23 muestra el área bajo la curva de progreso de las enfermedades (ABCPE) de cada tratamiento evaluado durante el segundo ciclo productivo en la finca focalizada en Timbío, comparada a la vez con las incidencias y severidades finales de cada tratamiento. Se puede observar que las enfermedades ocurrieron con menor frecuencia y severidad en T3. El efecto del control biológico (T1), la fertilización foliar (T5) y el manejo del productor (T4) expresaron el ABCPE más alto para las tres enfermedades, lo que indica la baja viabilidad de aplicación de estos productos para un control eficiente de los patógenos identificados como causantes de las enfermedades en frutos de aguacate cv. Hass, cultivado en Morales, Sotará, Timbío y Popayán.

Los tratamientos T2 y T3 fueron los que mejor control expusieron en pudrición de pedúnculo, con 916 y 77 unidades, respectivamente, en comparación con los demás tratamientos, que ascendieron a más de 2.000 unidades. De manera similar, T2 y T3 expusieron mejor control de daños en las lenticelas, con 58 y 32 unidades, respectivamente, mientras que los demás tratamientos ascendieron a más de 200 unidades (tabla 23). El manejo de roña mostró un comportamiento similar de ABCPE mediante la aplicación de T3 con apenas tres unidades, seguido de T2 con 70 unidades, T1 con 103 unidades, y T4 y T5 con valores superiores a 283 unidades.



Tabla 23. Área bajo la curva de progreso de las enfermedades, incidencia y severidades finales en los tratamientos evaluados en el municipio de Timbío

TTO	Pudrición de pedúnculo			Daños en las lenticelas			Daños por roña		
	INC	SEV	ABCPE	INC	SEV	ABCPE	INC	SEV	ABCPE
T1	97,5	32,1	2.513	85	2,99	291	48	0,86	103
T2	41,07	12,05	916	44,64	0,50	58	16	0,90	70
T3	6,12	1,02	77	30,61	0,41	32	4,08	0,04	3
T4	95,23	29,76	2.274	54,76	1,68	217	47,6	4,96	381
T5	97,61	36,61	2.782	66,66	3,83	354	42,85	3,53	283

INC: incidencia; SEV: severidad; ABCPE: área bajo la curva de progreso de las enfermedades.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de tratamientos poscosecha y su efecto sobre la pudrición interna de la fruta

La calidad de la fruta en el cultivo de aguacate Hass tiene una relación directa con la nutrición del cultivo, ya que esta garantiza un adecuado crecimiento y llenado de los frutos por el balance de los nutrientes. Asimismo, el manejo integrado de los insectos plaga permite minimizar su impacto y las pérdidas asociadas. En cuanto a la calidad de la fruta, esta depende en gran medida del oportuno manejo fitosanitario del complejo de hongos fitopatógenos que se indican en el presente estudio, los cuales están relacionados con el deterioro de la calidad poscosecha.



Las infecciones quiescentes se desarrollan en las lenticelas y el pedúnculo, y constituyen las infecciones iniciales en las que permanecen las estructuras de los hongos en un estado latente, hasta que se den los cambios metabólicos en el fruto, que le faciliten su mayor infección. Dichos cambios bioquímicos se presentan en la poscosecha por el proceso de la maduración; por lo tanto, en la poscosecha y cuando se alcanza madurez de consumo es cuando se presenta con mayor impacto el deterioro de la fruta, debido a las pudriciones causadas por los fitopatógenos.

Cuando hay presencia de los géneros *Colletotrichum*, *Lasiodiplodia* y *Neofusicoccum* en los frutos de aguacate Hass, los síntomas de daños se expresan con mayor intensidad cuando se alcanza la madurez de consumo, lo que representa una gran limitante para el consumo nacional y la exportación, por los rechazos de la fruta y las pérdidas debidas a la baja calidad.

Con el objetivo de complementar las evaluaciones de campo, se evaluó en condiciones de laboratorio la fruta obtenida de los ensayos experimentales, para estudiar la relación con las pudriciones internas.

Materiales y métodos

Evaluación de tratamientos de campo

Se emplearon frutos cosechados en Timbío, que se obtuvieron de cada tratamiento evaluado en C2 y que llevó a la producción de la fruta cosechada en octubre del mismo año. Los frutos fueron llevados hasta el laboratorio de microbiología agrícola del Centro de Investigación Palmira. Los tratamientos que se usaron en campo durante aproximadamente ocho meses se describen en la tabla 24.



Tabla 24. Descripción de tratamientos evaluados en ensayos experimentales en el municipio de Timbío

Tratamiento N.º	Descripción	
	Producto de síntesis (sistémico)	Producto biológico (protectante)
1	Azoxystrobin + Flutriafol	Trichoderma harzianum y <i>T. koningii</i> y <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> .
2	Azoxystrobin + Difenconazole	Sulfato de cobre pentahidratado.
3	Tebuconazole + Trifloxystrobin	Azufre.
4	Testigo: manejo del productor	
5	Benomyl	Silicatos y óxido de zinc, fosfitos de potasio, calcio, boro, zinc y nitrógeno.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación tratamientos de inmersión

Se emplearon frutos cosechados de la finca experimental en el municipio de Timbío, que se obtuvieron de los tratamientos de campo (ciclo febrero-octubre de 2022) y los cuales fueron llevados hasta el laboratorio de microbiología agrícola del Centro de Investigación Palmira. La cosecha de estos frutos se hizo en octubre de 2022 y se obtuvo de las parcelas experimentales donde se evaluaron durante ocho meses (desde la floración hasta la cosecha) los tratamientos descritos en la tabla 25.

La aplicación de dichos tratamientos comenzó con el cuaje de la fruta, con el inicio de la aspersión de un fungicida de síntesis (sistémico); el ciclo de llenado de fruta culminó con la aspersión de un producto biológico/protectante como estrategia para minimizar la residualidad en la fruta.



Tabla 25. Descripción de tratamientos aplicados durante un ciclo productivo en el municipio de Timbío

Tratamiento N.º	Descripción	
	Producto de síntesis (sistémico)	Producto biológico (protectante)
1	Azoxystrobin+Flutriafol	<i>Trichoderma harzianum</i> y <i>T. koningii</i> o <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> .
2	Azoxystrobin+Difenoconazole	Sulfato de cobre pentahidratado.
3	Tebuconazole+trifloxystrobin Tebuconazole+Procloraz	Azufre elemental.
4	Testigo: manejo del productor	
5	Benomyl	Silicatos y óxido de zinc, fosfitos de potasio, calcio, boro, zinc y nitrógeno.

Fuente: Elaboración propia.

Antes del montaje de pruebas en el laboratorio, se evaluó el diámetro del fruto (mm), el peso y la severidad de la lenticelosis y pudrición del pedúnculo. Luego, los frutos se lavaron para eliminar las impurezas externas con amonio cuaternario (Timsen 1g/L) y agua de grifo. Posteriormente, se hizo desinfección seriada con hipoclorito de sodio al 1 % (cinco minutos), etanol al 70 % (cinco minutos) y lavado en agua estéril (figura 61).

Los frutos se secaron con toallas de papel estéril y un grupo de nueve frutos de cada tratamiento (tratamientos previos de campo) se distribuyó en tres repeticiones, dentro de cajas plásticas previamente adecuadas como cámaras húmedas.



Figura 61. Desinfección de frutos de aguacate Hass mediante inmersión en hipoclorito de sodio, etanol y agua estéril.



Fotos: Germán Ceballos Aguirre

Cuando los frutos alcanzaron la madurez de consumo a los diez días, se evaluó la infección externa en las lenticelas y en el pedúnculo, e internamente se evaluó la severidad de las pudriciones pedunculares de acuerdo con la escala de 0 a 4 establecida por Guarnaccia et al. (2016) para pudrición del pedúnculo en aguacate, donde 0 = sin síntomas visibles, 1 = 1 al 25% afectado, 2 = 25 al 50% afectado, 3 = 50 al 75% afectado y 4 = más del 75% afectado.

También se emplearon frutos para la evaluación de tres tratamientos de la inmersión poscosecha en *B. amyloliquefaciens*, sulfato de cobre pentahidratado y Prochloraz (figura 62 y tabla 26); para esto, se emplearon siete frutos por cada tratamiento. Se hizo la inmersión de estos frutos en los diferentes tratamientos durante 20 minutos y al finalizar se retiró el exceso de humedad con toallas estériles; además, se distribuyeron en cajas plásticas previamente adecuadas como cámaras húmedas. Cuando se alcanzó la madurez de consumo a partir de los diez días, se evaluaron las variables descritas en el párrafo anterior.



Figura 62. Tratamientos de inmersión poscosecha de aguacate Hass en *B. amyloliquefaciens*, sulfato de cobre pentahidratado y Prochloraz.



Fotos: Germán Ceballos Aguirre

Tabla 26. Tratamientos para la evaluación de poscosecha de aguacate Hass, en condiciones de laboratorio

N.º	Tratamientos	Descripción
1	T1 testigo.	Frutos de campo del tratamiento 1.
2	T1+Bacillus.	Frutos T1 campo + <i>B. amyloliquefaciens</i> .
3	T1+sulfato.	Frutos T1 campo + sulfato de cobre pentahidratado.
4	T1+loraz.	Frutos T1 campo + Prochloraz.
5	T2 testigo.	Frutos de campo del tratamiento 2.
6	T2+Bacillus.	Frutos T2 campo + <i>B. amyloliquefaciens</i> .
7	T2+sulfato.	Frutos T2 campo + sulfato de cobre pentahidratado.
8	T2+Prochloraz.	Frutos T2 campo + Prochloraz.

Continúa en la página siguiente...



Continuación Tabla 26. Tratamientos para la evaluación de poscosecha de aguacate Hass, en condiciones de laboratorio

N.º	Tratamientos	Descripción
9	T3 testigo.	Frutos de campo del tratamiento 3.
10	T3+Bacillus.	Frutos T3 campo + <i>B. amyloliquefaciens</i> .
11	T3+sulfato.	Frutos T3 campo + sulfato de cobre pentahidratado.
12	T3+Prochloraz.	Frutos T3 campo + Prochloraz.
13	T4 testigo.	Frutos de campo del tratamiento 4.
14	T4+Bacillus.	Frutos T4 campo + <i>B. amyloliquefaciens</i> .
15	T4+sulfato.	Frutos T4 campo + sulfato de cobre pentahidratado.
16	T4+Prochloraz.	Frutos T4 campo + Prochloraz.
17	T5 testigo.	Frutos de campo del tratamiento 5.
18	T5+Bacillus.	Frutos T5 campo + <i>B. amyloliquefaciens</i> .
19	T5+sulfato.	Frutos T5 campo + sulfato de cobre pentahidratado
20	T5+Prochloraz.	Frutos T5 campo + Prochloraz.

Fuente: Elaboración propia.

Previo al montaje de pruebas en el laboratorio, se hizo la evaluación del diámetro y peso del fruto, y la severidad de la lenticelosis y pudrición del pedúnculo. Luego, se lavaron los frutos para eliminar las impurezas externas de campo con amonio cuaternario (Timsen® 1g/L) y agua de grifo. Se hizo desinfección seriada con hipoclorito de sodio al 1 % (cinco minutos), etanol al 70 % (cinco minutos) y lavado en agua estéril (figura 63). Los frutos se secaron con toallas de papel estéril y un grupo de tres frutos de cada tratamiento (tratamientos previos de campo) se distribuyó en tres repeticiones, dentro de cajas plásticas previamente adecuadas como cámaras húmedas.



Figura 63. Limpieza de frutos de aguacate Hass, mediante la inmersión en amonio cuaternario, hipoclorito de sodio, etanol y agua estéril. a. Frutos obtenidos de los tratamientos en campo. b y c. Proceso de limpieza y desinfección superficial de frutos.



Fotos: Germán Ceballos Aguirre



En un segundo ensayo, se emplearon frutos para la evaluación de tres tratamientos de la inmersión poscosecha en *B. amyloliquifaciens*, sulfato de cobre pentahidratado y Prochloraz (figura 64) como estrategia de manejo poscosecha, ya que estos no generan residualidad. En este ensayo se usaron siete frutos de cada tratamiento. Se hizo la inmersión durante 20 minutos y al finalizar se retiró el exceso de humedad mediante toallas estériles; además, se distribuyeron en cajas plásticas previamente adecuadas como cámaras húmedas. Cuando los frutos alcanzaron la madurez de consumo a los diez días, se evaluó la infección externa en las lenticelas y del pedúnculo, e internamente se evaluó la severidad de las pudriciones pedunculares de acuerdo con Guarnaccia et al. (2016).

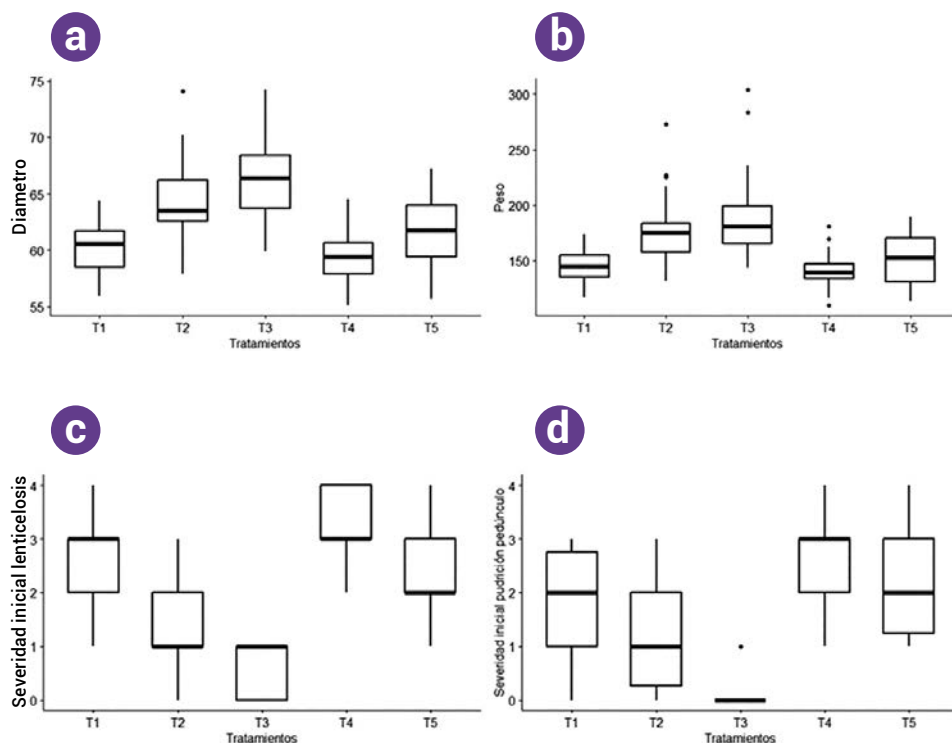
Resultados y discusión

Severidad inicial

La evaluación inicial de los frutos obtenidos en los ensayos experimentales de campo se observa en la figura 64. Los frutos provenientes del T3 de campo mostraron mayores valores de diámetro, comparado con los demás tratamientos. En cuanto al peso, los valores de los tratamientos 2 y 3 no se diferenciaron entre sí, pero los dos fueron superiores a los demás tratamientos; además, se resalta un buen peso promedio del T3, con 190,55 g, relacionado también con un calibre para la exportación (tabla 27). El testigo mostró los valores más bajos de diámetro y peso de fruto. Los valores de severidad de lenticelosis y pudrición de pedúnculo fueron menores en el T3, comparado con los demás tratamientos, mientras que el tratamiento testigo mostró los valores más altos de severidad inicial en las lenticelas y en el pedúnculo (figura 64 y tabla 27).



Figura 64. Valores iniciales de calidad de frutos obtenidos en tratamientos de campo. a. Diámetro de frutos; b. Peso de frutos; c. Severidad inicial de lenticelosis; d. Severidad inicial de pudrición de pedúnculo.



Nota: T1: Azoxystrobin+Flutriafol, finalizó con *Trichoderma*;
T2: Azoxystrobin+Difenoconazole, finalizó con sulfato de cobre pentahidratado.
T3: Tebuconazole+Trifloxystrobin, Tebuconazole+Procloraz, finalizó con azufre;
T4: Testigo manejo del productor. T5: Benomyl, finalizó con fertilizantes foliares.

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 27. Análisis de varianza para valores iniciales de calidad de frutos de distintos tratamientos de campo

Tratamiento (de campo)	Diámetro fruto inicial	Peso fruto inicial	Severidad inicial lenticelas	Severidad inicial pedúnculo
1	60,39 ^{cd}	145,34 ^b	2,46 ^b	1,76 ^b
2	64,15 ^b	177,61 ^a	1,43 ^c	1,10 ^c
3	66,41 ^a	190,55 ^a	0,53 ^d	0,10 ^d
4	59,38 ^d	139,55 ^b	3,30 ^a	2,66 ^a
5	61,77 ^c	150,95 ^b	2,33 ^b	2,06 ^b

Nota: Promedios con letras iguales no difieren de forma significativa ($p > 0,05$), según la prueba de Duncan.

Fuente: Elaboración propia.

Maduración de los frutos

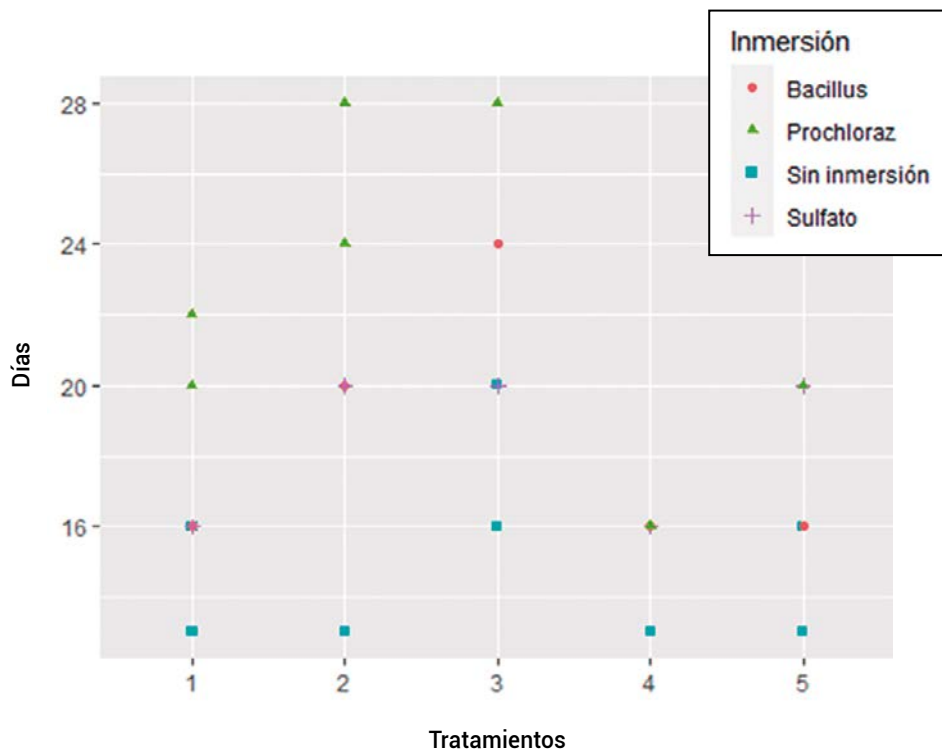
Entre los 13 y 28 días en condiciones de cámara húmeda, los frutos alcanzaron su madurez de consumo para evaluar la severidad en las lenticelas, el pedúnculo y las pudriciones internas de la pulpa. Las frutas sin inmersión fueron las que menos días de madurez de consumo alcanzaron, estando entre los 13 y 16 días. Los frutos de los tratamientos 2 y 3, inmersos en Prochloraz, fueron los que mayor tiempo permanecieron en cámara húmeda (en estado verde) antes de alcanzar su madurez de consumo (figura 65).

Severidad en la postcosecha

Se presentaron diferencias significativas entre tratamientos en las variables severidad en las lenticelas y el pedúnculo (tabla 28); con esto, se encontró que el tratamiento 3 mostró los menores valores de severidad, lo cual corresponde a mayor sanidad del fruto desde campo.



Figura 65. Días de madurez de consumo en frutos provenientes de los tratamientos de campo, con posterior inmersión en *Bacillus*, sulfato de cobre y Prochloraz.



Fuente: Elaboración propia.

En contraste, los frutos obtenidos del testigo de campo mostraron los mayores valores de severidad en lenticelas y pedúnculo en la poscosecha. Esto coincide con la severidad inicial, ya que el mismo testigo mostró los valores más altos, que pueden estar relacionados con una mayor presencia de lesiones quiescentes y, a su vez, con la carga de estructuras de hongos presentes, los cuales se activan en la poscosecha con la humedad relativa, la temperatura y el proceso de maduración de los frutos.



Pudriciones internas

En cuanto a las pudriciones internas, el tratamiento 3 presentó el valor más bajo (0,4) en la escala de evaluación, y fue el de mejor respuesta en comparación con los demás tratamientos evaluados. También, coincide con la evaluación externa de la enfermedad, ya que el tratamiento 3 presentó el menor valor de severidad inicial del pedúnculo (0,1) (tabla 28), lo cual indica una menor presencia de inóculo inicial desde campo, y a su vez se presentará menor incidencia en las pudriciones internas durante la poscosecha.

Tabla 28. Análisis de varianza para la evaluación de frutos de aguacate Hass en tratamientos de campo

Tratamiento (de campo)	Lenticelosis	Pudrición pedúnculo	Pudrición interna
1	2,43 ^b	3,26 ^b	2,07 ^a
2	0,90 ^c	2,70 ^b	1,43 ^a
3	0,40 ^c	1,07 ^c	0,40 ^b
4	3,66 ^a	4,03 ^a	2,00 ^a
5	2,00 ^b	3,40 ^{ab}	1,57 ^a

Nota: Los promedios con letras iguales no difieren de forma significativa ($p > 0,05$), según la prueba de Duncan.

Fuente: Elaboración propia.

Severidad en tratamientos de inmersión

Los resultados de las evaluaciones de severidad de lenticelosis y pudrición de pedúnculo en frutos con inmersión mostraron diferencias significativas, siendo los tratamientos con Prochloraz los que menores valores evidenciaron. En contraste, la inmersión en *B. amyloliquefaciens* presentó los mayores valores de severidad en la lenticelosis, pudrición del pedúnculo y pudrición interna (tabla 29).



En la figura 66 se observa la respuesta de los frutos obtenidos a partir de los tratamientos evaluados en campo y que posteriormente tuvieron proceso de poscosecha con la inmersión en *B. amyloliquefaciens*, sulfato de cobre pentahidratado y Prochloraz.

Tabla 29. Análisis de varianza para la evaluación de frutos de aguacate Hass en tratamientos con inmersión en *B. amyloliquefaciens*, sulfato de cobre y Prochloraz

Inmersión	Lenticelosis	Pudrición pedúnculo	Pudrición interna
<i>B. amyloliquefaciens</i>	2,40 ^a	3,57 ^a	2,57 ^a
Sulfato de cobre	2,14 ^a	2,91 ^a	1,74 ^b
Prochloraz	0,83 ^b	1,74 ^b	0,31 ^c
Testigo	2,08 ^a	3,24 ^a	1,38 ^b

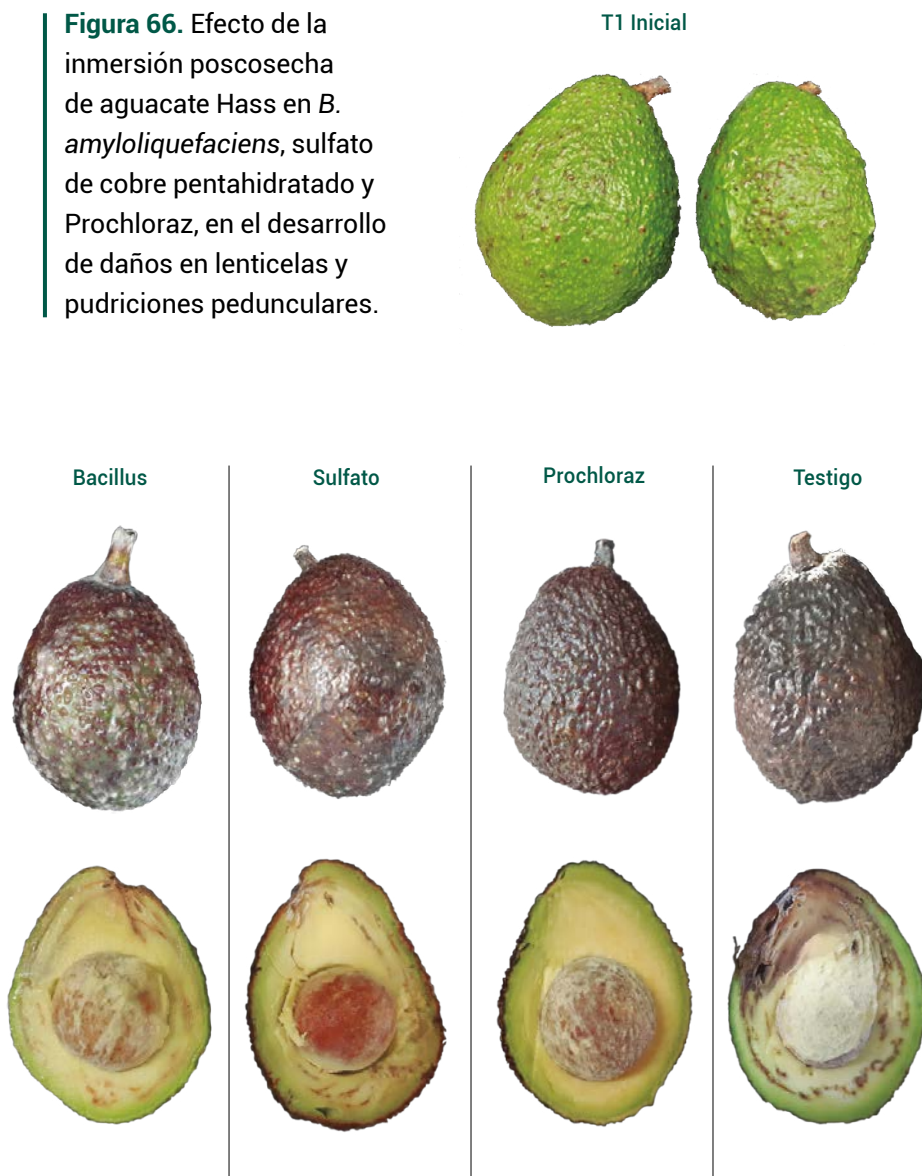
Nota : Los promedios con letras iguales no difieren en forma significativa ($p > 0,05$), según la prueba de Duncan.

Fuente: Elaboración propia.

Por su característica endofítica de los microorganismos, los tratamientos de desinfección y poscosecha son difíciles de realizar y es posible que presenten baja efectividad, aunque los riesgos pueden ser minimizados si se sigue un adecuado proceso de maduración (control de temperatura y humedad relativa), para evitar la aparición y proliferación de estos microorganismos. Los daños causados por las patologías afectan la calidad externa e interna de los frutos, que en ocasiones presentan limitantes porque su infección puede ocurrir durante la precosecha y la cosecha (Ramírez-Gil et al., 2020).



Figura 66. Efecto de la inmersión poscosecha de aguacate Hass en *B. amyloliquefaciens*, sulfato de cobre pentahidratado y Prochloraz, en el desarrollo de daños en lenticelas y pudriciones pedunculares.



Fotos: Germán Ceballos Aguirre



T2 Inicial



Bacillus



Sulfato



Prochloraz



Testigo



Fotos: Germán Ceballos Aguirre



T3 Inicial



Bacillus



Sulfato



Prochloraz



Testigo



Fotos: Germán Ceballos Aguirre



T4 Inicial



Bacillus



Sulfato



Prochloraz



Testigo



Fotos: Germán Ceballos Aguirre



T5 Inicial



Bacillus



Sulfato



Prochloraz



Testigo



Fotos: Germán Ceballos Aguirre



Conclusiones

- De las estrategias de manejo evaluadas in vitro, los tratamientos con los ingredientes activos Tebuconazol+Prochloraz y Tebuconazol+Trifloxystrobin fueron los más efectivos, debido a que permitieron la inhibición del crecimiento por encima del 99% para *Colletotrichum*, *Lasiodiplodia*, *Neofusicoccum*, *Pseudopezalotiopsis* y *Diaporthe*.
- Para el manejo de infecciones en pedúnculo y fruto, se usaron productos con acción sistémica y residual como Tebuconazol+Prochloraz y Tebuconazol+Trifloxystrobin, y Azoxystrobin+Difenoconazol en el periodo inicial del desarrollo de la fruta (etapa de cuajado y llenado inicial), teniendo en cuenta los periodos de carencia y las restricciones de moléculas químicas en el momento de la comercialización.
- Como parte de la estrategia de manejo de las enfermedades que afectan el fruto, se usó el sulfato de cobre pentahidratado y el azufre al final del ciclo productivo, para generar protección frente a los patógenos sin causar residualidad en la fruta cosechada.
- Con los tratamientos seleccionados que fueron aplicados en campo disminuyó la incidencia de pudrición del pedúnculo en campo en 93,5% y de enfermedades asociadas a las lenticelas en 31,8%. Esta respuesta permite obtener frutos de mejor calidad con destino al mercado interno y externo.



Referencias

- Bernal Estrada, J. A., & Díaz Díez, D. A. (Comps.). (2020). *Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403831>
- Castaño-Zapata, J. (2002). *Principios básicos de fitoepidemiología*. Universidad de Caldas, Manizales.
- Grisales, N. Y., Rodríguez, F. P., Henao, J. C., & Tamayo, M. P. (2016). Incidencia de *Colletotrichum* sp. en aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) en Antioquia. *Agronomía Colombiana*, 34(1), 918-921.
- Guarnaccia, V., Vitale, A., Cirvilleri, G., Aiello, D., Susca, A., Epifani, F., Perrone, G., Polizzi, G. (2016). Characterization and pathogenicity of fungal species associated with Branch cankers and stem-end rot of avocado in Italy. *European Journal of Plant Pathology*, (146), 963-976. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-0973-z>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2022). *Registros nacionales plaguicidas*. https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/agricultura-ecologica-1/documentos/publicacion-bd_rn-rf_-31-mar-2022-1.aspx
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (s. f.). Tiempo y clima. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/tiempo-clima>
- Khakimov, A., I. Salakhutdinov, A. Omolikhov, & S. Utaganov (2022). Traditional and current-prospective methods of agricultural plant diseases detection: a review. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 951(1), 012002.



Red Agrícola (2019). El aguacate Hass encuentra su segundo hogar en Colombia. <https://www.redagricola.com/co/el-aguacate-hass-encuentrasu-segundo-hogar-en-colombia>.

Ramírez-Gil, J. G., López, J. H., & Henao-Rojas, J. C. (2020). Causes of hass avocado fruit rejection in preharvest, harvest, and packinghouse: Economic losses and associated variables. *Agroonomy*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy10010008>

Twizeyimana, M., Förster, H., McDonald, V., Wang, D., Adaskaveg, J., & Eskalen, A. (2013). Identification and Pathogenicity of Fungal Pathogens Associated with Stem-End Rot of Avocado in California. *Plant Disease*, 97(12), 1580-1584. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-13-0230-RE> 🥑



Los autores

ALEJANDRO JARAMILLO LAVERDE

Correo: ajaramillolv@agrosavia.co

Orcid: 0000-0002-7950-1304

Ingeniero agrónomo y magíster en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, línea de investigación en Protección de Cultivos; especialista en Estadística Aplicada de la Universidad del Valle. En la actualidad, se desempeña como investigador máster del Centro de Investigación Palmira en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), en la cual forma parte de proyectos de identificación de agentes causales y evaluación de métodos de manejo de enfermedades limitantes en frutales como guayaba, aguacate y musáceas. Además, participa en el Plan Nacional de Semillas mediante el establecimiento de esquemas de producción de semilla de calidad de plátano.

NUBIA MURCIA RIAÑO

Correo: nmurcia@agrosavia.co

Orcid: 0002-5679-3885

Ingeniera agrónoma de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Tiene un diplomado de Estudios Avanzados en Producción Vegetal y un doctorado en Producción Vegetal y Ecosistemas Agroforestales de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Ha realizado investigaciones en fitopatología y ha trabajado en la coordinación de proyectos de investigación en manejo integrado de enfermedades en los sistemas productivos de cítricos y aguacate. Tiene experiencia en técnicas de diagnóstico biológico y molecular de patógenos de plantas con énfasis en virus, viroides y hongos. En la actualidad, se desempeña como investigadora PhD adscrita a la Red de Innovación de Frutales en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), en el Centro de Investigación Palmira.



MAURICIO FERNANDO MARTÍNEZ

Correo electrónico: mmartinez@agrosavia.co

Orcid: 0000-0002-8145-1764

Ingeniero agrónomo y magíster en Ciencias Biológicas, línea de investigación en Biotecnología Vegetal, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. En la actualidad, se desempeña como investigador máster asociado en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Palmira, donde ha trabajado en las áreas de producción e investigación en especies frutícolas como cítricos, aguacate y pitaya amarilla. Su trabajo se ha enfocado en la generación de bases tecnológicas para el aseguramiento de la calidad genética, fisiológica y fitosanitaria del material de propagación en estos frutales, en el cual se articulan las áreas de biotecnología en caracterización de recursos fitogenéticos y la estandarización de técnicas de diagnóstico para algunas enfermedades con la producción del material vegetal en condiciones de vivero, casas de malla e invernaderos. Ha participado en proyectos de investigación en el área de mejoramiento genético de cítricos y aguacate, tanto en copas como patrones, para aumentar la oferta varietal en Colombia.

GERMÁN CEBALLOS AGUIRRE

Correo: gceballos@agrosavia.co

Orcid: 0000-0003-1592-492X

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Caldas. En la actualidad se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Palmira, donde ha participado en la identificación de las limitantes fitosanitarias que afectan la calidad del aguacate Hass para la exportación, así como las estrategias de manejo que minimicen las pérdidas.



LUZ NATALIA MARTÍNEZ CABALLERO

Correo electrónico: lnmartinez@agrosavia.co

Orcid: 0000-0003-0967-3642

Ingeniera agrónoma de la Universidad del Tolima. En la actualidad se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Palmira, donde ha trabajado en el área de fitopatología y biotecnología. Su trabajo está orientado al estudio de las enfermedades limitantes en especies frutales y transitorios.

CAROLINA ÁNGEL GARCÍA

Correo electrónico: cangel@agrosavia.co

Orcid:0000-0002-2411-6193

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Caldas. Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), en áreas de biotecnología y fitopatología. Su trabajo se ha enfocado en la identificación molecular de patógenos, el manejo integrado de enfermedades y la producción de cultivos.

KEVIN ALEJANDRO RODRÍGUEZ ARÉVALO

Orcid: 0000-0002-1058-8464

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente se encuentra vinculado como profesional de apoyo a la investigación a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Su trabajo se orienta al estudio de detección molecular de patógenos y diversidad genética en especies frutales.



El aguacate Hass se ha convertido en uno de los principales renglones productivos en Colombia, debido principalmente al incremento en el volumen de las exportaciones, la apertura de nuevos mercados, el crecimiento del consumo nacional y la obtención de distintos tipos de derivados. No obstante, los productores enfrentan desafíos por la aparición y el desarrollo de enfermedades que afectan el rendimiento y la calidad de la fruta. Se trata de una problemática global de gran importancia, pues se ha estimado que aproximadamente el 14,1 % de la producción agrícola mundial se pierde por enfermedades y que el 83 % de estas son causadas por hongos.

Desde el campo de la fitopatología, este libro describe enfermedades relevantes que afectan la calidad comercial de los frutos de aguacate Hass mediante estudios de prevalencia, caracterización morfológica e identificación molecular de hongos. Además, presenta los resultados de evaluación de tratamientos de control en campo y poscosecha a partir de productos biológicos, no residuales y de síntesis química combinadas con prácticas culturales. En ese sentido, es un medio de consulta para productores, asistentes técnicos y académicos.

ISBN: 978-958-740-669-6



9789587406696

AGROSAVIA
EDITORIAL