



Comportamiento agronómico de cultivares comerciales de palma de aceite en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína

Editores

Iván Mauricio Ayala Díaz, *Ph.D*

Hernán Mauricio Romero Angulo, *Ph.D*

Comportamiento agronómico
de cultivares comerciales de
palma de aceite en el
Campo Experimental
Palmar de La Vizcaína

Comportamiento agronómico de cultivares comerciales de palma de aceite en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína

Publicación del Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma,
Financiada por Fedepalma-Fondo de Fomento Palmero

Director General

José Ignacio Sanz Scovino

Editores

Iván Mauricio Ayala Díaz, *Ph.D*
Hernán Mauricio Romero Angulo, *Ph.D*

Autores

Iván Mauricio Ayala Díaz
Hernán Mauricio Romero Angulo,
Andrés Alejandro Tupaz Vera
Edison Steve Daza
Álvaro Hernán Rincón Numpaqué
Arley Fernando Caicedo Zambrano
Carlos Andrés Fontanilla Díaz
Mauricio Mosquera Montoya

Coordinación Editorial

Yolanda Moreno Muñoz
Esteban Mantilla

Diagramación

Fredy Johan Espitia Ballesteros

ISBN

978-958-8360-59-1

Bogotá D.C., Colombia
Junio de 2017

Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma
PBX: (57-1) 3138600
www.fedepalma.org

Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma
www.cenipalma.org

Contenido

Presentación	17
Introducción	19
Bibliografía	22
CAPÍTULO 1	
Manejo agronómico de cultivares comerciales de palma de aceite evaluados en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína	23
Introducción	25
Diseño de siembra	25
Suelo y clima	26
Manejo del agua	32
Nutrición	35
Manejo fitosanitario	38
Bibliografía	40
CAPÍTULO 2	
Comportamiento agronómico de cultivares comerciales de palma de aceite <i>Elaeis guineensis</i> Jacq., bajo condiciones del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína	43
Introducción	45
AAR (Deli x Dumpy-AVROS)	45
Corpoica (Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi)	49
DAMI-Las Flores (103, 101) (Deli x AVROS)	53
DAMI-Las Flores (104, 404) (Deli x AVROS)	57
DAMI-Las Flores (114, 112) (Deli x AVROS)	61
ASD (Deli x Ghana)	65
ASD (Deli x Nigeria)	70
FELDA (Deli x Yangambi)	74
Golden Hope (Deli x AVROS)	78
Guthrie (Deli x Yangambi)	82
IOI (Deli x Dumpy-AVROS)	86

IRHO 1001-CIRAD (Deli x La Mé)	89
IRHO 1401-CIRAD (Deli x La Mé)	93
IRHO 2528-CIRAD (Deli x La Mé)	97
UNIPALM Y22683 ((Djongo x Ekona) x Yangambi)	101
United Plantation, Deli x (AVROS x Yangambi)	105
Bibliografía	109

CAPÍTULO 3

Doblamiento foliar (enruanamiento) en cultivares comerciales de palma de aceite evaluados en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína	111
Introducción	113
Metodología	115
Resultados y discusión	117
Variables fisiológicas	120
Bibliografía	123

CAPÍTULO 4

Análisis económico del comportamiento productivo de cultivares comerciales de palma de aceite <i>Elaeis guineensis</i> Jacq., bajo las condiciones del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína	125
Introducción	127
Metodología	128
Resultados	132
Consideraciones finales	137
Bibliografía	138

Índice de figuras

Figura 1.	Clasificación de suelos, consociación La Vizcaína (LV) en azul y consociación Mulería (MU) en naranja.	27
Figura 2.	Valores promedios, máximos y mínimos de precipitación (mm/mes) IDEAM. Barrancabermeja, Santander (1971-2012).	31
Figura 3.	Valores promedios, máximos y mínimos de precipitación (mm/mes) CEPV (2006-2014).	31
Figura 4.	Comportamiento de la conductividad hidráulica. Tomada de: <i>Estudio de drenaje agrícola CEPV</i> , noviembre de 2006. Bajo las condiciones del CEPV no se presentaron conductividades hidráulicas moderadas.	32
Figura 5.	Obras civiles de intervención o mantenimiento de drenajes naturales.	33
Figura 6.	Generación de mapas de nivel freático. Tomado de: <i>Validación de tecnologías para el manejo de drenajes agrícolas</i> , septiembre de 2006.	34
Figura 7.	Diseño de obras y drenajes para el CEPV. Tomada de: <i>Estudio de drenaje agrícola CEPV</i> , noviembre de 2006.	34
Figura 8.	Cantidad de fertilizante (kg palma^{-1}) aplicado por año.	37
Figura 9.	Cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR a. Detalle de la corona de racimos; b. Altura de las palmas	45
Figura 10.	Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: tasa de crecimiento: 1,115, punto de inflexión: 4,049 y asíntota: 34,568.	46
Figura 11.	Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR.	47
Figura 12.	Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR.	48
Figura 13.	Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica. a. Detalle de la corona de racimos y b. Altura de las palmas del cultivar.	49
Figura 14.	Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al año 11 después de la siembra para el cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo fueron: tasa de crecimiento: 1,64, punto de inflexión: 4,19 y asíntota: 31,46.	50

Figura 15. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica.	51
Figura 16. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica.	52
Figura 17. Cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101). a. Detalle de la corona de racimos; b. Altura de las palmas.	54
Figura 18. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11, después de la siembra para el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101). La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo fueron: tasa de crecimiento: 1,672; punto de inflexión: 4,02 y asíntota: 37,56.	54
Figura 19. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101).	55
Figura 20. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101).	56
Figura 21. Cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404). a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.	58
Figura 22. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404). La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,745; el punto de inflexión: 4,042 y la asíntota: 35,956.	58
Figura 23. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404).	59
Figura 24. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404).	60
Figura 25. Cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112). a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.	62
Figura 26. Modelo de ajuste para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112). La línea representa el modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,71; el punto de inflexión: 3,89 y la asíntota: 34,12.	62
Figura 27. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112).	63
Figura 28. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112).	64
Figura 29. Cultivar Deli x Ghana de ASD. a. Detalle de la corona de racimos; b. Altura de las palmas.	66

Figura 30. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x Ghana de ASD. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,37; el punto de inflexión: 4,02 y la asíntota: 35,93.	66
Figura 31. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x Ghana de ASD.	67
Figura 32. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x Ghana de ASD.	68
Figura 33. Cultivar Deli x Nigeria de ASD. a. Detalle de la corona de racimos y b. Altura de las palmas.	70
Figura 34. Modelo de ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x Nigeria de ASD. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,74; el punto de inflexión: 3,74 y la asíntota: 33,65.	71
Figura 35. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x Nigeria de ASD.	72
Figura 36. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x Nigeria de ASD.	73
Figura 37. Cultivar Deli x Yangambi de FELDA. a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.	74
Figura 38. Modelo de ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x Yangambi de FELDA. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,18; el punto de inflexión: 3,55 y la asíntota: 33,60.	75
Figura 39. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x Yangambi de FELDA.	76
Figura 40. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x Yangambi de FELDA.	77
Figura 41. Cultivar Deli x AVROS de Golden Hope. a. Detalle de la corona de racimos; b. Altura de las palmas.	78
Figura 42. Modelo de ajuste para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x AVROS de Golden Hope. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,51; el punto de inflexión: 4,02 y la asíntota: 35,18.	79
Figura 43. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x AVROS de Golden Hope.	80
Figura 44. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x AVROS de Golden Hope.	81

Figura 45. Cultivar Deli x Yangambi de Guthrie. a. Detalle de la corona de racimos; b. Altura de las palmas.	82
Figura 46. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x Yangambi de Guthrie. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son la tasa de crecimiento: 1,07; el punto de inflexión: 4,00 y la asíntota: 31,03.	83
Figura 47. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x Yangambi de Guthrie.	84
Figura 48. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x Yangambi de Guthrie.	85
Figura 49. Cultivar Deli x Dumpy-AVROS de IOI. a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.	86
Figura 50. Modelo de ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de IOI. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,14; el punto de inflexión: 3,66 y la asíntota: 36,67.	86
Figura 51. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de IOI.	87
Figura 52. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x Dumpy AVROS de IOI.	88
Figura 53. Cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO). a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.	90
Figura 54. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO). La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,66; el punto de inflexión: 4,27 y la asíntota: 32,71.	90
Figura 55. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO).	91
Figura 56. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO).	92
Figura 57. Cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO). a. Detalle de la corona de racimos; b. Altura de las palmas.	94
Figura 58. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO). La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,43; punto de inflexión: 4,45 y la asíntota: 36,33.	94
Figura 59. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO).	95

Figura 60. Detalle del racimo, raquilas y frutos del cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO).	96
Figura 61. Cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO). a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.	97
Figura 62. Modelo de ajuste para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO). La línea verde representa el modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,79; punto de inflexión: 4,38 y la asíntota: 32,34.	98
Figura 63. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO).	99
Figura 64. Detalle del racimo, raquilas y frutos del cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO).	100
Figura 65. Cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi Y22683 de UNIPALM. a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.	101
Figura 66. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi de UNIPALM. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,94; punto de inflexión: 4,16 y la asíntota: 32,91.	102
Figura 67. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi de UNIPALM.	103
Figura 68. Detalle del racimo, raquilas y frutos del cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi de UNIPALM.	104
Figura 69. Cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation. a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.	105
Figura 70. Modelo de ajuste para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation. La línea verde representa el modelo logístico de tercera potencia. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,25; punto de inflexión: 3,553 y la asíntota: 32,88.	106
Figura 71. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation.	107
Figura 72. Detalle del racimo, raquilas y frutos del cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation.	108
Figura 73. Comportamiento de la precipitación acumulada entre 2010 y 2015 en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína (CEPV).	117
Figura 74. Porcentaje de palmas sanas o sin doblamiento (azul), doblamiento Grado 1 (naranja) y doblamiento Grado 2 (verde) para 16 cultivares comerciales DxP. El número total de palmas fue de 80 para cada cultivar.	118

Figura 75. Respuesta fotosintética de tres cultivares comerciales con diferentes grados de doblamiento foliar.	120
Figura 76. Transpiración de tres cultivares comerciales con diferentes grados de doblamiento foliar.	121
Figura 77. Conductancia estomática de tres cultivares comerciales con diferentes grados de doblamiento foliar.	122
Figura 78. Precio de referencia del aceite de palma crudo, APC (pesos constantes de diciembre de 2014).	130
Figura 79. Valor Presente Neto alcanzado por edad según cultivar.	136
Figura 80. Ingreso por hectárea según fluctuaciones de precio de venta de aceite de palma.	137

Índice de tablas

Tabla 1.	Cultivares comerciales DxP evaluados bajo las condiciones del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína (CEPV).	21
Tabla 2.	Características de los suelos en las dos consociaciones en las que se sembraron los cultivares comerciales.	29
Tabla 3.	Características químicas de suelos de las dos consociaciones en las que se sembraron los cultivares comerciales.	29
Tabla 4.	Cantidad de óxidos (Kg/palma) de cada nutrimento aplicado por año en el ensayo de cultivares comerciales.	36
Tabla 5.	Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR.	47
Tabla 6.	Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR.	48
Tabla 7.	Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR.	49
Tabla 8.	Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica.	50
Tabla 9.	Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción del cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica.	52
Tabla 10.	Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta del cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica.	53
Tabla 11.	Producción de racimos de fruta fresca (RFF), número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101).	55
Tabla 12.	Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101).	57
Tabla 13.	Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101).	57
Tabla 14.	Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404).	59

Tabla 15. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404).	61
Tabla 16. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404).	61
Tabla 17. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112).	63
Tabla 18. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112).	65
Tabla 19. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112).	65
Tabla 20. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x Ghana de ASD.	67
Tabla 21. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x Ghana de ASD.	69
Tabla 22. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x Ghana de ASD.	69
Tabla 23. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x Nigeria de ASD.	71
Tabla 24. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x Nigeria de ASD.	73
Tabla 25. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x Nigeria de ASD.	73
Tabla 26. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x Yangambi de FELDA.	75
Tabla 27. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x Yangambi de FELDA.	77
Tabla 28. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x Yangambi de FELDA.	77
Tabla 29. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x AVROS de Golden Hope.	79
Tabla 30. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x AVROS de Golden Hope.	81

Tabla 31. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x AVROS de Golden Hope.	81
Tabla 32. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x Yangambi de Guthrie.	83
Tabla 33. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x Yangambi de Guthrie.	85
Tabla 34. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x Yangambi de Guthrie.	85
Tabla 35. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de IOI.	87
Tabla 36. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de IOI.	89
Tabla 37. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x Dumpy AVROS de IOI.	89
Tabla 38. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO).	91
Tabla 39. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO).	93
Tabla 40. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO).	93
Tabla 41. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO).	95
Tabla 42. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO).	96
Tabla 43. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO).	97
Tabla 44. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO).	98
Tabla 45. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO).	100
Tabla 46. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO).	100

Tabla 47. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi de UNIPALM.	102
Tabla 48. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi de UNIPALM.	104
Tabla 49. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi de UNIPALM.	104
Tabla 50. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation.	106
Tabla 51. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation.	108
Tabla 52. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation.	108
Tabla 53. Escala para describir el doblamiento foliar en palma de aceite.	115
Tabla 54. Valores descriptivos de los parámetros de doblamiento evaluados.	118
Tabla 55. Contrastes ortogonales entre los grupos de cultivares según su origen genético comparando el porcentaje de doblamiento.	119
Tabla 56. Histórico de productividad según cultivar (toneladas•ha ⁻¹ •año ⁻¹).	129
Tabla 57. Costo de establecimiento y mantenimiento de los dos primeros años de cultivo.	132
Tabla 58. Costos de producción (millones de \$•ha ⁻¹ •año ⁻¹).	133
Tabla 59. Costo de producción (\$/t RFF).	134
Tabla 60. Indicadores de viabilidad económica, en millones de pesos (\$M).	135

Presentación

La palma de aceite en Colombia es uno de los cultivos de mayor importancia por sus usos en la industria, consumo humano, alimentación de animales, productos nutraceuticos y biocombustibles. Para el año 2016, el país tenía sembradas 482.811 hectáreas, distribuidas en cuatro zonas palmeras, de este cultivo que es económica, social y ambientalmente sostenible.

La producción agrícola depende de la disponibilidad de recursos medioambientales óptimos y cultivares de siembra adecuados. Sin embargo, el potencial de cada cultivar está sujeto a la interacción entre el genotipo (cultivares genéticos) y un ambiente adecuado (suelo, manejo agronómico, clima, etc.).

En Colombia se siembran cultivares comerciales de diferentes orígenes genéticos, que fueron desarrollados para condiciones particulares, pero en la mayoría de los casos se desconoce su comportamiento en otros ambientes.

Por tal razón, la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, estableció en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína (CEPV) de la Zona Central, un “observatorio” de 16 cultivares comerciales que incluyen los más sembrados en el país y los cultivares representativos de Malasia.

Este libro presenta los resultados más relevantes del comportamiento de los 16 cultivares comerciales en términos de productividad, manejo bajo las condiciones específicas del CEPV, respuesta de los cultivares al doblamiento foliar (enruanamiento) y un análisis económico donde se presentan los beneficios y requerimientos económicos de los cultivares evaluados. Los resultados servirán de material de consulta y referencia para los palmicultores (nacionales y extranjeros) bajo un escenario de las mejores prácticas de manejo del cultivo de la palma de aceite.

Finalmente, este ejercicio de investigación también demuestra la utilidad de contar con “observatorios de cultivares” y plantea la necesidad de replicar esta experiencia y establecer las pruebas de evaluación agronómica en los ambientes representativos de las diferentes zonas palmeras, los cuales presentan una oferta ambiental particular, con el objeto de identificar en un futuro los cultivares adecuados que expresen su máximo potencial en cada una de ellas.

José Ignacio Sanz Scovino
Director General Cenipalma

Introducción

La palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. es originaria del occidente y centro de África (Hartley, 1988). En 1848 cuatro palmas fueron introducidas como ornamentales en el Jardín Botánico de Bogor en Java, Indonesia. Descendientes de esas cuatro palmas se han extendido alrededor del mundo, y son conocidas como Deli *dura*. Estas constituyen la mayor fuente de parentales femeninos para la producción de semillas (Rajanaidu and Jalani, 1990). Beirnaert and Vanderweyen (1941), con el descubrimiento de la herencia mendeliana simple del carácter espesor de cuesco generado a partir de cruzamientos entre palmas tipo *dura* con la tipo *pisífera*, revolucionaron el mejoramiento y la producción de semillas de palma de aceite. El cambio de cultivares de siembra de *dura* a *tenera* produjo un incremento en la producción de aceite de alrededor del 30 % (Corley and Thinker, 2003).

Diversos centros de investigación y empresas productoras de semillas en el mundo han desarrollado programas de mejoramiento utilizando diferentes estrategias y fuentes de polen *pisífera*. Felda desde 1990 produce cultivares Deli x Yangamby debido a que estas progenies presentaron un mayor rendimiento en aceite (40,2 kg palma⁻¹); así como en algunos casos menor altura en comparación con las progenies Deli x AVROS (Chin *et al.*, 2005). Golden Hope, a partir de cruzamientos Deli Dura x AVROS*, adoptó estrategias para producir cultivares con alto número de racimos, alto rendimiento en aceite, incremento en ácidos grasos insaturados, tocotrienoles y carotenos (Joe *et al.*, 2005). Por su parte el IRHO** hoy CIRAD, a partir de cruzamientos Deli Dura x La Mé, generó progenies de alto número de racimos, con excelente contenido de mesocarpio a fruto (83,0 %), cuesco delgado (10,7 %) y almendra pequeña (6,8 %) y un menor incremento en altura.

* Algemene Vereniging van Rubberplanters ter Oostkust van Sumatra, AVROS.

** Institut de Recherche pour Les Huiles et Oleagineux, IRHO.

En los últimos 50 años se ha presentado un avance importante en mejoramiento en cuanto a rendimiento y producción de aceite (Rajanaidu and Jalani, 1990). Joe *et al.*, (2005), en experimentos sembrados en Malasia reportaron producciones de racimos de fruta fresca excepcionalmente altas en cultivares DxP de Golden Hope después de seis años de siembra en terrenos costeros con 47,65 t•ha⁻¹•año⁻¹ y en territorios internos con 38,83 t•ha⁻¹•año⁻¹, con producciones de aceite por hectárea de 11,9 toneladas. Sin embargo, la producción teórica potencial de aceite está alrededor de las 17,0 t•ha⁻¹•año⁻¹ (Henson, 1992).

Cultivares de siembra provenientes de diferentes productores de semilla tienen, a su vez, diferentes potenciales de producción, razón por la cual es importante realizar una adecuada selección del cultivar de siembra (Joe *et al.*, 2005). Adicionalmente, la producción de aceite de palma depende del ambiente (en especial de la precipitación), condiciones edafológicas y prácticas agronómicas y de manejo (Rajanaidu and Jalani, 1990). Por lo tanto, una adecuada combinación de estos factores genera las condiciones aptas para explotar el verdadero potencial de producción de los cultivares.

En este libro se hace una descripción morfoagronómica detallada de dieciséis cultivares comerciales de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq., derivados de cruzamientos entre madres *Deli dura* y padres *pisíferas* de diferentes fuentes bajo las condiciones edáficas y climáticas del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína (CEPV), ubicado en la Zona Central palmera de Colombia en el municipio de Barrancabermeja, departamento de Santander, a una altura de 102 msnm, precipitación promedio de 3.472 mm año⁻¹, temperatura de 29,3 °C, brillo solar de 2.020 horas•año⁻¹ y humedad relativa entre 72,0 y 77,0 %, el detalle de las condiciones edafoclimáticas y el manejo agronómico llevado en el experimento serán descritas en el Capítulo 1. El experimento se dispuso en el campo en octubre de 2003 bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por 20 palmas, de las cuales las seis centrales fueron consideradas como la parcela útil.

Se evaluaron 16 cultivares *tenera*, correspondientes a cultivares comercializados en las diferentes zonas palmeras de Colombia y, a cultivares comerciales que fueron introducidos desde Malasia por un convenio binacional (2002). Las semillas importadas de Malasia fueron suministradas por seis de las más importantes casas productoras de ese país: Applied Agricultural Research (AAR), Golden Hope Plantations (GH), Guthrie Plantations, IOI Corporation, Federal Land Development Authority (FELDA) y United Plantations (UP). La selección de los cultivares comerciales distribuidos a nivel local se realizó de acuerdo con la frecuencia y área sembrada en las diferentes plantaciones en Colombia, así como por la importancia nacional e internacional de la naturaleza genética de los progenitores (Tabla 1).

Tabla 1. Cultivares comerciales DxP evaluados bajo las condiciones del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína (CEPV).

Cultivares comerciales		Tipo de cruzamiento
1	AAR	Deli x AVROS Dumpy
2	CORPOICA	Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi)
3	DAMI 103,101	Deli x AVROS
4	DAMI 104,404	Deli x AVROS
5	DAMI 114,112	Deli x AVROS
6	ASD DXG	Deli x Ghana
7	ASD DXN	Deli x Nigeria
8	FELDA	Deli x Yangambi
9	GOLDEN HOPE (GH)	Deli x AVROS
10	GUTHRIE	Deli x Yangambi
11	IOI	Deli x AVROS Dumpy
12	IRHO 1001	Deli x La Mé
13	IRHO 1401	Deli x La Mé
14	IRHO 2528	Deli x La Mé
15	UNIPALM Y22683	(Dejongo x Ekona) x Yangambi
16	UNITED PLANTATIONS (UP)	Deli x (AVROS x Yangambi)

Durante nueve años se evaluaron caracteres de interés como: número de racimos (racimos palma⁻¹•año⁻¹) (NR), peso promedio de racimo (kg) (PMR) y racimos de fruto fresco (t•ha⁻¹•año⁻¹) (RFF). La cosecha se realizó con intervalos regulares de ocho a diez días, iniciando 24 meses después de la siembra, y se analizaron los racimos durante el periodo comprendido entre el sexto y el noveno año después de la siembra, utilizando la metodología descrita por García y Yáñez (2000), que permite medir las variables aceite por racimo (AR), fruto por racimo (FR), mesocarpio por fruto (MF), cuesco por fruto (CF), almendra por fruto (ALMF), aceite por mesocarpio fresco (AMF), peso promedio de fruto (PMF) y potencial de aceite (t•ha⁻¹•año⁻¹). Se registraron las medidas de crecimiento vegetativo utilizando la metodología no destructiva de Corley *et al.*, (1971). Se analizaron las variables longitud del raquis (LR), altura (AT), área foliar de la hoja 17 (AF) y peso seco foliar de la hoja 17 (PSF). Para estimar el comportamiento de la producción de racimos de fruta fresca (RFF) durante el periodo de evaluación (10 años) se estimó el modelo logístico en cada cultivar seleccionado por tener los mejores ajustes.

En consecuencia, el contenido de este libro consta de cuatro capítulos: el primero describe el manejo agronómico de los cultivares e incluye todas las prácticas agronómicas que se realizaron en el experimento, entre otras, el establecimiento, el manejo sanitario y la fertilización. El segundo expone las principales características productivas y morfológicas en cada uno de los 16 cultivares evaluados. El tercero presenta la evaluación de los cultivares seleccionados respecto al doblamiento foliar (enruanamiento), destacando los cultivares que fueron menos susceptibles y su efecto en la fisiología de la palma. Finalmente, el cuarto capítulo muestra el análisis económico de los cultivares bajo las condiciones del CEPV.

Bibliografía

- Beirnaert, A. and R. Vanderweyen (1941). Contribution a l'etude Genetique et Biometrique des varietes d'*Elaeis guineensis* Jacq. Publ. INEAC. Ser. Sci. Vol. 27.
- Corley R. H. V. and P. B. Tinker (2003). The oil palm. 4th Ed. World Agricultural Series. Blackwell Publishers Ltd, Oxford UK. 604 p.
- Chin, C. W., W. J. NG, J. Junaidah, S. Shuhaimi and Mohd, N. M. 2005. Developing high oil yield DxP: the FELDA experience. Proc. Of the 2005 MPOB National Seminar on Advances in Breeding and Clonal Technologies for Super Yielding Planting cultivars. Kuala Lumpur. 152-174 p.
- Corley R. H. V., J. J. Hardon, Y. Thang. 1971. Analysis of growth of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) in Malaysia. Expl. Agric. 7: 129-136.
- García, J. A. y E. E. Yañez (2000). Aplicación de la metodología alterna para análisis de racimos y muestreo de racimos en tolva. Palmas N° 21 (Número especial. Tomo I): 303-311.
- Hartley, C. W. S., (1988). The oil palm. 3rd ed. Editorial Logman, London.
- Henson, I. E., (1992). Carbon assimilation, respiration and productivity of young oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Elaeis*. 4: 51-59.
- Joe, T. Y. P, M. Y. Azman and M. Monhaimi (2005). High yielding golden hope oil palm planting cultivars for improved productivity. In: proceedings of the 2005 national seminar on advances in breeding clonal technologies for super yielding planting cultivars. Malaysian Palm Oil Board. Selangor, Malaysia. 138-151 p.
- Rajanaidu, N. and B. S. Jalani (1990). Performance of DxP planting cultivar in various parts of the world. Proceedings of worldwide performance of DxP planting cultivars, clones and interspecific hybrids. (Eds. N Rajanaidu and B S Jalani): 1-34 p.



CAPÍTULO 1

Manejo agronómico de cultivares
comerciales de palma de aceite
evaluados en el Campo Experimental
Palmar de La Vizcaína

Autores

Andrés Alejandro Tupaz Vera¹
Edison Steve Daza¹
Álvaro Hernán Rincón Numpaque²
Iván Mauricio Ayala Díaz¹
Hernán Mauricio Romero Angulo^{1, 3}

Cómo citar este artículo:

Tupaz Vera, A.A., Daza, E.S., Rincón Numpaque, A.H., Ayala Díaz, I.M., & Romero Angulo, H.M. (2017). Manejo agronómico de cultivares comerciales de palma de aceite evaluados en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína. En: I.M. Ayala Díaz & H.M. Romero Angulo (Eds.), *Comportamiento agronómico de cultivares comerciales de palma de aceite en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína* (1ra ed., pp. 23-42). Bogotá: Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.

-
- ¹ Programa de Biología y Mejoramiento, Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, Colombia. hromero@cenipalma.org
 - ² Programa de Agronomía, Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, Colombia.
 - ³ Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Introducción

El establecimiento de una plantación de palma de aceite es una inversión a largo plazo, teniendo en cuenta que la duración de cada ciclo del cultivo puede estar entre los 25 y los 30 años. Por esta razón, las técnicas de manejo empleadas durante el periodo inicial del establecimiento pueden afectar los costos de producción y la utilidad durante un periodo considerable (Bernal, 2006). La producción sostenible y rentable de palma de aceite depende, en gran medida, de los estándares de las prácticas agronómicas, especialmente relacionadas con el manejo del suelo y de los fertilizantes, y el manejo fitosanitario. Por otra parte, un buen manejo en la fase de vivero y cuidado en el trasplante y el mantenimiento subsiguiente se ve reflejado muchas veces en rendimientos mayores y más precoces. Numerosos experimentos en diversos ambientes han demostrado que las palmas que se han plantado, mantenido y fertilizado adecuadamente durante la fase de establecimiento retienen una ventaja de rendimiento por muchos años (Fairhurst & Härdter, 2003).

En este capítulo se describen los procedimientos y prácticas agronómicas desarrolladas durante el establecimiento y mantenimiento de los diferentes cultivares comerciales de palma de aceite evaluados en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína (CEPV), refiriéndose principalmente al diseño de siembra, suelos, clima, manejo de agua, nutrición y manejo fitosanitario.

Diseño de siembra

Para la planeación y el diseño de las siembras se tuvo en cuenta la topografía del terreno y las condiciones de drenaje, para lo que se hizo un levantamiento que permitió establecer la dirección de las pendientes naturales, la posición y el flujo del drenaje natural y las zonas con encharcamiento y de difícil acceso. Adicionalmente se usaron fotografías aéreas que proporcionaron un mapa inicial del terreno donde se identificaron las áreas con la vegetación más densa.

Posteriormente se procedió a la realización del desmonte del terreno, el material vegetal resultante fue apilado en los bordes de los lotes. Una vez despejado el terreno se realizó un pase con cincel y dos pases con rastra, con el propósito de mejorar las condiciones del suelo y facilitar el crecimiento de raíces.

El establecimiento de coberturas se realizó posterior a la siembra, utilizando *Desmodium ovalifolium*, seleccionado por su buena adaptación a las condiciones del CEPV. Las semillas de *D. ovalifolium* son pequeñas y tienen buena germinación. Un gramo de semilla contiene alrededor de 500 semillas con una pureza de 90 % y una germinación en campo de aproximadamente 50 % (Schmidt, 2001). La cantidad de semilla por hectárea fue de 1.5 kg que se ajustan a la recomendada por hectárea en palma de aceite que está entre 1 y 2 kg (Schmidt, 2001). Las semillas se sembraron a una profundidad no mayor a 1 cm.

Suelo y clima

Caracterización de suelos

El suelo y el clima son los recursos básicos para el crecimiento de los cultivos. Es posible ajustar y adecuar algunos de ellos para acercarlos a los niveles óptimos requeridos por la palma de aceite. Por ejemplo, la composición química del suelo se puede ajustar con la aplicación de fertilizante y el déficit de agua con el riego suministrado. Sin embargo, tales prácticas pueden ser costosas. Por ello, se necesita una cuidadosa investigación y análisis del comportamiento de los suelos y de las condiciones climáticas, antes de adquirir la tierra y establecer las plantaciones de palma de aceite (Corley y Thinker, 2009).

El cultivo de palma de aceite en Colombia se encuentra distribuido en las cuatro zonas palmeras: Norte, Central, Oriental y Suroccidental, con 483.734 hectáreas cultivadas (Sispa, 2016); la Zona Central palmera comprende los departamentos de Santander, Norte de Santander y Sur del Cesar y cuenta con alrededor de 143.550 hectáreas cultivadas (Fedepalma, 2015). La palma de aceite es cultivada en sitios que presentan una diversidad de suelos como resultado de diferencias en clima, geología, geomorfología y procesos formadores de los mismos. Para lograr una producción agrícola competitiva y sostenible es necesario tener en cuenta todos los factores que afectan la productividad y, dentro de estos, el suelo juega un papel fundamental.

En la agroindustria de la palma de aceite colombiana, el manejo de los suelos y la nutrición del cultivo no han recibido la atención que requieren como factores de alta incidencia en la productividad y la sostenibilidad (Palmas, 1998). La caracterización de suelos permite una evaluación de las tierras por aptitud de uso (levantamiento

detallado de suelos), que proporciona la delimitación de Unidades de Manejo Agronómico (UMA). Esta técnica hace referencia a un esquema dinámico que permite evaluar el uso de la tierra mediante el conocimiento de las relaciones que existen entre las características edafoclimáticas de una unidad de suelo y la utilización que se hace de ella (Figura 1).

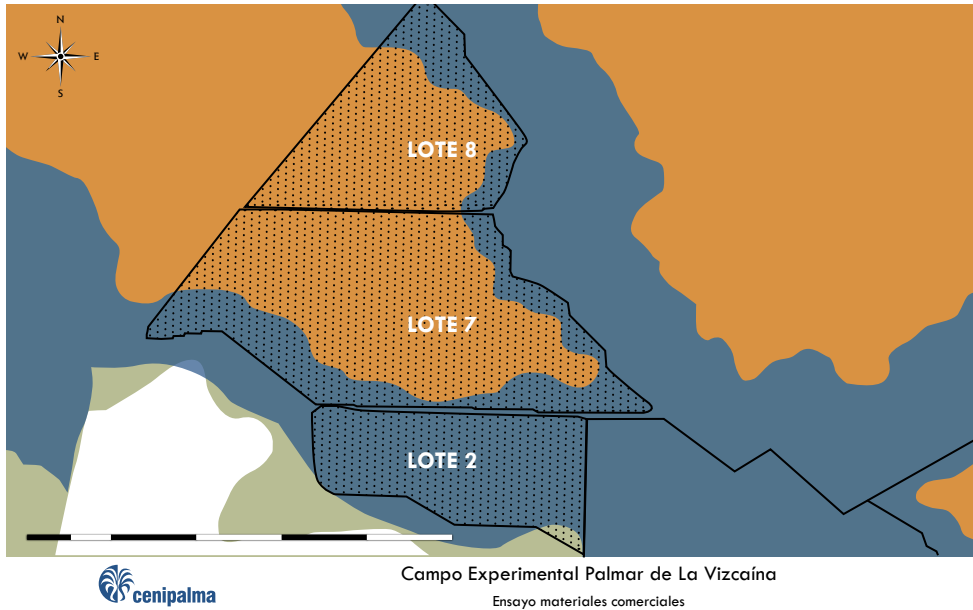


Figura 1. Clasificación de suelos, consociación La Vizcaína (LV) en azul y consociación Mulería (MU) en naranja.

Para el caso de esta investigación, como resultado del estudio detallado de suelos realizado en el sitio donde se ubicó el experimento, se establecieron dos unidades con características similares llamadas consociaciones, las cuales se describen a continuación:

Consociación La Vizcaína (LV)

Unidades de tierra con clasificación taxonómica *Fluvaquentic Eutrudept*, familia franco fina sobre arcillosa, semiactiva e isohipertérmica, correspondiente a suelos inceptisoles, en los cuales la sección control de humedad no permanece seca en algunas o en todas sus partes por más de 90 días acumulativos durante el año. Posee limitaciones fuertes para el uso en palma de aceite por la muy baja disponibilidad de oxígeno en la zona de mayor concentración de raíces asociadas con drenaje natural imperfecto, nivel freático fluctuante, texturas arcillosas, conductividad hidráulica muy lenta y frecuentes encharcamientos de muy corta duración (Fino *et al.*, 2005).

Consociación Mulería (MU)

Unidades de tierra con clasificación taxonomía *Fluvaquentic Endoaquept*, familia fina, caolinítica, semiactiva e isohipertérmica, son suelos inceptisoles en los cuales la sección control de humedad permanece saturada con agua en algunas o en todas sus partes por más de 30 días acumulativos durante el año. Se caracterizan por presentar relieve plano con pendientes entre 0-1 %; pobremente drenados, moderadamente profundos, limitados por fluctuaciones del nivel freático, texturas finas a moderadamente gruesas; estructura en bloques subangulares, de clase media y gruesa, moderadamente desarrollada, baja humedad aprovechable y con bajo riesgo de inundaciones en algunos sectores. Posee limitaciones fuertes para el uso en palma de aceite por la muy baja disponibilidad de oxígeno en la zona de mayor concentración de raíces asociadas al régimen de humedad ácuico, drenaje natural pobre y anaerobiosis temporal desde la superficie del suelo, alto y fluctuante nivel freático, texturas arcillosas, conductividad hidráulica lenta y frecuentes encharcamientos de corta duración (Fino *et al.*, 2005).

Para la adecuada interpretación del estudio detallado de suelos se deben tener en cuenta las principales propiedades físicas de los suelos que influyen en la producción de la palma de aceite tales como: pendiente, textura, estructura, consistencia, drenaje, profundidad efectiva, nivel freático y compactación. Todos estos factores influyen en la retención de agua y la aireación del suelo.

Las propiedades químicas que influyen en la penetración y absorción de los nutrimentos son el pH, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), el contenido de materia orgánica y el tipo de arcilla presente. Además, la materia orgánica influye sobre algunas propiedades físicas (textura, estructura, compactación, entre otras), suministra y hace disponible nitrógeno, fósforo, azufre y algunos micronutrientes. Los factores que inciden en la disponibilidad de los nutrimentos son: el cultivar parental, la humedad del suelo, el pH y la concentración de los elementos en el suelo (Barletto, E.J., 1995).

Teniendo en cuenta la interpretación de los componentes de suelos descritos por el IPNI (Internacional Plant Nutrition Institute) los valores de pH para las dos consociaciones fueron entre moderados y altos con rangos de 4,72 a 5,12. Los porcentajes de materia orgánica fueron bajos con excepción del primer horizonte del suelo La Vizcaína, con un contenido de 2,10 %; Según para Gros y Domínguez (1992) el nivel de materia orgánica en los suelos arcillosos fue del 2 %. La materia orgánica del suelo contenía cerca del 5 % de nitrógeno total, pero también otros elementos esenciales para las plantas tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y otros micronutrientes (Anónimo, 1988; Graetz, 1997). La textura indicó que los suelos eran arcillosos y arcillo-limosos, con características de humedad e impermeabilidad que no dejaban pasar el agua y el aire fácilmente donde el agua se podía estancar, por lo cual fue necesario hacer un sistema de drenaje adecuado (Tabla 2).

Tabla 2. Características de los suelos en las dos consociaciones en las que se sembraron los cultivares comerciales.

Unidad cartográfica		Profundidad (cm)	Granulometría (%)				pH (H ₂ O)	M.O (%)
Nombre	Símbolo		Textura	A	L	Ar ₁		
Consociación La Vizcaína	LV	0-28	ArL	3,13	48,80	48,07	4,66	2,10
		28-46	FArL	9,21	61,71	29,08	5,12	0,43
		46-81	Ar _*	0,69	37,57	61,74	4,92	0,55
		81-120	Ar _*	5,63	35,73	58,64	4,72	0,50
Consociación Mulería	MU	0-56	ArL	5,53	50,14	44,33	4,88	0,69
		56-120	ArL	25,06	42,19	32,75	5,18	0,43

A: Arena, **L:** Limo, **Ar:** Arcilla **M.O.:** Materia orgánica, **ArL:** Arcillo-limoso, **Ar_{*}:** Arcilloso, **FArL:** Franco arcillo-limoso.

Los valores de la Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE) para los suelos de la consociación La Vizcaína fueron moderados, entre 13,59 cmol/kg y 14,45 cmol/kg en los horizontes 1, 3 y 4. Para el horizonte 2 (28-46 cm) los valores fueron bajos, al igual que en los dos horizontes de la consociación Mulería (<10 %), lo que hace referencia a la baja capacidad del suelo de intercambiar nutrientes con la raíz. La saturación de calcio fue alta (>40 %) para los dos tipos de suelo y para todos los horizontes, con valores que oscilaban entre 45,84 y 60,13 %. La saturación de magnesio fue alta (>20 %) para la consociación La Vizcaína en los horizontes 2, 3 y 4 y moderada para el primer horizonte del suelo; para la consociación Mulería fue baja (<10 %) en el primer horizonte y moderada para el segundo (Tabla 3).

Tabla 3. Características químicas de suelos de las dos consociaciones en las que se sembraron los cultivares comerciales.

Unidad cartográfica		Profundidad (cm)	Saturaciones (%)					CICE (cmol/kg)	Mn (ppm)
Nombre	Símbolo		Ca	Mg	K	Na	Al		
Consociación La Vizcaína	LV	0-28	56,73	19,78	1,54	0,63	21,32	14,26	43,00
		28-46	54,27	22,20	1,80	1,61	20,11	10,54	8,30
		46-81	49,41	22,49	1,52	1,31	25,26	14,45	20,90
		81-120	45,84	21,71	1,77	1,25	29,43	13,59	33,60
Consociación Mulería	MU	0-56	60,13	9,97	1,78	0,94	27,18	9,53	67,20
		56-120	57,37	12,57	1,73	1,16	27,17	6,92	32,90

Mn: Manganeso, **CICE:** Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva.

La saturación de potasio fue baja (<3 %) para los dos tipos de suelos en todos los horizontes con valores entre 1,52 a 1,80 % y, de igual manera, la saturación de sodio fue baja (<10 %) para las dos consociaciones con valores entre 0,63 y 1,61 %. La saturación de aluminio fue baja (<25 %) para los dos primeros horizontes del suelo de la consociación Vizcaína y, moderados para los horizontes 3 y 4 con valores de 25,26 y 29,43 %; para la consociación Mulería la saturación de aluminio fue moderada (25-50 %) para los dos horizontes.

La saturación de bases proporciona información útil sobre la disponibilidad de nutrientes y la fertilidad de los suelos en general. También permite determinar la capacidad del suelo para actuar como un amortiguador frente a la acumulación de ácido y el potencial de lixiviación de minerales a partir del suelo. Los contenidos de manganeso fueron altos (>10 %) para los dos tipos de suelos y para los horizontes evaluados, lo cual se asoció al mal drenaje, con excepción del horizonte 2 en la consociación La Vizcaína que presentó un valor de 8,30 % (Tabla 3).

Precipitación

La palma de aceite transpira 5-6 mm de agua por día. Se requiere un suministro continuo de humedad del suelo para mantener las funciones fisiológicas en el tejido de la palma y para el transporte de los nutrientes y sustancias asimiladas dentro de ella. De este modo, un suministro adecuado de lluvia es tal vez el factor climático más importante que afecta el crecimiento y desarrollo de la palma (Härdter y Fairhurst T, 2012).

Para alcanzar altos rendimientos en palma de aceite las precipitaciones anuales deben estar entre 2.000 y 2.500 mm, con mínimos de 100 mm de agua mensual y déficit de agua anual menor a los 200 mm (Paramanathan, 2003). A continuación se presenta la oferta ambiental en precipitación en el CEPV dada por los registros históricos de lluvias en la zona de Barrancabermeja y además, durante el desarrollo de esta investigación.

Los registros históricos de la estación meteorológica del IDEAM de Yariguíes (Barrancabermeja, Santander), analizados en un periodo de 41 años (1971-2012) muestran que la precipitación promedio anual en la zona de estudio es de 2.900 mm, con precipitaciones máximas de 801 mm y 656 mm, en agosto y octubre respectivamente, y mínimas de 0 mm en los meses de enero y febrero (Figura 2). Históricamente los promedios generales indican que el déficit mensual en la zona (>100 mm), solo se ha presentado en enero con 45 mm en promedio en todos los años de registro.

Historial precipitación IDEAM

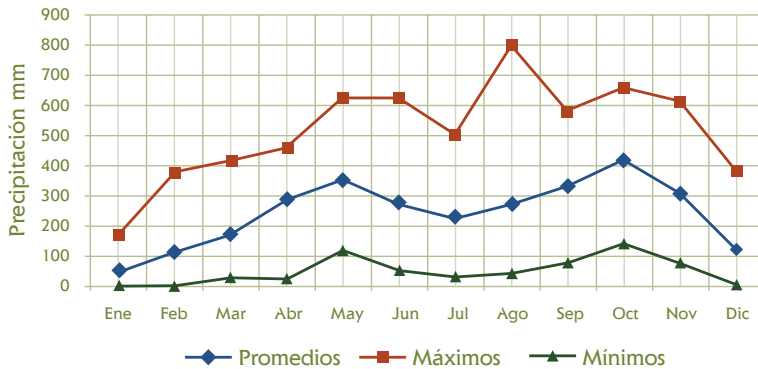


Figura 2. Valores promedios, máximos y mínimos de precipitación (mm/mes) IDEAM. Barrancabermeja, Santander (1971-2012).

Los datos meteorológicos del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína durante los años 2006 a 2014 registraron un promedio anual de 3.470 mm. Las precipitaciones máximas registradas fueron de 613 mm y 640 mm en octubre y noviembre respectivamente, mientras que las mínimas fueron de 3 mm en enero y 84 mm en diciembre. Los datos históricos analizados hacen referencia a nueve años de registros (Figura 3). Históricamente los promedios generales indican que el déficit con mínimos de 100 mm de agua mensual únicamente se presenta durante enero con 46 mm en promedio.

Historial precipitación CEPV

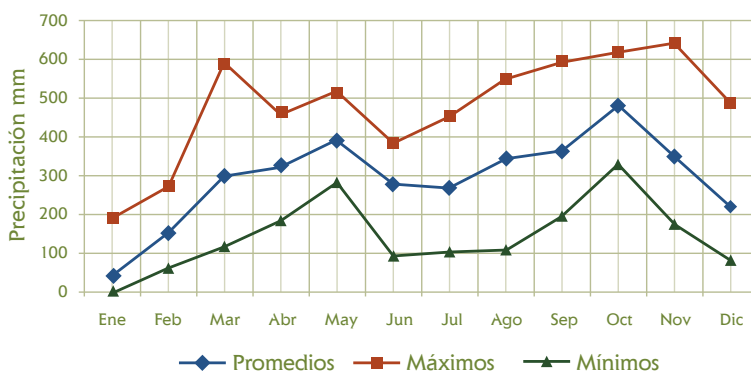


Figura 3. Valores promedios, máximos y mínimos de precipitación (mm/mes) CEPV (2006-2014).

Manejo del agua

Los requerimientos de agua de la mayoría de los cultivos podrían satisfacerse con la precipitación natural si esta fuera uniforme, pero la variación hace que se presenten meses secos y otros con exceso de lluvia; esto último genera limitaciones para el cultivo en zonas planas en donde las condiciones naturales no son suficientes para evacuar los excedentes de agua.

El drenaje agrícola tiene como fin, remover los excesos de agua en el suelo de manera que se cree un ambiente más favorable para el desarrollo del cultivo. El exceso de humedad limita el desarrollo vegetal y desplaza el aire del espacio poroso del suelo, esto se traduce en la disminución de la actividad fisiológica de la planta (Ávila, 1970).

Dado que el cultivo de la palma de aceite es tan sensible tanto al exceso como a la escasez de humedad en el suelo, en la etapa de planeación y diseño de una plantación se debe examinar detenidamente el balance hídrico de cada región en particular, y determinar si existe o no un déficit significativo que pueda llegar a afectar los niveles de producción (Bernal, 2006).

El Campo Experimental presenta condiciones particulares en el suelo donde el manejo del agua es determinante para la productividad del cultivo. El CEPV presenta una topografía plana, predomina la textura de suelo arcillosa, de superficies irregulares, alto nivel freático, limitantes en la conductividad hidráulica (Figura 4) y, desbordamiento de cauces en épocas de alta precipitación. Por tales razones el manejo del agua se ha realizado con una planeación detallada de las actividades a desarrollar para las correcciones necesarias y garantizar la mejor condición de las palmas.

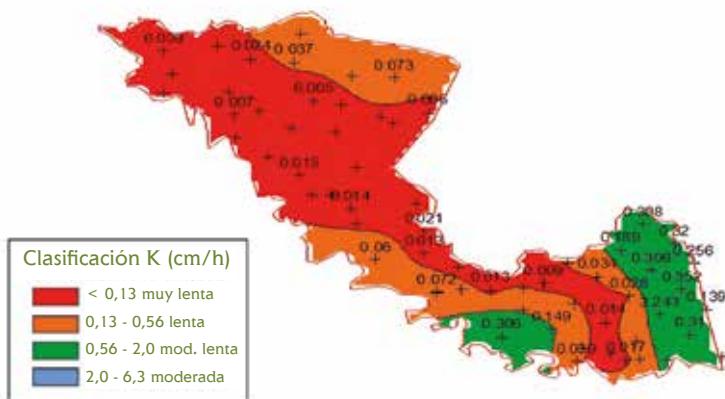


Figura 4. Comportamiento de la conductividad hidráulica. Tomada de: *Estudio de drenaje agrícola CEPV*, noviembre de 2006. Bajo las condiciones del CEPV no se presentaron conductividades hidráulicas moderadas.

A continuación se describe el procedimiento que se tuvo en cuenta para el manejo de los drenajes en el sitio de estudio.

- a. **Diagnóstico predial del drenaje:** se realizó el estudio topográfico que incluyó la planimetría y altimetría de los lotes para identificar los puntos altos y bajos dentro de los mismos.
- b. **Régimen de lluvias:** se determinó el balance hídrico, midiendo la evapotranspiración y la precipitación para identificar los excesos y el déficit de agua en los diferentes meses.
- c. **Observación de síntomas (suelos y cobertura):** se tuvo en cuenta la caracterización de suelos para realizar el diseño de drenaje (midiendo la conductividad hidráulica). Se identificaron los lotes con siembra de cobertura vegetal que presentaran un buen cubrimiento del suelo y, para los que les hacía falta esta práctica, se planificó la implementación.
- d. **Cauces naturales:** se identificaron los cauces naturales del CEPV y se les realizaron labores de mantenimiento y limpieza. En las obras civiles ya establecidas como los puentes se realizaron las mismas intervenciones y, además, se hicieron trabajos de profundización para evitar el represamiento de las aguas y así disminuir los riesgos de inundaciones (Figura 5).



Figura 5. Obras civiles de intervención o mantenimiento de drenajes naturales.

- e. **Nivel freático:** mediante una red de pozos de observación del nivel freático se registraron las fluctuaciones de los niveles freáticos y se determinaron los sitios donde el agua permanecía superficial al suelo. Se elaboraron mapas para monitorear el movimiento del agua a través del tiempo (evaluaciones a los 30, 45 y 60 días), y se identificaron las necesidades de la construcción de canales primarios, secundarios y terciarios (Figura 6).

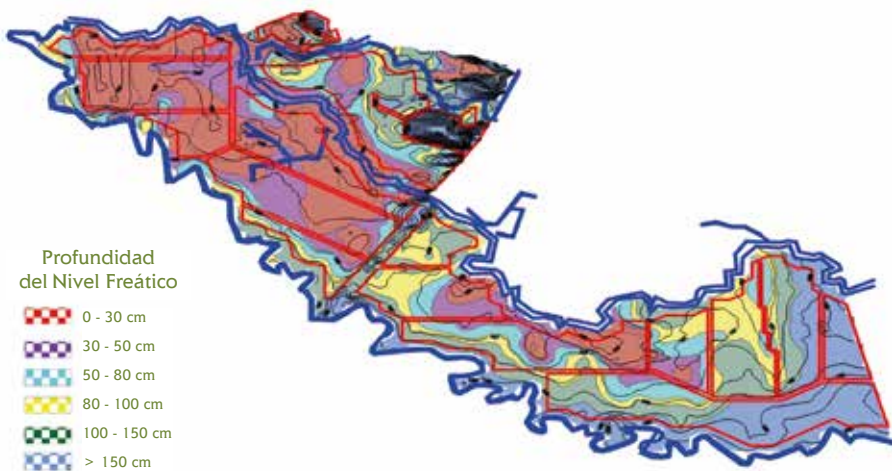


Figura 6. Generación de mapas de nivel freático. Tomado de: *Validación de tecnologías para el manejo de drenajes agrícolas*, septiembre de 2006.

- f. **Estudio del drenaje:** con los resultados de los niveles freáticos, topografía, conductividad eléctrica, y precipitación de la zona, se determinó la cantidad, profundidad y densidad de los drenajes a efectuar (Figura 7).

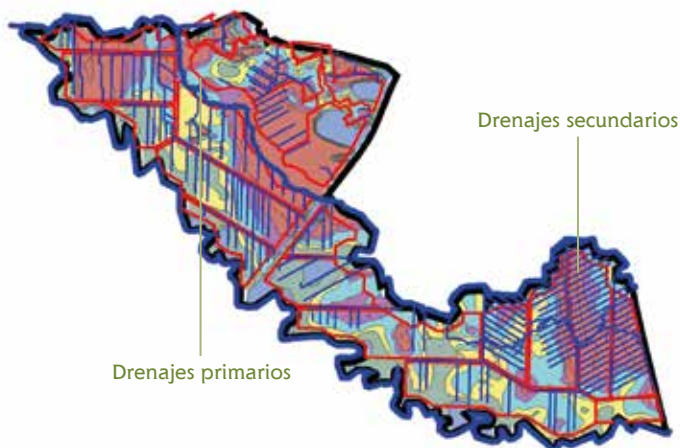


Figura 7. Diseño de obras y drenajes para el CEPV. Tomada de: *Estudio de drenaje agrícola CEPV*, noviembre de 2006.

Nutrición

Los requerimientos de nutrientes de la palma de aceite varían y dependen del rendimiento esperado, el tipo de cultivar, el espaciamiento de las palmas, la edad, tipo de suelo, las condiciones de la cobertura del suelo, así como el clima. Para el cultivo de la palma de aceite se pueden distinguir tres tipos de demanda de nutrientes: los que se extraen en la cosecha, los contenidos en el suelo y los inmovilizados en la biomasa de la palma (Tinker, 1976).

Siendo el costo de la fertilización una de las inversiones que más contribuye al costo total de la producción de la palma de aceite, es necesario prestar el máximo de atención posible a la selección de los fertilizantes a utilizar, con el fin de obtener los más altos rendimientos, sin descuidar los problemas que su uso pueda causar a largo plazo en los suelos y las plantas. Por esta razón, es conveniente y necesario que los asistentes técnicos conozcan a profundidad todas las propiedades físicas y químicas de los fertilizantes que usan y, que además, puedan encontrar alternativas de inversión para realizar cambios de fuentes cuando observen que uno o varios de los productos utilizados, no están dando los resultados esperados o están causando daños físicos, químicos y/o biológicos al suelo o a la planta (León, 2004).

Fertilización total por cada nutrimento

El programa de nutrición balanceada que se realiza en el CEPV se viene trabajando de acuerdo a los análisis foliares, de suelos y, a la proyección del rendimiento, con el fin de generar un plan adecuado de suministro de nutrientes para la planta. En la práctica comercial, generalmente se mide la concentración anual de nutrientes en la planta. El objetivo del diagnóstico foliar es cuantificar el contenido nutricional de la planta, de manera que se puedan calcular los ajustes de fertilización correspondientes.

En el ensayo de cultivares comerciales los planes de fertilización comenzaron desde el momento de inicio del cultivo, con el manejo, a nivel de previvero y vivero, y posteriormente en sitio definitivo. En los primeros dos años se siguieron las recomendaciones del IPNI (Internacional Plant Nutrition Institute) con unas tablas establecidas para esta etapa y, a partir del tercer año, el programa de fertilización se realizó teniendo en cuenta los análisis foliares y de suelos. Se realizaban tres aplicaciones al año teniendo en cuenta el comportamiento histórico de las lluvias. Así, entre marzo y abril se aplicaba el primer fraccionamiento, el segundo entre junio y julio, y el tercero entre septiembre y octubre.

La Tabla 4 indica la cantidad de cada elemento aplicado en el ensayo a través del tiempo. El elemento con mayor cantidad de nutrimento aplicado fue el potasio con

valores de 1,16 hasta 2,45 kg•palma⁻¹•año⁻¹. A diferencia de la mayoría de plantas cultivadas, en palma de aceite la demanda de potasio es mayor que la de nitrógeno dado principalmente por la gran demanda por parte de los órganos reproductivos (inflorescencias masculinas y femeninas-racimos); los racimos contienen alrededor de 0,65 % de K, para producir rendimientos moderados, la absorción total de la palma debe ser de alrededor de 2.000-2.750 kg de K ha⁻¹ durante los primeros diez años después del trasplante (Ng y Thamboo, 1967; Chew *et al.*, 1994). El nitrógeno total aplicado fluctuó entre 0,51 y 1,73 kg•palma⁻¹•año⁻¹. La aplicación de N aumenta el área foliar y mejora la producción de hojas y la tasa de asimilación neta de la palma de aceite (Corley y Mok, 1972). La concentración promedio de N en el tejido de la palma de aceite adulta fluctuó entre 0,44 y 0,65 % (Ng *et al.*, 1968).

Tabla 4. Cantidad de óxidos (Kg/palma) de cada nutrimento aplicado por año en el ensayo de cultivares comerciales.

Año	N total	P total	K total	Ca total	Mg total	S total	B total
3	0,70	0,29	1,20	0,00	0,18	0,06	0,02
4	0,51	0,18	1,16	0,00	0,18	0,02	0,02
5	0,93	0,15	1,59	0,00	0,28	0,01	0,04
6	0,86	0,25	1,40	0,00	1,09	0,06	0,03
7	0,95	0,20	1,77	0,00	0,24	0,05	0,04
8	1,08	0,19	1,75	0,00	0,32	0,05	0,02
9	1,07	0,22	1,95	0,01	0,37	0,06	0,06
10	1,32	0,21	2,28	0,23	0,35	0,35	0,03
11	1,31	0,24	2,45	0,00	0,43	0,07	0,05
12	1,73	0,27	2,44	0,00	0,42	0,09	0,02

Los elementos menores (boro, cobre, azufre y zinc, entre otros) tienen varias funciones, entre las que se resaltan las siguientes: facilitan la entrada de otros elementos a las células y ayudan a orientarlos en su respectiva posición donde ellos pueden llevar a cabo su función en la célula, sirven como catalizadores y actúan en los procesos de oxidación y reducción (Barletto, E.J., 1993). Así, en este estudio, los elementos menores como el azufre y el boro fueron suministrados de forma continua cada año y, las cantidades estuvieron entre 0,01-0,35 y 0,02-0,06, para cada elemento. El boro es importante para procesos como el alargamiento de la raíz, la síntesis de ácidos nucleicos, formación de carbohidratos y proteínas, y para la germinación del polen. Las dosis recomendadas de boro para plantas adultas están entre 0,015 y 0,035 kg•palma⁻¹•año⁻¹ (Fairhurst & Härdter, 2003).

Fertilización total aplicada por año

El objetivo de la fertilización en la producción de palma de aceite es suministrar suficientes nutrientes para promover un crecimiento vegetativo y maximizar el rendimiento de los racimos de fruta fresca (RFF) (Donough, 2008; INPOFOS, 2006). Las deficiencias nutricionales retrasan el inicio de la producción y disminuyen los rendimientos del cultivo si este no es capaz de extraer del suelo todos los nutrimentos que demanda el funcionamiento normal de la planta (Salgado *et al.*, 2000).

La Figura 8 muestra el total de fertilizante aplicado (como fuentes de elementos mayores y menores) desde el segundo año después de la siembra. La producción empezó dos años después de la siembra en sitio definitivo. El suministro de fertilizante para los primeros tres años de producción fue de 6,7; 5,9 y 8,1 kilogramos por año. La aplicación de fertilizantes en el cultivo de palma de aceite es un factor clave que determina el nivel de rendimiento en todo su ciclo de vida; no obstante, los primeros años de siembra de las palmas en el campo (cuando la producción comercial de racimos apenas inicia) marcan la etapa de máxima absorción de elementos vitales como el potasio, nitrógeno y magnesio (Mutert, 1999).

Después del cuarto año de producción las aplicaciones de fertilizante mantuvieron un comportamiento ascendente con relación a las metas establecidas en rendimiento por año y a las deficiencias y desbalances encontrados en los análisis foliares, con aplicaciones que estuvieron en 8,7 kg•palma⁻¹•año⁻¹ para el año 7 después de la siembra y de ahí, con los incrementos establecidos hasta llegar a los 13,4 kg•palma⁻¹•año⁻¹ para el año 12 después de la siembra.

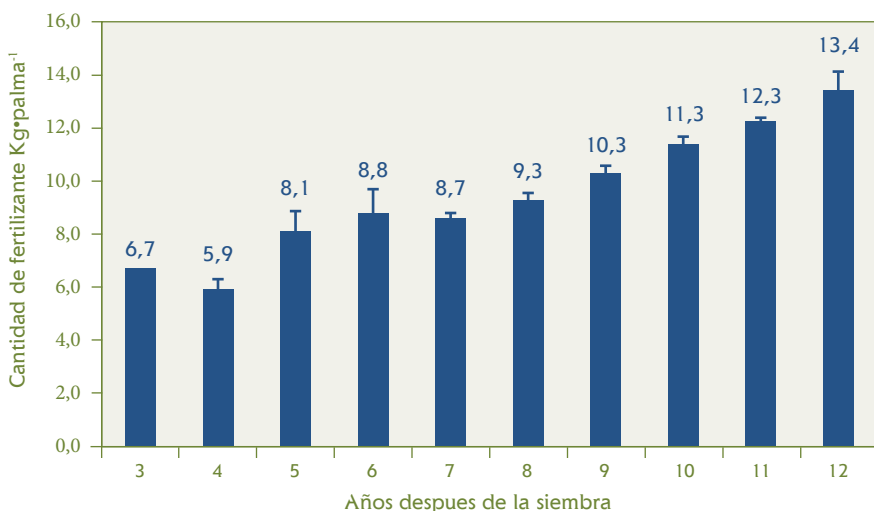


Figura 8. Cantidad de fertilizante (kg•palma⁻¹) aplicado por año.

Manejo fitosanitario

La Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite es la enfermedad más limitante no solo en Colombia, sino en toda América tropical. El agente causal permaneció desconocido por cerca de un siglo, pero las investigaciones de Cenipalma permitieron identificar al patógeno *Phytophthora palmivora* Butl., como el responsable de iniciar el proceso infectivo (Torres *et al.*, 2010).

El manejo de la Pudrición del cogollo (PC) se inicia con la adopción de mejores prácticas de manejo agronómico y con el diagnóstico temprano desde la etapa de vivero, evaluando los síntomas en la flecha más joven. Para ello, se utiliza la Escala de Severidad desarrollada por Cenipalma en 2008. El manejo de la PC continúa con el tratamiento oportuno de las plantas enfermas, la erradicación de las palmas en estados más avanzados de la PC y, la prevención del ataque de *Rhynchophorus palmarum* y otros insectos que pueden estar actuando como diseminadores del agente causal de la enfermedad o afectando el normal desarrollo de la palma (Martínez *et al.*, 2009).

Las mejores prácticas de manejo que se realizaron en los lotes de evaluación para favorecer el adecuado estado sanitario de los lotes en estudio fueron las siguientes:

Capacitación de personal para el reconocimiento de la enfermedad: por tratarse de un tema fundamental en el manejo de la enfermedad, la calidad de los registros estuvo determinada por la capacitación y calificación de quien lo ejecutaba. El personal estuvo en una continua capacitación que consistió en días de campo en los que se analizaban las palmas con casos iniciales, haciendo énfasis en el reconocimiento de síntomas tempranos de la enfermedad. Adicionalmente, se trató de mantener el mismo personal en la labor y también, se realizó un acompañamiento en campo para establecer rendimientos.

Rondas fitosanitarias: en todas las siembras se deben realizar las rondas sanitarias, que consisten en una revisión palma a palma para detectar la enfermedad. La disminución o aumento de la frecuencia de las rondas la determinó la incidencia, la época del año y la severidad de los nuevos casos encontrados. En los lotes de cultivares comerciales se manejaron rondas sanitarias semanales cuando la incidencia de la enfermedad era mayor al 10 %, y rondas quincenales cuando la incidencia disminuía.

Diagnóstico temprano de la PC: se realizó la detección de los estados iniciales de la enfermedad de acuerdo con la Escala de Severidad de Cenipalma. El diagnóstico temprano de la enfermedad se enfocó en los grados iniciales (1 y 2) para garantizar la buena y rápida recuperación de las palmas afectadas y que en el tratamiento de cirugía (eliminación de tejido enfermo) se removiera la menor cantidad de hojas posible.

Tratamientos realizados: en palmas con grados de severidad 1 y 2 se procedió a eliminar todo el tejido enfermo y sus alrededores, verificando que realmente se hubiera llegado al tejido sano mediante la inspección cuidadosa de los tejidos eliminados y ayudándose con la aplicación de hipoclorito de sodio sobre el corte realizado.

La inspección cuidadosa consistía en el examen, capa por capa, de los últimos cinco centímetros del tejido removido para visualizar hasta dónde había avanzado la pudrición. El tejido expuesto se pudo cauterizar por exposición muy breve a una llama e inmediatamente después de la remoción del tejido afectado, se aplicaba una pasta de insecticida (Carbaryl, Fipronil, otros), fungicida (Mancozeb) y bactericida-fungicida (Kazugamicina), en la proporción 1:1:1,5, con la ayuda de una brocha. Terminada la remoción del tejido enfermo y aplicados los productos recomendados, se instalaba un techo de plástico de color blanco que protegía el tejido intervenido contra la lluvia y el efecto adverso de los rayos directos del sol (Martínez *et al.*, 2009).

El tejido removido de la palma enferma era picado y asperjado con una mezcla de insecticida y fungicida, y luego flameado para destruir los propágulos del patógeno. Culminado este proceso, tanto las manos y botas de los operarios, como las herramientas utilizadas para la cirugía, se desinfectaban usando hipoclorito de sodio u otra sustancia desinfectante. El seguimiento a las palmas tratadas se realizaba cada 8 días, verificando el estado de la emisión de los tejidos tratados. Y en el caso de presentarse necrosamientos en los tejidos intervenidos se realizaban cortes adicionales (despunte) (Martínez *et al.*, 2009). Después de intervenir una palma y con la posterior emisión de seis hojas nuevas, se consideraba que la cirugía era exitosa y la palma terminaría de recuperarse.

Eliminación de palmas: las palmas que no respondieron a tres cirugías fueron erradicadas utilizando una motosierra y fumigando las partes picadas, con una mezcla de insecticida y bactericida.

Trampeo de *Rhynchophorus palmarum*: con el trapeo se buscaba capturar adultos, tanto hembras como machos, para monitorear el estado de sus poblaciones en los diferentes lotes de la plantación y, establecer planes de manejo y control para impedir que estos visitaran las palmas afectadas por la PC. Si las poblaciones se incrementaban, se procedía a aplicar estrategias de control directo del insecto, de lo contrario, se efectuaba trapeo y control.

Las palmas afectadas por la PC y sus vecinas se convierten en un sustrato para la alimentación y reproducción del insecto, lo que favorece el avance de la enfermedad y ocasiona su muerte como consecuencia de los daños de *R. palmarum*, por su alimentación como adulto o como larva (Martínez *et al.*, 2009). Para el caso de los lotes de los cultivares comerciales evaluados, las poblaciones de insectos fueron

bajas, menores de tres insectos por trampa evaluada quincenalmente según los monitoreos realizados en los lotes en estudio, y por lo tanto, no hubo necesidad de realizar un manejo adicional del insecto.

Manejo del drenaje: es necesario evitar los excesos de agua en el cultivo durante las épocas de mayor precipitación. El exceso de agua predispone la aparición de la PC al causar estrés en la palma, promover humedades relativas más altas, reducir las posibilidades de recuperación de las palmas y servir de medio de diseminación de las zoosporas de *P. palmivora*, responsables de iniciar las infecciones (Martínez *et al.*, 2009).

Manejo de la nutrición: busca mantener la planta en condiciones nutricionales adecuadas, es decir, que la palma reciba los diferentes elementos que necesita, tanto en cantidad como en balance, para desarrollar eficientemente todos sus procesos metabólicos. El desbalance nutricional predispone a la palma a adquirir la PC y le genera situaciones de estrés que facilitan la entrada y desarrollo del *P. palmivora* (Martínez *et al.*, 2009).

Bibliografía

- Anónimo. 1988. Manual de fertilidad de suelos, Potash & Phosphate Institute. Georgia. USA, 85p.
- Ávila, L. 1970. Algunos aspectos sobre drenaje agrícola. Fondo de garantía y fomento para la agricultura, ganadería y avicultura (FIRA). México. 37p.
- Barletto, E.J. 1995. Características físico-químicas del suelo y su incidencia en la absorción de nutrientes, con énfasis en el cultivo de palma de aceite. Palmas. 16 (1): 31-39.
- Barletto, E.J. 1993. Requerimientos de nutrientes para el cultivo de palma de aceite. Palmas. 14 (4): 9-21.
- Bernal, F. El cultivo de la palma de aceite y su beneficio. Guía general para el nuevo palmicultor. Bogotá D.C. Colombia. Noviembre de 2006.
- Chew, P.S., Kee, K.K., Goh, K.J., Quah, Y.T., and Tey, S.H. 1994. Fertilizer management in oil palm. In: Aziz, B., Talib, B.A., Lim. C.H., Woo, Y.C., Alias, H., Mahmud, A.W., Poon, Y.C., and Shamsuddin, J. (eds.). International Conference on Fertilizer Usage in the Tropics (FERTROP). Kuala Lumpur, 24-27 August 1992. MSSS, pp. 43-67.
- Corley, R.H.V. and Mok, C.K. 1972. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium on growth of the oil palm. Experimental Agriculture. 8:347-353.
- Corley R. H. V. and P. B. Tinker. 2003. The oil palm. 4th Ed. World Agricultural. Series. Blackwell Publishers Ltd, Oxford UK.

- Donough, C.R. 2008. Manejo de la nutrición y fertilización de la palma aceitera. *Informaciones agronómicas*. 69:1-9.
- Fedepalma Statistical yearbook 2015: The oil palm agroindustry in Colombia and the world 2011 – 2015. Bogotá D.C. 195 p.
- Estudio de drenaje agrícola en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína. Salazar, J.E., Estudiante de pasantía – Cenipalma, Presentación Barrancabermeja. Noviembre 2006.
- Fino Rojas W. J. *et al.*, 2005. Levantamiento detallado de suelos y aptitud de uso para palma de aceite en plantaciones de la zona central palmera. Cenipalma-Sena, Noviembre 2005.
- Graetz, H. A., 1997. Suelos y fertilización. Traducido por: F. Luna Orozco, Trillas. México. 80 p.
- Gros, A. Domínguez, A., 1992. Abonos guía práctica de la fertilización. 8ª Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 450 p.
- Härdter, R, Fairhurst, T. 2012. Palma de aceite, Manejo para rendimientos altos y sostenibles, International Plant Nutrition Institute (IPNI), y el International Potash Institute (IPI). Primera edición en español. 404 p.
- INPOFOS, 2006. Palma aceitera, manejo de nutrientes y fertilización en fase madura. www.inpofos.org/ppiweb/ltamn.nsf Consulta 21/04/2017.
- León, L. A. 2004. Características, uso y manejo de fertilizantes para palma de aceite. *Palmas*. 25 (Número especial. Tomo II). 105:114.
- Martínez, G., Arias, N., Sarria, G., Torres, G., Varón F., Noreña, C., Salcedo, S., Aya, H., Ariza, J., Aldana R., Martínez L., Moya, O., Burgos, C., Manejo integrado de la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite. Cenipalma-Fedepalma-Fondo de fomento palmero, Bogotá D.C., Agosto 2009
- Mutert, E.W., 1999. La palma aceitera, el cultivo dorado de los trópicos. *Informaciones Agronómicas* No 29. Instituto de la Potasa y el Fósforo. 4 p.
- Ng, S.K. and Thamboo, S. 1967. Nutrient contents of oil palm in Malaya. I. Nutrients required for production: Fruit bunches and male inflorescence. *The Malaysian Agricultural Journal*, 43:3-45.
- Ng, S.K., Thamboo, S. and de Souza, P. 1968. Nutrient contents of oil palms in Malaya. II. Nutrients in vegetative tissues. *The Malaysian Agricultural Journal*. 46:332-391.
- Paramanathan, S. 2003. Land Selection for Oil Palm. In T. Fairhurst and R. Hardter (Eds.), *Oil Palm: Management for Large and Sustainable Yields*. (pp. 27-57). Singapore: International Potash Institute.
- Ponencia presentada en la XII Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite. "Retos y oportunidades para la Palma de Aceite". Septiembre de 1997. Cartagena de Indias, Colombia. I Palm Oil Research Institute of Malaysia - PORIM. P.O. Box 10620, 50720 Kuala Lumpur, Malasia. *Palmas*. Volumen 19. Número Especial, 1998.
- Salgado, G.S., Palma, D.J., Cisneros, J. 2000. Manual de procedimientos para el muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación en cultivos tropicales. Campus Tabasco, CP-ISPROTAB. Villahermosa, Tab. 76p.
- Schmidt, A. 2001. Genotype x environment interactions in *Desmodium ovalifolium*

Wall. Verlag Grauer, Beuren y Stuttgart, Alemania. 241 p.

Tinker, P.B. 1976. Soil requirements of the oil palm. In: Corley, R.H.V., Hardon, J.J. and Wood, B.J. (eds.). Oil Palm Research. Developments in Crop Science (1), Elsevier, Amsterdam, pp. 165-181.

Torres, G. A.; Sarria, G. A.; Varón, F.; Coffey, M. D.; Elliott, M. L.; Martínez G. 2010. First

Report of Bud Rot Caused by *Phytophthora palmivora* on African Oil Palm in Colombia. Plant Disease, 94: 1163-1163.

Validación de tecnologías para el manejo de drenajes agrícolas. Programa de Suelos y Aguas. Cenipalma. Cursos sobre el manejo de factores predisponentes para el control de la Pudrición del cogollo. Exposición. Barrancabermeja, septiembre de 2006.



CAPÍTULO 2

Comportamiento agronómico de cultivares comerciales de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq., bajo condiciones del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína

Autores

Iván Mauricio Ayala Díaz¹

Edison Steve Daza¹

Andrés Alejandro Tupaz Vera¹

Hernán Mauricio Romero Angulo^{1, 2}

Cómo citar este artículo:

Ayala Díaz, I.M., Daza, E.S., Tupaz Vera, A.A., & Romero Angulo, H.M. (2017). Comportamiento agronómico de cultivares comerciales de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq., bajo condiciones del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína. En: I.M. Ayala Díaz & H.M. Romero Angulo (Eds.), *Comportamiento agronómico de cultivares comerciales de palma de aceite en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína* (1ra ed., pp. 43-109). Bogotá: Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.

¹ Programa de Biología y Mejoramiento, Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, Colombia. hromero@cenipalma.org

² Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Introducción

El estudio de la respuesta de las plantas al medio ambiente, además de determinar las relaciones óptimas entre el genotipo y el ambiente, permite la identificación de genotipos que bajo condiciones específicas tienen el mejor comportamiento en términos de crecimiento, desarrollo y productividad. Evaluar cultivares simultáneamente bajo las mismas condiciones de manejo, suelo y clima en observatorios de productividad son limitadas. Por tal razón, los resultados presentados en este capítulo se convierten en una herramienta importante de referenciación y consulta de los diez cultivares de palma D x P más representativos sembrados en Colombia y, los seis más importantes de Malasia. En este capítulo se hace una descripción detallada de los 16 cultivares presentando resultados de producción, tasas de extracción de aceite, componentes del racimo y medidas de crecimiento vegetativo bajo las condiciones de manejo, suelo y clima, propias del Campo Experimental el Palmar de La Vizcaína.

AAR (Deli x Dumpy-AVROS)

El cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR es derivado a partir de palmas Deli *dura*, usado como parental femenino, con características de alta extracción de aceite y alta producción de racimos de fruta fresca, y del parental masculino *pisifera* Dumpy-AVROS con características de crecimiento lento derivado del origen Dumpy y una alta producción de racimos de fruta fresca derivada del origen AVROS (Figura 9). El pedigrí del cultivar Dumpy proviene de la familia E206, la cual ha sido usada en varios programas de mejoramiento alrededor del mundo.

La producción del cultivar Deli x Dumpy-AVROS a partir del quinto año después de la siembra en campo, estuvo por encima de las 30 toneladas ($\text{RFF ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$) con un valor máximo de 37 toneladas en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico estimado para la producción estuvo en las $34,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ (Figura 10). Este cultivar se caracteriza por tener racimos medianos con pesos

medios superiores a los 20 kg y, un número superior a los 12 racimos•palma⁻¹•año⁻¹ (año 9 al 11 después de la siembra, Tabla 5). La producción estuvo distribuida de forma homogénea entre el primer y el segundo semestre del año. De enero a junio se produjo el 50,7 % y de julio a diciembre el 49,3 % de la producción anual; sin embargo, el 43 % de la producción se concentró en cuatro meses del año (junio a septiembre), los de menor producción fueron noviembre y diciembre (Figura 11).



Figura 9. Cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR a. Detalle de la corona de racimos; b. Altura de las palmas.

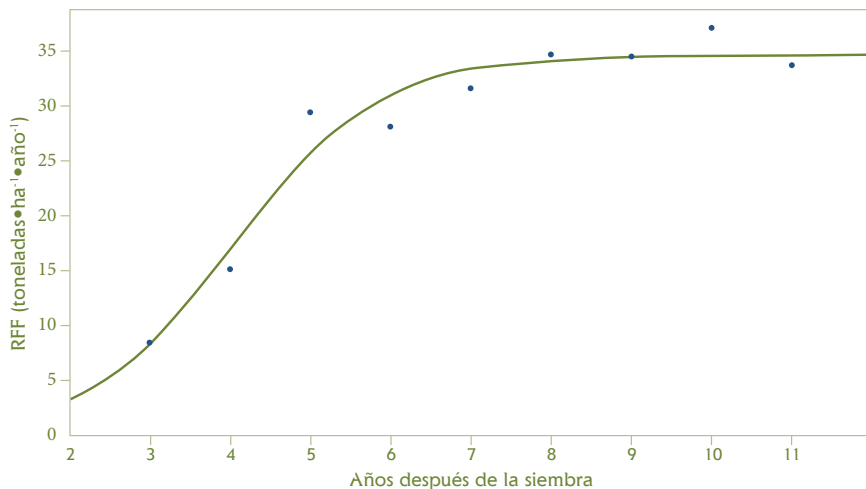
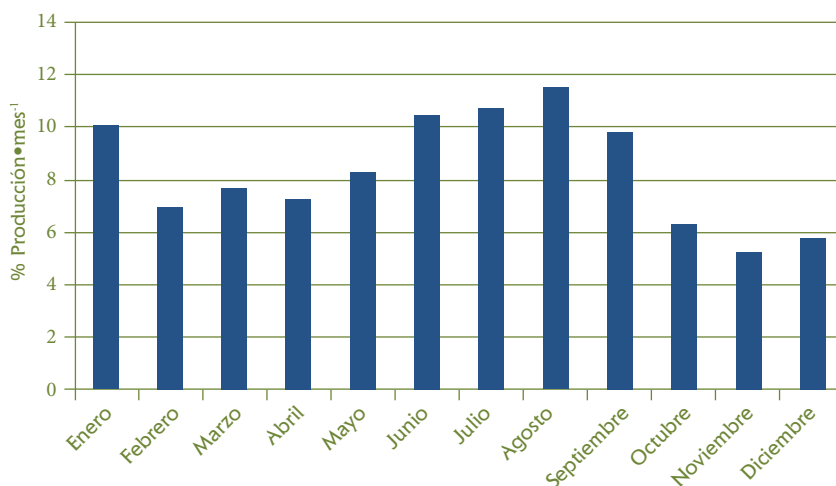


Figura 10. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: tasa de crecimiento: 1,115, punto de inflexión: 4,049 y asíntota: 34,568.

Tabla 5. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR.

Año†	RFF palma•año ⁻¹ (kg)		NR palma•año ⁻¹		PMR (kg)	
3	59,0	(31,7)	16,0	(6,6)	3,8	(1,3)
4	105,4	(51,6)	18,7	(7,1)	5,5	(1,0)
5	205,8	(61,9)	21,4	(6,1)	9,8	(2,1)
6	196,4	(64,8)	14,5	(5,0)	13,9	(2,6)
7	220,9	(61,3)	16,6	(3,6)	13,5	(3,6)
8	242,9	(73,8)	17,9	(4,4)	13,7	(2,9)
9	241,6	(103,7)	13,7	(5,3)	18,1	(4,5)
10	259,1	(79,7)	13,4	(4,3)	20,1	(6,0)
11	235,6	(92,5)	11,6	(4,2)	20,6	(4,6)

† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

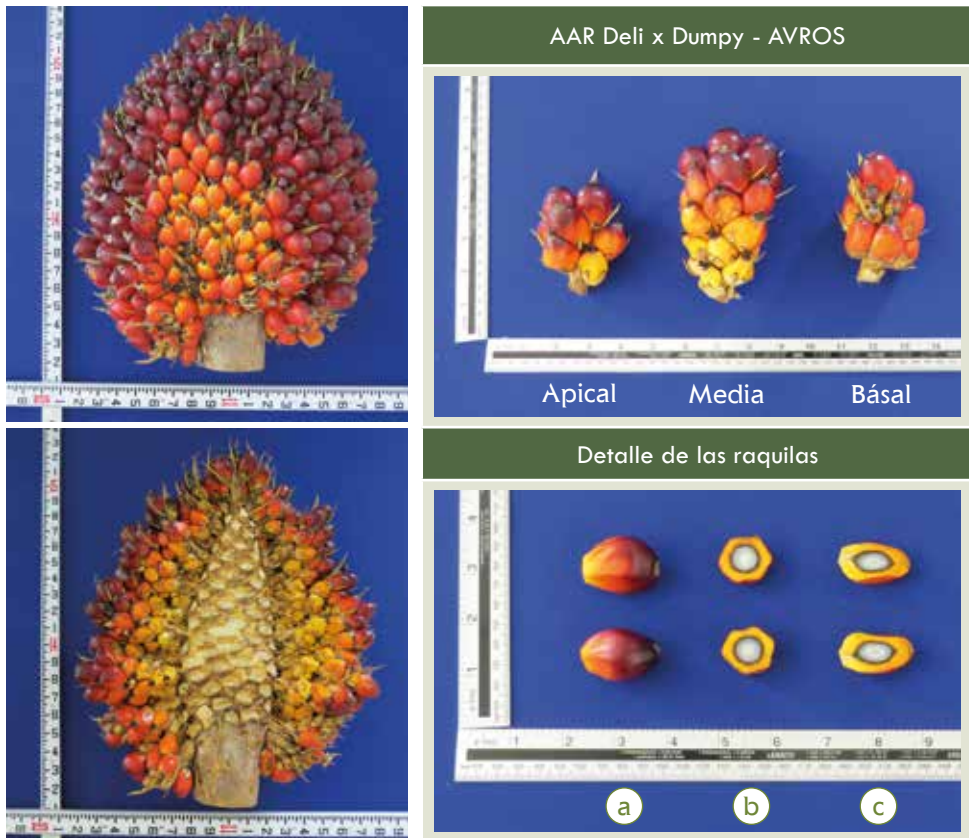
**Figura 11.** Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR.

El contenido potencial de aceite del cultivar Deli x AVROS Dumpy de AAR fue moderado con una media de 23,8 % (Tabla 6). La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales a racimo presentaron valores de 64,5 y 57,4 %, respectivamente. Los valores de mesocarpio a fruto estuvieron por encima del 77 % y el aceite a mesocarpio fresco alrededor del 54 % (Figura 12). El contenido potencial del aceite por hectárea fue superior a las 8 t año⁻¹. El área foliar y la longitud del raquis presentan valores moderados con 9,1 m² y 552 cm, respectivamente. El índice de área foliar (IAF) al año 11 después de la siembra fue de 5,1 y el crecimiento del estípite fue moderado con 50 cm al año en promedio (Tabla 7).

Tabla 6. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR.

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite•ha ⁻¹ •año ⁻¹ (t)
7	21,7	47,5	51,4	79,6	52,4	6,8
8	24,5	63,3	56,9	76,9	56,9	8,5
9	25,3	67,4	61,2	78,1	53,8	8,7
11	24,0	79,8	60,0	74,6	53,6	8,1
Promedio	23,8	64,5	57,4	77,3	54,1	8,0

† Años después de la siembra. AR: Aceite/racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/ racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.



Detalle del fruto: a) Fruto completo, b) Corte ecuatorial, c) Corte longitudinal

Figura 12. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR.

Tabla 7. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de AAR.

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	8,4	3,6	544,6	4,6	2,5	
8	8,7	3,7	530,5	4,6	3,1	0,48
9	9,5	4,0	559,0	4,9	3,6	0,47
11	9,7	4,6	572,6	5,1	4,7	0,54
Promedio	9,1	4,0	551,6	4,8		0,50

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área foliar.

Corpoica (Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi))

El cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica es derivado a partir de palmas Deli *dura* con características de alta extracción de aceite y parentales *pisifera*, con alto número de racimos y alta síntesis de aceite provenientes originalmente del programa de mejoramiento del ICA, que continuó Corpoica en el Centro de Investigación El Mira, en Tumaco, Nariño (Figura 13).



Figura 13. Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica. a. Detalle de la corona de racimos y b. Altura de las palmas del cultivar.

En el cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) la producción a partir del sexto año después de la siembra estuvo por encima de las 30 toneladas ($\text{RFF ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$), con un valor máximo de 34,9 toneladas en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico de la producción fue de $31,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Figura 14). Este cultivar se caracterizó por tener racimos de medianos a grandes con pesos medios superiores a los 22 kg y un número de racimos superior a los 11 por palma.año (Tabla 8). La producción estuvo distribuida de forma homogénea entre el primer y el segundo semestre del año. De enero a junio se produjo el 51,5 % y de julio a diciembre el 48,5 % de la producción anual; sin embargo, los meses pico de producción fueron junio, julio y agosto, cuando se acumuló el 33 % de la producción anual, mientras que los meses de menor producción fueron noviembre y diciembre (Figura 15).

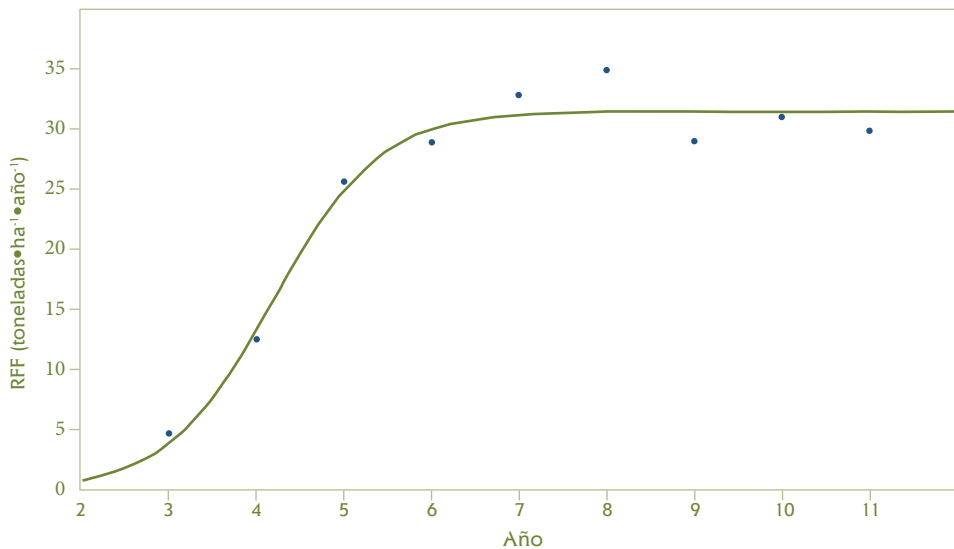


Figura 14. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al año 11 después de la siembra para el cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo fueron: tasa de crecimiento: 1,64, punto de inflexión: 4,19 y asíntota: 31,46.

Tabla 8. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica.

Año†	RFF palma·año ⁻¹ (kg)		NR palma·año ⁻¹		PMR (kg)	
3	32,7	(27,7)	7,7	(5,5)	3,8	(1,1)
4	88,0	(35,9)	16,0	(6,4)	5,6	(1,3)

Continúa en la página siguiente

Año†	RFF palma•año ⁻¹ (kg)		NR palma•año ⁻¹		PMR (kg)	
5	178,8	(65,2)	20,1	(7,6)	9,2	(1,9)
6	202,2	(79,3)	17,3	(7,1)	12,2	(2,7)
7	229,1	(77,9)	17,0	(5,8)	13,9	(3,9)
8	244,0	(71,8)	16,3	(6,4)	15,8	(3,6)
9	203,1	(56,2)	11,7	(4,0)	18,4	(4,5)
10	216,6	(72,6)	11,7	(5,4)	20,7	(7,6)
11	209,4	(76,8)	10,4	(5,1)	22,2	(6,5)

† Años después de la siembra, en paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

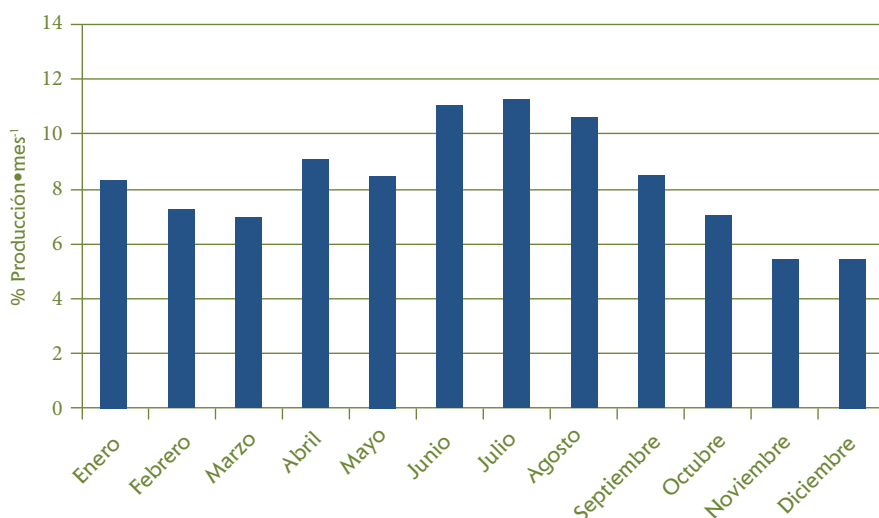
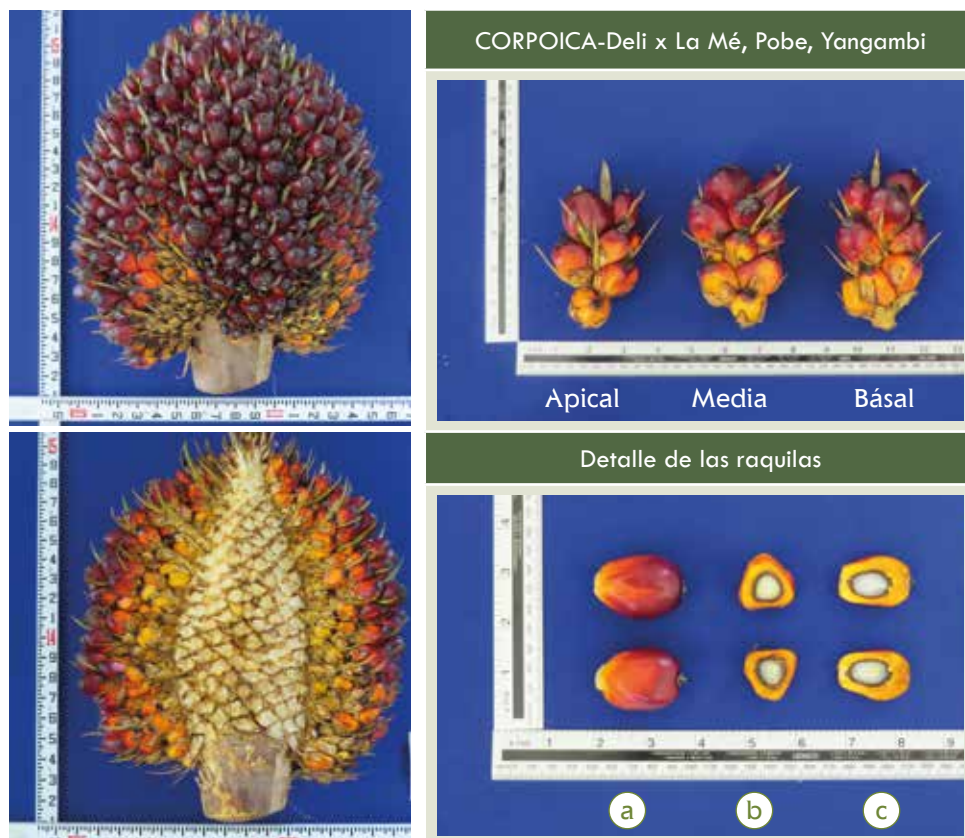


Figura 15. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica.

El contenido potencial de aceite en el cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica fue de moderado a alto con una media de 25,6 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales a racimo presentaron valores de 69 y 59,1 %, respectivamente. Los valores de mesocarpio a fruto estuvieron cercanos al 82 % y el aceite a mesocarpio fresco alrededor de 53 % (Figura 16). El contenido potencial del aceite por hectárea fue superior a las 8 toneladas (Tabla 9). Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores moderados con 8,7 m² y 550 cm, respectivamente. El índice de área foliar (IAF) al año 11 después de la siembra fue de 4,7 y un crecimiento vertical del estípote en promedio de 50 cm al año (Tabla 10). Por sus parámetros vegetativos el cultivar Corpoica es considerado de moderado a compacto y de crecimiento moderado.



Detalle del fruto: a) Fruto completo, b) Corte ecuatorial, c) Corte longitudinal

Figura 16. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica.

Tabla 9. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción del cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica.

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite•ha ⁻¹ •año ⁻¹ (t)
7	25,4	59,2	56,8	83,6	52,8	8,3
8	27,9	71,9	65,4	79,8	54,2	9,7
9	27,6	69,6	63,4	81,7	53,7	8,0
11	22,6	73,9	52,0	81,5	53,5	6,
Promedio	25,6	69,0	59,1	81,5	53,3	8,1

† Años después de la siembra. AR: Aceite/racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 10. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta del cultivar Deli x (La Mé, Pobe, Yangambi) de Corpoica.

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	7,9	3,0	549,5	4,5	2,5	
8	8,2	3,1	539,1	4,3	3,1	0,50
9	9,1	3,3	565,7	4,8	3,8	0,54
11	9,6	3,7	548,9	4,7	4,8	0,51
Promedio	8,7	3,3	550,8	4,6		0,5

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área foliar.

DAMI-Las Flores (103, 101) (Deli x AVROS)

Tradicionalmente los cultivares Deli x AVROS se han usado alrededor del mundo por su alta productividad y amplio rango de adaptación (Sterling y Alvarado, 1995). Adicionalmente, la producción de semillas en zonas productoras del Sudeste Asiático como Malasia e Indonesia dependen fuertemente de las poblaciones derivadas de cultivares tipo AVROS (Corley & Tinker, 2003). Estos cultivares fueron desarrollados inicialmente por Harrison & Crosfield en Papúa Nueva Guinea en 1967. Posteriormente la colección de germoplasma fue transferida a los programas de mejoramiento de Banting en Malasia y a la estación de investigación en palma de aceite de Dami (OPRS, por sus siglas en inglés), donde se realizaron varios ciclos de mejoramiento y se ha generado la mayor cantidad de semillas de este origen (Dumortier, 2003). En Colombia, fueron introducidos los parentales por Murgas & Lowe y actualmente se encuentran en la zona de María La Baja (Bolívar) y en la Hacienda Las Flores (Codazzi, Cesar). Este jardín genético es una cuarta generación de mejoramiento de este cultivar (Dumortier, 2003) (Figura 17).

La producción del cultivar Deli x AVROS 103, 101 de Dami-Las Flores alcanzó las 35 t•ha⁻¹•año⁻¹ a partir de los seis años después de la siembra y, el máximo de producción fue de 43,8 toneladas en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico de la producción alcanzó las 37,6 t•ha⁻¹•año⁻¹ (Figura 18). Este cultivar se caracterizó por tener racimos de medianos a grandes con pesos superiores a los 20 kg y un alto número de racimos superior a los 13 racimos•palma⁻¹•año⁻¹ (Tabla 11). La distribución de la producción anual fue: de enero a junio el 52,4 % y de julio a diciembre el 47,6 %. Este cultivar no presentó picos marcados en la producción durante los primeros 10 meses del año; sin embargo, los meses de menor producción fueron noviembre y diciembre (Figura 19).



Figura 17. Cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101). a. Detalle de la corona de racimos; b. Altura de las palmas.

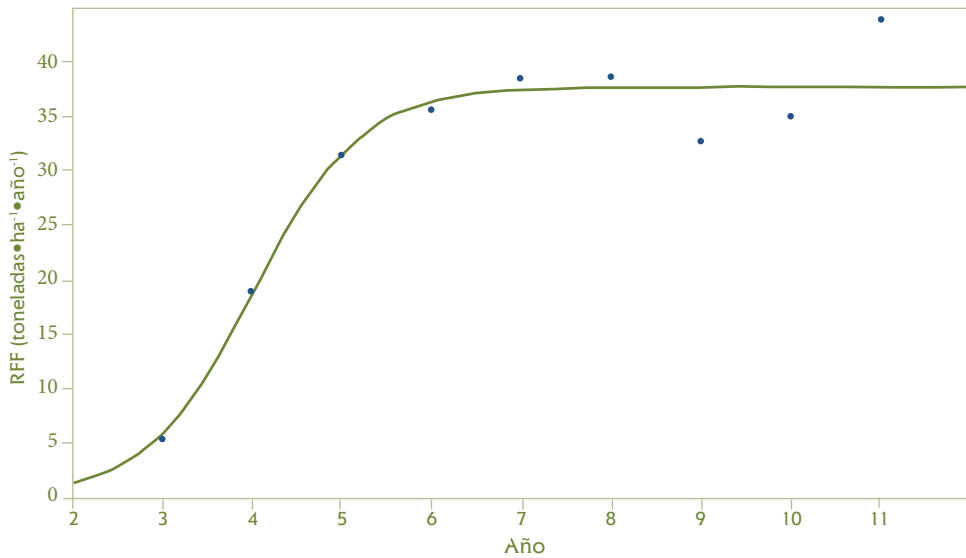
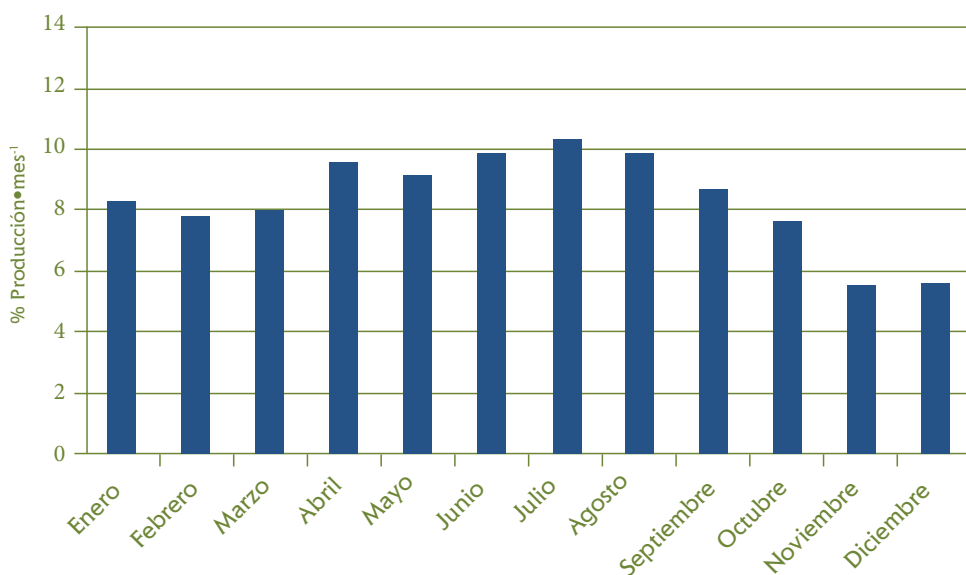


Figura 18. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11, después de la siembra para el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101). La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo fueron: tasa de crecimiento: 1,672; punto de inflexión: 4,02 y asíntota: 37,56.

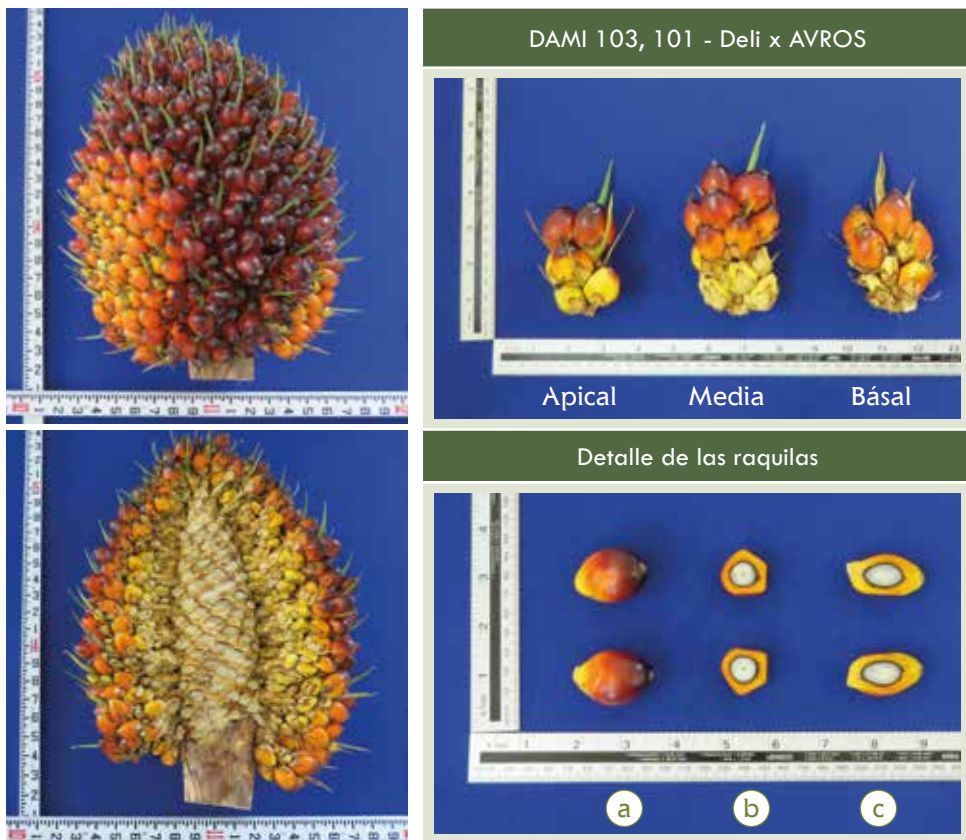
Tabla 11. Producción de racimos de fruta fresca (RFF), número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101).

Año†	RFF palma•año ⁻¹ (kg)		NR palma•año ⁻¹		PMR (kg)	
3	38,0	(11,5)	8,1	(2,9)	4,7	(0,8)
4	131,5	(30,9)	23,7	(5,9)	5,5	(0,7)
5	218,6	(43,3)	27,2	(4,5)	8,0	(1,3)
6	248,4	(53,5)	21,5	(3,3)	11,6	(1,8)
7	268,5	(43,5)	21,8	(4,2)	12,3	(2,1)
8	269,4	(58,3)	21,5	(5,4)	12,5	(2,1)
9	227,8	(71,9)	13,0	(4,2)	17,5	(3,1)
10	244,1	(53,4)	13,3	(3,5)	18,4	(3,9)
11	306,2	(60,8)	14,9	(3,3)	20,6	(4,2)

† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

**Figura 19.** Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101).

El potencial de aceite en el racimo en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101) es considerado alto con una media de 27,2 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales a racimo presentaron valores de moderados a altos con 64 y 62,1 %, respectivamente. El porcentaje de mesocarpio a fruto fue de 79,5 % en promedio y, el de aceite a mesocarpio fresco alrededor de 55 % (Figura 20). El contenido potencial del aceite por hectárea es considerado alto con valores superiores a las 10 toneladas (Tabla 12). Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores altos con 10,3 m² y 590 cm, respectivamente, y un crecimiento vertical del estípote de 57 cm al año. El índice de área foliar (IAF) en el año 11 después de la siembra fue de 6,0 (Tabla 13).



Detalle del fruto: a) Fruto completo, b) Corte ecuatorial, c) Corte longitudinal

Figura 20. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101).

Tabla 12. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101).

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite•ha ⁻¹ •año ⁻¹ (t)
7	26,3	45,3	59,1	80,8	54,9	10,1
8	28,3	58,8	61,7	81,2	56,6	10,9
9	27,7	73,8	66,2	78,8	53,2	9,0
11	26,7	78,2	61,4	77,2	56,3	11,7
Promedio	27,2	64,0	62,1	79,5	55,2	10,4

† Años después de la siembra; AR: Aceite/racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 13. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (103, 101).

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	9,3	3,0	583,3	5,5	3,0	
8	9,8	3,2	570,5	5,7	3,7	0,56
9	11,1	3,6	604,8	6,0	4,4	0,59
11	11,2	3,9	600,3	6,0	5,5	0,56
Promedio	10,3	3,4	589,7	5,8		0,57

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área foliar.

DAMI-Las Flores (104, 404) (Deli x AVROS)

En el cultivar Deli x AVROS (104, 404) de Dami-Las Flores (Figura 21) la producción de racimos de fruta fresca (RFF) estuvo por encima de las 34 t•ha⁻¹•año⁻¹ a partir de los cinco años después de la siembra, con un valor máximo de 39,1 toneladas en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico alcanza las 36 t•ha⁻¹•año⁻¹ (Figura 22). Este cultivar se caracterizó por tener racimos grandes con pesos superiores a los 21 kg y un número de racimos superior a los 11 racimos•palma⁻¹•año⁻¹ (Tabla 14). La distribución de la producción anual fue: de enero a junio el 47,8 % y de julio a diciembre el 52,2 %; sin embargo, este cultivar presentó un pico marcado entre los meses de junio a septiembre donde se concentró el 46,4 % de la producción total (Figura 23).



Figura 21. Cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404). a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.

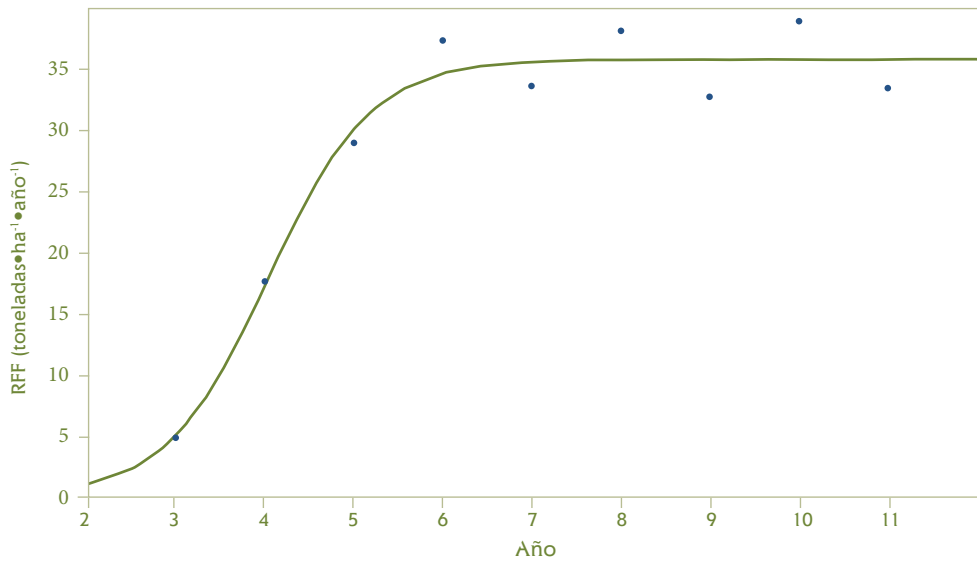
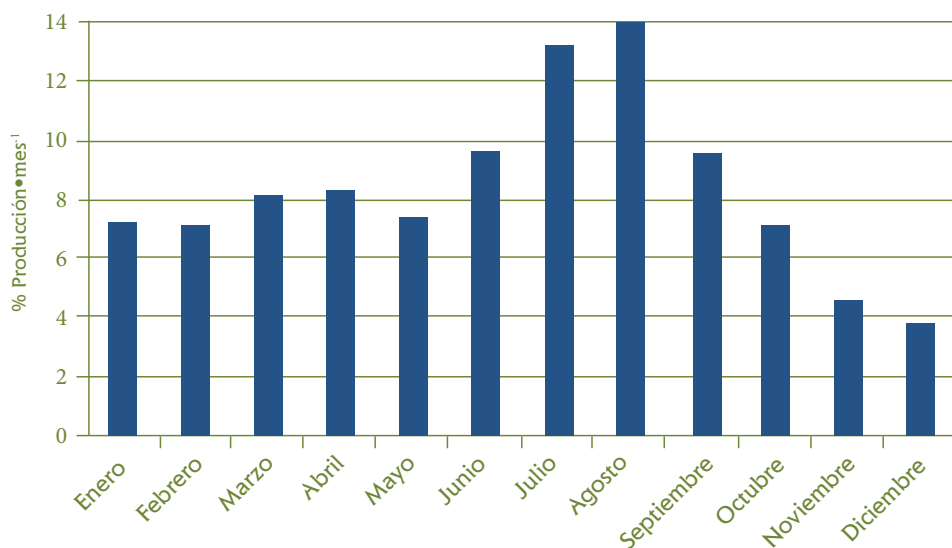


Figura 22. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404). La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,745; el punto de inflexión: 4,042 y la asíntota: 35,956.

Tabla 14. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404).

Año†	RFF palma•año ⁻¹ (kg)		NR palma•año ⁻¹		PMR (kg)	
3	34,3	(21,4)	8,2	(4,0)	4,2	(1,3)
4	123,8	(39,2)	22,9	(5,1)	5,4	(0,9)
5	203,6	(55,4)	23,7	(5,6)	8,6	(0,9)
6	262,4	(43,5)	21,8	(2,6)	12,0	(1,9)
7	236,5	(57,4)	18,7	(3,7)	12,6	(2,0)
8	268,1	(52,2)	20,0	(4,6)	13,4	(2,7)
9	229,8	(46,8)	13,0	(3,6)	17,6	(3,2)
10	273,5	(63,0)	13,6	(3,0)	20,1	(3,4)
11	235,0	(95,9)	11,0	(4,1)	21,4	(5,2)

† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

**Figura 23.** Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404).

El potencial de aceite en el racimo del cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404) es considerado alto con un valor promedio de 26 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales en el racimo presentaron valores de moderados a altos con 65,5 y 61,2 %, respectivamente. El porcentaje de mesocarpio a fruto fue de 78,7 % en promedio y, el de aceite a mesocarpio fresco alrededor de 54 % (Figura 24). El potencial de aceite por hectárea es considerado alto con un valor promedio de 9 toneladas (Tabla 15).

Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores altos con 10,2 m² y 590,5 cm, respectivamente; además, un crecimiento vertical del estípite de 58 cm al año. El índice de área foliar (IAF) en el año 11 después de la siembra fue de 5,4 (Tabla 16).

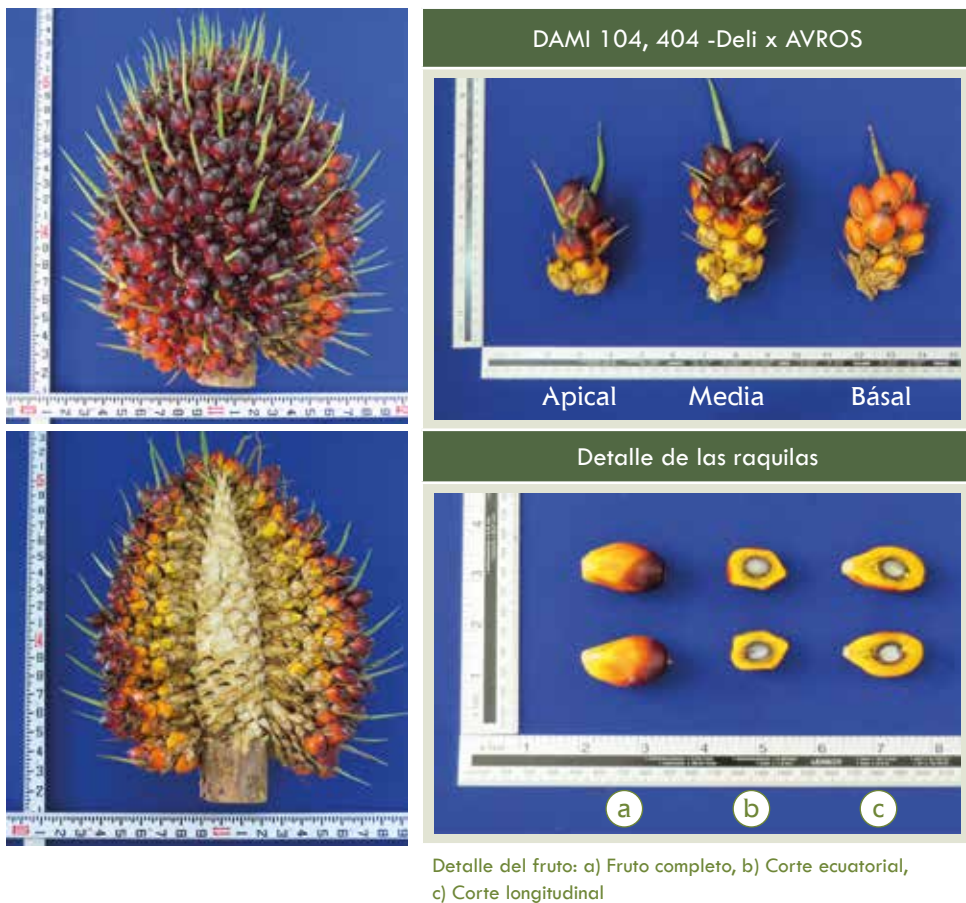


Figura 24. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404).

Tabla 15. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404).

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite•ha ⁻¹ •año ⁻¹ (t)
7	25,9	46,0	56,3	83,7	54,7	8,8
8	27,0	57,8	61,7	78,3	56,0	10,4
9	29,0	77,4	69,6	78,3	53,9	9,5
11	22,8	80,9	57,1	74,6	51,6	7,7
Promedio	26,0	65,5	61,2	78,7	54,1	9,0

† Años después de la siembra. AR: Aceite/racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 16. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (104, 404).

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	9,2	2,8	569,9	5,2	2,5	
8	9,9	3,1	567,6	5,0	3,2	0,57
9	10,5	3,2	605,9	5,3	3,9	0,58
11	11,0	3,9	618,6	5,4	5,1	0,59
Promedio	10,2	3,2	590,5	5,2		0,58

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área foliar.

DAMI-Las Flores (114, 112) (Deli x AVROS)

En el cultivar Deli x AVROS (114, 112) de Dami-Las Flores (Figura 25), la producción de racimos de fruta fresca (RFF) estuvo por encima de las 31 t•ha⁻¹•año⁻¹ a partir de los cinco años después de la siembra, con un valor máximo de 39 t•ha⁻¹•año⁻¹ en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico alcanzó las 34,1 t•ha⁻¹•año⁻¹ (Figura 26). Este cultivar se caracterizó por tener racimos grandes con pesos superiores a los 21 kg y un número de racimos superior a los 12 racimos•palma⁻¹•año⁻¹ (Tabla 17). La distribución de la producción anual fue: de enero a junio el 56,1 % y de julio a diciembre el 43,9 %. Entre los meses de abril a septiembre ocurrió el 72 % de la producción de este cultivar; los meses de menor productividad fueron noviembre y diciembre (Figura 27).



Figura 25. Cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112). a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.

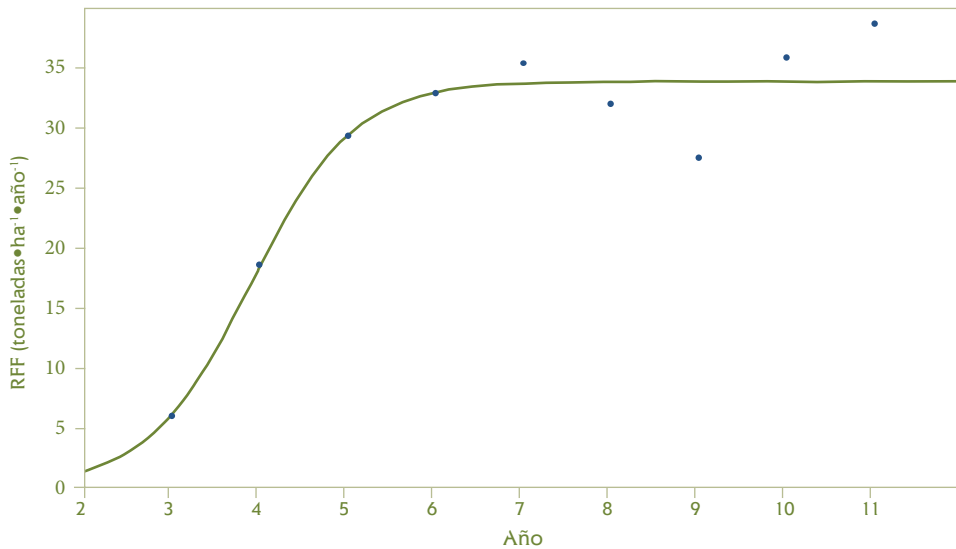
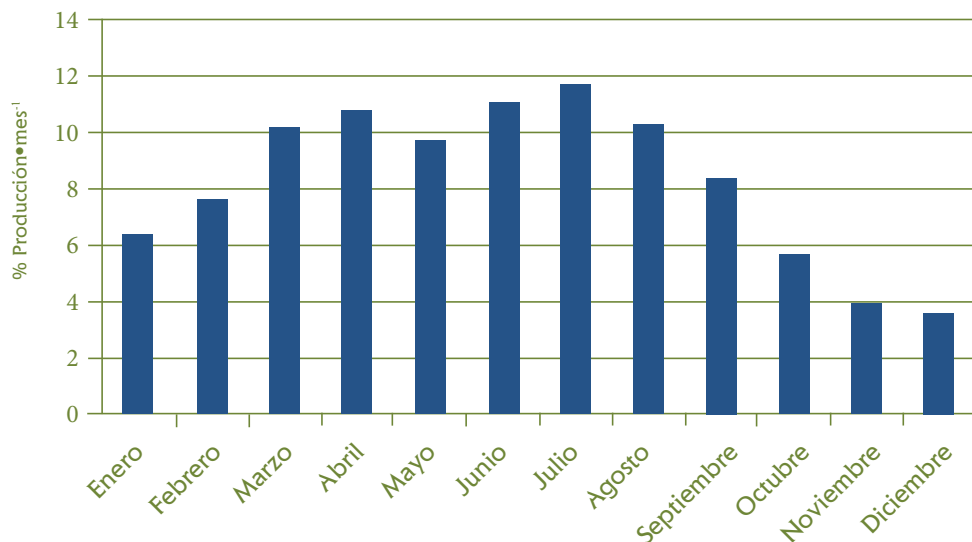


Figura 26. Modelo de ajuste para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112). La línea representa el modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,71; el punto de inflexión: 3,89 y la asíntota: 34,12.

Tabla 17. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112).

Año†	RFF palma•año ⁻¹ (kg)		NR palma•año ⁻¹		PMR (kg)	
3	42,1	(18,1)	9,4	(3,6)	4,5	(0,9)
4	130,4	(33,3)	22,6	(4,2)	5,8	(0,7)
5	206,3	(47,3)	25,8	(5,2)	8,0	(1,1)
6	231,7	(42,2)	19,4	(3,3)	11,9	(2,1)
7	248,9	(53,8)	19,0	(3,4)	13,1	(2,4)
8	225,5	(42,8)	16,1	(3,1)	14,0	(1,4)
9	193,8	(55,1)	10,4	(3,3)	18,6	(2,4)
10	252,7	(64,1)	12,6	(3,4)	20,0	(4,8)
11	272,4	(87,4)	12,8	(3,0)	21,2	(3,7)

† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

**Figura 27.** Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112).

El potencial de aceite en el racimo del cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112) es considerado alto con un valor promedio de 28 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales en el racimo presentaron valores de moderados a altos con 68,8 y 63,9 %, respectivamente. El porcentaje de mesocarpio a fruto fue de 80,3 % en promedio y el de aceite a mesocarpio fresco alrededor de 55 % (Figura 28). El aceite potencial por hectárea es considerado alto con un valor promedio de 9,4 toneladas (Tabla 18).

Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores altos con 10,8 m² y 604,1 cm, respectivamente; además, un crecimiento vertical del estípite de 62 cm al año. El índice de área foliar (IAF) en el año 11 después de la siembra fue de 6,2 (Tabla 19).

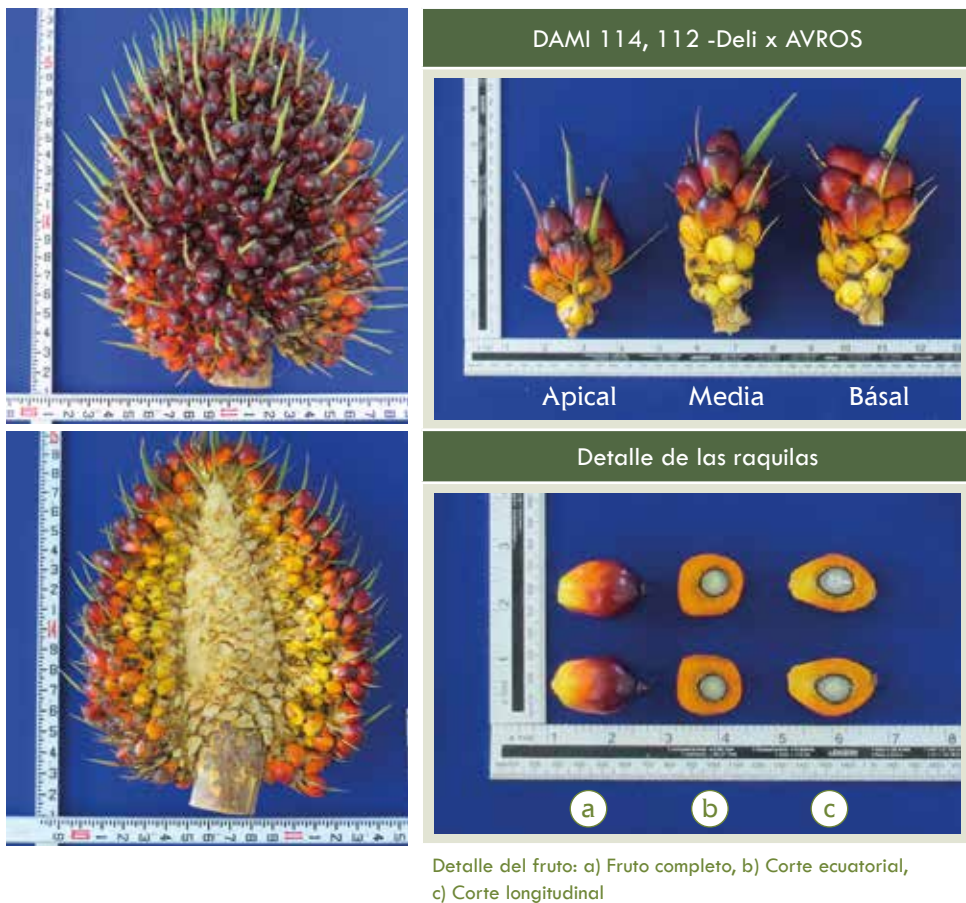


Figura 28. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112).

Tabla 18. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112).

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite•ha ⁻¹ •año ⁻¹ (t)
7	29,0	60,9	63,1	83,3	55,2	10,3
8	27,7	57,7	63,6	80,1	54,5	8,9
9	27,0	75,0	64,8	79,7	52,3	7,5
11	28,3	85,4	64,1	78,2	56,3	11,0
Promedio	28,0	68,8	63,9	80,3	54,6	9,4

† Años después de la siembra. AR: Aceite/racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 19. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x AVROS de DAMI-Las Flores (114, 112).

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	9,5	3,0	589,1	5,4	2,7	
8	10,3	3,3	585,7	5,8	3,5	0,69
9	11,4	3,6	618,9	5,8	4,3	0,60
11	12,2	4,2	622,9	6,2	5,5	0,58
Promedio	10,8	3,5	604,1	5,8		0,62

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área folia.

ASD (Deli x Ghana)

El cultivar Deli x Ghana de ASD (Figura 29) es derivado del mejoramiento del parental femenino Deli *dura* que fue introducido a Costa Rica de cinco estaciones del Sudeste Asiático, caracterizadas por su alta productividad, y de las líneas *pisíferas* Calabar originarias de Nigeria (Nigerian Institute for Oil Palm Research, NIFOR, por sus siglas en inglés), que fueron introducidas a Costa Rica desde la Estación Experimental de Kade, Ghana en 1977 (Alvarado *et al.*, 2011).

La producción de racimos de fruta fresca (RFF) del cultivar Deli x Ghana estuvo por encima de las 34 t•ha⁻¹•año⁻¹ a partir de los cinco años después de la siembra, con un valor máximo de 43,6 t•ha⁻¹•año⁻¹ en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico alcanzó las 35,9 t•ha⁻¹•año⁻¹ (Figura 30). Este cultivar se caracterizó por tener racimos con pesos superiores a los 19 kg y un

número de racimos mayor a los 12 racimos•palma⁻¹•año⁻¹ (Tabla 20). La distribución de la producción anual fue: de enero a junio el 44,3 % y de julio a diciembre el 55,7 %. Este cultivar se concentró en un pico de producción entre los meses de junio a septiembre con el 40 %, mientras que los meses de menor productividad fueron marzo y abril (Figura 31).



Figura 29. Cultivar Deli x Ghana de ASD. a. Detalle de la corona de racimos; b. Altura de las palmas.

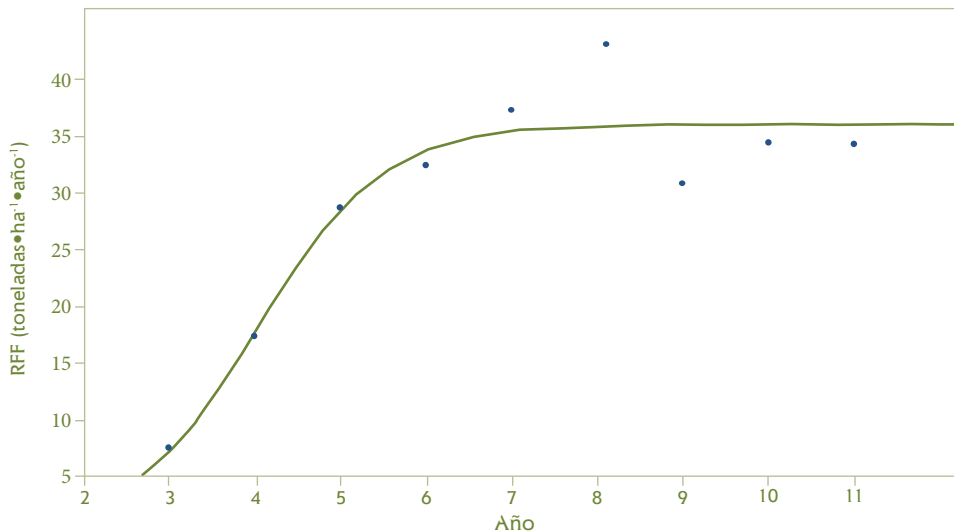
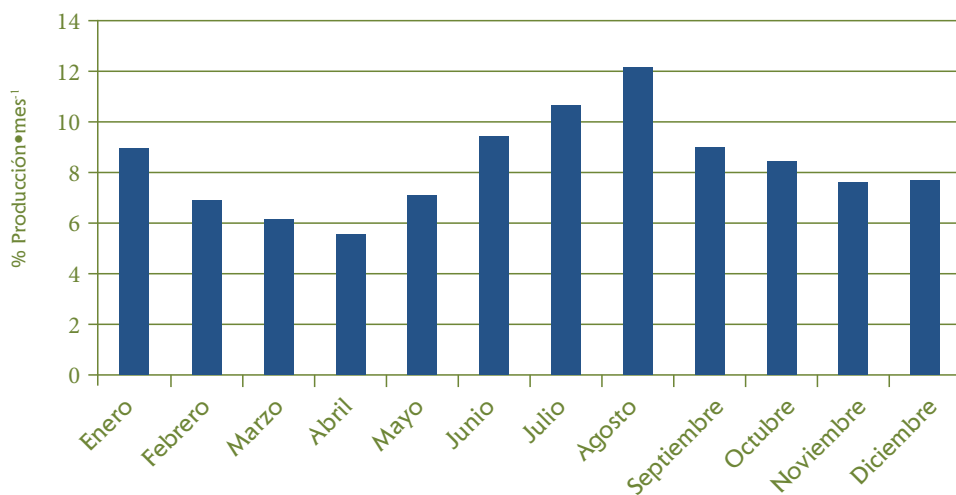


Figura 30. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x Ghana de ASD. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,37; el punto de inflexión: 4,02 y la asíntota: 35,93.

Tabla 20. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x Ghana de ASD.

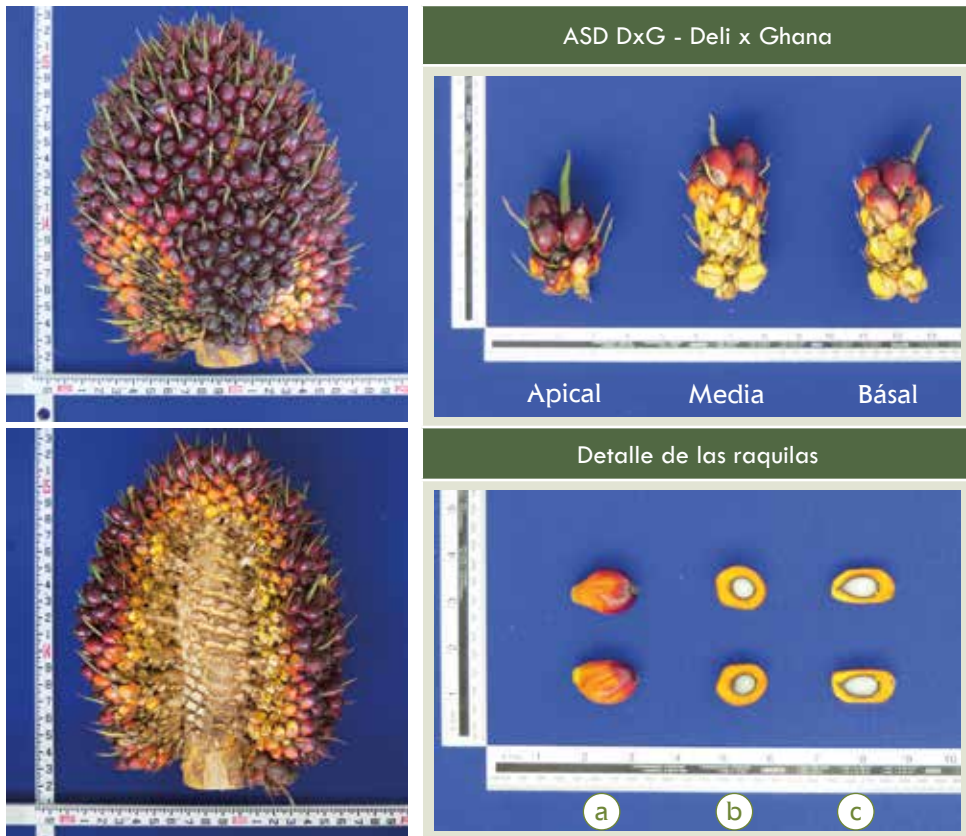
Año†	RFF palma•año ⁻¹ (kg)		NR palma•año ⁻¹		PMR (kg)	
		(desviación estándar)		(desviación estándar)		(desviación estándar)
3	53,5	(22,4)	14,5	(5,5)	3,7	(0,5)
4	121,2	(40,9)	21,1	(6,3)	5,7	(0,9)
5	199,9	(41,0)	22,6	(4,3)	8,9	(1,8)
6	226,5	(54,5)	16,6	(4,3)	13,6	(2,8)
7	260,4	(48,7)	17,1	(3,4)	15,2	(2,8)
8	304,5	(91,7)	19,8	(5,2)	15,4	(2,9)
9	214,5	(70,1)	13,2	(4,3)	16,2	(2,8)
10	240,2	(73,1)	13,3	(4,6)	18,0	(4,1)
11	239,5	(77,9)	12,3	(3,7)	19,5	(3,5)

† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

**Figura 31.** Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x Ghana de ASD.

El potencial de aceite en el racimo del cultivar Deli x Ghana es considerado moderado con un valor promedio de 22 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales en el racimo presentaron valores moderados con 58,4 y 58,2 %, respectivamente. El porcentaje de mesocarpio a fruto fue de 74,8 % en promedio y, el de aceite a mesocarpio fresco alrededor de 50 % (Figura 32). El aceite potencial por hectárea fue de 8,0 toneladas (Tabla 21).

Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores moderados con $9,3 \text{ m}^2$ y 580 cm , respectivamente; además, un crecimiento vertical del estípote de 50 cm al año. El índice de área foliar (IAF) en el año 11 después de la siembra fue de $4,7$ (Tabla 22), el cual fue uno de los más bajos dentro de los cultivares estudiados, este comportamiento puede ser explicado por la genética del cultivar donde las fuentes de polen de origen Ghana están asociadas a progenies de menor longitud de hojas y, además, se caracterizan por los altos contenidos de aceite (Breure, 2006; Sterling y Alvarado 1995).



Detalle del fruto: a) Fruto completo, b) Corte ecuatorial, c) Corte longitudinal

Figura 32. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x Ghana de ASD.

Tabla 21. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x Ghana de ASD.

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite•ha ⁻¹ •año ⁻¹ (t)
7	20,7	43,1	53,5	76,9	49,7	7,7
8	22,8	53,1	57,6	75,9	52,2	9,9
9	23,2	59,3	61,6	75,2	49,9	7,1
11	21,2	78,0	61,2	70,7	46,9	7,3
Promedio	22,0	58,4	58,2	74,8	50,1	8,0

† Años después de la siembra. AR: Aceite /racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 22. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x Ghana de ASD.

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	8,3	3,1	581,1	4,4	2,0	
8	8,9	3,3	565,6	4,5	2,7	0,57
9	9,9	3,3	576,5	4,7	3,2	0,44
11	10,1	3,6	595,8	4,7	4,3	0,50
Promedio	9,3	3,3	579,8	4,6		0,50

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área foliar.

ASD (Deli x Nigeria)

El parental femenino del cultivar Deli x Nigeria también proviene de familias Deli *dura* introducidas del Sudeste Asiático por ASD, por sus características de producción (Figura 33). El parental masculino *pisifera* es derivado de líneas desarrolladas en Nigeria por el Nigerian Institute for Oil Palm Research (NIFOR, por sus siglas en inglés), e introducidas a Costa Rica desde la Estación Experimental de Kade, Ghana en 1977. Este cultivar produce dos tipos de color de fruto: *virescens* y *nigrescens*. Los frutos *virescens* son de color verde cuando están inmaduros y anaranjado brillante cuando maduran; esta característica es de gran interés debido a que facilita la identificación de aquellos racimos con un grado óptimo de madurez durante la cosecha. (Alvarado *et al.*, 2011; Sterling y Alvarado, 2002).

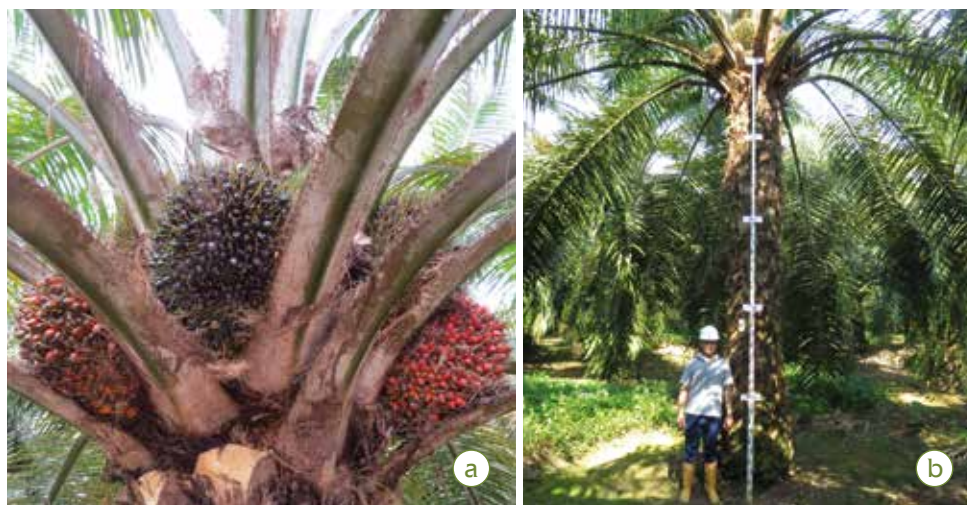


Figura 33. Cultivar Deli x Nigeria de ASD. a. Detalle de la corona de racimos y b. Altura de las palmas.

La producción de racimos de fruta fresca (RFF) del cultivar Deli x Nigeria estuvo por encima de las $33 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ a partir de los cinco años después de la siembra, con un valor máximo de $43,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico alcanzó las $33,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ (Figura 34). Este cultivar se caracterizó por tener racimos con pesos cercanos a los 20 kg y un número de racimos superior a los 12 racimos $\cdot \text{palma}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ (Tabla 23). La distribución de la producción anual fue: de enero a junio se produjo el 51,8 % y de julio a diciembre el 48,2 %. Este cultivar presentó dos picos en la producción, en enero y en agosto; los meses de menor productividad fueron noviembre y diciembre (Figura 35). Según Richardson y Alvarado (2003), la producción de racimos de fruta fresca del cultivar Deli x Nigeria es alta en condiciones óptimas de clima y suelos con buenos rendimientos de RFF y

aceite. Adicionalmente, Breure (2006), reporta que los cultivares cruzados con polen de Nigeria presentan alta producción de RFF, de aceite y una menor altura. En este experimento, Deli x Nigeria presentó uno de los menores valores de altura 11 meses después de la siembra con 4,1 metros en promedio.

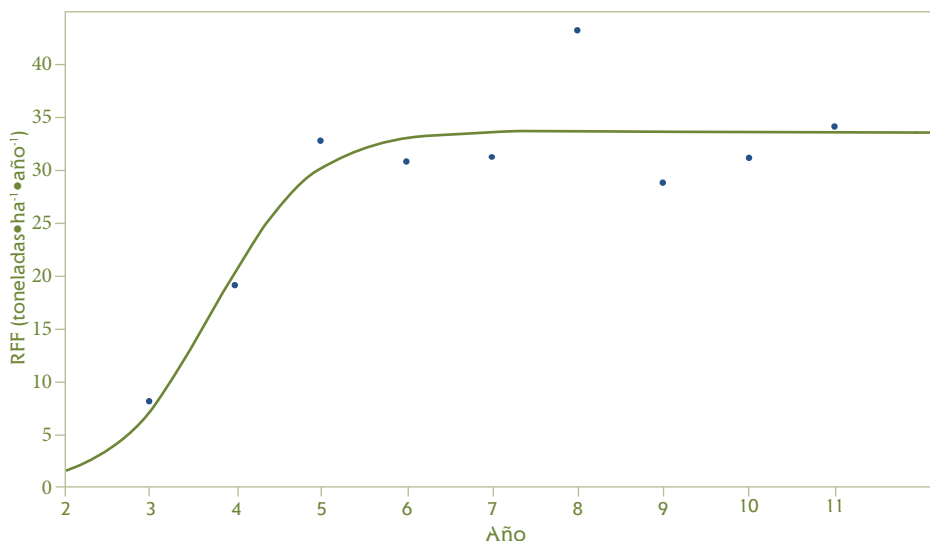


Figura 34. Modelo de ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x Nigeria de ASD. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,74; el punto de inflexión: 3,74 y la asíntota: 33,65.

Tabla 23. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x Nigeria de ASD.

Año†	RFF palma*año ⁻¹ (kg)		NR palma*año ⁻¹		PMR (kg)	
3	57,0	(33,1)	13,6	(7,7)	4,2	(1,0)
4	133,6	(49,0)	21,8	(6,0)	6,1	(1,2)
5	229,6	(49,5)	23,0	(5,8)	10,0	(1,7)
6	215,4	(67,2)	16,4	(4,8)	13,2	(2,6)
7	218,4	(67,6)	16,8	(3,9)	13,0	(4,0)
8	302,5	(75,1)	20,3	(3,8)	14,9	(3,6)
9	201,3	(67,1)	11,8	(3,9)	17,0	(3,6)
10	217,7	(52,3)	13,1	(3,9)	16,6	(5,4)
11	238,9	(84,8)	12,1	(4,0)	19,8	(5,8)

† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

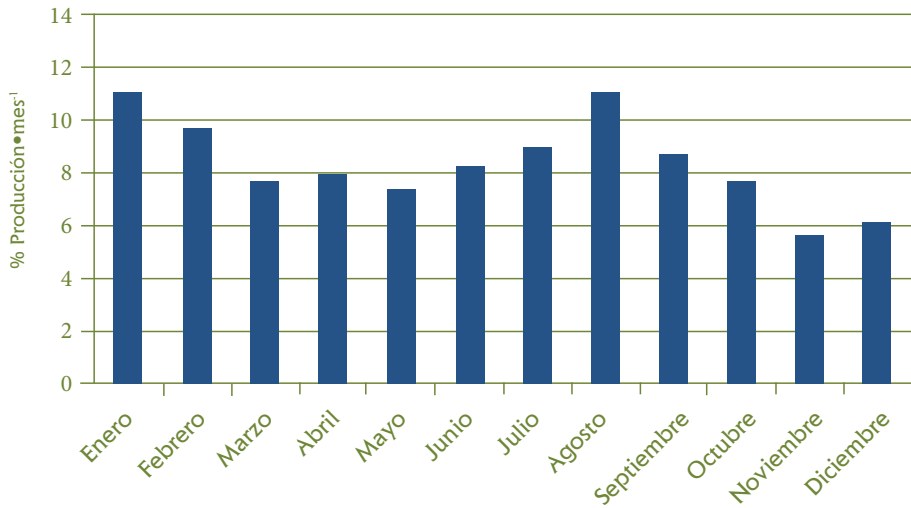
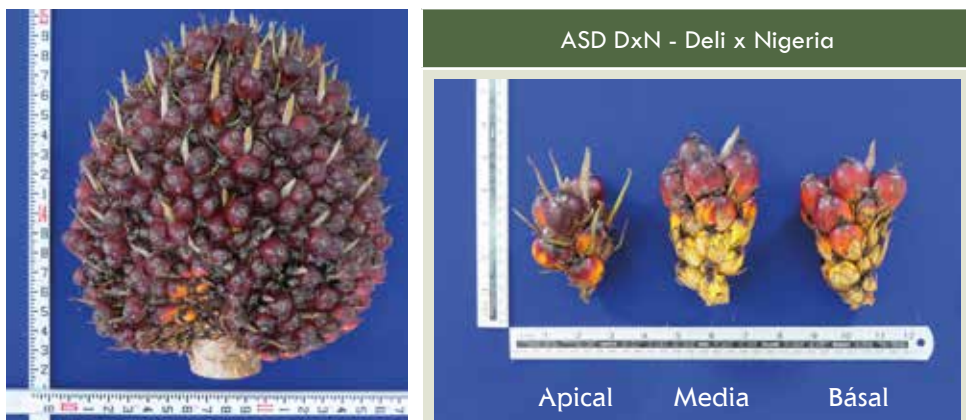


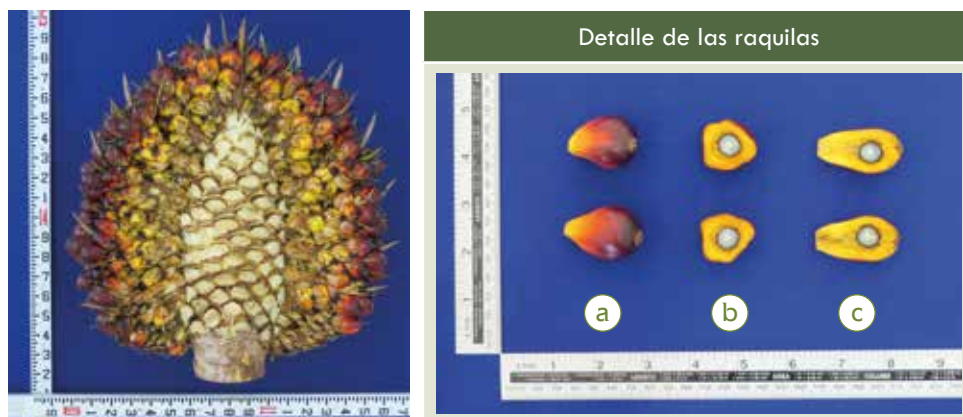
Figura 35. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x Nigeria de ASD.

El potencial de aceite en el racimo en el cultivar Deli x Nigeria de ASD es considerado moderado con un valor promedio de 24,4 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales en el racimo presentaron valores moderados con 58,5 y 56,6 %, respectivamente. El porcentaje de mesocarpio a fruto fue de 80,3 % en promedio y, el de aceite a mesocarpio fresco alrededor de 54 % (Figura 36). El aceite potencial por hectárea fue de 8,4 toneladas (Tabla 24).

Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores moderados con 9,4 m² y 581 cm, respectivamente; además, presentó un crecimiento vertical del estípite de 49 cm al año. El índice de área foliar (IAF) en el año 11 después de la siembra fue de 5,4 (Tabla 25).



Continúa en la página siguiente



Detalle del fruto: a) Fruto completo, b) Corte ecuatorial, c) Corte longitudinal

Figura 36. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x Nigeria de ASD.

Tabla 24. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x Nigeria de ASD.

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite·ha ⁻¹ ·año ⁻¹ (t)
7	23,7	47,3	53,6	82,4	53,4	7,4
8	25,1	50,9	55,3	81,1	56,1	10,8
9	26,3	63,7	61,5	80,7	53,0	7,6
11	23,1	77,3	56,1	77,0	52,3	7,9
Promedio	24,7	58,5	56,6	80,3	53,7	8,4

† Años después de la siembra. AR: Aceite/racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 25. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x Nigeria de ASD.

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	8,2	2,8	565,4	4,6	1,9	
8	9,4	3,1	572,1	4,8	2,5	0,57
9	9,5	3,2	597,9	4,6	3,0	0,37
11	10,5	3,7	588,6	5,4	4,1	0,52
Promedio	9,4	3,2	581,0	4,8		0,49

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área foliar.

FELDA (Deli x Yangambi)

El cultivar Deli x Yangambi de FELDA es derivado a partir de palmas Deli *dura* usado como parental femenino, que se caracteriza por una alta producción de racimos de fruta fresca y alta extracción de aceite (Corley & Tinker, 2003); y del parental masculino *pisifera* Yangambi que se caracteriza por un mayor vigor vegetativo con palmas de mayor altura y longitud de raquis, de alto contenido de aceite y producción de racimos de fruta fresca, derivada de racimos de alto peso medio (Isa *et al.*, 2005).

La producción de racimos de fruta fresca (RFF) del cultivar Deli x Yangambi de FELDA (Figura 37), fue alrededor de las $33 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a partir de los cinco años después de la siembra, con un valor máximo de $36,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico alcanzó las $33,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Figura 38). Este cultivar se caracterizó por tener racimos grandes con pesos superiores a los 21 kg y un número de racimos alrededor de los 12 racimos $\cdot\text{palma}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Tabla 26). La distribución de la producción anual fue: entre enero y junio produjo el 48,9 % y de julio a diciembre el 51,1 %. Este cultivar presentó dos picos en la producción: en enero y de junio a septiembre. Los meses de menor productividad fueron noviembre y diciembre (Figura 39). Junaidah *et al.*, 2011; en un estudio realizado en Malasia evaluando 25 cruzamientos de Deli *dura* con *pisiferas* de diferentes fuentes, encontraron que las producciones de RFF en progenies provenientes de cruzamientos Deli x Yangambi fueron de $175 \text{ kg palma}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en promedio. Este cultivar estuvo por encima de los $228 \text{ kg palma}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de RFF.



Figura 37. Cultivar Deli x Yangambi de FELDA. a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.

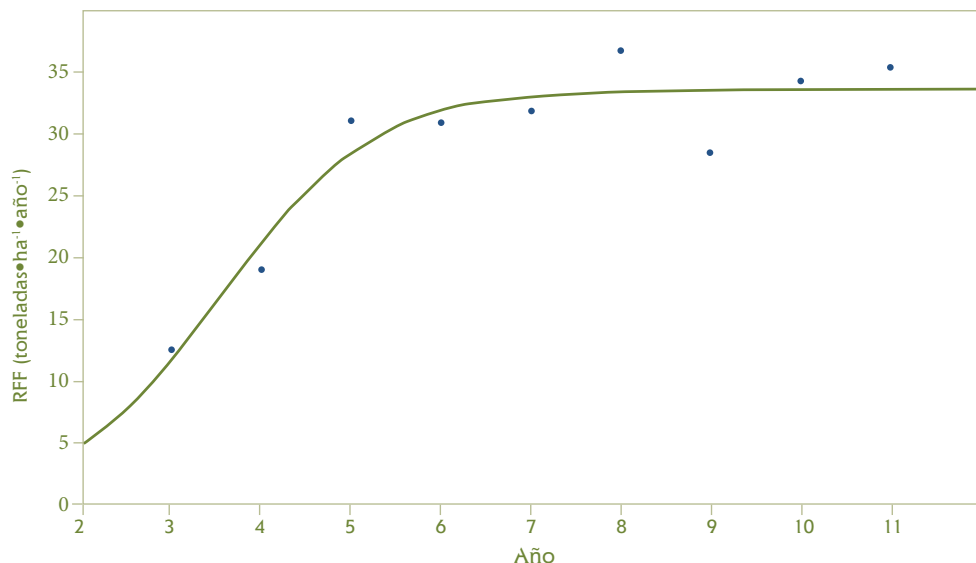


Figura 38. Modelo de ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x Yangambi de FELDA. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,18; el punto de inflexión: 3,55 y la asíntota: 33,60.

Tabla 26. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x Yangambi de FELDA.

Año†	RFF palma•año ⁻¹ (kg)		NR palma•año ⁻¹		PMR (kg)	
	Valor	(Desviación estándar)	Valor	(Desviación estándar)	Valor	(Desviación estándar)
3	87,2	(42,6)	20,2	(8,1)	4,3	(1,1)
4	132,9	(51,3)	20,3	(5,3)	6,5	(1,2)
5	217,7	(70,8)	23,8	(7,8)	9,2	(2,8)
6	216,4	(65,9)	17,4	(4,6)	12,4	(2,6)
7	223,0	(46,7)	16,3	(4,6)	13,6	(3,4)
8	257,3	(64,9)	17,6	(4,8)	14,6	(4,0)
9	199,6	(52,7)	10,6	(2,6)	18,9	(6,3)
10	240,2	(75,2)	12,3	(3,7)	19,6	(4,7)
11	247,6	(80,2)	11,7	(3,8)	21,2	(4,3)

† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

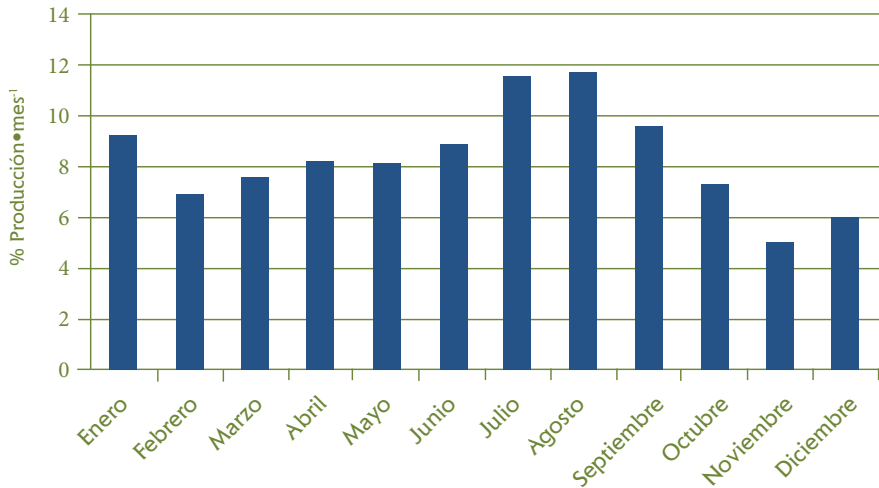
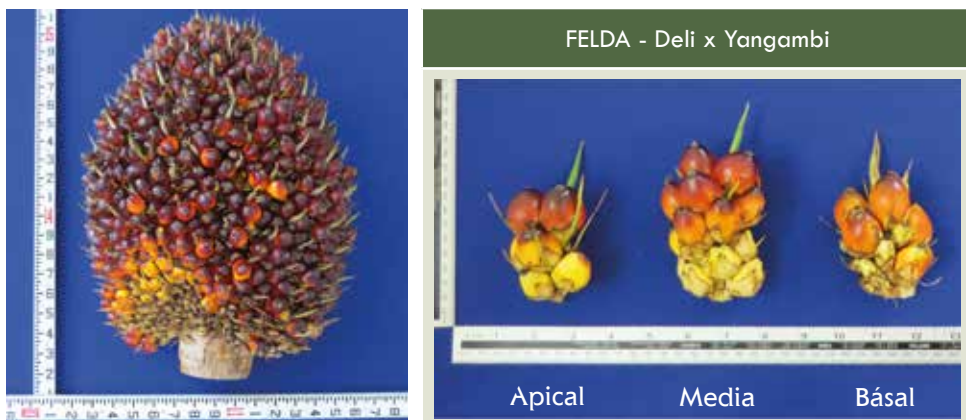


Figura 39. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x Yangambi de FELDA.

El potencial de aceite en el racimo del cultivar Deli x Yangambi de FELDA es considerado de moderado a alto con un valor promedio de 26,2 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales en el racimo presentaron valores de 62,3 y 57,3 %, respectivamente. El porcentaje de mesocarpio a fruto fue del 82 % en promedio y, el de aceite a mesocarpio fresco alrededor de 56,5 % (Figura 40). El aceite potencial por hectárea fue de 8,5 toneladas (Tabla 27).

Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores moderados con 8,8 m² y 572 cm, respectivamente; además de un crecimiento vertical del estípite de 60 cm al año. El índice de área foliar (IAF) en el año 11 después de la siembra fue de 4,9 (Tabla 28).



Continúa en la página siguiente



Detalle del fruto: a) Fruto completo, b) Corte ecuatorial, c) Corte longitudinal

Figura 40. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x Yangambi de FELDA.

Tabla 27. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x Yangambi de FELDA.

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite*ha ⁻¹ •año ⁻¹ (t)
7	27,7	53,5	56,0	85,9	58,8	8,8
8	25,4	56,8	56,4	81,0	56,4	9,3
9	27,1	67,7	61,3	80,4	55,8	7,7
11	22,8	79,0	51,6	80,5	54,8	8,1
Promedio	25,8	64,3	56,3	82,0	56,5	8,5

† Años después de la siembra. AR: Aceite /racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 28. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x Yangambi de FELDA.

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	7,5	3,1	554,9	4,4	2,6	
8	9,0	3,4	562,2	4,7	3,5	0,74
9	8,9	3,5	574,4	4,6	4,2	0,61
11	10,0	4,0	595,9	4,9	5,1	0,44
Promedio	8,8	3,5	571,9	4,6		0,60

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área foliar.

En Malasia los cultivares provenientes de cruzamientos Deli x Yangambi tienen un mayor contenido de aceite a racimo y, por consiguiente, una mayor producción de aceite por hectárea; sin embargo, también se caracterizan por ser unos cultivares vigorosos con un alto crecimiento del estípote y una mayor longitud de raquis (Nouy *et al.*, 1991 y Chin, 1992). Los resultados de este experimento también mostraron que Deli x Yangambi presentó un crecimiento vigoroso del estípote y alto contenido de aceite en el racimo, no obstante, la longitud de raquis se ubicó entre el promedio respecto a los otros cultivares evaluados en el experimento.

Golden Hope (Deli x AVROS)

El cultivar Deli x AVROS de Golden Hope proviene de palmas Deli *dura* élite y *pisiferas* AVROS de segunda generación, derivadas de la familia BM119. Se caracteriza por su alta precocidad en los primeros años de producción, alto número de racimos y alta extracción de aceite (Joe *et al.*, 2005).

La producción de racimos de fruta fresca (RFF) del cultivar Deli x AVROS de Golden Hope (Figura 41), se estimó alrededor de las $34 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a partir de los cinco años después de la siembra, con un valor máximo de $39,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico alcanza las $35,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Figura 42). Este cultivar se caracterizó por tener racimos grandes con pesos superiores a los 20 kg y un número de racimos alrededor de los 13 racimos $\cdot\text{palma}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Tabla 29). La distribución de la producción anual fue: entre enero y junio produjo el 52,2 % y de julio a diciembre el 47,8 %. Este cultivar presentó dos picos en la producción: en enero y en agosto. Los meses de menor productividad fueron de octubre a diciembre (Figura 43).



Figura 41. Cultivar Deli x AVROS de Golden Hope. a. Detalle de la corona de racimos; b. Altura de las palmas.

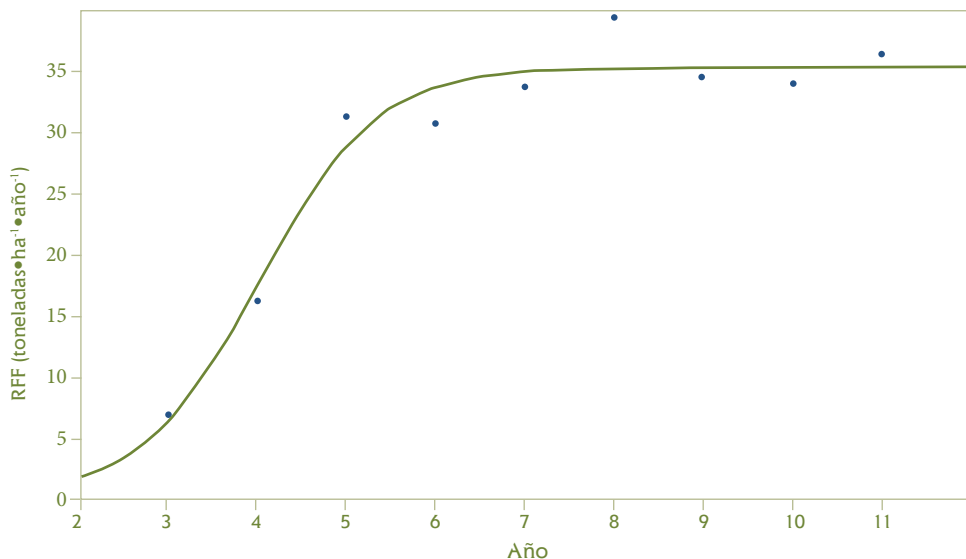


Figura 42. Modelo de ajuste para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x AVROS de Golden Hope. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,51; el punto de inflexión: 4,02 y la asíntota: 35,18.

Tabla 29. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x AVROS de Golden Hope.

Año†	RFF palma*año ⁻¹ (kg)		NR palma*año ⁻¹		PMR (kg)	
3	47,9	(25,2)	14,0	(6,5)	3,4	(0,8)
4	112,4	(40,0)	20,1	(5,2)	5,6	(1,0)
5	217,4	(53,6)	22,4	(6,0)	9,7	(2,1)
6	213,5	(54,3)	16,7	(4,8)	12,8	(3,4)
7	233,8	(65,2)	17,9	(5,3)	13,1	(2,5)
8	274,8	(52,8)	20,0	(5,4)	13,8	(3,2)
9	240,1	(70,0)	14,0	(4,7)	17,1	(4,9)
10	235,9	(89,5)	13,5	(5,5)	17,4	(4,1)
11	252,2	(71,7)	12,5	(4,4)	20,2	(4,0)

† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

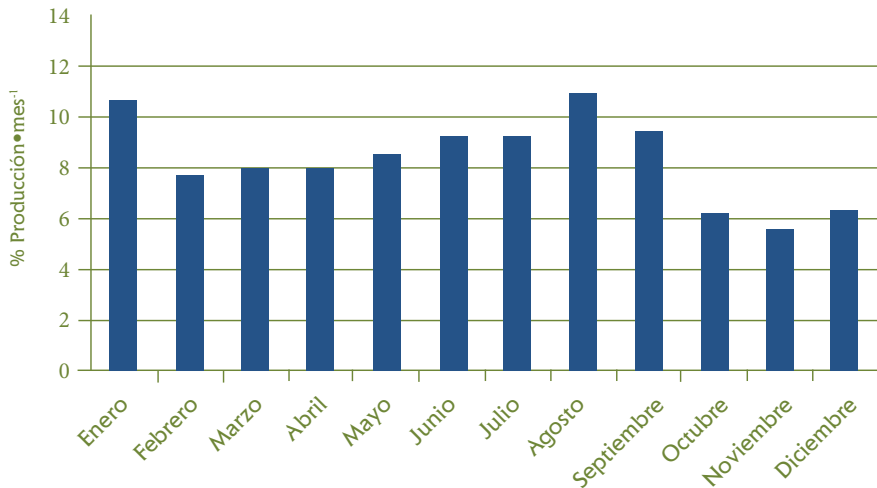
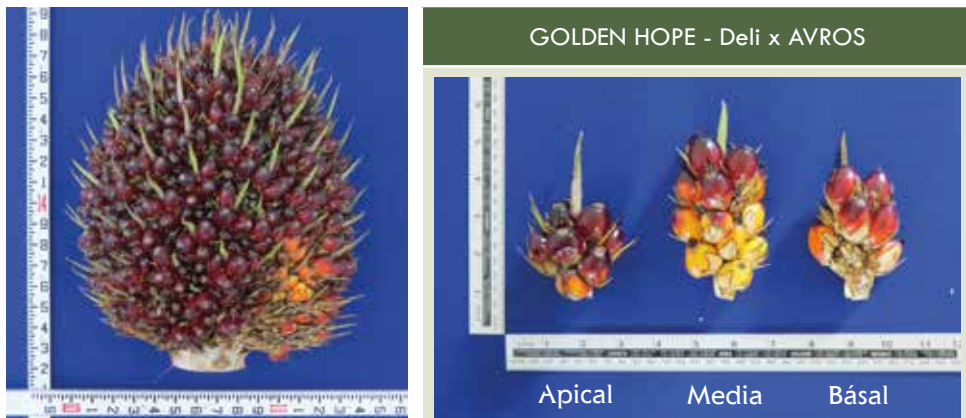


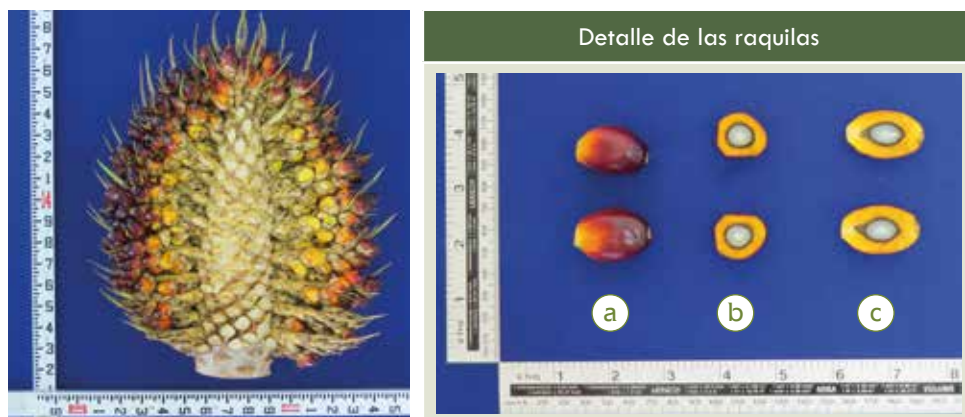
Figura 43. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x AVROS de Golden Hope.

El potencial de aceite en el racimo del cultivar Deli x AVROS de Golden Hope es considerado moderado con un valor promedio de 25,2 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales en el racimo presentaron valores de 64,6 y 58,2 % respectivamente. El porcentaje de mesocarpio a fruto fue de 79 % en promedio y, el de aceite a mesocarpio fresco alrededor de 55 % (Figura 44). El aceite potencial por hectárea fue de 9 toneladas (Tabla 30).

Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores moderados con 9 m² y 545 cm, respectivamente; además, un crecimiento vertical del estípite de 51 cm al año. El índice de área foliar (IAF) en el año 11 después de la siembra fue de 4,9 (Tabla 31).



Continúa en la página siguiente



Detalle del fruto: a) Fruto completo, b) Corte ecuatorial, c) Corte longitudinal

Figura 44. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x AVROS de Golden Hope.

Tabla 30. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x AVROS de Golden Hope.

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite•ha ⁻¹ •año ⁻¹ (t)
7	27,4	57,5	59,1	82,1	57,0	9,2
8	23,9	55,5	53,4	80,5	55,5	9,4
9	25,4	68,7	61,2	78,8	53,3	8,7
11	24,5	76,9	59,4	75,9	54,6	8,8
Promedio	25,3	64,7	58,3	79,3	55,1	9,0

†Años después de la siembra. AR: Aceite/racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 31. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x AVROS de Golden Hope.

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	8,2	3,4	543,4	4,5	2,2	
8	8,7	3,7	533,0	4,7	2,8	0,51
9	9,4	3,5	548,3	4,7	3,4	0,46
11	9,7	4,4	557,3	4,9	4,6	0,56
Promedio	9,0	3,7	545,5	4,7		0,51

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área foliar.

Guthrie (Deli x Yangambi)

El cultivar Guthrie *dura* (D) x *pisifera* (P) evaluado es producto de la hibridación de madres de palmas seleccionadas de una población de Ulu Remis Deli *dura* (URD) y *pisiferas* Yangambi. Este cultivar se caracteriza por su precocidad en los primeros años y por presentar una elevada producción de racimos de fruta fresca, derivada de racimos de alto peso medio (Rajanaidu & Jalani, 1996).

La producción de racimos de fruta fresca (RFF) del cultivar Deli x Yagambi de Guthrie Plantations (Figura 45), estuvo cerca a las $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a partir de los cinco años después de la siembra, con un valor máximo de $34,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico alcanzó las $31,0 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{año}$ (Figura 46). Este cultivar se caracterizó por tener racimos grandes con pesos superiores a los 21 kg y un número de racimos cercano a los 11 racimos \cdot palma $^{-1}\cdot$ año $^{-1}$ (Tabla 32). La distribución de la producción anual fue: entre enero y junio produjo el 42,5 % y de julio a diciembre el 51,5 %. Este cultivar presentó dos picos en la producción: entre diciembre y enero y, entre junio y septiembre, donde se concentró el 41 % de la producción. Los meses de menor productividad fueron octubre y noviembre (Figura 47).



Figura 45. Cultivar Deli x Yangambi de Guthrie. a. Detalle de la corona de racimos; b. Altura de las palmas.

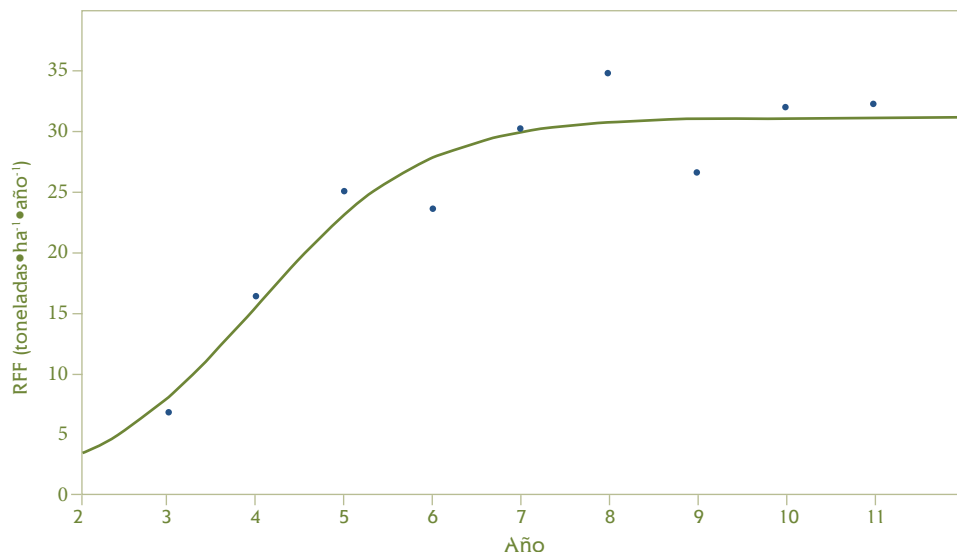


Figura 46. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x Yangambi de Guthrie. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son la tasa de crecimiento: 1,07; el punto de inflexión: 4,00 y la asíntota: 31,03.

Tabla 32. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x Yangambi de Guthrie.

Año†	RFF palma·año ⁻¹ (kg)		NR palma·año ⁻¹		PMR (kg)	
3	46,1	(21,1)	11,1	(5,1)	4,1	(0,8)
4	115,0	(40,0)	18,9	(5,1)	6,1	(1,3)
5	175,1	(42,2)	17,2	(3,9)	10,2	(2,0)
6	165,3	(45,0)	12,8	(3,0)	12,9	(2,5)
7	210,3	(52,8)	15,6	(4,8)	13,5	(3,9)
8	242,9	(62,2)	17,4	(4,1)	13,9	(3,1)
9	186,3	(73,1)	10,4	(3,8)	17,9	(4,0)
10	223,0	(65,3)	11,6	(3,6)	19,2	(4,1)
11	225,4	(65,2)	10,4	(3,1)	21,6	(3,8)

† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

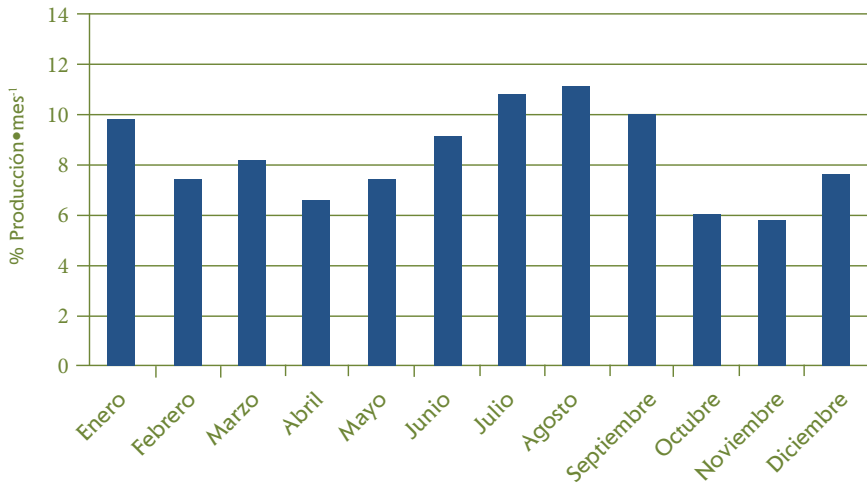
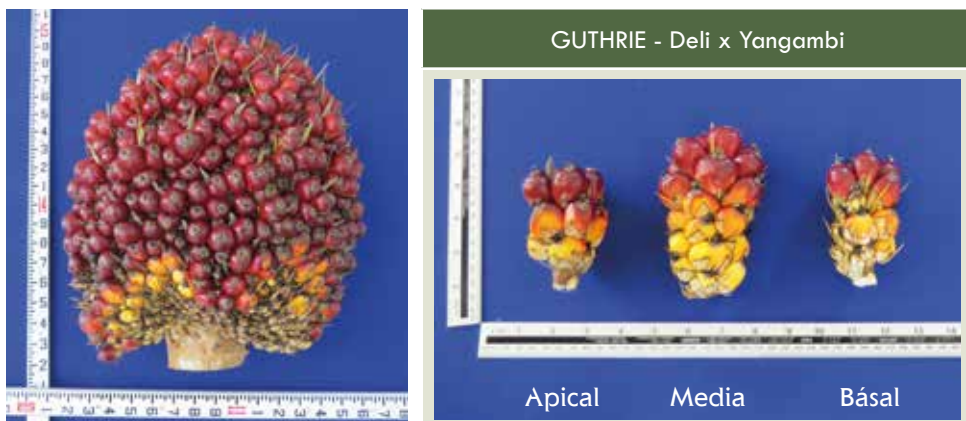


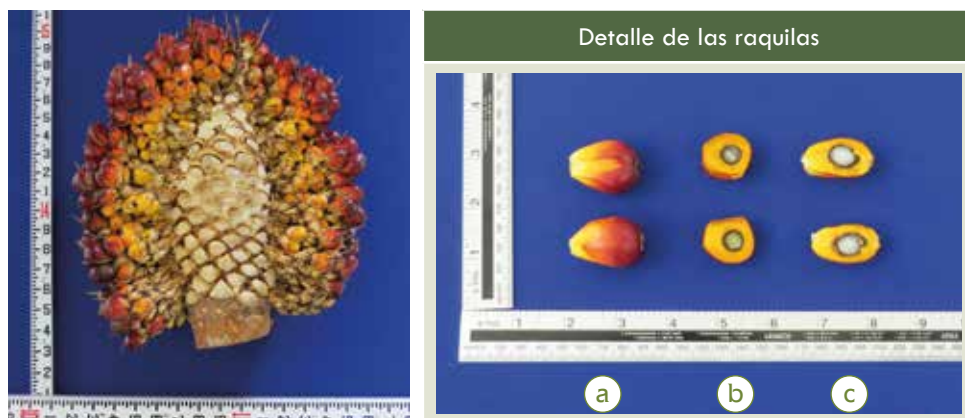
Figura 47. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x Yangambi de Guthrie.

El potencial de aceite en el racimo del cultivar Deli x Yangambi de Guthrie es considerado moderado con un valor promedio de 25,9 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales en el racimo presentaron valores de 66,2 y 59,5 %, respectivamente. El porcentaje de mesocarpio a fruto fue en promedio del 83 % y el aceite a mesocarpio fresco alrededor de 53 % (Figura 48). El aceite potencial por hectárea fue de 8 toneladas (Tabla 33).

Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores de moderados a altos con 9,8 m² y 595 cm, respectivamente; además, un crecimiento vertical del estípite de 54 cm al año. El índice de área foliar (IAF) en el año 11 después de la siembra fue de 5,0 (Tabla 34).



Continúa en la página siguiente



Detalle del fruto: a) Fruto completo, b) Corte ecuatorial, c) Corte longitudinal

Figura 48. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x Yangambi de Guthrie.

Tabla 33. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x Yangambi de Guthrie.

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite·ha ⁻¹ ·año ⁻¹ (t)
7	26,3	51,7	56,7	85,5	54,2	7,9
8	26,6	62,2	59,6	84,3	52,8	9,2
9	26,3	70,0	61,7	82,2	52,5	7,0
11	23,6	84,0	59,1	78,7	51,0	7,6
Promedio	25,7	67,0	59,3	82,7	52,6	7,9

† Años después de la siembra. AR: Aceite/racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 34. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x Yangambi de Guthrie.

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	8,5	3,5	585,4	4,8	2,2	
8	9,4	3,6	581,2	4,9	2,8	0,50
9	10,3	4,1	607,2	4,9	3,4	0,50
11	10,8	4,6	609,6	5,0	4,7	0,62
Promedio	9,8	3,9	595,8	4,9		0,54

† Años después de la siembra. AF: Área foliar hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área foliar.

IOI (Deli x Dumpy-AVROS)

La producción de racimos de fruta fresca (RFF) del cultivar Deli x Dumpy-AVROS de IOI (Figura 49), fue superior a las $32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a partir de los cinco años después de la siembra, con un valor máximo de $42,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico alcanzó



Figura 49. Cultivar Deli x Dumpy-AVROS de IOI. a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.

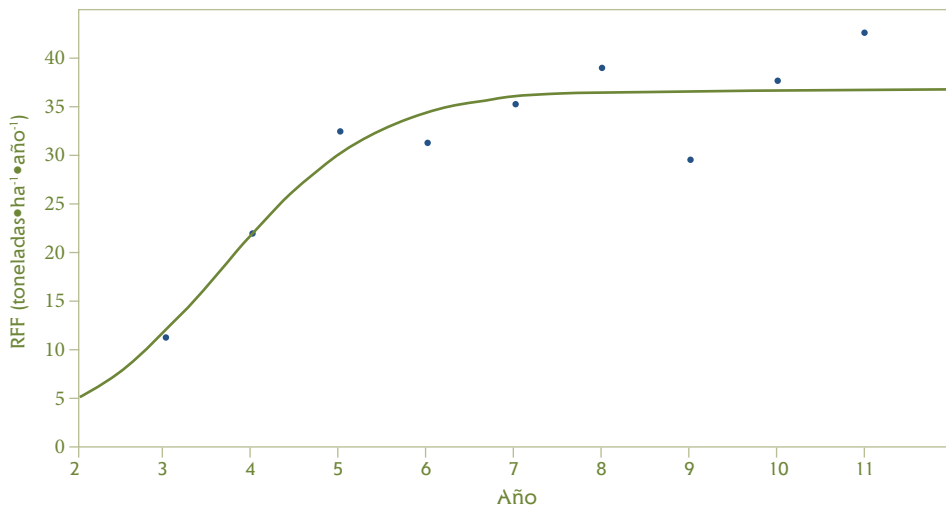


Figura 50. Modelo de ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de IOI. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,14; el punto de inflexión: 3,66 y la asíntota: 36,67.

las $36,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Figura 50). Este cultivar se caracterizó por tener racimos grandes con pesos superiores a los 20 kg y un número de racimos alrededor de los 13 racimos $\cdot\text{palma}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Tabla 35). La distribución de la producción anual fue: entre enero y junio produjo el 48,7 % y, de julio a diciembre el 51,3 %. Este cultivar presentó dos picos en la producción: en enero y en agosto. Los meses de menor productividad fueron noviembre y diciembre (Figura 51).

Tabla 35. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de IOI.

Año†	RFF palma $\cdot\text{año}^{-1}$ (kg)		NR palma $\cdot\text{año}^{-1}$		PMR (kg)	
3	78,0	(31,3)	17,3	(5,5)	4,5	(1,1)
4	153,1	(29,5)	23,3	(4,0)	6,6	(0,9)
5	226,2	(71,3)	22,2	(4,8)	10,2	(2,3)
6	217,7	(75,8)	16,3	(4,0)	13,4	(3,3)
7	246,4	(80,4)	16,9	(4,9)	14,6	(2,6)
8	272,3	(54,9)	18,5	(3,8)	14,7	(2,5)
9	205,9	(60,8)	11,4	(3,8)	18,1	(3,9)
10	262,6	(95,6)	13,1	(3,7)	20,0	(4,7)
11	297,1	(64,8)	14,5	(3,8)	20,6	(2,8)

† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

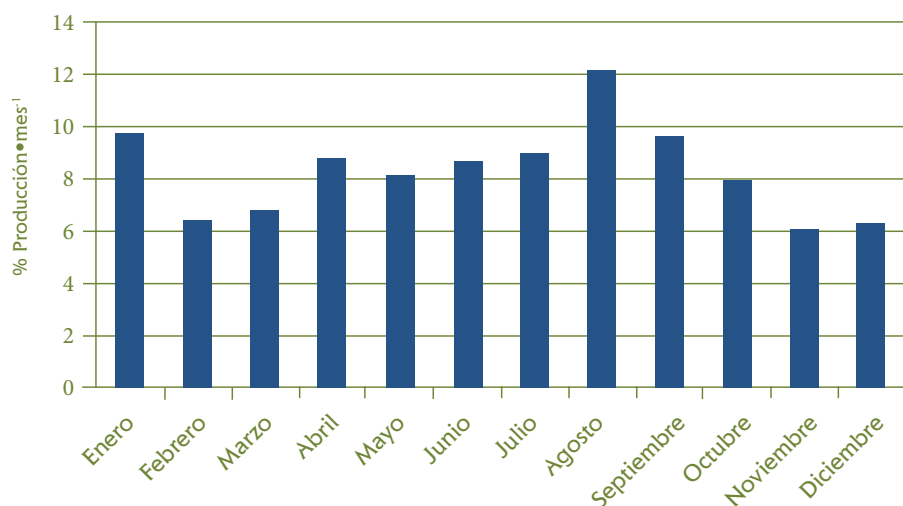
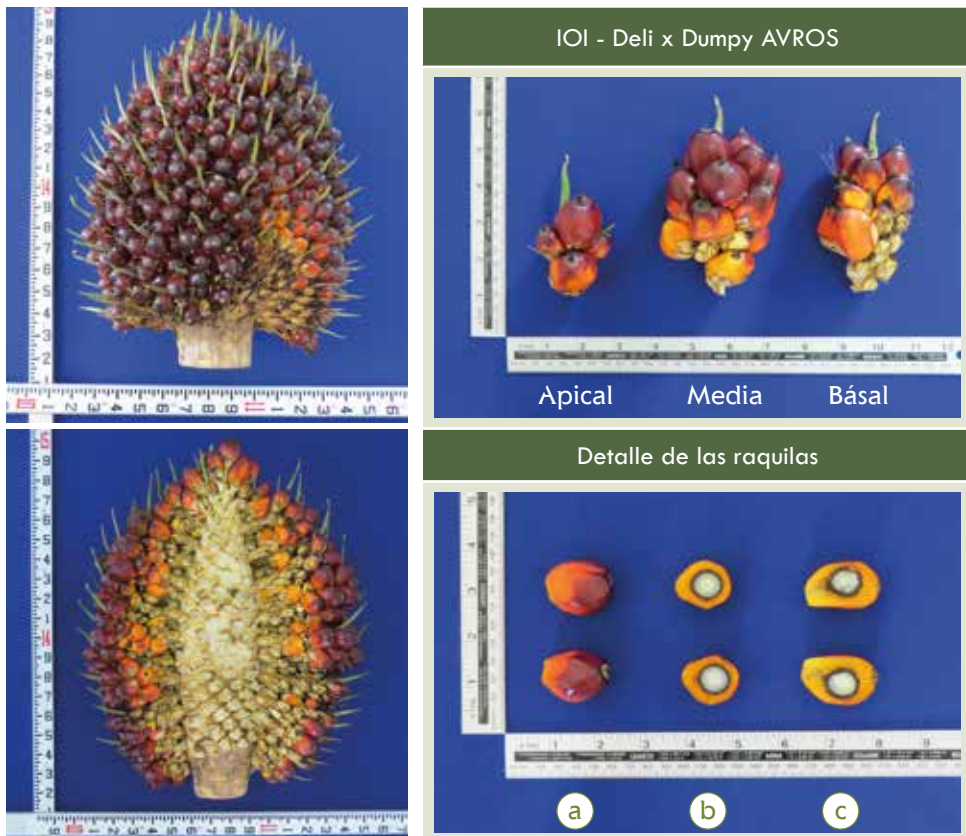


Figura 51. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de IOI.

El potencial de aceite en el racimo del cultivar Deli x Dumpy-AVROS es considerado moderado con un valor promedio de 24,5 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales en el racimo presentaron valores de 54,7 y 54,6 %, respectivamente. El porcentaje de mesocarpio a fruto fue de 81,6 % en promedio y el de aceite a mesocarpio fresco alrededor de 55 % (Figura 52). El potencial de aceite por hectárea fue de 9,0 toneladas (Tabla 36).

Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores de moderados a altos con 9,5 m² y 589 cm, respectivamente; además, un crecimiento vertical del estípote de 51 cm al año. El índice de área foliar (IAF) en el año 11 después de la siembra fue de 4,8 (Tabla 37).



Detalle del fruto: a) Fruto completo, b) Corte ecuatorial, c) Corte longitudinal

Figura 52. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x Dumpy AVROS de IOI.

Tabla 36. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x Dumpy-AVROS de IOI.

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite•ha ⁻¹ •año ⁻¹ (t)
7	22,2	42,5	49,1	82,7	54,7	7,8
8	24,5	52,3	54,4	81,9	55,2	9,5
9	26,7	55,0	57,7	82,8	56,1	7,9
11	25,5	70,6	57,2	79,0	54,9	10,8
Promedio	24,7	55,1	54,6	81,6	55,2	9,0

† Años después de la siembra. AR: Aceite/racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 37. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x Dumpy AVROS de IOI.

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	8,9	3,4	576,4	4,7	2,6	
8	9,4	3,3	572,5	4,6	3,2	0,54
9	10,0	3,5	593,6	4,9	3,8	0,50
11	9,9	3,9	611,8	4,8	4,8	0,50
Promedio	9,5	3,5	588,6	4,8		0,51

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área foliar.

IRHO 1001-CIRAD (Deli x La Mé)

El IRHO (Institut de Recherche pour Les Huiles et Oleagineux, hoy CIRAD) estableció su programa a partir de cruzamientos Deli *dura* x La Mé en los años 60. Los cultivares Deli x La Mé provienen de cruzamientos de Deli *élite* y *pisíferas* La Mé derivados principalmente de la *pisífera* LM2T. Se caracterizan por tener un alto número de racimos, palmas menos robustas que los cultivares Deli x Yangambi o Deli x AVROS, una menor altura y altos contenidos de aceite y mesocarpio a fruto. El esquema de mejoramiento de Deli x La Mé se basa en la selección recurrente recíproca donde se toma ventaja de la heterosis generada entre orígenes contrastantes, o grupos complementarios A y B (Meunier and Gascon, 1972; Durand-Gasselin *et al.*, 2000).

La producción de racimos de fruta fresca (RFF) del cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO) (Figura 53), fue superior a 31 t•ha⁻¹•año⁻¹ a partir de los cinco años después de la siembra, con un valor máximo de 34,7 t•ha⁻¹•año⁻¹ en 11 años de

registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico alcanzó las 32,7 t•ha⁻¹•año⁻¹ (Figura 54). Este cultivar se caracterizó por tener racimos medianos con pesos superiores a los 16 kg y un número de racimos alrededor de los 14 racimos•palma⁻¹•año⁻¹ (Tabla 38). La distribución de la producción anual fue: entre enero y junio produjo el 53,4 % y de julio a diciembre el 46,6 %. Este cultivar presentó un pico marcado en la producción entre diciembre y marzo. Los meses de menor productividad fueron mayo y junio (Figura 55).



Figura 53. Cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO). a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.

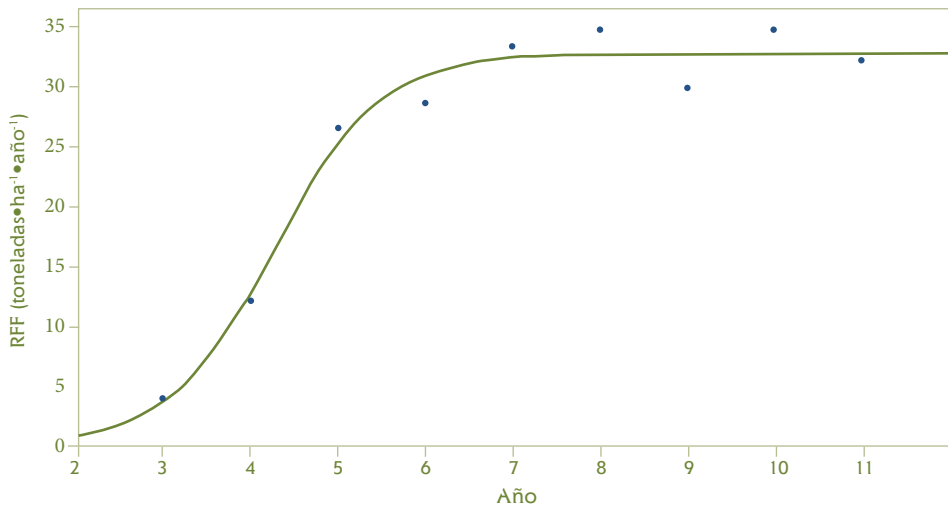
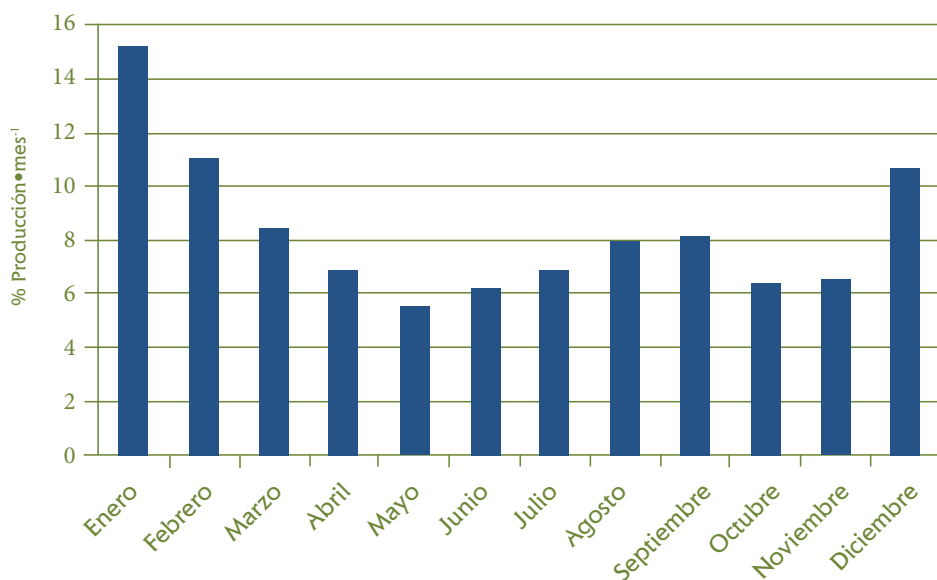


Figura 54. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO). La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,66; el punto de inflexión: 4,27 y la asíntota: 32,71.

Tabla 38. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO).

Año†	RFF palma•año ⁻¹ (kg)		NR palma•año ⁻¹		PMR (kg)	
		(desviación estándar)		(desviación estándar)		(desviación estándar)
3	27,0	(14,9)	8,0	(4,2)	3,4	(1,1)
4	84,2	(31,0)	18,8	(5,3)	4,5	(0,7)
5	185,2	(48,5)	25,5	(4,3)	7,3	(1,3)
6	200,3	(42,4)	17,7	(4,2)	11,3	(1,8)
7	232,9	(39,7)	19,3	(3,3)	12,1	(1,8)
8	242,5	(74,0)	20,5	(5,8)	11,8	(2,5)
9	208,5	(44,0)	14,5	(2,8)	14,4	(1,7)
10	242,4	(58,0)	15,6	(4,8)	15,5	(2,7)
11	224,3	(53,7)	13,5	(4,7)	16,6	(3,5)

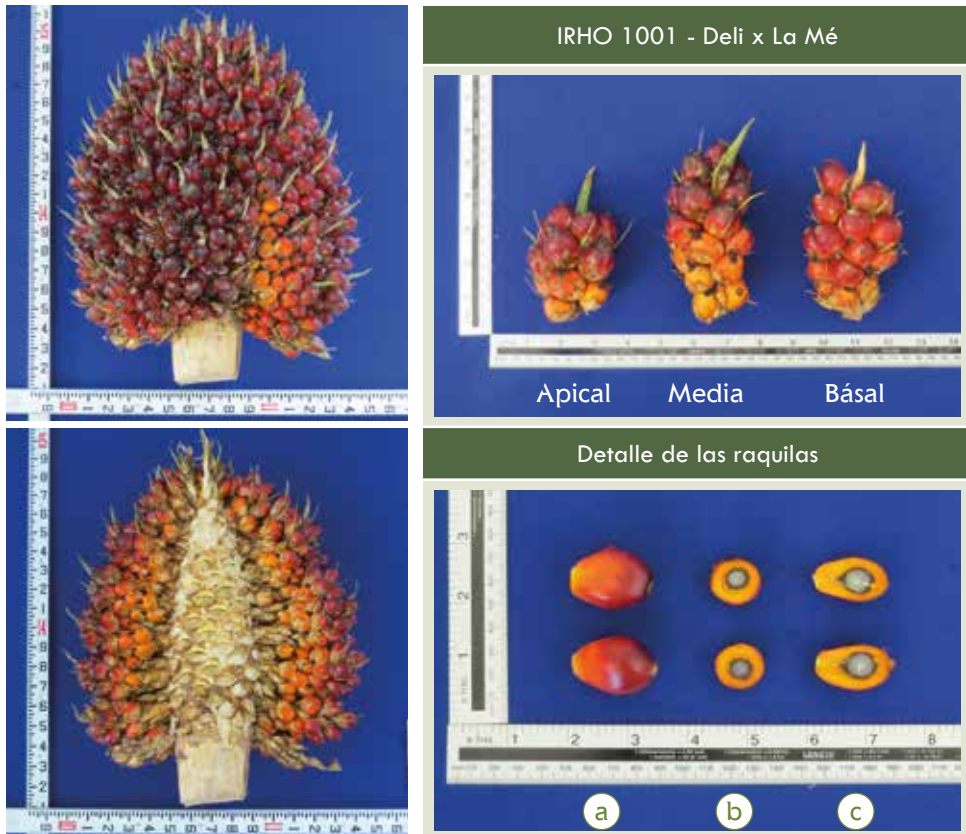
† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

**Figura 55.** Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO).

El potencial de aceite en el racimo del cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO) es considerado moderado con un valor promedio de 24,8 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales en el racimo presentaron valores de

67,7 y 57,0 %, respectivamente. El porcentaje de mesocarpio a fruto fue de 81,1 % en promedio y, el de aceite a mesocarpio fresco alrededor de 53 % (Figura 56). El potencial de aceite por hectárea fue de 8 toneladas (Tabla 39).

Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores de moderados a altos con 9,5 m² y 585 cm, respectivamente; además, un crecimiento vertical del estípote bajo con 43 cm al año. El índice de área foliar (IAF) en el año 11 después de la siembra fue de 4,8 (Tabla 40).



Detalle del fruto: a) Fruto completo, b) Corte ecuatorial, c) Corte longitudinal

Figura 56. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO).

Tabla 39. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO).

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite•ha ⁻¹ •año ⁻¹ (t)
7	25,1	61,8	57,4	81,6	53,5	8,4
8	25,6	58,5	53,2	85,9	56,2	8,9
9	25,4	71,2	59,1	80,2	53,6	7,6
11	22,3	79,1	58,1	76,1	50,2	7,2
Promedio	24,6	67,7	57,0	81,0	53,4	8,0

† Años después de la siembra. AR: Aceite/racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 40. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x La Mé 1001 de CIRAD (IRHO).

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	8,5	3,3	564,0	4,6	1,8	
8	10,0	3,7	579,9	4,8	2,3	0,43
9	9,6	3,7	596,4	4,8	2,8	0,40
11	9,8	4,4	600,4	4,8	3,7	0,44
Promedio	9,5	3,8	585,2	4,6		0,43

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área foliar.

IRHO 1401-CIRAD (Deli x La Mé)

La producción de racimos de fruta fresca (RFF) del cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO) (Figura 57), fue superior a las 34 t•ha⁻¹•año⁻¹ a partir de los cinco años después de la siembra, con un valor máximo de 38,6 t•ha⁻¹•año⁻¹ en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico alcanza las 36,3 t•ha⁻¹•año⁻¹ (Figura 58). Este cultivar se caracterizó por tener racimos medianos con pesos superiores a los 14 kg, y por tener un alto número de racimos que estuvieron alrededor de los 19 racimos•palma⁻¹•año⁻¹ (Tabla 41). La distribución de la producción anual fue: entre enero y junio produjo el 48,8 % y, de julio a diciembre el 52,2 %. Este cultivar presentó una distribución de la producción homogénea durante el año; sin embargo, se dio un pequeño pico de cosecha entre los meses de diciembre y enero (Figura 59).



Figura 57. Cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO). a. Detalle de la corona de racimos; b. Altura de las palmas.

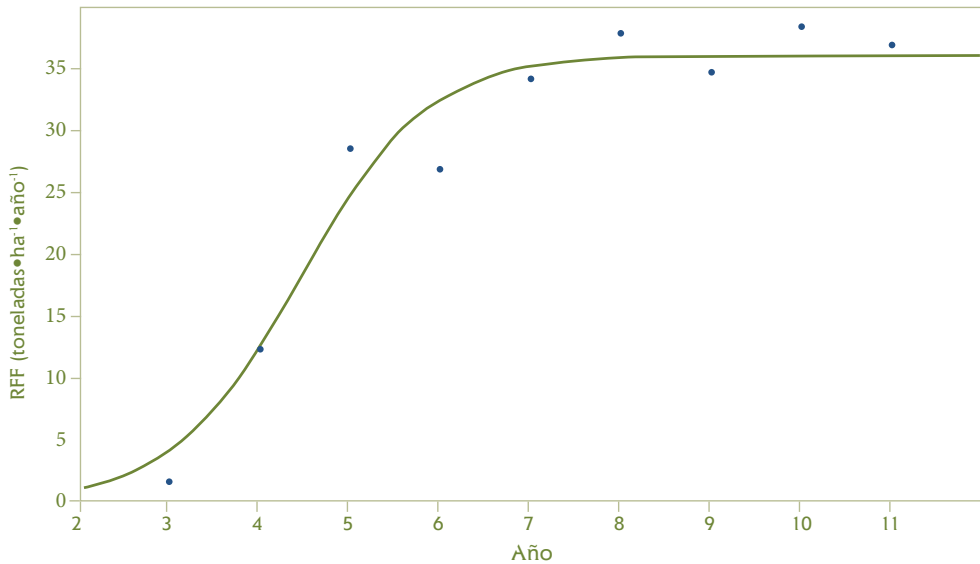
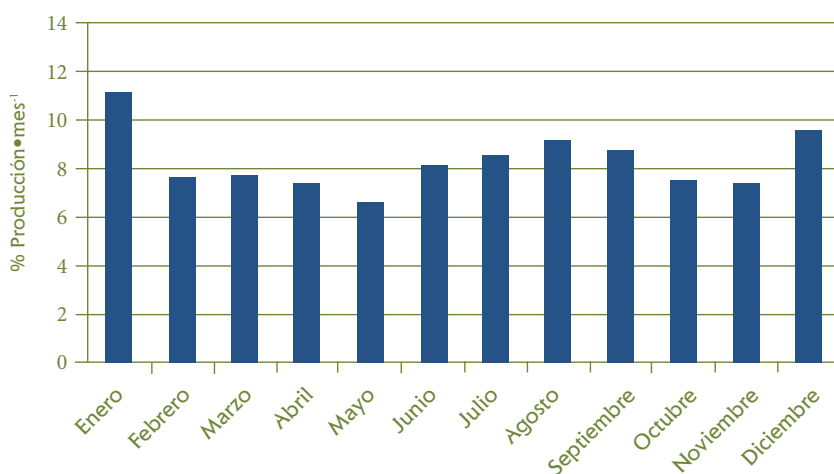


Figura 58. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO). La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,43; punto de inflexión: 4,45 y la asíntota: 36,33.

Tabla 41. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO).

Año†	RFF palma•año ⁻¹ (kg)		NR palma•año ⁻¹		PMR (kg)	
3	11,4	(7,8)	3,9	(2,3)	2,9	(0,7)
4	86,5	(41,3)	19,3	(7,5)	4,5	(0,7)
5	200,6	(46,5)	29,0	(3,5)	6,9	(1,3)
6	189,0	(34,9)	20,6	(4,3)	9,2	(1,6)
7	241,5	(39,7)	22,7	(2,7)	10,6	(1,7)
8	266,4	(42,5)	24,0	(1,9)	11,1	(1,7)
9	244,8	(40,4)	18,8	(2,2)	13,0	(1,6)
10	270,2	(41,5)	20,0	(2,4)	13,5	(1,5)
11	260,4	(48,2)	18,4	(2,6)	14,2	(1,6)

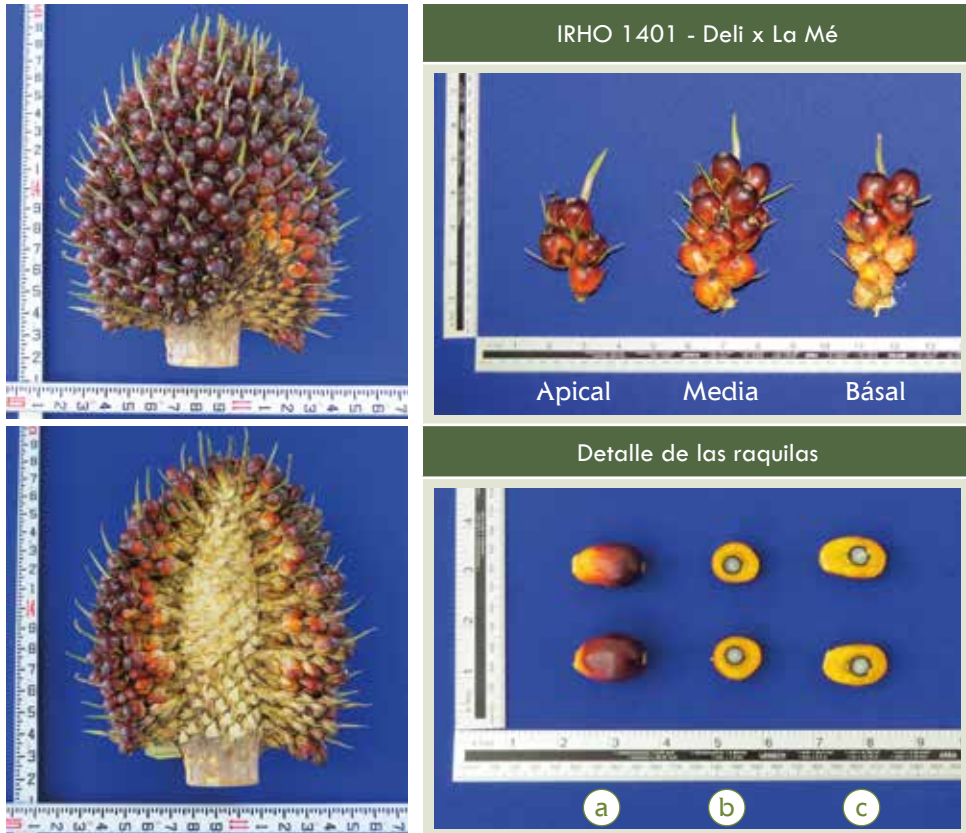
† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

**Figura 59.** Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO).

El potencial de aceite en el racimo del cultivar Deli x La Mé 1401 es considerado como moderado con un valor promedio de 22,8 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales en el racimo presentaron valores de 59,9 y 51,5 %, respectivamente. El porcentaje de mesocarpio a fruto fue de 81,1 % en promedio y, el de aceite a mesocarpio fresco alrededor de 54 % (Figura 60). El potencial de aceite por hectárea fue de 8,1 toneladas (Tabla 42).

Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores de moderados a altos con 9,1 m² y 586 cm, respectivamente; además, un

crecimiento vertical del estípote de 51 cm al año. El índice de área foliar (IAF) en el año 11 después de la siembra fue de 4,3 (Tabla 43).



Detalle del fruto: a) Fruto completo, b) Corte ecuatorial, c) Corte longitudinal

Figura 60. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO).

Tabla 42. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO).

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite*ha ⁻¹ •año ⁻¹ (t)
7	21,1	44,4	48,9	84,5	51,0	7,3
8	23,9	53,5	50,8	82,8	56,7	9,1
9	23,4	66,2	54,5	80,4	53,4	8,2
11	21,3	75,4	51,9	75,9	53,2	7,9
Promedio	22,4	59,9	51,5	80,9	53,6	8,1

† Años después de la siembra. AR: Aceite/racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 43. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x La Mé 1401 de CIRAD (IRHO).

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	8,4	3,1	574,1	4,1	1,9	
8	8,7	3,6	566,9	4,1	2,5	0,49
9	9,5	3,5	593,8	4,3	3,1	0,50
11	9,9	3,9	609,7	4,3	4,2	0,56
Promedio	9,1	3,5	586,1	4,2		0,51

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área foliar.

IRHO 2528-CIRAD (Deli x La Mé)

La producción de racimos de fruta fresca (RFF) del cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO) (Figura 61), fue superior a las 31 t•ha⁻¹•año⁻¹ a partir de los cinco años después de la siembra, con un valor máximo de 34,5 t•ha⁻¹•año⁻¹ en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico alcanza las 32,3 t•ha⁻¹•año⁻¹ (Figura 62). Este cultivar se caracterizó por tener racimos medianos con pesos superiores a los 15 kg y un número de racimos alrededor de los 14 racimos•palma⁻¹•año⁻¹ (Tabla 44). La distribución de la producción anual fue: entre enero y junio el 51,5 % y de julio a diciembre el 48,5 %. Este cultivar no presentó picos marcados de producción durante el año; sin embargo, el mes de menor productividad fue noviembre (Figura 63).

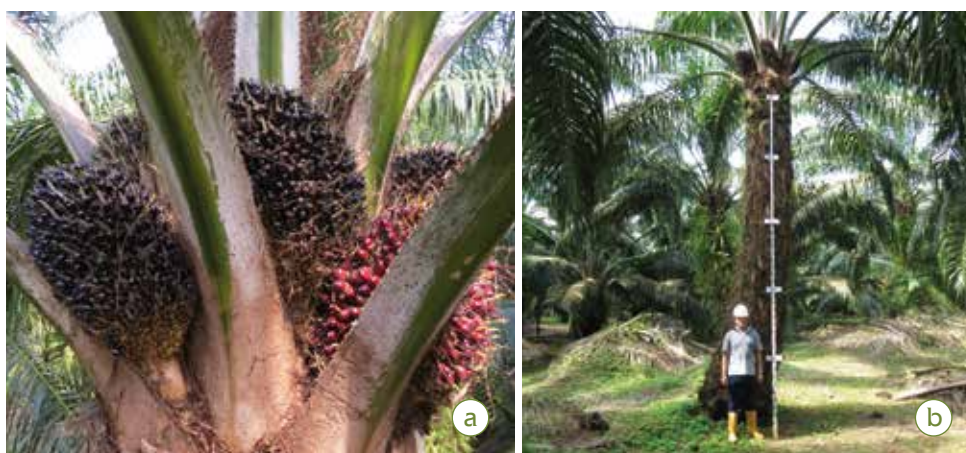


Figura 61. Cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO). a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.

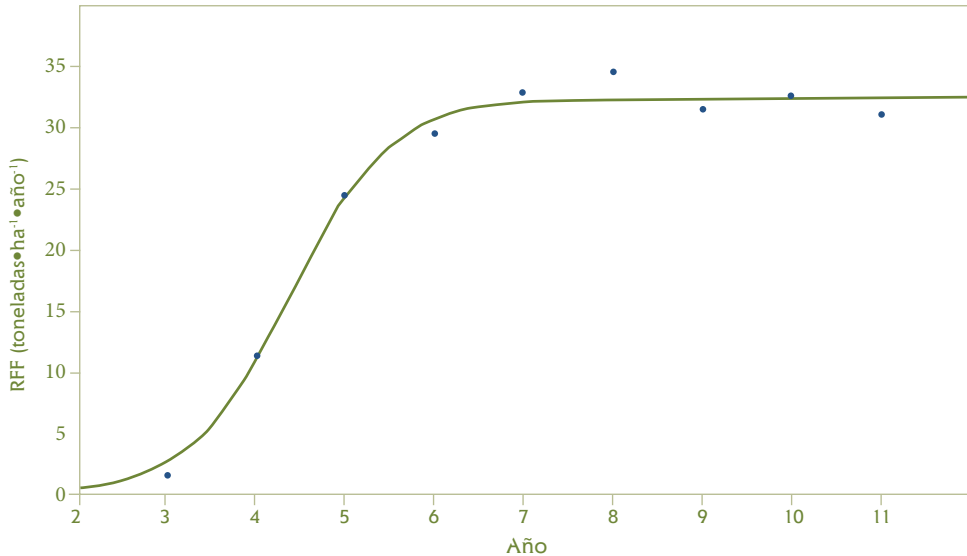


Figura 62. Modelo de ajuste para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO). La línea verde representa el modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,79; punto de inflexión: 4,38 y la asintota: 32,34.

Tabla 44. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO).

Año†	RFF palma·año ⁻¹ (kg)		NR palma·año ⁻¹		PMR (kg)	
3	11,1	(6,9)	3,8	(3,2)	2,9	(1,5)
4	79,8	(30,5)	16,9	(5,8)	4,7	(0,7)
5	170,6	(55,4)	25,0	(5,2)	6,8	(1,8)
6	206,1	(41,8)	20,0	(3,9)	10,3	(2,0)
7	230,4	(50,4)	20,1	(4,7)	11,4	(2,6)
8	241,1	(54,9)	20,1	(4,8)	12,0	(3,8)
9	219,3	(45,1)	14,7	(3,5)	14,9	(4,0)
10	226,9	(53,0)	15,3	(4,7)	14,8	(6,4)
11	216,7	(66,5)	13,9	(4,6)	15,6	(5,4)

† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca. NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

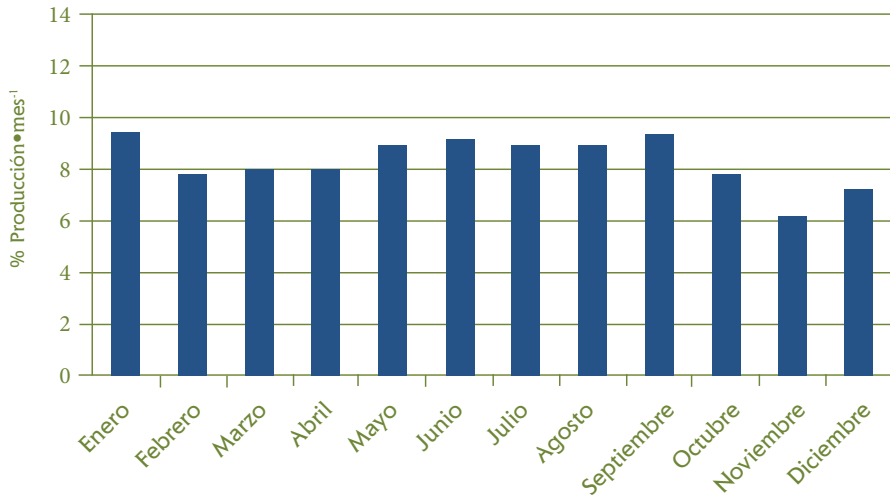
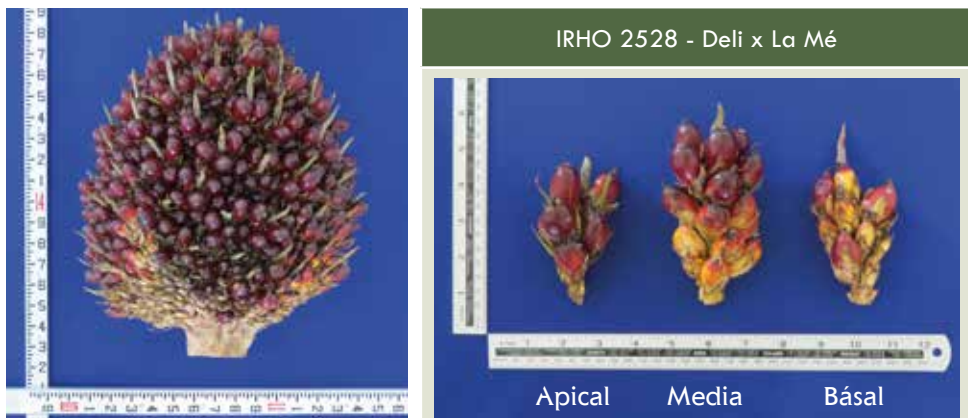


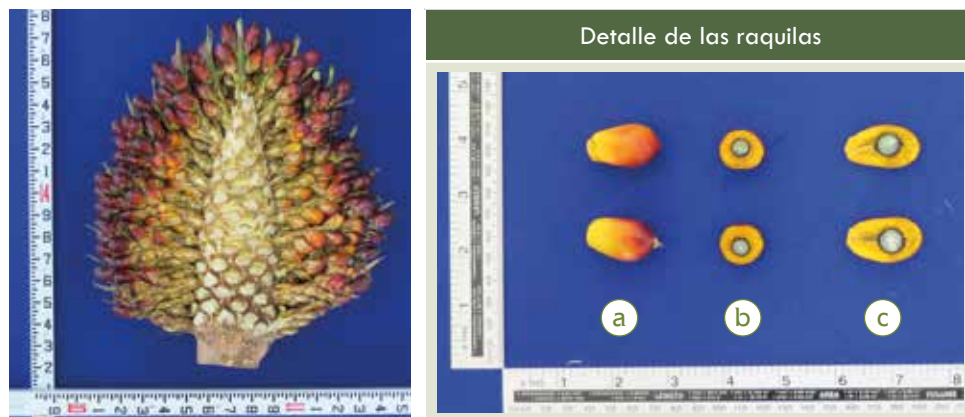
Figura 63. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO).

El potencial de aceite en el racimo del cultivar Deli x La Mé 2528 es considerado de moderado a alto con un valor promedio de 25,2 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales en el racimo presentaron valores de 63,5 y 54,0 %, respectivamente. El porcentaje de mesocarpio a fruto fue en promedio de 84,6 % y el aceite a mesocarpio fresco alrededor de 55 % (Figura 64). El potencial de aceite por hectárea fue de 8,2 toneladas (Tabla 45).

Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores moderados con 9,3 m² y 578 cm, respectivamente; además, un crecimiento vertical del estípite de 50 cm al año. El índice de área foliar (IAF) en el año 11 después de la siembra fue de 4,6 (Tabla 46).



Continúa en la página siguiente



Detalle del fruto: a) Fruto completo, b) Corte ecuatorial, c) Corte longitudinal

Figura 64. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO).

Tabla 45. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO).

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite ^a ·ha ⁻¹ ·año ⁻¹ (t)
7	23,5	52,2	51,0	86,8	52,9	7,7
8	28,6	64,1	57,1	86,1	58,2	9,9
9	26,6	67,6	58,6	83,7	54,2	8,3
11	22,1	70,2	49,4	81,9	53,1	6,8
Promedio	25,2	63,5	54,0	84,6	54,6	8,2

† Años después de la siembra. AR: Aceite/racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 46. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x La Mé 2528 de CIRAD (IRHO).

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	7,9	2,6	568,6	4,2	1,8	
8	9,1	3,0	566,7	4,3	2,4	0,46
9	10,0	3,1	588,6	4,6	3,0	0,47
11	10,2	3,6	589,6	4,6	4,2	0,58
Promedio	9,3	3,1	578,4	4,3		0,50

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17, PSF: Peso seco foliar de la hoja 17, LR: Longitud de raquis, IAF: Índice de área foliar.

UNIPALM Y22683 ((Djongo x Ekona) x Yangambi)

La producción de racimos de fruta fresca (RFF) del cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi Y22683 de UNIPALM (Figura 65), fue superior a las $32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a partir de los cinco años después de la siembra, con un valor máximo de $35,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico alcanza las $32,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Figura 66). Este cultivar se caracterizó por tener racimos medianos con pesos superiores a los 15 kg y un número de racimos superior a los 13 racimos $\cdot\text{palma}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Tabla 47). La distribución de la producción anual fue: entre enero y junio el 48,7 % y, de julio a diciembre el 51,3 %. Este cultivar presentó dos picos en la producción: en enero y en agosto. Los meses de menor productividad fueron noviembre y diciembre (Figura 67).



Figura 65. Cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi Y22683 de UNIPALM. a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.

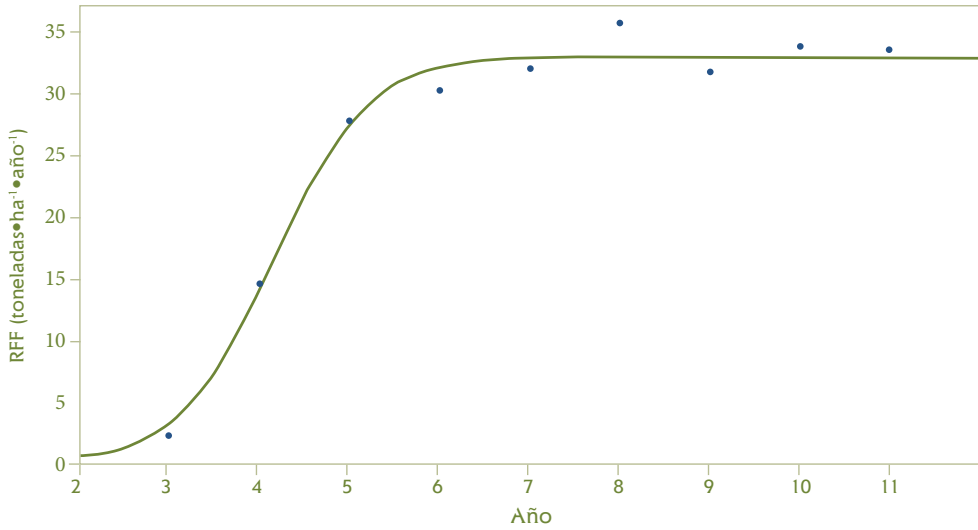


Figura 66. Modelo ajustado para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi de UNIPALM. La línea representa la estimación a partir del modelo logístico. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,94; punto de inflexión: 4,16 y la asíntota: 32,91.

Tabla 47. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi de UNIPALM.

Año†	RFF palma•año ⁻¹ (kg)		NR palma•año ⁻¹		PMR (kg)	
3	15,3	(11,7)	4,9	(3,5)	3,1	(0,9)
4	100,8	(21,5)	21,8	(3,3)	4,6	(0,6)
5	193,7	(42,2)	30,0	(4,0)	6,5	(1,1)
6	210,5	(50,0)	23,6	(4,2)	8,9	(2,3)
7	222,3	(50,4)	21,7	(3,3)	10,3	(2,0)
8	248,6	(52,0)	23,0	(3,8)	10,8	(2,0)
9	220,8	(46,0)	16,7	(3,3)	13,2	(2,3)
10	236,0	(61,5)	16,6	(4,2)	14,2	(3,1)
11	232,8	(48,5)	14,0	(3,2)	16,6	(4,7)

† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

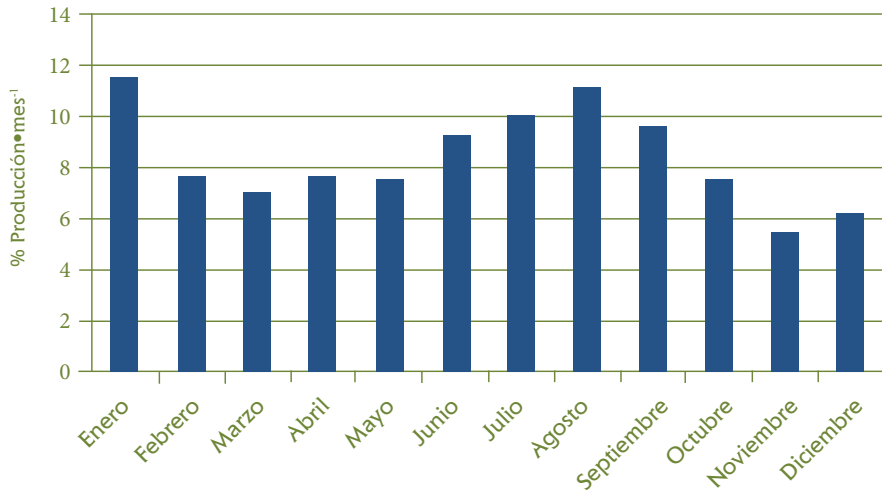
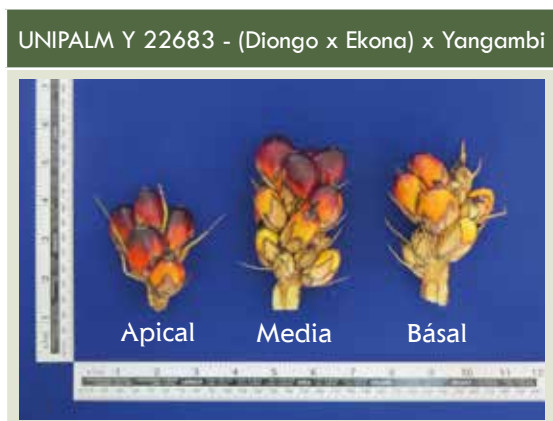
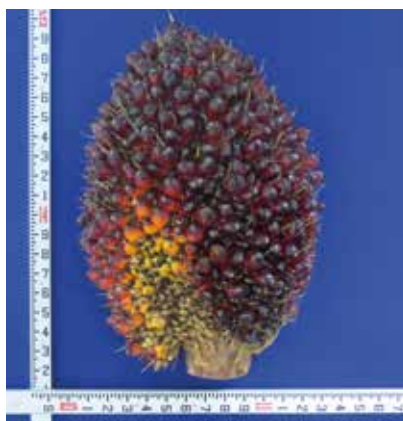


Figura 67. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi de UNIPALM.

El potencial de aceite en el racimo del cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi es considerado como moderado con un valor promedio de 23,3 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales en el racimo presentaron valores de 56,6 y 54,0 %, respectivamente. El porcentaje de mesocarpio a fruto fue de 80 % en promedio y, el de aceite a mesocarpio fresco alrededor de 53 % (Figura 68). El potencial de aceite por hectárea fue de 7,7 toneladas (Tabla 48).

Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores de moderados a altos con 9,3 m² y 614 cm, respectivamente; además, presentó un crecimiento vertical del estípote de 61 cm al año. El índice de área foliar (IAF) en el año 11 después de la siembra fue de 4,9 (Tabla 49).



Continúa en la página siguiente



Detalle del fruto: a) Fruto completo, b) Corte ecuatorial, c) Corte longitudinal

Figura 68. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi de UNIPALM.

Tabla 48. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi de UNIPALM.

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite•ha ⁻¹ •año ⁻¹ (t)
7	20,7	41,3	50,4	81,5	50,6	6,6
8	24,7	52,9	53,3	82,0	56,4	8,8
9	24,3	59,7	56,4	79,8	53,8	7,7
11	23,3	72,3	55,7	77,1	53,2	7,8
Promedio	23,3	56,6	54,0	80,1	53,5	7,7

† Años después de la siembra. AR: Aceite/racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 49. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar (Djongo x Ekona) x Yangambi de UNIPALM.

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	8,0	2,7	587,9	4,1	2,1	
8	8,9	3,2	593,6	4,4	2,8	0,59
9	9,8	3,5	629,5	4,7	3,6	0,63
11	10,3	3,9	645,2	4,9	4,8	0,61
Promedio	9,3	3,3	614,1	4,5		0,61

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área foliar.

United Plantation, Deli x (AVROS x Yangambi)

La producción de racimos de fruta fresca (RFF) del cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation (Figura 69), fue superior a las $32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a partir de los cinco años después de la siembra, con un valor máximo de $37 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en 11 años de registros. La asíntota o zona de estabilización del modelo logístico alcanza las $32,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Figura 70). Este cultivar se caracterizó por tener racimos grandes con pesos superiores a los 22 kg y un número de alrededor de 12 racimos $\cdot\text{palma}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Tabla 50). La distribución de la producción anual fue: entre enero y junio produjo el 49,1 % y de julio a diciembre el 50,9 %. Este cultivar presentó un pico en la producción entre junio y septiembre. Los meses de menor productividad fueron noviembre y diciembre (Figura 71).



Figura 69. Cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation. a. Detalle de la corona de racimos; y b. Altura de las palmas.

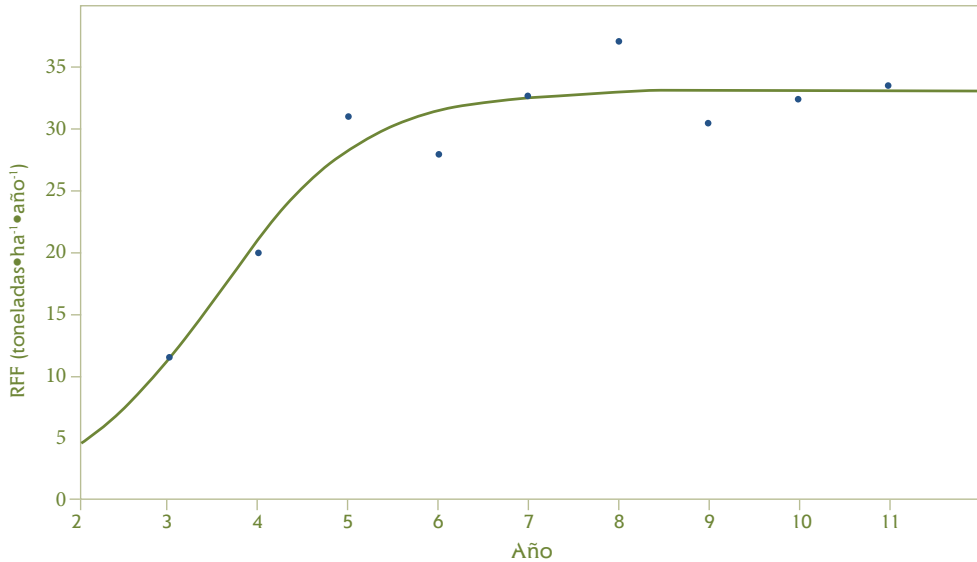


Figura 70. Modelo de ajuste para la producción de racimos de fruta fresca (RFF) desde el año 3 al 11 después de la siembra para el cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation. La línea verde representa el modelo logístico de tercera potencia. Los parámetros del modelo son: la tasa de crecimiento: 1,25; punto de inflexión: 3,553 y la asíntota: 32,88.

Tabla 50. Producción de racimos de fruta fresca, número de racimos y peso medio de racimos del año 3 al 11 después de la siembra en el cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation.

Año†	RFF palma*año ⁻¹ (kg)		NR palma*año ⁻¹		PMR (kg)	
3	78,8	(29,4)	17,9	(6,0)	4,4	(1,1)
4	138,4	(52,2)	22,3	(6,5)	6,2	(1,5)
5	216,2	(55,7)	22,7	(5,7)	9,5	(2,6)
6	195,4	(38,7)	15,1	(3,7)	12,9	(3,0)
7	228,1	(60,3)	16,5	(5,5)	13,8	(4,3)
8	259,1	(50,7)	18,1	(4,8)	14,3	(4,5)
9	212,7	(74,7)	12,5	(5,1)	17,0	(4,4)
10	225,1	(62,0)	12,0	(4,4)	18,8	(5,9)
11	232,9	(80,3)	10,7	(4,1)	21,8	(6,1)

† Años después de la siembra. En paréntesis se presenta la desviación estándar. RFF: Racimos de fruta fresca; NR: Número de racimos; y PMR: Peso medio de racimos.

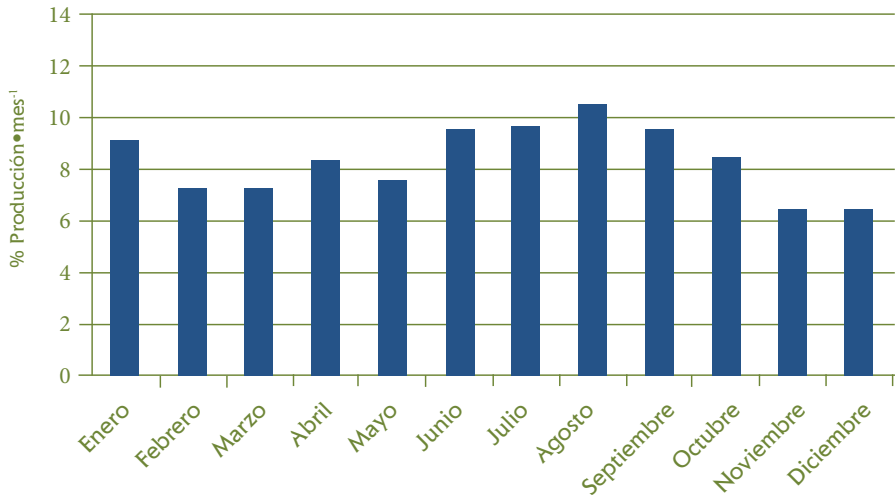
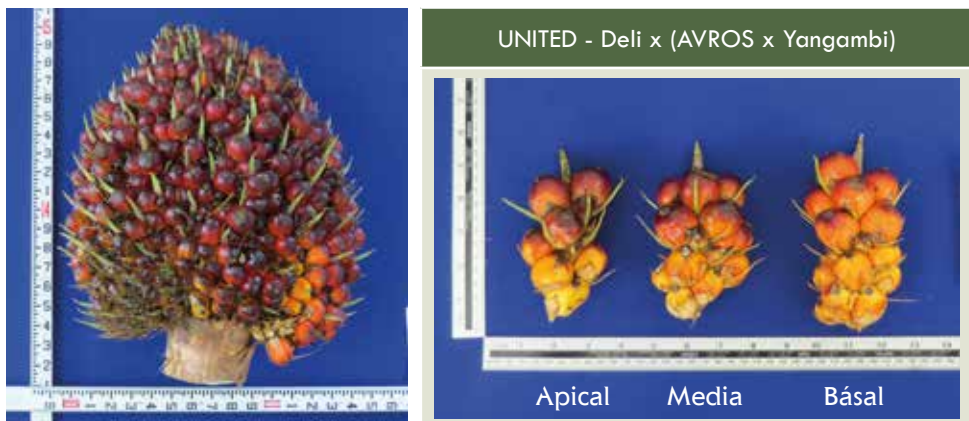


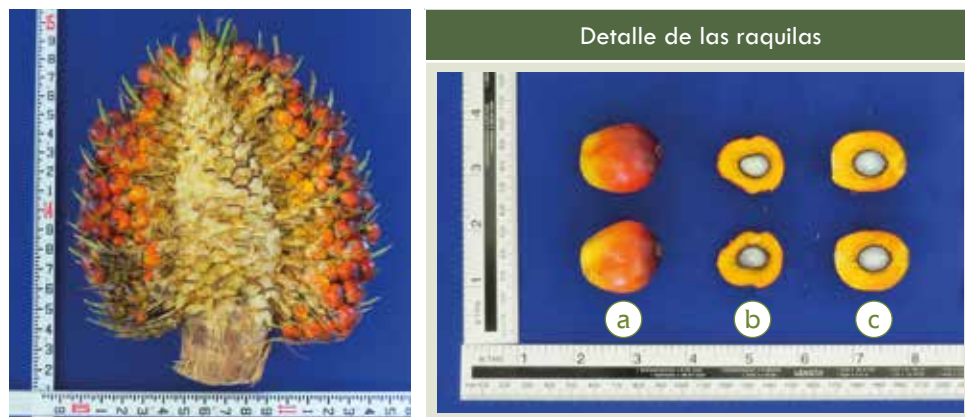
Figura 71. Porcentaje de la producción por mes para el cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation.

El potencial de aceite en el racimo del cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation, es considerado alto con un valor promedio de 26,9 %. La eficiencia de la polinización y el porcentaje de frutos normales en el racimo presentaron valores de 62,2 y 60,0 %, respectivamente. El porcentaje de mesocarpio a fruto fue de 80,2 % en promedio y, el de aceite a mesocarpio fresco alrededor de 56 % (Figura 72). El potencial de aceite por hectárea fue de 9 toneladas (Tabla 51).

Los parámetros vegetativos como el área foliar y la longitud del raquis presentaron valores de moderados a altos con 9,6 m² y 599 cm, respectivamente; además, presentó un crecimiento vertical del estípite de 59 cm al año. El índice de área foliar (IAF) en el año 11 después de la siembra fue de 5,0 (Tabla 52).



Continúa en la página siguiente



Detalle del fruto: a) Fruto completo, b) Corte ecuatorial, c) Corte longitudinal

Figura 72. Detalle del racimo, raquillas y frutos del cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation.

Tabla 51. Componentes del racimo y potencial de aceite por hectárea durante la fase adulta de producción en el cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation.

Año†	AR (%)	FSET	FR (%)	MF (%)	AMF (%)	Aceite•ha ⁻¹ •año ⁻¹ (t)
7	24,8	43,5	56,0	82,1	53,8	8,1
8	27,0	57,2	57,9	81,6	57,3	10,0
9	28,0	69,2	64,2	79,7	55,6	8,5
11	28,1	78,7	61,7	77,3	56,9	9,4
Promedio	27,0	62,2	60,0	80,2	55,9	9,0

† Años después de la siembra. AR: Aceite/racimo; FSET: Eficiencia en la polinización; FR: % de frutos normales/racimo; MF: Mesocarpio/fruto; AMF: Aceite/mesocarpio fresco.

Tabla 52. Medidas de crecimiento vegetativo durante la fase adulta en el cultivar Deli x (AVROS x Yangambi) de United Plantation.

Año†	AF (m ²)	PSF (kg)	LR (cm)	IAF	Altura (m)	Incremento anual (m)
7	8,2	3,4	584,7	4,6	2,5	
8	9,7	3,5	588,4	4,7	3,2	0,60
9	10,1	4,0	605,5	5,0	4,0	0,62
11	10,4	4,4	617,5	5,0	5,1	0,56
Promedio	9,6	3,8	599,0	4,8		0,59

† Años después de la siembra. AF: Área foliar de la hoja 17; PSF: Peso seco foliar de la hoja 17; LR: Longitud de raquis; IAF: Índice de área foliar.

Bibliografía

- Alvarado, A., Ricardo Escobar y Francisco Peralta (2010). ASD's oil palm breeding program and its contributions to the oil palm industry. ASD Oil Palm Papers (Costa Rica), N° 34: 1-16.
- Breure, C. J. 2006. Performance of ASD's oil palm parent material in South Sumatra: The search for elite planting material for Indonesia. ASD Oil Palm Papers, 29, pp 19- 30. (Online: http://www.asdcr.com/images/Breure_OPP_29_2006.pdf)
- Corley R. H. V. and P. B. Tinker. 2003. The oil palm. 4th Ed. World Agricultural. Series. Blackwell Publishers Ltd, Oxford UK
- Dumortier, F. 2003. Breeding for high yielding progenies at Dami OPRS. International Pipoc Conference "Palm Oil: The Powerhouse for the Global Oils & Fats Economy". Putrajaya, Malaysia.
- Durand-Gasselín, T.; Kouame Kouame, R.; Cocharde, B.; Adon, B and Amblard, P. 2000. Diffusion variétale du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.). 7: 203-6.
- Isa, Z. A, A. Kushairi, C. Chin, M. Sharma, C. C. Chia, N. Rajanaidu and D. A. Mohd. 2005. Performance of Malaysian DxP-Third round evaluation. In: proceedings of the 2005 national seminar on advances in breeding and clonal technologies for super yielding planting cultivars. Malaysian palm oil board. Selangor, Malaysia. 95-137 p.
- Joe, T. Y. P, M. Y. Azman and M. Monhaimi. 2005. High yielding golden hope oil palm planting cultivars for improved productivity. In: proceedings of the 2005 national seminar on advances in breeding clonal technologies for super yielding planting cultivars. Malaysian palm oil board. Selangor, Malaysia. 138-151 p.
- Junaidah, J., Rafli, M. Y., Chin, C. W. and Saleh, G. 2011. Performance of *tenera* oil palm population derived from crosses between *Deli dura* and *pisifera* from different sources on inland soils. J. Oil Palm Res. 23:1210-1221.
- Meunier, J., and Gascon, J. P. 1972. Le schéma général d'amélioration du palmier à huile à l'IRHO. *Oléagineux* 27, 1-12.
- Rajanaidu, N. and B. S. Jalani. 1996. Performance of DxP planting cultivar in various parts of the world. Proceedings of worldwide performance of DxP planting cultivars, clones and interspecific hybrids. (Eds. N Rajanaidu and B S Jalani): 1-34 p.
- Richardson, D. L. y Alvarado, A. 2003. Germoplasma de ASD de origen Nigeria. ASD Oil Palm Papers, 26, pp 1-22. (Online: <http://www.asdcr.com/>).
- Sterling, F, Alvarado, A. 1995. Ekona y Calabar como fuentes alternativas de progenitores masculinos en la producción comercial de semillas de palma aceitera. ASD Oil Palm Papers (Costa Rica), No. 11: 23-32.
- Sterling, F. y Alvarado, A. 2002. Historia de las colecciones de germoplasma de palma aceitera de ASD de Costa Rica. ASD Oil Palm Papers (Costa Rica), No. 24, 17-23.



CAPÍTULO 3

Doblamiento foliar (enruanamiento) en cultivares comerciales de palma de aceite evaluados en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína

Autores

Andrés Alejandro Tupaz Vera¹
Iván Mauricio Ayala Díaz¹
Arley Fernando Caicedo Zambrano¹
Hernán Mauricio Romero Angulo^{1, 2}

Cómo citar este artículo:

Tupaz Vera, A.A., Ayala Díaz, I.M., Caicedo Zambrano, A.F., & Romero Angulo, H.M., (2017). Doblamiento foliar (enruanamiento) en cultivares comerciales de palma de aceite evaluados en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína. En: I.M. Ayala Díaz & H.M. Romero Angulo (Eds.), *Comportamiento agronómico de cultivares comerciales de palma de aceite en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína* (1ra ed., pp. 111-123). Bogotá: Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.

¹ Programa de Biología y Mejoramiento, Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, Colombia. hromero@cenipalma.org

² Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Introducción

El crecimiento de las plantas está determinado por la fotosíntesis generada a través de la fijación del dióxido de carbono, por medio de la cual se forma la materia seca. Los recursos indispensables para el proceso de fotosíntesis de una planta son: agua, CO₂, sales minerales, clorofila, radiación solar y una buena superficie de interceptación de la radiación (área foliar). Cualquier condición limitante de alguno de estos componentes influye negativamente sobre este proceso y, por tanto, en la productividad del cultivo (Romero *et al.*, 2007).

La producción está influenciada por el tamaño, forma, edad, ángulo de inserción, separación vertical y arreglo horizontal de las hojas. Sin embargo, la producción final no depende solo de la capacidad de realizar fotosíntesis que tienen las plantas, sino también, de la habilidad de transportar y almacenar los carbohidratos y otros compuestos en los frutos, granos u otros recipientes de la producción (Cayón, 1999). El número de hojas nuevas producidas por una palma es bajo en el primer año después del trasplante, pero puede llegar hasta 40 hojas por año a los dos años después del trasplante; luego decae constantemente con la edad estabilizándose desde los 8 a 12 años con aproximadamente 20 a 24 hojas emitidas por año (Jacquemard, 1979; Gerritsma y Soebagyo, 1999).

La palma adulta tiene entre 30 a 49 hojas funcionales las cuales pueden alcanzar entre cinco y siete metros de longitud. Cada hoja soporta un racimo cuyo desarrollo depende del estado fisiológico de la palma (Hormaza *et al.*, 2011). El dosel de la palma de aceite tiene las hojas más viejas en la base y están siempre a la sombra de las hojas superiores. Las hojas son como paneles solares y, para aprovechar al máximo la luz solar se debe exponer la mayor cantidad posible de tejido a los fotones incidentes. La eficiencia en la interceptación de luz está en función de la superficie foliar de la planta (De las Rivas, 2000). Según Corley (1998), la tasa de conversión

fotosintética dependerá de cómo es interceptada la luz; un ejemplo de lo anterior es que las hojas viejas harán un uso más deficiente de la luz que las hojas jóvenes. Suresh y Nagamani (2006) obtuvieron valores de fotosíntesis, tasa de transpiración y conductancia estomática en el dosel de la palma de aceite adulta (*E. guineensis*), encontrando que la mayor actividad se presenta en la hoja nueve y que estos valores disminuían progresivamente con la edad de la hoja.

En los cultivos de palma de aceite la remoción de las hojas viejas o la poda es una práctica frecuente en el manejo de las plantaciones, con el fin de facilitar la cosecha y como una medida sanitaria; además, se obtienen beneficios adicionales al mejorarse la localización de los racimos maduros y al disminuir las pérdidas de los frutos sueltos en las axilas de las hojas (Turner y Gillbanks, 1974). Desde el punto de vista técnico la práctica de podar o remover las hojas muertas o enfermas puede ser beneficiosa, sin embargo, podar las hojas verdes y sanas implica una reducción del área fotosintética de la planta, lo cual en determinado tiempo puede afectar la producción de racimos. De esta manera es probable obtener un nivel óptimo de poda que permita balancear los efectos adversos. Resultados de varios experimentos realizados en palmas entre cinco y ocho años de edad han mostrado que en general las podas por debajo de 40 hojas pueden afectar la producción, mientras que, para las palmas entre los ocho a 12 años de edad, entre 30 y 32 hojas podrían ser las adecuadas si no se quiere afectar la producción (Sly, 1968; Motta, 2000). Sin embargo, adicional a las podas, cualquier factor que disminuya el área fotosintética total por debajo de estos parámetros puede causar un detrimento en la productividad de las palmas, como por ejemplo, los daños causados por plagas y enfermedades, las deficiencias nutricionales marcadas o las causadas por el doblamiento de las hojas (enruanamiento).

El doblamiento foliar tiene un mayor impacto en las zonas Central y Norte de Colombia donde las plantaciones reportan este comportamiento asociado a los periodos secos del año y posibles desbalances nutricionales. Las investigaciones realizadas en la Zona Norte palmera por el Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, abordan la hipótesis nutricional, para lo cual se evaluaron diferentes fuentes de potasio con el objeto de reducir el doblamiento foliar y se encontró que las aplicaciones de potasio usadas en el experimento no causaron una reducción significativa en el doblamiento foliar en palma de aceite (González y Romero, 2010).

En 2015, en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína se registraron seis meses con menos de 150 mm de precipitación. Durante este periodo se presentaron varios casos de doblamiento foliar en palmas pertenecientes a la prueba de progenie de cultivares comerciales, lo que permitió evaluar la aparición, en cruzamientos procedentes de orígenes genéticos diversos, de diferentes grados de doblamiento foliar que se analizarán en este capítulo.

Metodología

El estudio se realizó en el ensayo de cultivares comerciales del CEPV. Las observaciones del doblamiento de las hojas se realizaron después de un periodo marcado por déficit hídrico con precipitaciones por debajo de 150 mm/mes. Las evaluaciones se realizaron adaptando la metodología descrita por González y Romero (2010), con algunas modificaciones en la descripción de la afectación mediante el uso de una escala cualitativa que describe el doblamiento de las hojas (Tabla 53).

Tabla 53. Escala para describir el doblamiento foliar en palma de aceite.

Escala	Evaluación en campo	Descripción
Sana o sin doblamiento)	Palma sana que no presenta doblamientos o quebramientos de los peciolos de las hojas	
Grado 1 (Intermedia)	Hojas dobladas o quebradas que forman un ángulo de 90 ° con la vertical. Estas palmas son consideradas con doblamiento intermedio.	

Continúa en la página siguiente

Escala	Evaluación en campo	Descripción
Grado 2 (Enruanada)	Hojas dobladas o quebradas que forman un ángulo de más de 180 ° con la vertical. Estas palmas presentan un doblamiento severo o totalmente enruanadas.	

Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete SAS. Se realizaron contrastes ortogonales para comparar entre medias individuales o grupales, separando los cruzamientos en grupos lógicos y, para este caso en particular, entre tipos de cruzamientos. Como variable de respuesta para los análisis estadísticos se estimó el porcentaje de palmas afectadas con doblamiento foliar, que se calculó como el número de palmas con doblamiento en los estados 1 y 2 sobre el número total de palmas (Sin doblamiento+palmas con doblamiento en los estados 1 y 2).

El doblamiento de las hojas y el quebramiento de los peciolos pueden tener un impacto sobre la capacidad de asimilación de las hojas, por tal razón, se realizaron medidas de parámetros fisiológicos que permitieron conocer el efecto del doblamiento sobre la fotosíntesis, conductancia estomática y, el uso eficiente del agua. Las mediciones se realizaron usando un equipo portátil de intercambio de gases tipo IRGA y marca LiCor modelo 6400 XT (USA), con parámetros fijos de concentración de CO₂ en 400 ppm, flujo de aire en 170 μmol•s⁻¹ y, radiación fotosintéticamente activa (PAR, por sus siglas en inglés) saturante de 1000 μmol•m²•s⁻¹. Con base en estos parámetros fijos se registró la tasa de asimilación (fotosíntesis) (μmol CO₂•m⁻²•s⁻¹), la conductancia estomática (mol H₂O•m⁻²•s⁻¹) y transpiración (mmol H₂O•m⁻²•s⁻¹). Las mediciones se ejecutaron entre las 8:30 y las 11:30 horas. Se tomaron dos folíolos de sol y dos de sombra en las hojas 9, 17 y 25. Los cultivares usados para la evaluación de parámetros fisiológicos provenían de tres cruzamientos contrastantes donde el progenitor femenino común fue *Deli dura* y tres diferentes orígenes masculinos (AVROS, Ghana y La Mé)

Resultados y discusión

El comportamiento de la precipitación en el CEPV entre 2010 y 2015 (Figura 73), muestra una drástica disminución de las precipitaciones para el año 2015 en comparación con años anteriores. Para ese año el comportamiento mensual de las lluvias registró un mínimo de 79 mm para junio y máximo de 415 mm para octubre; adicionalmente, seis de los 12 meses del año registraron precipitaciones menores a 150 mm. Para alcanzar altos rendimientos en palma de aceite las precipitaciones anuales deben estar entre 2.000 y 2.500 mm, con mínimos de 150 mm mensuales (Paramanathan, 2003).

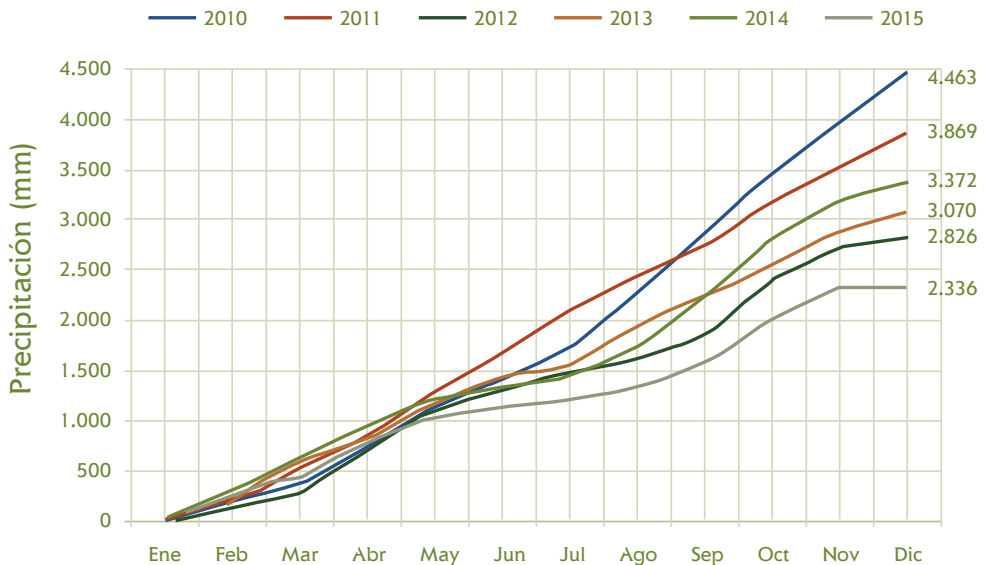


Figura 73. Comportamiento de la precipitación acumulada entre 2010 y 2015 en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína (CEPV).

Además de la marcada reducción de la precipitación, el tipo de suelo donde se encontraba ubicado (consociaciones de suelos; La Vizcaína y Mulería) se caracterizaban por tener una baja disponibilidad de oxígeno, asociados con drenaje natural imperfecto, nivel freático fluctuante, texturas arcillosas, muy lenta conductividad hidráulica y frecuentes encharcamientos de muy corta duración (Fino, W. J., *et al.*, 2005). Bajo condiciones de escasez de agua en este tipo de suelo se presentan agrietamientos profundos, afectando el sistema radical en la zona de mayor concentración de raíces. Las características de los suelos anteriormente descritas sumadas a las condiciones de déficit hídrico afectan la absorción y transporte de agua y nutrientes desde el suelo, impactando negativamente en la productividad del cultivo.

Una alta incidencia de palmas afectadas por el doblamiento foliar se presentó después de un periodo prolongado de déficit hídrico en 2015, lo cual se constituyó en la única oportunidad de realizar la evaluación en conjunto de cultivares comerciales *tenera* sembrados bajo un diseño experimental.

Los resultados del doblamiento foliar presentaron un comportamiento variable entre los cultivares evaluados (80 palmas para cada uno). El valor máximo de palmas sin doblamiento (sanas) fue de 91 %, y se presentó en uno de los cruzamientos Deli x La Mé. En contraste, el valor mínimo en esa clasificación fue de 15,4 %, correspondiente a un cruzamiento Deli x AVROS. El valor máximo de palmas con doblamiento para la clasificación en Grado 1 se presentó en el cruzamiento Deli x Nigeria con 42,9 %, en comparación con el valor mínimo presentado en los cruzamientos Deli x La Mé (6,4 %) y, por último, el valor máximo de palmas con doblamiento para la clasificación en Grado 2 lo presentó un cruzamiento Deli x AVROS con 47,6 %, en contraste con el valor mínimo presentado en dos cruzamientos Deli x La Mé (1,3 %) (Tabla 54 y Figura 74).

Tabla 54. Valores descriptivos de los parámetros de doblamiento evaluados.

Descriptores	Palmas sin doblamiento	Palmas Grado 1	Palmas Grado 2
Valor máximo	91,1	42,9	47,6
Valor mínimo	15,4	6,4	1,3
Mediana	58,9	22,8	10,7
Media	52,2	21,2	16,5

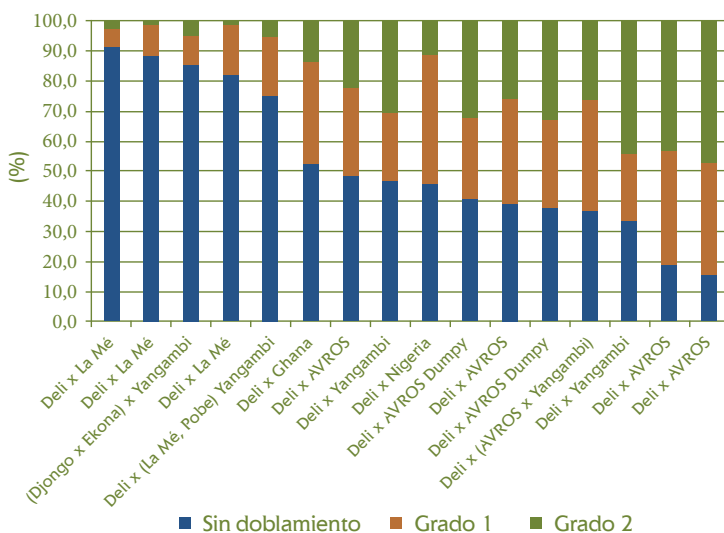


Figura 74. Porcentaje de palmas sanas o sin doblamiento (azul), doblamiento Grado 1 (naranja) y doblamiento Grado 2 (verde) para 16 cultivares comerciales D x P. El número total de palmas fue de 80 para cada cultivar.

Los análisis del porcentaje de palmas afectadas por el doblamiento en los Grados 1 y 2 mostraron diferencias estadísticas en los cultivares evaluados. En principio, se formaron dos grandes grupos claramente diferenciables por el grado de afectación causado por el doblamiento foliar. El primer grupo estuvo conformado por cultivares cuyos cruzamientos fueron principalmente de origen asiático (Deli x AVROS, Deli x Yangambi, Deli x (AVROS x Yangambi), Deli x AVROS-Dumpy), y algunos de origen africano (Deli x Nigeria y Deli x Ghana), que presentaron un porcentaje de palmas afectadas entre 47 y 85 %, donde las mayores afectaciones se presentaron en los cultivares tipo AVROS y Yangambi.

Los cultivares menos afectados por el doblamiento foliar fueron Deli x La Mé, (Djongo x Ekona) x Yangambi, y Deli x (La Mé, Pobe y Yangambi), con afectaciones entre 9 y 25 % de las palmas, donde en general, Deli x La Mé fue el menos afectado. A pesar que la base genética de la palma es estrecha existen diferencias claras entre los cultivares de origen asiático y africano. Los cultivares asiáticos presentan un crecimiento vegetativo vigoroso, de hojas grandes, racimos de gran tamaño y su baja tolerancia al estrés abiótico. Por otro lado, los cultivares de tipo africano son menos vigorosos, con áreas foliares de menor tamaño, racimos medianos y, en algunos casos, se han reportado materiales con tolerancia a factores abióticos.

Debido a la naturaleza divergente de algunos cruzamientos de cultivares evaluados y asociados a su origen genético, se realizó un análisis de contrastes ortogonales que permiten hacer comparaciones entre grupos de medias. Las comparaciones se realizaron entre los cultivares Deli x La Mé y, los demás cultivares evaluados en la prueba de progenie. Los resultados muestran que en los cultivares donde La Mé se usó como parental masculino las palmas se afectaron entre el 34 % (Deli x Ghana) y el 57 % (Deli x AVROS), menos que los cultivares que no involucraban a este origen, siendo estas comparaciones estadísticamente significativas (Tabla 55). El único contraste no significativo se presentó al comparar los cruzamientos Deli x AVROS vs. Deli x Yangambi, indicando que estos dos cruzamientos se comportan de manera similar, con una diferencia de 9,3 % en el doblamiento. Ambos cultivares son los que presentan un mayor número de palmas afectadas por el doblamiento foliar.

Tabla 55. Contrastes ortogonales entre los grupos de cultivares según su origen genético comparando el porcentaje de doblamiento.

Contrastes evaluados	Diferencia en % de palmas con doblamiento foliar ¹	Valor de F	Pr > F
Deli x La Mé vs resto de los cultivares	-42,8	58,43	<,0001
Deli x La Mé vs Deli x AVROS	-56,6	67,68	<,0001
Deli x (La Mé, Pobe y Yangambi) + Deli x La Mé vs Deli x AVROS	-53,6	75,10	<,0001

Continúa en la página siguiente

Contrastes evaluados	Diferencia en % de palmas con doblamiento foliar ¹	Valor de F	Pr > F
Deli x La Mé vs Deli x Yangambi	-47,2	36,06	<,0001
Deli x La Mé vs Deli x AVROS-Dumpy	-47,8	33,04	<,0001
Deli x La Mé vs Deli x Ghana	-34,3	11,54	0,0014
Deli x La Mé vs Deli x Nigeria	-41,3	16,75	0,0002
Deli x AVROS vs Deli x Yangambi	9,3	1,52	0,2244

¹ El porcentaje de palmas con doblamiento se calculó mediante el número de palmas con doblamiento en Grado 1 y 2 el número total del palmas por cultivar/repetición x 100.

Variables fisiológicas

El análisis del efecto del doblamiento foliar se realizó en tres cultivares que representaban, en su gran mayoría, el origen genético de los cultivares evaluados. A nivel general, la respuesta observada de la fotosíntesis en las mediciones realizadas mostró valores diferentes entre las hojas sanas y aquellas que presentan algún nivel de doblamiento foliar (enruanamiento). Aquellas hojas que presentaban mayor ángulo de inclinación (Grados 1 y 2) exhibieron una respuesta fotosintética mucho menor que una hoja en estado normal. El cultivar Deli x Ghana (ASD) presentó un valor promedio de fotosíntesis de $5,7 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ en una hoja doblada en Grado 1, mientras que, una hoja sin doblamiento de la misma planta, presentó un valor de $11,58 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. La misma tendencia se observó en palmas en Grado 2, donde una hoja doblada exhibió un valor de fotosíntesis de $9,26 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; mientras que una hoja sana tuvo $16,04 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Figura 75).

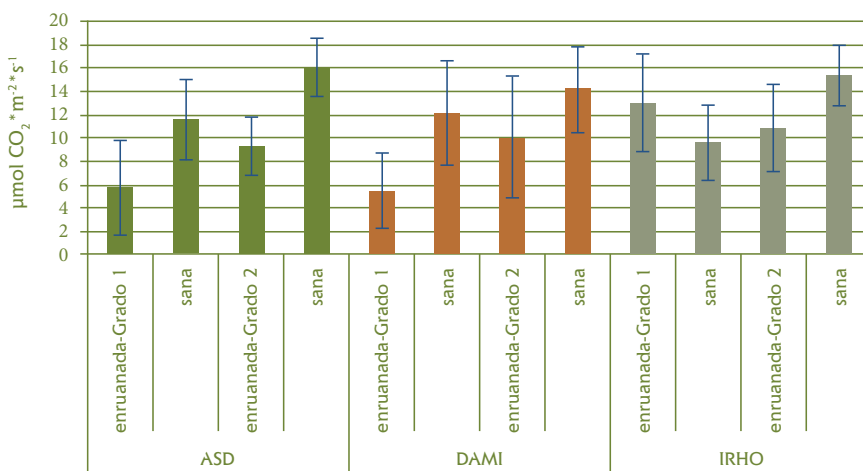


Figura 75. Respuesta fotosintética de tres cultivares comerciales con diferentes grados de doblamiento foliar.

En el cultivar DAMI las hojas dobladas de palmas con Grado 1 y 2 obtuvieron valores promedio de fotosíntesis de 5,46 y 10,12 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente. Mientras que las palmas sanas presentaron valores de 12,17 y 14,16 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Finalmente, el cultivar IRHO presentó valores de fotosíntesis tan bajos como los otros cultivares. Las hojas en Grado 2 mostraron valores de 10,85 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, mientras en las hojas sanas obtuvieron promedios de 15,45 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Todo lo contrario se observó en el Grado 1 donde las hojas dobladas presentaron mayor fotosíntesis que las hojas normales (Figura 75).

Los valores de transpiración y conductancia estomática presentados en las palmas evaluadas mostraron la misma tendencia que la fotosíntesis, en la que las hojas dobladas obtuvieron valores más bajos que las hojas sanas (Figuras 76 y 77). La pérdida de agua desde las hojas hacia la atmósfera está asociada al intercambio de CO_2 . Los estomas son la principal vía de intercambio de carbono y agua entre la hoja y el ambiente. El cierre estomático supone una ventaja a la hora de evitar pérdidas de agua, sin embargo, tiene como contrapartida una reducción en la captación de CO_2 y calentamiento de la hoja, por lo tanto, se debe alcanzar un equilibrio entre la absorción de CO_2 para la fotosíntesis y la pérdida de H_2O por transpiración (Varela *et al.*, 2010).

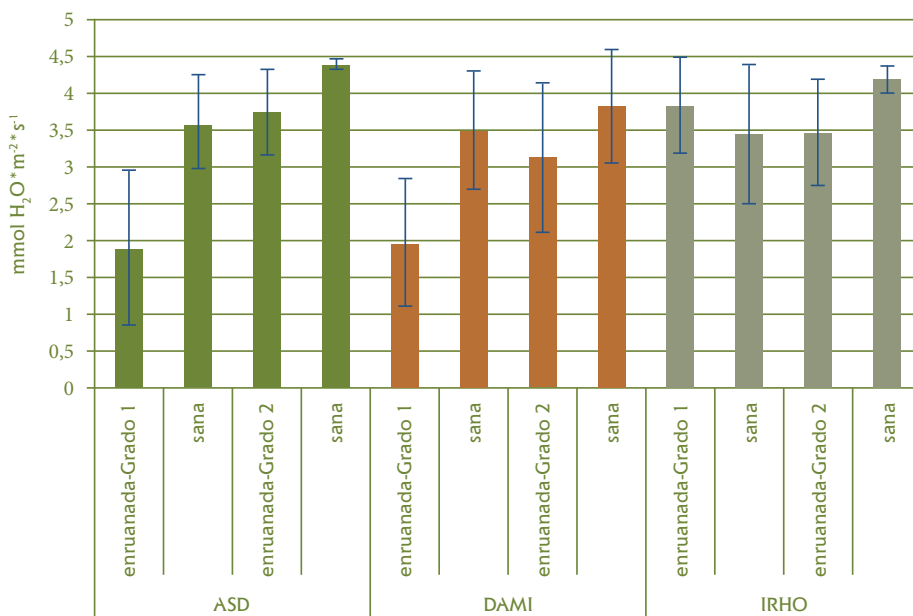


Figura 76. Transpiración de tres cultivares comerciales con diferentes grados de doblamiento foliar.

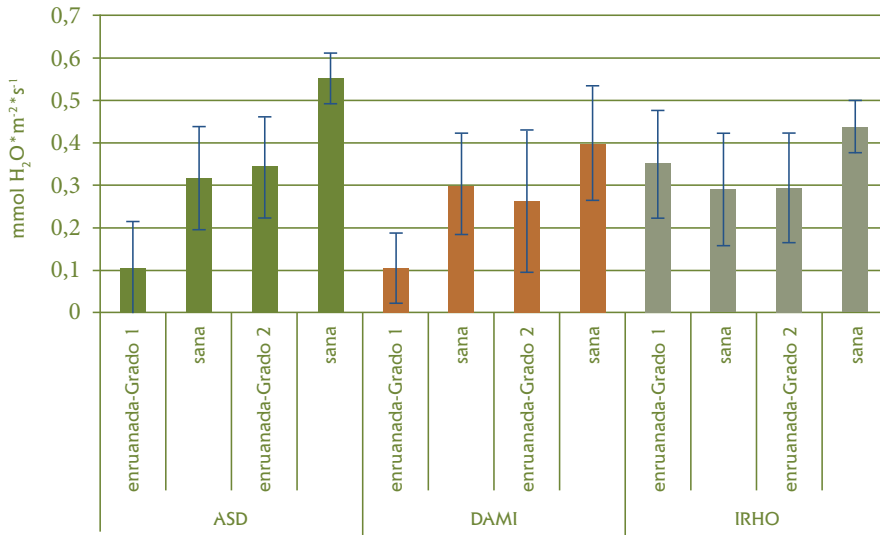


Figura 77. Conductancia estomática de tres cultivares comerciales con diferentes grados de doblamiento foliar.

Sin embargo, en aquellas hojas que han sufrido un doblamiento foliar muy agudo se produce un quiebre completo del peciolo y se obstruyen sus canales de transporte acelerando la senescencia de las hojas afectadas, lo que conlleva a que la hoja no se encuentre totalmente funcional para la planta con disminuciones de más de 50 % de su actividad fotosintética. En palma de aceite las afectaciones severas en el doblamiento de hojas generan una disminución de la superficie foliar que reduce el área foliar apropiada para permitir una buena interceptación de la radiación solar. Motta *et al.*, (2000) afirman que la producción de racimos de fruta fresca (RFF) es fuertemente influenciada por el número de hojas mantenidas por la planta. En condiciones de la Zona Norte palmera colombiana, es posible dejar 30 hojas sin que se afecten los rendimientos de RFF, y en consecuencia, cualquier factor limitante que afecte el área fotosintética total de la palma incide en un detrimento de su funcionamiento fisiológico y metabólico, lo que impacta directamente en la productividad.

Trabajos futuros estarán encaminados a encontrar alternativas de manejo que permitan mitigar el efecto negativo del doblamiento foliar, donde se plantean escenarios relacionados con la nutrición de las plantas y el manejo eficiente del agua, ambos enfocados principalmente a los cultivares que presentan mayor susceptibilidad y que están relacionados con cruzamientos Deli x AVROS y Deli x Yangambi.

Bibliografía

- Cayon, D. G. 1999. Apuntes sobre fisiología del crecimiento y desarrollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Palmas. 20 (3): 43-54.
- Corley, R. 1998. Productividad de la palma de aceite. Aspectos fisiológicos. Palmas 19. Especial, 162-168.
- De las Rivas, J. 2000. Capítulo 9: La luz y el aparato fotosintético. Pp 131-153 En: Azcón-Bieto J. y M. Talon (eds.). Fisiología y bioquímica vegetal. Primera edición. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana de España, 581 p.
- Fino Rojas W. J. et al. Levantamiento detallado de suelos y aptitud de uso para palma de aceite en plantaciones de la zona central palmera. Cenipalma-Sena, Noviembre 2005.
- Gerritsma W. & Soebagyo F.X. 1999. An analysis of the growth of leaf area of oil palms in Indonesia. *Expl Agric.*, 35, 293-308
- Gonzalez, M., Romero, H.M. 2010. Evaluación de diferentes fuentes de potasio para reducir el dobleamiento foliar en palma de aceite. Palmas. 31(3): 17-25.
- Hormaza, P.A., Forero, D., C., Ruiz, R., Romero, H.M. 2011. Fenología de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y del híbrido interespecífico (*Elaeis oleífera* [Kunt] Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.). Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma). 110 p.
- Jacquemard J.C. 1979. Contribution to the study of the height growth of the stems of *Elaeis guineensis* Jacq. Study of the L2T X D10D cross. *Oleagineux*, 34, 492-497
- Motta, V.D.; García, J.A.; Ayala, R.A. 2000. Efecto de la poda en el desempeño fisiológico y productivo de la palma de aceite en la Zona Norte colombiana. Palmas 21(Número especial): 41 - 46.
- Paramanathan, S 2003. Land Selection for Oil Palm. In T. Faehurst and R. Hardter (Eds.), Oil Palm: Management for Large and Sustainable Yields. (pp. 27-57). Singapore: International Potash Institute.
- Romero, H., Ayala, I. y R. Ruiz. 2007. Ecofisiología de la palma de aceite. Palmas 28 (Número especial, tomo I): 176 – 184 p.
- Sly, J. M. A. 1968. The results from pruning experiments on adult oil palms in Nigeria. *Journal of the Nigerian Institute of Oil Palm Research (Nigeria)* v.5, p.88-99.
- Suresh, K. Nagamani, C. 2006. Variations in photosynthetic rate and associated parameters with age of oil palm leaves under irrigation. *Photosynthetica* 44 (2). 309 - 311.
- Turner, P D.; Gillbanks, P A. 1974. Oil palm cultivation and management. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur. 672 p.
- Varela, S., Caballé, G., Curetti, M., Portela J. 2010. Capítulo 7: Sistemas IRGAS en la medición de Intercambio Gaseoso. Pp: 87–106. En: Fernández, M.E., Gyenge, J. 2010. Técnicas de Medición en Ecofisiología vegetal: Conceptos y procedimientos. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA. San Carlos de Bariloche, 138 p.



CAPÍTULO 4

Análisis económico del comportamiento productivo de cultivares comerciales de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq., bajo las condiciones del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína

Autores

Carlos Andrés Fontanilla Díaz¹
Mauricio Mosquera Montoya¹
Edison Steve Daza²
Iván Mauricio Ayala Díaz²
Hernán Mauricio Romero Angulo^{2, 3}

Cómo citar este artículo:

Fontanilla Díaz, C.A., Mosquera Montoya, M., Daza, E.S., Ayala Díaz, I.M., & Romero Angulo, H.M. (2017). Análisis económico del comportamiento productivo de cultivares comerciales de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq., bajo las condiciones del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína. En: I.M Ayala Díaz & H.M. Romero Angulo (Eds.), *Comportamiento agronómico de cultivares comerciales de palma de aceite en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína* (1ra ed., pp. 125-138). Bogotá: Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.

-
- ¹ Evaluación de Investigación Económica, Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, Colombia.
 - ² Programa de Biología y Mejoramiento, Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, Colombia. hromero@cenipalma.org
 - ³ Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Introducción

A partir de 2005, el cultivo de la palma de aceite se viene consolidando como la fuente de mayor demanda de aceite vegetal (LMC, 2014). Para 2013, los aceites de palma y de palmiste aportaban cerca del 33 % de la producción global del mercado de aceites y grasas, con más de 62 millones de toneladas producidas (Fedepalma, 2015).

Pese a que esta agroindustria es la de mayor rendimiento de aceite por unidad de área (4,2 toneladas por hectárea, casi cuatro veces mayor que sus competidores), su estrategia para incrementar la oferta de aceite se ha basado en el crecimiento en área más no en el aumento de la productividad de sus cultivos. En los últimos 25 años, cultivos como la soya y la colza han incrementado el rendimiento de sus cultivos (toneladas de aceite por hectárea) mediante mejoramiento genético en más del 60 y 100 %, respectivamente; mientras que los cultivos de palma de aceite solo han logrado incrementarlo el 25 % (Dwyer, 2012).

Si bien los cultivares de palma de aceite tienen un potencial de producción entre 12 y 13 toneladas de aceite de palma crudo (APC) por hectárea (Corley y Tinker, 2003), existen limitaciones agronómicas, administrativas, económicas, ambientales y sociales para que las plantaciones logren acercarse al potencial de rendimiento del cultivo (Goh *et al.*, 1994). En plantaciones altamente productivas, dichas limitantes han restringido el rendimiento promedio de las áreas sembradas a 5 y 6 toneladas de aceite de palma por hectárea (Corley y Tinker, 2003; Donough *et al.*, 2009).

En Colombia, el rendimiento promedio de los cultivos de palma de aceite en términos de racimos de fruta fresca (RFF) producidos por unidad de área, se ubicó entre las 14,92 y 17,29 toneladas por hectárea al año, durante el periodo 2009-2013; ahora bien, si se habla de la productividad en términos de aceite por unidad de área, para el mismo periodo, los rendimientos estuvieron entre 3,11 y 3,54

toneladas de APC por hectárea al año (Fedepalma, 2014). Estos valores llaman la atención porque permiten identificar brechas con respecto a otros países productores de palma de aceite, donde el rendimiento promedio en términos de aceite por hectárea supera las 4 toneladas al año. Entre las principales razones de esta diferencia está la juventud de los cultivos sembrados en el país y el rezago tecnológico de los palmicultores que se han vinculado al sector en los últimos años. Superar estas limitaciones es un reto para la agroindustria que vale la pena afrontar.

Este capítulo presenta los resultados económicos de 16 cultivares de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq., provenientes de diferentes casas comerciales que fueron sembrados en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína. Estos cultivares han mostrado resultados prometedores para la agroindustria de la palma de aceite, en términos de rendimiento de fruto y de aceite por hectárea, durante los once años de evaluaciones en campo. No obstante, alcanzar dichas productividades ha sido una tarea exigente, que ha demandado recursos considerables en términos económicos. Estos beneficios y requerimientos económicos serán presentados a lo largo del capítulo, pero más allá de resaltar el comportamiento individual de cada cultivar, se busca destacar el buen desempeño obtenido por todos ellos.

Metodología

Cultivares de siembra evaluados

En la introducción general se presenta el listado de los 16 cultivares comerciales usados en esta evaluación (Tabla 1), los cuales son cruzamientos entre madres *Deli dura* y padres *pisíferas* de diferentes orígenes genéticos evaluados bajo las condiciones edáficas y climáticas del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína, ubicado en Barrancabermeja, Zona Central palmera de Colombia.

Estimación del flujo de ingresos y egresos de cada cultivar de siembra

Se estimaron los ingresos y los costos de producción de 16 cultivares de palma de aceite sembrados en 2003. Estas cuantías fueron valoradas en pesos constantes de 2014 y expresadas por unidad de área (hectárea).

Para los primeros once años de cultivo, los ingresos de efectivo de cada cultivar fueron calculados a partir de las producciones obtenidas por hectárea (Tabla 56), y del precio promedio de venta de fruto de los últimos diez años, valorado en 17 % del precio nacional de referencia del aceite de palma crudo (Figura 78); por su parte, los costos

de producción fueron estimados por hectárea según lo propuesto por Mosquera *et al.*, (2014) con base en históricos de actividades de establecimiento, fertilización, manejo sanitario, cosecha y otras labores de mantenimiento del cultivo, y de compensaciones económicas de la mano de obra empleada. Cabe mencionar que, para los costos fijos de producción como administración, mantenimiento y reparaciones de maquinaria, combustibles y sostenimiento de animales, se consideraron los que resultaron del promedio del costo nacional de producción de palma de aceite (Fedepalma, 2014), dado que en CEPV estos no solo responden por actividades de cultivo, sino también, por actividades de Campo Experimental.

Tabla 56. Histórico de productividad según cultivar (toneladas \cdot ha $^{-1}\cdot$ año $^{-1}$).

Cultivar	Edad de cultivo									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12*
1	8,44	15,07	29,43	28,08	31,58	34,74	34,55	37,06	33,69	35,0
2	11,15	21,90	32,34	31,13	35,23	38,94	29,44	37,56	42,48	37,1
3	12,46	19,01	31,13	30,94	31,89	36,79	28,55	34,34	35,40	33,8
4	6,59	16,45	25,04	23,63	30,07	34,73	26,64	31,89	32,23	31,4
5	11,27	19,80	30,91	27,95	32,62	37,04	30,42	32,20	33,31	33,2
6	6,85	16,07	31,09	30,53	33,43	39,30	34,34	33,73	36,06	35,9
7	5,43	18,80	31,26	35,53	38,40	38,52	32,57	34,90	43,78	37,4
8	4,90	17,70	29,12	37,52	33,81	38,33	32,87	39,10	33,60	36,0
9	6,02	18,65	29,50	33,13	35,59	32,25	27,71	36,14	38,96	33,8
10	7,65	17,33	28,58	32,39	37,23	43,55	30,67	34,35	34,25	35,7
11	8,15	19,11	32,83	30,81	31,22	43,26	28,79	31,13	34,17	34,3
12	3,85	12,04	26,48	28,65	33,30	34,68	29,82	34,66	32,08	32,8
13	1,63	12,36	28,68	27,03	34,54	38,10	35,00	38,64	37,24	37,2
14	1,59	11,42	24,40	29,47	32,95	34,48	31,36	32,45	30,99	32,3
15	4,67	12,59	25,57	28,92	32,76	34,89	29,04	30,98	29,94	31,2
16	2,19	14,41	27,70	30,11	31,79	35,55	31,57	33,75	33,29	33,5

* Promedio últimos cuatro años (años 8, 9, 10 y 11).

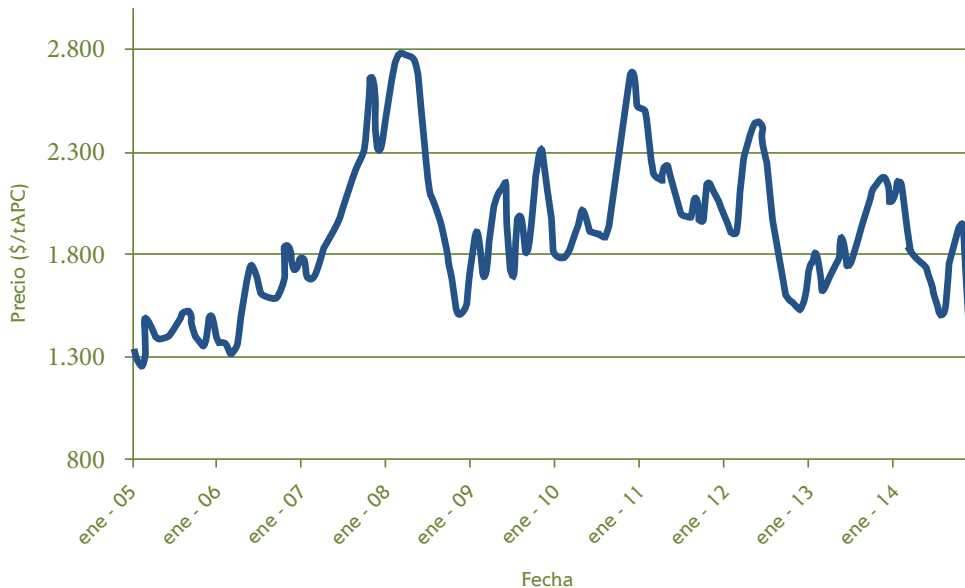


Figura 78. Precio de referencia del aceite de palma crudo, APC (pesos constantes de diciembre de 2014).

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Sispa 2015.

Los costos de establecimiento contemplaron corrección química y preparación física del suelo, siembra de coberturas, plántulas disponibles para siembra puestas en el lote, siembra de las palmas e infraestructura de producción (vías, canales de drenaje y alcantarillas).

Los costos de mantenimiento contabilizaron las diferentes labores de cultivo ejecutadas según la edad, las tarifas unitarias pagadas por mano de obra e insumos: control de malezas, podas, fertilización y control sanitario. Para el caso del control de malezas la frecuencia con que se realizan disminuyó en función de la edad (en la medida que crecen las palmas se genera sombra en el suelo y se reduce el crecimiento de malezas y coberturas); las podas regulares se consideraron a partir del quinto año de producción aunque el sistema utilizado en el Palmar de La Vizcaína es cosecha poda, lo que implica que cuando los operarios realizan el corte de los racimos deben cortar las hojas de las palmas; los costos de fertilización se calcularon con base en las dosis aplicadas por palma para las diferentes edades del cultivo; y los costos de control sanitario son el resultado del costo promedio de plantación, por lo que no se consideró la susceptibilidad de ningún cultivar frente a algún tipo de plaga o enfermedad.

Los costos de cosecha y transporte de fruto resultaron de las productividades obtenidas para cada cultivar y, de las tarifas unitarias pagadas según la edad del cultivo. El mantenimiento a la infraestructura de producción incluyó el de vías y canales de drenaje. Igualmente, se consideró el costo de oportunidad de la tierra

y se incluyó como parte de los costos fijos. Este valor se estimó por unidad de área como el equivalente al arriendo por la tierra en fincas cercanas, con características similares. Sobre los costos de financiación, se simularon las condiciones a las que se puede enfrentar un productor de palma y sobre la inversión inicial se diseñó un plan de pagos considerando una tasa de interés de DTF+7 puntos, un periodo de gracia de tres años y un plazo de 15 años.

Evaluación económica de los cultivares sembrados

Con el ánimo de estimar indicadores de rentabilidad, para cada cultivar se proyectó un flujo de efectivo a un periodo productivo de 30 años de cultivo, descontando el ingreso neto de los periodos futuros con una tasa de oportunidad real de 7 %. Para ello, se utilizó el récord de ingresos y costos de los primeros 11 años y se empleó el promedio de la producción de los últimos cuatro años obtenida en cada cultivar, para proyectar la productividad de la palma en su etapa madura, a la vez que se estimó el comportamiento de los costos de plantaciones de palma adulta.

El flujo de efectivo representa las entradas (ingresos) y salidas de dinero (costos) estimadas de cada proyecto para cada periodo (Blank y Tarquin, 2004). Los indicadores de rentabilidad considerados fueron la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Presente Neto (VPN), el Periodo de Recuperación de la Inversión (*Payback*) y el Ingreso Neto por hectárea anual. Adicionalmente, se realizó un ejercicio de sensibilidad con respecto al precio de venta del aceite. Cabe destacar que los flujos de efectivo se construyeron a pesos constantes de 2014 y se empleó una tasa de oportunidad real, es decir, se eliminó el ruido de la inflación.

Para que la actividad que se está evaluando sea rentable, el inversionista debe recibir una cantidad de dinero mayor a la invertida. Esto es, debe ser posible obtener una tasa de retorno o rendimiento (TR) sobre la inversión, entendida como la cantidad obtenida como ganancia dividida entre la cantidad original. Por ello, las alternativas de inversión se evalúan con base en un pronóstico de una TR denominada Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR), considerada como la tasa de oportunidad del inversionista que debe ser superior a la tasa que ofrece un banco o alguna inversión segura que implique un riesgo mínimo. La tasa de oportunidad es establecida por la dirección (financiera) de las empresas y se utiliza como criterio para valorar la TR o TIR de una alternativa, en el momento de tomar decisiones de aceptación o rechazo.

El VPN es una técnica que permite determinar el valor presente (o valor actual) de los ingresos y desembolsos futuros. Si se conocen los ingresos y egresos de la alternativa, son llevados a valor presente desde el periodo en que son causados empleando una tasa de descuento (también llamada tasa de oportunidad); con ello, la unidad monetaria de los ingresos y egresos de una alternativa de inversión tiene el mismo poder adquisitivo y es posible calcular el neto entre el total de los ingresos

y egresos del proyecto. Si el VPN es positivo, significa que la inversión realizada no solo permite obtener los rendimientos mínimos esperados por el inversionista (a su tasa de oportunidad), también le posibilita obtener ingresos superiores; esto permite que la alternativa de inversión en evaluación sea viable desde el punto de vista económico; de otra parte, si el VPN es negativo, quiere decir que los ingresos del proyecto no obtienen los rendimientos mínimos esperados por el inversionista según su tasa de oportunidad, lo que refleja que no es una alternativa económicamente viable. De la misma manera, la alternativa de inversión será viable siempre que al comparar la TIR con la Tasa de oportunidad, la primera sea mayor.

El periodo de recuperación de la inversión o *payback* es el tiempo requerido para que los ingresos obtenidos de una inversión equiparen el costo de la inversión. El *payback* mide cuánto tiempo tomará la recuperación de la inversión a partir de los beneficios obtenidos. La ventaja de este indicador consiste en que brinda información sobre qué tan rápido se recupera el capital invertido: entre más rápido se recupere el capital invertido, más rápido se puede usar ese dinero para ser reinvertido en otro proyecto (Newnan *et al.*, 2012).

Por su parte, el ingreso neto por hectárea anual, permite visualizar cuál es la ganancia del cultivo por unidad de área. Este es un indicador útil, ya que sin importar si los costos ejecutados por hectárea fueron elevados o bajos, refleja el resultado de los beneficios obtenidos; en este caso, cuanto mayor sea este valor, mayor será el beneficio para el productor.

Resultados

Flujo de egresos de los cultivares en evaluación

Debido a que las actividades de establecimiento fueron las mismas para todos los cultivares y, a que la infraestructura de producción es compartida, los costos de establecimiento por hectárea no presentaron diferencias. Lo mismo ocurrió con los costos de mantenimiento por hectárea de los dos primeros años de cultivo, donde el manejo agronómico fue el mismo en todos los casos (Tabla 57).

Tabla 57. Costo de establecimiento y mantenimiento de los dos primeros años de cultivo.

Costo	Millones de \$/ha
Establecimiento*	6.39
Año 1**	2.74
Año 2**	2.84

* Incluye: Diseño de plantación, adecuación fisicoquímica del terreno, vivero, siembra en sitio definitivo e infraestructura de producción.

** Incluye control de malezas, manejo sanitario, fertilización y costos fijos de cultivo.

A partir del tercer año de cultivo se mostraron diferencias en los costos de producción por hectárea entre los diferentes cultivares como consecuencia de la diferencia de productividades entre ellos; en el caso más extremo, la diferencia alcanzó el millón doscientos mil pesos por hectárea, siendo el de mayor costo aquel que obtuvo mayores producciones para ese periodo (Tabla 58).

Cabe mencionar que los costos continuaron incrementándose hasta el quinto y sexto año de cultivo como consecuencia de la aplicación de mayores dosis de fertilizante y del pago por cosecha y transporte de fruto. Pese a que la producción de RFF en la mayoría de las siembras presentó una tendencia creciente hasta el séptimo u octavo año, el impacto sobre los costos de producción no fue dramático porque al mismo tiempo se obtuvieron reducciones en las tarifas unitarias pagadas a la mano de obra empleada para la cosecha de la fruta; estas reducciones, desde luego, son normales en las plantaciones de palma de aceite porque en la medida en que crece la oferta de fruto para cosecha, se debe recorrer menor área para conseguir una tonelada de RFF, lo que hace menos exigente la labor del cosechero.

Tabla 58. Costos de producción (millones de \$•ha⁻¹•año⁻¹).

Cultivar	Edad de cultivo									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12*
1	3,55	4,46	5,60	5,41	5,24	5,63	5,78	6,11	6,05	6,14
2	3,84	5,18	5,85	5,67	5,51	5,94	5,42	6,15	6,68	6,30
3	3,97	4,87	5,74	5,66	5,27	5,78	5,35	5,92	6,17	6,06
4	3,36	4,60	5,23	5,03	5,14	5,63	5,21	5,74	5,94	5,88
5	3,85	4,96	5,72	5,40	5,32	5,80	5,49	5,76	6,02	6,02
6	3,39	4,57	5,74	5,62	5,38	5,96	5,77	5,87	6,22	6,21
7	3,24	4,85	5,75	6,04	5,73	5,91	5,64	5,96	6,78	6,32
8	3,18	4,74	5,57	6,21	5,40	5,89	5,66	6,26	6,04	6,21
9	3,30	4,84	5,61	5,84	5,53	5,45	5,29	6,05	6,43	6,05
10	3,47	4,70	5,53	5,78	5,65	6,27	5,50	5,92	6,09	6,19
11	3,52	4,88	5,89	5,64	5,22	6,25	5,37	5,69	6,08	6,10
12	3,07	4,14	5,35	5,46	5,37	5,63	5,44	5,94	5,93	5,99
13	2,84	4,18	5,54	5,32	5,46	5,88	5,82	6,23	6,31	6,31
14	2,83	4,08	5,17	5,53	5,34	5,62	5,55	5,78	5,86	5,95
15	3,16	4,20	5,27	5,48	5,33	5,64	5,39	5,68	5,78	5,87
16	2,90	4,39	5,45	5,58	5,26	5,69	5,57	5,88	6,02	6,04

* Promedio últimos cuatro años (8, 9, 10 y 11).

Si bien el costo por hectárea representa la exigencia de manejo agronómico del cultivo en términos de recursos económicos, este no es un indicador adecuado para sacar conclusiones sobre la competitividad de una siembra. En su lugar, el costo unitario (por tonelada de RFF), permite establecer el margen de ganancia por cada tonelada de RFF que se coloque en el mercado (Tabla 59).

Tabla 59. Costo de producción (\$/t RFF).

Cultivar	Costo total (\$/t RFF)	Costo palma adulta (\$/t RFF)	Costo de la tierra* (\$/t RFF)
1	218.127	207.724	20.267
2	208.524	179.622	18.880
3	221.016	201.155	20.618
4	234.730	213.875	22.590
5	223.479	209.281	20.967
6	214.295	198.794	19.730
7	207.511	176.415	18.775
8	213.186	208.086	19.569
9	221.223	189.359	20.680
10	214.103	205.500	19.695
11	219.302	205.828	20.399
12	227.811	214.531	21.655
13	211.214	194.772	19.357
14	230.584	219.536	22.058
15	234.794	224.742	22.618
16	224.569	209.362	21.195

* Este valor ya está incluido en la estimación de costo total y en la de costo de palma adulta.

La Tabla 59 muestra los costos de producción por tonelada de fruto para cada cultivar evaluado; cabe destacar que estos incluyen costos de financiación del cultivo y costos administrativos. Las dos columnas intermedias indican el costo de producción incluyendo el costo de la tierra y la última presenta el costo equivalente del uso de la tierra por cada tonelada producida. La diferencia entre el costo total de producción y el reportado para palma adulta ocurre porque el primero incluye los costos de establecimiento de la palma y su mantenimiento durante el periodo improductivo.

Sobre el costo de la tierra por tonelada de fruta producida, es de resaltar que gracias a las altas productividades mostradas por los diferentes cultivares se ubicó entre los \$ 18.000 y \$ 23.000 por tonelada de RFF. En escenarios de baja productividad, este valor fácilmente podría doblarse.

Evaluación económica

Se debe recordar que, para el cálculo del valor presente neto, se empleó una tasa de oportunidad real del 7 %, bajo esta condición, todos los cultivares evaluados mostraron ser viables económicamente. En la Tabla 60 se presentan los indicadores de rentabilidad estimados: VPN, TIR e Ingreso Neto por hectárea. Debido a que es común encontrar palmicultores que realizan sus proyecciones económicas sin contemplar el costo de la tierra, porque ya lo libraron en siembras anteriores, se presenta un escenario adicional en el que no se considera el costo de la tierra. En términos prácticos, la TIR se incrementa en casi cuatro puntos porcentuales cuando no se considera la tierra.

Tabla 60. Indicadores de viabilidad económica, en millones de pesos (\$M).

Cultivares	No se incluye el costo de la tierra			Se incluye el costo de la tierra		
	VPN \$M COP	TIR (%)	Ingreso Neto (\$Millones/ ha)*	VPN \$M COP	TIR (%)	Ingreso Neto (\$Millones/ ha)*
1	31,97	21	4,65	23,93	17	4,00
2	38,59	24	5,17	30,54	20	4,52
3	31,94	22	4,35	23,90	18	3,70
4	23,99	18	3,76	15,94	14	3,11
5	30,62	22	4,22	22,57	17	3,57
6	34,30	22	4,86	26,26	18	4,21
7	38,67	23	5,25	30,63	19	4,60
8	35,23	22	4,89	27,19	18	4,24
9	31,27	21	4,35	23,23	17	3,70
10	34,90	22	4,83	26,85	18	4,18
11	32,46	22	4,49	24,42	18	3,84
12	26,78	19	4,12	18,74	15	3,47
13	34,37	20	5,20	26,32	17	4,55
14	25,21	18	4,00	17,16	14	3,35
15	24,11	18	3,72	16,07	14	3,07
16	28,33	19	4,29	20,29	15	3,64

* Palma adulta.

Adicionalmente, gracias a las buenas productividades de los cultivares se puede asegurar que en todos se dio la recuperación de la inversión. Algunos lo consiguieron en el octavo año de cultivo, como es el caso de los cultivares: 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11; mientras que los restantes lograron recuperar la inversión entre los años nueve y diez de cultivo (Figura 79). Sin embargo, cuando se considera el costo de la tierra en el cálculo de recuperación de la inversión, el tiempo puede llegar a incrementarse entre uno y tres años.

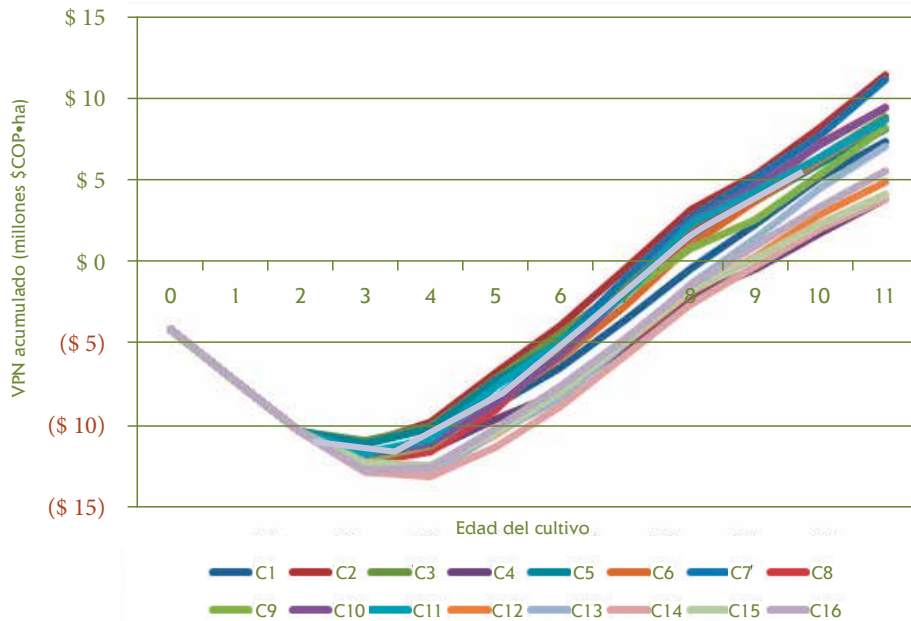


Figura 79. Valor Presente Neto alcanzado por edad según cultivar.

El resultado económico de los cultivares evaluados en términos de ingreso neto por hectárea para palma adulta osciló entre los 3.1 y 4.6 millones de pesos (Tabla 61), considerando el precio promedio de venta del fruto de los últimos diez años. Ahora bien, al hacer un ejercicio de sensibilidad de los ingresos por hectárea con respecto al precio promedio del fruto de los últimos quince años, estableciendo un precio superior como el precio medio del aceite más una desviación estándar (P-superior: \$ 2.28 millones/t APC) y un precio inferior como el precio medio menos una desviación estándar (P-inferior: \$ 1.54 millones/t APC). Los ingresos netos en la etapa adulta con el precio superior serían del orden de los 5.6 a los 7.5 millones de pesos por hectárea al año, mientras que con el precio inferior rondarían los 1.6 a los 2.8 millones de pesos por hectárea al año (Figura 80). Este resultado es altamente favorable pues inclusive en épocas de precios bajos, todos los cultivares evaluados continúan siendo rentables. Vale la pena destacar que, aunque solo se analizó la fase de cultivo, los resultados en términos de potencial de aceite por hectárea son bastante prometedores.

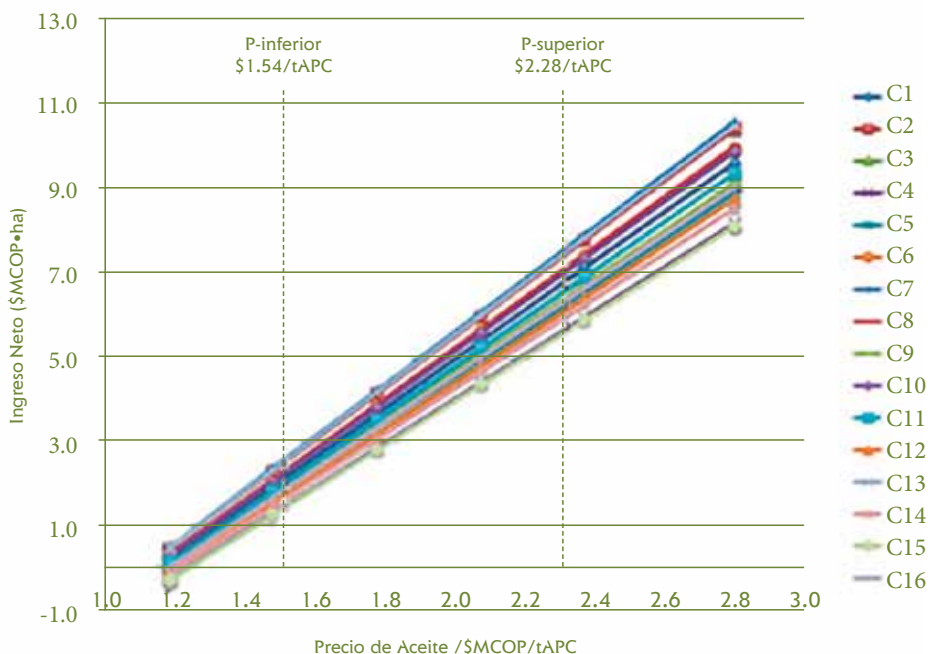


Figura 80. Ingreso por hectárea según fluctuaciones de precio de venta de aceite de palma.

Consideraciones finales

Bajo las condiciones ambientales y de manejo agronómico a las que han sido sometidos los 16 cultivares evaluados, estos demostraron ser capaces de obtener rendimientos en etapa adulta superiores a 30 toneladas de fruto por hectárea al año. Algunos de ellos alcanzaron productividades anuales incluso de hasta 43 toneladas por hectárea, con potenciales de extracción de aceite entre 22 y 28 %. Esto en términos de productividad por hectárea es promisorio para la agroindustria de la palma de aceite, pues se evidencia que es posible alcanzar producciones entre 7,6 y 11,9 toneladas de aceite potencial por hectárea al año, y que no considera las pérdidas por poscosecha y extracción de aceite en la planta.

Estos resultados marcan una pauta para la palmicultura nacional, demuestran que con el manejo de las limitantes del cultivo, se puede reducir la brecha sobre el potencial de la productividad de los cultivares disponibles en el mercado, y cuestionan el uso de tierras marginales para aumentar la producción de aceite.

Todos los cultivares evaluados bajo las condiciones planteadas, mostraron ser viables económicamente para inversionistas cuya tasa de oportunidad o tasa mínima atractiva de retorno esté por debajo del 14 %, en términos reales. Con los precios promedio

del aceite de los últimos diez años y según unas condiciones de mercado donde se paga el 17 % sobre el valor de referencia del APC, los ingresos netos por hectárea anuales en la etapa adulta de estos cultivares van de los 3.1 a los 4.9 millones de pesos. Inclusive en condiciones de bajo precio del APC (\$ 1.54 millones por tonelada), estos cultivares continúan siendo competitivos y los ingresos netos por hectárea al año son superiores a 1.6 millones de pesos. La mejor defensa frente a las fluctuaciones negativas de los precios del APC es elevar la productividad de los cultivos.

Bibliografía

- Blank L. y Tarquin, A. 2004. Ingeniería Económica (5th Ed.) McGraw-Hill Interamericana. Mexico.
- Corley, RHV y Tinker, P.B. 2003. The Oil Palm. Fourth Edition. Blackwell Science Ltd.
- Dwyer, M. 2012. Factores que afectan las perspectivas de largo plazo para los mercados agrícolas mundiales- Implicaciones para los productores de aceite de palma. Presentación Magistral: XVII Congreso Internacional de Palma de Aceite en Colombia.
- Donough, C.R., C. Witt, T. Fairhurst. 2009. Yield Intensification in Oil Palm Plantations through Best Management Practice. Better Crops/Vol. 93 (2009, No. 1).
- Fedepalma Statistical yearbook. 2015: The oil palm agroindustry in Colombia and the world 2011–2015. Bogotá D.C. 195 p.
- Goh, KJ. Chew, PS y Teo CB. 1994. Maximizing and maintaining oil palm yields on commercial scale in Malaysia. In: Management for enhanced profitability in plantations. Icorp. Soc. Planters.
- LMC 2013. The LMC Oilseeds and Oils Report.
- Mosquera, M. Ruiz, E. Fontanilla, C. Beltrán, J. Arias, N. 2014. Manual para el registro de costos en plantaciones de palmicultores de pequeña y mediana escala. Cenipalma
- Newnan, D. Eschenbach, T. Lavelle, J. 2012. Engineering economic analysis (11th Ed). Oxford University Press.
- Sistema de Información Estadística del Sector Palmero, Sispa. <http://sispaweb.fedepalma.org/SitePages/Home.aspx>

Esta publicación es propiedad del Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, por tanto, ninguna parte del material ni su contenido, ni ninguna copia del mismo puede ser alterada en forma alguna, transmitida, copiada o distribuida a terceros sin el consentimiento expreso de Cenipalma. Al realizar la presente publicación, Cenipalma ha confiado en la información proveniente de fuentes públicas o fuentes debidamente publicadas. Contiene recomendaciones o sugerencias que profesionalmente resultan adecuadas e idóneas con base en el estado actual de la técnica, los estudios científicos, así como las investigaciones propias adelantadas. A menos que esté expresamente indicado, no se ha utilizado en esta publicación información sujeta a confidencialidad ni información privilegiada o aquella que pueda significar incumplimiento a la legislación sobre derechos de autor. La información contenida en esta publicación es de carácter estrictamente referencial y así debe ser tomada y está ajustada a las normas nacionales de competencia, Código de Ética y Buen Gobierno de la Federación, respetando en todo momento la libre participación de las empresas en el mercado, el bienestar de los consumidores y la eficiencia económica.

Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma
Bogotá D.C.-Colombia
www.cenipalma.org