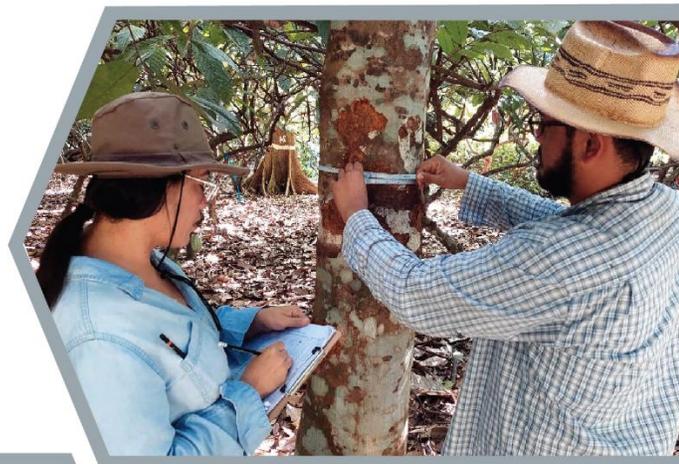




FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

INFORME TÉCNICO 2022

PROGRAMA DE CACAO Y AGROFORESTERÍA



La Lima, Cortés, Honduras
Marzo, 2023



FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

INFORME TÉCNICO 2022

PROGRAMA DE CACAO Y AGROFORESTERÍA

633.74

F981 Fundación Hondureña de Investigación Agrícola
Programa de Cacao y Agroforestería: Informe Técnico 2022 /
Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. -- 1a ed.—

La Lima, Cortés: FHIA, 2022

133 p.: il.

1. *Theobroma cacao* 2. Agroforestería 3. Investigación
4. Honduras I. FHIA II. Programa de Cacao y Agroforestería

633.74—dc20

INFORME TÉCNICO 2022

**PROGRAMA
DE CACAO Y AGROFORESTERÍA**

Edición y reproducción realizada en el
Centro de Comunicación Agrícola de la FHIA

La Lima, Cortés, Honduras, C.A.
Marzo de 2023

Se autoriza su reproducción
total, o parcial siempre que se cite la fuente.

CONTENIDO

I. Introducción.....	1
II. Registros climáticos del CEDEC-JAS y CADETH	6
<i>Francisco Javier Díaz, Oscar Ramírez y Alfredo Martínez</i>	6
III. Desarrollo y evaluación de clones de cacao	10
3.1. Evaluación de clones promisorios seleccionados de progenies híbridas con mayores índices de rendimiento y tolerancia a moniliasis. CAC 13-01	11
<i>Aroldo Dubón</i>	11
3.2. Comportamiento de cacao cv. CCN-51 bajo sombra permanente de la especie forestal y de uso múltiple masica (<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz), sombra temporal de guama blanca (<i>Inga edulis</i>) y como sombra emergente plátano Curraré enano. AGF 13-01	21
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	21
3.3. Comportamiento ex-situ de cacao criollo en condiciones del CADETH bajo sombra de regeneración natural. AGF 14-01	21
<i>Alfredo Martínez, Francisco Javier Díaz y Oscar Ramírez</i>	21
3.4. Prueba regional: evaluación de 28 clones comerciales de cacao bajo las condiciones del CADETH. AGF 17-01	23
<i>Oscar Ramírez, Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	23
3.5. Evaluación de progenies de cacao procedentes de semilla que demostraron mayor porcentaje de intercompatibilidad sexual en el CEDEC-JAS. CAC 20-01	31
<i>Oscar Ramírez, Aroldo Dubón, Francisco Javier Díaz y Enrique Maldonado</i>	31
3.6. Arreglo policlonal orgánico cacao-plátano. AGF 18-01.....	40
<i>Alfredo Martínez</i>	40
3.7. Validación del comportamiento agronómico de 20 cultivares de cacao autocompatibles establecidos con un diseño agroforestal recomendado por la FHIA. 19-01	40
<i>Oscar Ramírez, Aroldo Dubón y Enrique Maldonado</i>	40
3.8. Renovación del jardín clonal de cacao en el CEDEC-JAS. 19-02.....	45
<i>Aroldo Dubón</i>	45
IV. Evaluación de especies forestales.....	48
4.1. Comportamiento del cacao (<i>Teobroma cacao</i>) bajo cinco especies forestales maderables como sombra permanente en la zona atlántica de Honduras. AGF 96-01	48
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	48
4.2. Comportamiento del cacao bajo sombra permanente de dos especies forestales maderables. AGF 96-02.....	51
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	51
4.3. Comportamiento de especies maderables del bosque latifoliado cultivadas en sistemas de linderos y caminos internos en el CADETH. AGF 96-03	52
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	52
4.4. Comportamiento de especies maderables no tradicionales establecidas en terreno limpio y fajas sin adición de insumos. AGF 96-04.....	53
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	53
4.5. Comportamiento del cacao bajo sombra permanente de la especie maderable caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>) establecida en surco doble como sombra permanente de cultivo de cacao. AGF 13-02	55
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	55
V. Otros sistemas agroforestales evaluados en el CADETH.....	56

5.1. Rambután–piña y pulasán–piña como sistemas agroforestales temporales con potencial para pequeños y medianos agricultores con asiento en terrenos de ladera. AGF 97-01	56
<i>Alfredo Martínez</i>	56
5.2. Sistema agroforestal lanzón–limba. AGF 97-04	57
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	57
5.3. Sistema agroforestal coco–caoba africana-cacao CCN-51 en suelos de ladera de baja fertilidad. AGF 00-01.....	58
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	58
5.4. Sistema agroforestal pimienta negra–madreado-rosita. AGF 03-01 (actualmente sistema agroforestal: rosita-cacao).....	58
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	58
5.5. Parcela comercial de rambután. AGF 08-02.....	59
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	59
5.6. Comportamiento de la canela en asocio con caoba como un sistema agroforestal temporal en la costa atlántica de Honduras. AGF 05-01	59
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	59
5.7. El plátano en asocio con barba de jolote (<i>Cojoba arborea</i>) como sistema agroforestal temporal. AGF 05-02 (desde el 2013 sistema agroforestal: barba de jolote–cacao)	60
<i>Alfredo Martínez</i>	60
VI. Estudios de investigación de prácticas agroforestales	62
6.1. Parcela sucesional agroforestal dinámica con cacao y frutales. AGF 17-03	62
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	62
6.2. Compatibilidad sexual de clones de cacao comerciales y promisorios de la FHIA y recomendación de arreglos de plantación en campo. CAC 16-01	63
<i>Oscar Ramírez, Aroldo Dubón y Francisco Javier Díaz</i>	63
6.3. Adaptación y comportamiento agronómico de plantas de cacao en campo a partir de plantas de vivero bajo tres condiciones de raíz. AGF 17-01	67
<i>Oscar Ramírez, Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	67
6.4. Evaluación sensorial del licor de cinco clones de cacao fino (<i>Theobroma cacao</i> L.)	74
<i>Elvin Avila y Héctor A. Aguilar</i>	74
6.5. Manejo nutricional del cacao en Honduras. CAC 19-02	79
<i>Oscar Ramírez y Francisco Javier Díaz</i>	79
6.6. Validación de eficacia de <i>Metarhizium anisopliae</i> para el manejo de zomposos, <i>Atta</i> spp. (Hymenoptera: Formicidae).....	100
<i>Hernán R. Espinoza</i>	100
6.7. Reacción de 13 clones de cacao FHIA ante mazorca negra (<i>Phytophthora</i> spp.) y monilia (<i>Moniliophthora roreri</i>) mediante inoculación artificial.	104
<i>Eduardo A. Brizuela</i>	104
<i>Oscar Ramírez</i>	104
<i>Kelvin Mejía</i>	104
VII. Publicaciones y servicios especiales	121
7.1. Descriptor varietal de 15 clones de cacao promisorios de la FHIA.....	121
<i>Kelvin S. Mejía Nuñez¹, Oscar Ramírez², Fco. Javier Díaz²</i>	121
7.2. Contrato de srevicios de asesoria tecnica y capacitacion en el cultivo de cacao en el municipio de balfate, departamento de Colón	124

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Precipitación, temperaturas media mínima, máxima y mensual en el CEDEC-JAS en La Masica, Atlántida, Honduras, en 2022.....	7
Cuadro 2. Precipitación, temperatura mínima, máxima y media mensual en el CADETH en La Masica, Atlántida, Honduras, en 2022.....	7
Cuadro 3. Producción anual de 2017 al 2022, promedio e incidencia de enfermedades en el 2022 de 18 clones de cacao desarrollados y evaluados por la FHIA (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).	13
Cuadro 4. Separación de medias y resumen de resultados del análisis de varianza para el índice de enfermedad y producción de 18 clones de cacao evaluados y seleccionados por la FHIA (CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida. 2022).....	16
Cuadro 5. Producción anual de frutos sanos por árbol desde el 4° al 8° de producción y, frutos enfermos en el 2022 de 12 clones de cacao (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2018-2022).	17
Cuadro 6. Rendimiento de cacao del clon CCN-51 asociado con la especie forestal masica (CADETH. El Recreo, La Masica, Atlántida. 2022).	25
Cuadro 7. Clones incluidos en cada uno de doce arreglos policlonales evaluados.....	25
Cuadro 8. Resumen de resultados del análisis de varianza de las variables de producción de 12 arreglo policlones de cacao en la prueba regional (CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. 2019-2022).	27
Cuadro 9. Producción de frutos de cacao por árbol por arreglo policlonal de 2019 al 2022. (Prueba regional del CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras).....	27
Cuadro 10. Producción de frutos y rendimiento de cacao por clon de 2019 al 2022 en la prueba regional (CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).....	29
Cuadro 11. Progenitores de los cruzamientos, intercompatibilidad promedio y rendimiento potencial de estos progenitores (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida).	33
Cuadro 12. Resultados de análisis de suelo y aplicación de macronutrientes según requerimientos.	34
Cuadro 13. Producción de frutos sanos por árbol y afectados por enfermedades en el lote con Guama en diferentes familias interclonales de cacao seleccionadas en el CEDEC-JAS (La Masica, Atlántida, Honduras. 2020-2022).	35
Cuadro 14. Frutos sanos y enfermos de progenies interclonales de cacao seleccionadas en el lote Sombra de ternero (CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras. 2020-2021). .	37
Cuadro 15. Producción de frutos sanos y enfermos por clones autocompatibles de cacao en evaluación en campo (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida. 2022).....	42
Cuadro 16. Clones renovados en el jardín clonal (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida).	46
Cuadro 17. Registro de producción de cacao en asociación con distintas especies maderables como sombra permanente. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida. 2022.	50
Cuadro 18. Desarrollo de cinco especies forestales asociadas con cacao como sombra permanente. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, 2022.....	50
Cuadro 19. Desarrollo de especies forestales asociadas con cacao como sombra permanente. CADETH, La Masica, Atlántida. 2022.	51
Cuadro 20. Rendimiento de cacao en dos asociados cacao-maderables. CADETH, La Masica, Atlántida. 2022.	51
Cuadro 21. Diámetro, altura e incremento medio anual (IMA) a los 25 años, de especies forestales establecidas en linderos en terrenos de ladera de baja fertilidad. CADETH, La Masica,	

Atlántida, Honduras. 2022.....	52
Cuadro 22. Comportamiento de diecisiete especies forestales del bosque latifoliado establecidas en parcelas puras sin adición de insumos a los 25 años. CADETH, La Masica, Atlántida, 2021.	54
Cuadro 23. Porcentaje de frutos formados producto de las cruzas para evaluar la intercompatibilidad de clones con mayor producción de frutos sanos del lote 18 cultivares y lote de marapolán. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2017-2021.	66
Cuadro 24. Resultados preliminares en las variables de productividad del cacao en el ensayo de evaluación del efecto de la condición de raíz*clon. El Recreo, CADETH, 2021.	71
Cuadro 25. Resultados preliminares en las variables de productividad del cacao en el ensayo de evaluación del efecto de la condición de raíz*clon. El Recreo, CADETH, 2022.	72
Cuadro 26. Intensidad de atributos organolépticos de cinco clones de cacao finos sabor y aroma.	76
Cuadro 27. Descripción de atributos de calidad de cinco clones de cacao fino en sabor y aroma.	77
Cuadro 28. Plantaciones de cacao seleccionados para el ensayo de nutrición en cacao.	82
Cuadro 29. Características generales de las parcelas de cacao en sistemas agroforestales seleccionadas para el estudio.	82
Cuadro 30. Tratamientos aplicados para la nutrición de árboles de cacao en plantaciones agroforestales en Honduras.....	83
Cuadro 31. Rendimiento anual de cacao en sistemas agroforestales con diferentes fuentes de nutrientes en cuatro sitios/plantación en Honduras. Año 2022.	87
Cuadro 32. Producción de frutos por árbol y rendimiento con diferentes fuentes para la nutrición de cacao en el sitio experimental del CADETH en El Recreo, La Masica, Atlántida. 2020 y 2022.	89
Cuadro 33. Producción de frutos por árbol y rendimiento con diferentes fuentes para la nutrición de cacao en la Plantación-3. Berlín, Jutiapa, Atlántida. 2021-2022.....	90
Cuadro 34. Producción de frutos por árbol y rendimiento de cacao beneficiado obtenido durante el segundo año con el uso de diferentes fuentes de nutrientes en la plantación-2, ubicada en el Zapote, Jutiapa, Atlántida. 2020-2022.....	90
Cuadro 35. Rendimiento en frutos/árbol y kg/ha, en la parcela experimental del CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida. 2020-2022.....	90
Cuadro 36. Análisis económico en la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao en CADETH El Recreo, La Masica, Atlántida. 2022.....	91
Cuadro 37. Análisis económico en la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao en la plantación-3, Berlín, Jutiapa, Atlántida. 2022.	91
Cuadro 38. Análisis económico marginal de la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao de finca de Danery Cubas en El Zapote, Jutiapa, Atlántida. 2022.	92
Cuadro 39. Análisis económico marginal de la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao de finca de CEDEC-JAS. LaMasica, Atlántida. 2022.	92
Cuadro 40. Materiales genéticos de cacao evaluados, La Masica, Atlántida.....	105
Cuadro 41. Escala de evaluación para índice de severidad del daño y reacción a la enfermedad.	106
Cuadro 42. Escala de severidad externa de moniliasis en base a sintomatología externa (superficie de la mazorca).....	107
Cuadro 43. Escala de severidad externa de moniliasis en base a sintomatología interna.	108
Cuadro 44. Escala de evaluación de reacción a moniliasis.	108
Cuadro 45. Reacción en campo de clones FHIA sometidos a inoculación artificial con	

	<i>Phytophthora</i> spp. (causante de mazorca negra). CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, 2022.	109
Cuadro 46.	Reacción en campo de clones FHIA sometidos a inoculación artificial con <i>Moniliphthora roreri</i> (causante de moniliasis). CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, 2022.	109
Cuadro 47.	Reacción en campo de clones FHIA sometidos a inoculación artificial con <i>Phytophthora</i> spp. (causante de mazorca negra) y <i>Moniliophthora roreri</i> (causante de la moniliasis). CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, 2022.	110
Cuadro 48.	Listado de preliminar de en proceso de formación en cultivo de cacao.	126
Cuadro 49.	Listado de productores indirectos que se unieron a las escuelas de campo como efecto multiplicador de la actividad. Balfate, Colón. 2022.	132

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitación mensual en el CEDEC-JAS y CADETH durante el año 2022. La Masica, Atlántida, Honduras.....	8
Figura 2. Precipitación anual histórica en el CEDEC-JAS y CADETH. La Masica, Atlántida, Honduras.....	8
Figura 3. Temperatura media mensual en el CEDEC-JAS, promedio de 1986 a 2022 (FHIA. La Masica, Atlántida, Honduras).....	9
Figura 4. Temperatura media anual en el CEDEC-JAS de 1986 a 2022 (FHIA. La Masica, Atlántida, Honduras).....	9
Figura 5. Estrategia de mejoramiento genético en cacao.....	10
Figura 6. Rendimiento promedio (2017-2022) de 18 clones de cacao evaluados y seleccionados por la FHIA (CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras).....	14
Figura 7. Propuesta de un nuevo arreglo policlonal con los clones evaluados y seleccionados por la FHIA (CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras).....	14
Figura 8. Rendimiento total y proporción de pérdidas por enfermedades por año de 18 cultivares de cacao evaluados y seleccionados por FHIA (CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras).....	15
Figura 9. Rendimiento anual promedio de 5 años de cacao seco y pérdidas por enfermedades de 12 clones de clones seleccionados y evaluados por la FHIA (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2018-2020).....	18
Figura 10. Producción y proporción anual de frutos de cacao sanos y dañados de 12 clones desarrollados y evaluados por la FHIA (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2018-2021).....	19
Figura 11. Clones de cacao promisorios del estudio de 12 cultivares. CEDEC-JAS. 2022.	20
Figura 12. Bellota de cacao criollo (izquierda) y almendras blancas de cacao criollo (derecha) ..	22
Figura 13. Croquis del experimento. Nota: el número dentro del cuadrante corresponde al tratamiento-policlon.....	24
Figura 14. A. Registro de variables durante la cosecha y B. Al terminar el beneficiado.	25
Figura 15. Producción de frutos sanos y con diversos daños por plagas y enfermedades en la prueba regional en el CADETH (FHIA. El Recreo, La Masica, Atlántida. 2018-2022.	26
Figura 16. Rendimiento anual desde el 2018 al 2022 y promedio de cacao seco por policlon de la prueba regional (CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida. 2018-2022).	28
Figura 17. Clon de cacao FHIA-708.	29
Figura 18. Rendimiento promedio de 2019 al 2022 por clon en la prueba regional (CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras, 2019-2022).....	30
Figura 19. Cantidad de frutos sanos y enfermos de las progenies más productivas en el lote Guama (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).	36
Figura 20. Cantidad de frutos sanos y enfermos de las progenies más productivas en el lote Guama. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2020-2022.....	37
Figura 22. Cantidad de frutos sanos y enfermos por árbol de las progenies más productivas en el lote con sombra de ternero (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2020-2022).	39
Figura 21. Cantidad de frutos sanos y enfermos por árbol de las progenies más productivas en el lote con Sombra de ternero (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).	39

Figura 23. Cantidad de frutos sanos y enfermos por árbol de los clones autocompatible más productivos en el primer año de cosecha. (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).	43
Figura 24. Plantas del clon de cacao DFEAR-5 con 2.5 años, lote autocompatible (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).	44
Figura 25. Plantas del clon de cacao autocompatible CATIE-R27 con 3 años (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).	44
Figura 26. Vista panorámica del jardín clonal en sistema agroforestal caoba africana-cacao (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).	46
Figura 27. Vista de la hilera del clon FHIA-677 de cacao en el jardín clonal mostrado homogeneidad de producción (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).	47
Figura 28. Vista de la hilera del clon CCN-51 de cacao en el jardín clonal mostrado homogeneidad de producción (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).	47
Figura 29. Vista panorámica de plantación de caoba del atlántico.	49
Figura 31. Árboles de ciruelillo (<i>Huerteia cubensis</i>) establecidos en faja.	54
Figura 30. Lindero de limba (<i>T. superba</i>) y framire (<i>T. ivorensis</i>) en el CADETH.	52
Figura 32. Vista de plantas de cacao y caoba del Atlántico en asocio.	55
Figura 33. A. Árbol en producción, B. Rambután R134 y C. Comercialización de frutos.	57
Figura 34. A. Árboles de limba podados y B. Árboles de limba.	58
Figura 35. Cosecha y comercialización de frutas de rambután.	59
Figura 36. A. Manejo de rebrotes, B. Rebrote de canela en etapa de crecimiento, C. Comaleo de rebrotes de canela.	60
Figura 37. A. Antes de la eliminación del cacao, B. Después de haber eliminado las plantas de cacao.	61
Figura 38. Clones de cacao: FHIA 330, UF-29 e ICS-95.	61
Figura 39. Clon de cacao en producción y vista panorámica de la parcela.	62
Figura 40. Diagrama de los términos de compatibilidad con base en el intercambio de polen entre un mismo clon (superior) y distintos clones (inferior) y posibles resultados.	64
Figura 41. Aislamiento de botón floral.	65
Figura 42. Práctica de polinización. Recolección de flores donadoras de polen (a), eliminación de estaminoides de flor receptora (b), frotamiento de pistilo con antera de flor donadora (c), fruto formado producto de la intercompatibilidad o autocompatibilidad (d).	65
Figura 43. Deformación de raíces adultas.	68
Figura 44. Raíces de cacao en distintos estudios según tiempo en el vivero.	69
Figura 45. Croquis del experimento para evaluar tres condiciones de raíz al trasplante. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida.	70
Figura 46. Ensayo evaluación de tres condiciones de raíz en seis clones de cacao. Vista panorámica (A) y plantas de cacao CCN-51 mostrando producción de frutos (B).	71
Figura 47. Distribución de frutos de cacao por condición de raíz. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida. 2022.	73
Figura 48. Distribución de frutos de cacao por clon, ensayo tres condiciones de raíz. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida. 2022.	73
Figura 49. Clones: A. CDC-2,	75
Figura 50. Representación gráfica de los atributos presentados por cada clon de cacao.	77
Figura 51. Ubicación geográfica de las parcelas en estudio de nutrición.	82
Figura 52. Croquis del ensayo nutricional de cacao en plantación de cacao de los productores y el CADETH productores.	84

Figura 53. Rotulado de plantas (A), muestreo de suelo (B), mezclas físicas de fertilizantes (C) y aplicación de cal y lombricomposta (D).....	84
Figura 54. Croquis del ensayo nutricional en la parcela de cacao del CEDEC-JAS.	85
Figura 55. Producción de frutos por árbol bajo diferentes sistemas de fertilización y proporción de afectaciones por causa. 2022.	87
Figura 56. Producción de frutos por árbol en distintas plantaciones y proporción de afectaciones por causa. 2022.	88
Figura 57. Rendimiento. Promedio de cacao seco y su intervalo de confianza (95 %) por tratamiento de nutrición (A) y, comportamiento de los tratamientos por año (B). Ensayo nutrición del cacao en Honduras. 2020-2022.	88
Figura 58. Rendimiento promedio de cacao y su intervalo de confianza por sitio. 2020-2022.	89
Figura 59. Distancia Euclídea con las propiedades de suelo estandarizadas (Ward) en el tratamiento químico por cada plantación. 2020-2022.	93
Figura 60. Distancia Euclídea con las propiedades de suelo estandarizadas (Ward) en el tratamiento orgánico por cada plantación. 2020-2022.	93
Figura 61. Distancia Euclídea con las propiedades de suelo estandarizadas (Ward) en el tratamiento de nutrición realizado por el productor, por cada plantación. 2020-2022.	94
Figura 62. Promedio (n = 10) de zompopos por 2 minutos en nidos de los tratamientos de la prueba de validación de eficacia de <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae), para el control de zompopos, <i>Atta</i> spp. (Hymenoptera: Formicidae). CADETH, La Masica, Atlántida, abril – octubre de 2022. *Promedios con letras en común no son significativamente diferentes (DMS, $p \leq 0.05$).....	103

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados de análisis de suelo, requerimiento nutricional y recomendación para aplicación de tratamientos. Año 2020 y 2021.	96
Anexo 2. Resultados de análisis de suelo, requerimiento nutricional y recomendación para aplicación de tratamientos. Año 2022.	97
Anexo 3. Recomendación de dosis en los tratamientos químico y orgánico, para estimar producir 1,000 kg de cacao por hectárea. Año 2020 y 2021.	98
Anexo 4. Recomendación de dosis en los tratamientos químico y orgánico, para estimar producir 1,000 kg de cacao por hectárea. Año 2022.	99
Anexo 5. Análisis químico a priori de lombricomposta (orgánica) y a posteriori del insumo de abonamiento de la plantación-2.....	100

I. INTRODUCCIÓN

Nuevamente nos es grato presentar a ustedes el informe técnico de las actividades de investigación y de transferencia ejecutadas por el Programa de Cacao y Agroforestería en el 2022. Este informe está dividido en distintas secciones de acuerdo con los temas que el equipo técnico desarrolla en los dos centros experimentales y demostrativos, ubicados en La Masica, departamento de Atlántida.

Los centros de investigación del Programa de Cacao y Agroforestería de la FHIA son referencia en la región centroamericana y siempre están a disposición para que investigadores, técnicos, estudiantes, productores y público en general puedan visitar y aprender sobre la producción y beneficiado de cacao, de, especies forestales, frutales y condimentarias. El esfuerzo de todo el equipo que conforma el Programa va encaminado a cumplir nuestro objetivo general de generar, validar y transferir tecnologías en el cultivo de cacao fino y de aroma en sistemas agroforestales a las familias cacaoteras de Honduras y otros países, con prácticas amigables con el medio ambiente.

En el 2022 continuamos las actividades de investigación en las etapas que conforman la estrategia de mejoramiento genético de cacao con alta productividad y características de fineza y aroma. El principal ensayo, donde se evalúan 18 cultivares, llega al sexto año de cosecha y los resultados, aparte de ser positivos, muestran estabilidad a través del tiempo. Los resultados de este estudio y de todos los demás dirigidos al desarrollo y evaluación de clones de cacao se encuentran en la Sección III De igual forma, los clones que vienen mostrando el mejor comportamiento se han establecido en arreglo policlonal tanto en el CEDEC-JAS como en tres parcelas de productores en Petoa, Santa Bárbara; Omoa, Cortés y Jutiapa, Atlántida, lo cual nos hace sentir optimistas de que su comportamiento será igual de exitoso.

El Programa continúa avanzando en otras líneas de investigación como son la determinación de la compatibilidad sexual entre clones, resistencia a monilia y mazorca negra, análisis de las características físicas y organolépticas, y la evaluación de programas de nutrición sobre la productividad y dinámica de plagas/enfermedades del cacao. Estos estudios constituyen los pilares para una mejor selección de clones con potencial para ser liberados próximamente a productores del país y de la región.

El componente de investigación forestal y agroforestal, reportada en la Sección IV, presenta el crecimiento y desarrollo de diferentes especies forestales en parcelas asociadas con cacao, en parcelas puras y en linderos establecidas en suelos de ladera con niveles de baja fertilidad.

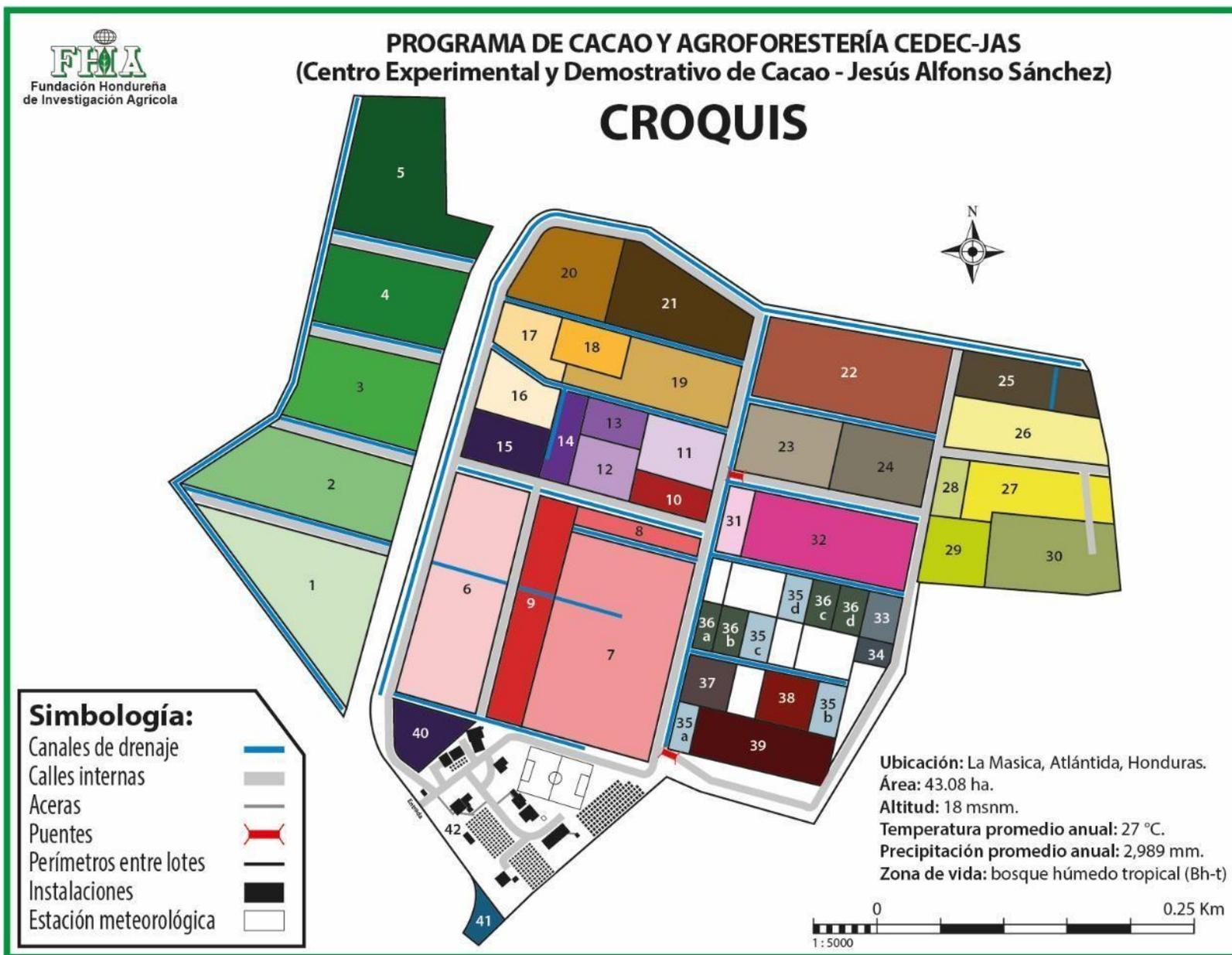
En lo referente a proyectos especiales se presenta el informe final, que a petición de la empresa Electrotecnia, se ejecutó sobre actividades de capacitación y asistencia técnica brindada a productores de diferentes comunidades del municipio de Balfate en el departamento de Colón. Esta actividad retoma lo hecho de 2013 al 2017 con el proyecto *Protección y manejo sostenible de la subcuenca del río Bejucal: Fomento de sistemas agroforestales*, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las familias de la zona se establecieron sistemas de producción sostenibles y amigables con el medio ambiente y contrarrestar el alto grado de deforestación de la subcuenca, ocasionado principalmente por prácticas inadecuadas de agricultura migratoria de subsistencia (tumba y quema) y la ganadería extensiva a pequeña escala.

Finalmente, en esta edición presentamos, en la Sección 7.1., los avances en la caracterización de 15 nuevos clones de cacao FHIA que serán presentados en la 2^{da} edición del Catálogo de clones

de cacao. Esta publicación no solamente servirá como requisito para el registro y certificación, sino que también será un documento que dará información de soporte en el proceso de liberación de esta serie de clones en las zonas cacaoteras del país y de la región. Los nuevos clones FHIA, tienen un potencial productivo mayor al de los clones registrados a la fecha, excelente tolerancia a las principales enfermedades y una alta valoración en aspectos de fineza y aroma.

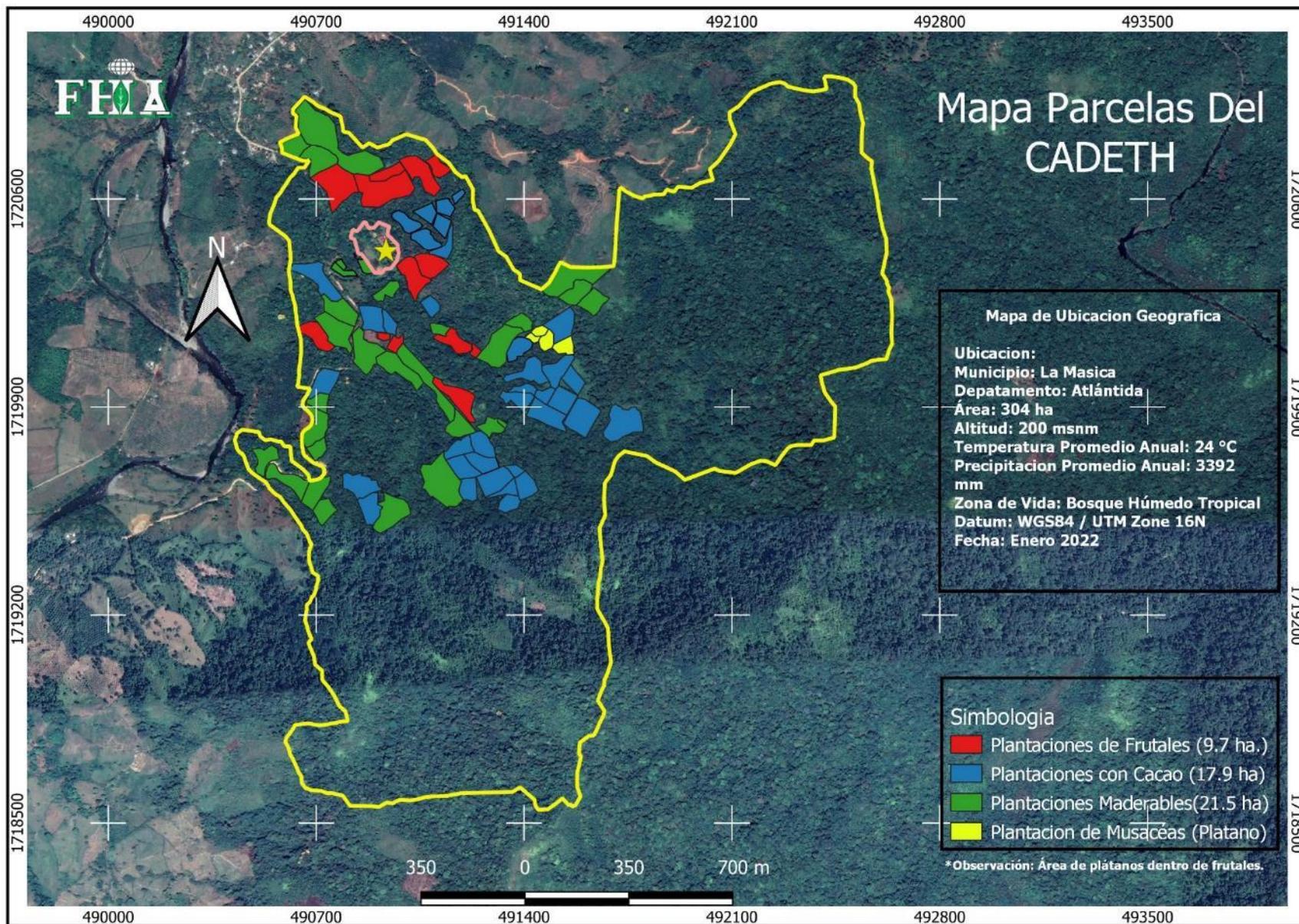
Esperamos que el Informe Técnico 2022 que a continuación se presenta, llene las expectativas de productores, técnicos, investigadores, inversionistas, docentes y estudiantes que conforman el rubro cacaotero del país. Además, confiamos en que esta información técnica sea diseminada, validada y replicada en todas las zonas de producción tanto del país como de la región.

Para ilustración, a continuación, encontrará los croquis del CEDEC-JAS y la descripción de los lotes que se han establecido y el croquis del CADETH. Estos centros son el pilar de la investigación que se realiza en el cultivo del cacao y especies maderables.



Descripción de lotes establecidos

No.	Descripción	No.	Descripción
1	Banco de yemas/renovación de copas 1 A/asociado con macuelizo y guayapeño	25	Colección clones CEDEC, lote 12B/asociado con rosita
2	Banco de yemas/renovación de copas 1 B/asociado con barba de jolote	26	Banco de cultivares internacionales. Lote 12 A/cumbillo, aceituno y nazareno
3	Banco de yemas/renovación de copas 1 C/asociado con zorra y cedrillo	27	Colección criollos e introducciones internacionales/cedro de la India
4	Banco de yemas/asociado con frutales 1 D	28	Colección clones FHIA/asociado con caobina
5	Lote comercial caoba y laurel negro 1 E	29	Banco de yemas/renovación de copas/asociado con cincho
6	Lote comercial/asociado con limba	30	Banco de yemas/renovación de copas/asociado con jigua
7	Jardín clonal – recién renovado sistema Turrialba/sombra caoba africana	31	Colección de frutales exóticos
8	Lote criollo moderno – Carmelo/asociado con jagua	32	Lote validación de cacaos suaves/asociado con marapolán
9	Introducciones nuevos materiales/asociado con sangre blanco y aceituno	33	Lote de evaluación de 6 cruza promisorias con paletto
10	Lote monoclonal ICS-1 A.C./renovación de copas/asociado con hormigo	34	Lote criollos de La Mosquitia con paletto
11	Germoplasma EET s asociado con hormigo	35 a	Repetición A/ensayo 18 cultivares/asociado con granadillo rojo
12	Ensayo policlones CATIE/asociado con arenillo y maría	35 b	Repetición B/ensayo 18 cultivares/asociado con granadillo rojo
13	Progenies colombianas de FEDECACAO/arenillo y maría	35 c	Repetición C/ensayo 18 cultivares/asociado con granadillo rojo
14	Lote clones/semillas/patrón/renovación de copas/asociado con maría	35 d	Repetición D/ensayo 18 cultivares/asociado con granadillo rojo
15	Lote comercial CCN-51/asociado con narra	36 a	Repetición A/ensayo 12 cultivares asociado con guama y caoba
16	Clones EET s /renovación Turrialba/asociado con guapinol	36 b	Repetición B/ensayo 12 cultivares asociado con guama y caoba
17	Lote comercial/asociado con almendro de río	36 c	Repetición C/ensayo 12 cultivares asociado con guama y caoba
18	Colección variedades de rambután	36 d	Repetición D/ensayo 12 cultivares asociado con guama y caoba
19	Evaluación de progenies interclonales/asociado con sombra de ternero	37	Evaluación de cruza inter-compatibles/asociado con guama y caoba
20	Lote cacao comercial/asociado con rambután	38	SAF: plátano-madreado-caoba y cultivares de cacao Auto compatibles
21	Lote 14 ex - ensayo de progenies CATIE/asociado con rambután	39	Lote de validación y ensayo de nutrición en clones trinitarios I.C./pito y caoba
22	Lote comercial filipino/asociado con granadillo rojo	40	Rodal de terminalias
23	Ensayo concluido: prueba multilocal/asociada con zapelle, huesito, ciruelillo	41	Lote cacao/borojó
24	Banco madre policlones CATIE/asociado con ciruelillo, cañamito y tempisque	42	Plantel: oficinas, laboratorios, bodega, beneficio, aserradero, viveros, cancha, etc.



II. REGISTROS CLIMÁTICOS DEL CEDEC-JAS Y CADETH

Francisco Javier Díaz, Oscar Ramírez y Alfredo Martínez
Programa de Cacao y Agroforestería

La precipitación se mantiene con variaciones año a año con respecto al promedio histórico en las estaciones CEDEC-JAS y CADETH. En el 2022 se registraron 148.7 mm más que el promedio de la precipitación desde 1987 en el CEDEC-JAS y de 246.2 mm promedio en el CADETH desde 1997.

En el CEDEC-JAS la precipitación de 2022 fue de 3,118.7 mm (Cuadro 1), esto es 261.9 mm más que en el 2021. Al igual que en 2021 se registró lluvia todos los meses del año. Sin embargo, se observa que la variación mensual de lluvia fue menor en comparación al 2021 y estuvo mejor distribuida, especialmente en los meses de enero y noviembre que generalmente registran las mayores precipitaciones. También, se observó que los meses más lluviosos fueron febrero con 436.4 mm y octubre con 500.6 mm. Los meses con menor precipitación fueron: mayo con 86.3 mm y julio con 77.8 mm (Figura 1).

En este mismo Centro, la temperatura mínima anual media fue de 21.6 °C y la máxima de 33.1 °C, con una media anual de 27.4 °C (Cuadro 1), igual a la registrada en el 2021. La mayor temperatura media máxima mensual se registró en junio, con 35 °C; mientras que la menor fue en enero con 30.3 °C. Enero y febrero registraron las menores temperaturas mínimas media mensuales con 19.9 y 19.5 °C, respectivamente; mientras que septiembre, registró la media mínima mensual más alta con 23.0 °C (Figura 3). En general, la temperatura promedio anual se incrementó en 0.2 °C con respecto al promedio histórico desde 1987 (Figura 4).

Por otro lado, en el CADETH se registró una precipitación anual de 3,718.7 mm, mayor en 600.0 mm a la del CEDEC-JAS. Esta diferencia se atribuye fundamentalmente a la cantidad de lluvia registrada en el semestre de marzo a agosto que fue de 468.8 mm, mientras que, en el semestre de septiembre a febrero la diferencia fue apenas de 131.2 mm. Al igual que el CEDEC-JAS, en todos los meses del año se registró lluvia lo con un promedio de 310 mm por mes, con la mayor precipitación de 556.2 mm en enero y la menor de 158.4 mm en julio (Figura 1). La precipitación registrada en este periodo fue 470.7 mm mayor al promedio histórico desde 1997.

En lo referente a temperatura se observa que, en la comunidad de El Recreo donde está ubicado el CADETH, el rango entre la temperatura media mensual máxima y mínima fue de 4.3 °C (Cuadro 2). Los meses de diciembre a febrero registraron las temperaturas medias mensuales mínimas más bajas, mientras que entre abril y septiembre se registraron las temperaturas medias máximas más altas. La temperatura media anual fue de 25.9 °C.

Cuadro 1. Precipitación, temperaturas mínima, máxima y media mensual en el CEDEC-JAS en La Masica, Atlántida, Honduras, en 2022.

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura media mensual (°C)		
		Mínima	Máxima	Promedio
Enero	376.4	19.9	30.3	25.1
Febrero	436.4	19.5	30.5	25.0
Marzo	134.8	20.6	32.0	26.3
Abril	175.6	22.0	34.6	28.3
Mayo	86.3	23.5	34.7	29.1
Junio	127.3	22.7	35.0	28.8
Julio	77.8	22.6	33.5	28.0
Agosto	179.7	22.5	35.1	28.8
Septiembre	359.6	23.0	34.1	28.6
Octubre	500.6	22.1	32.8	27.5
Noviembre	326.2	21.0	32.9	27.0
Diciembre	338.0	20.2	32.3	26.3
Total/promedio	3,118.7	21.6	33.1	27.4

Cuadro 2. Precipitación, temperatura mínima, máxima y media mensual en el CADETH en La Masica, Atlántida, Honduras, en 2022.

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura media mensual (°C)		
		Mínima	Máxima	Promedio
Enero	556.2	19.0	27.7	23.4
Febrero	473.1	19.3	27.6	23.5
Marzo	159.2	20.2	30.1	25.2
Abril	217.9	21.6	32.3	27.0
Mayo	159.8	21.8	33.2	27.5
Junio	286.2	21.9	31.5	26.7
Julio	158.4	22.3	31.6	27.0
Agosto	268.8	22.2	32.3	27.3
Septiembre	443.9	22.3	33.1	27.7
Octubre	518.9	21.7	29.9	25.8
Noviembre	204.7	21.1	30.2	25.7
Diciembre	271.6	19.6	28.7	24.2
Total/promedio	3,718.7	21.1	30.7	25.9

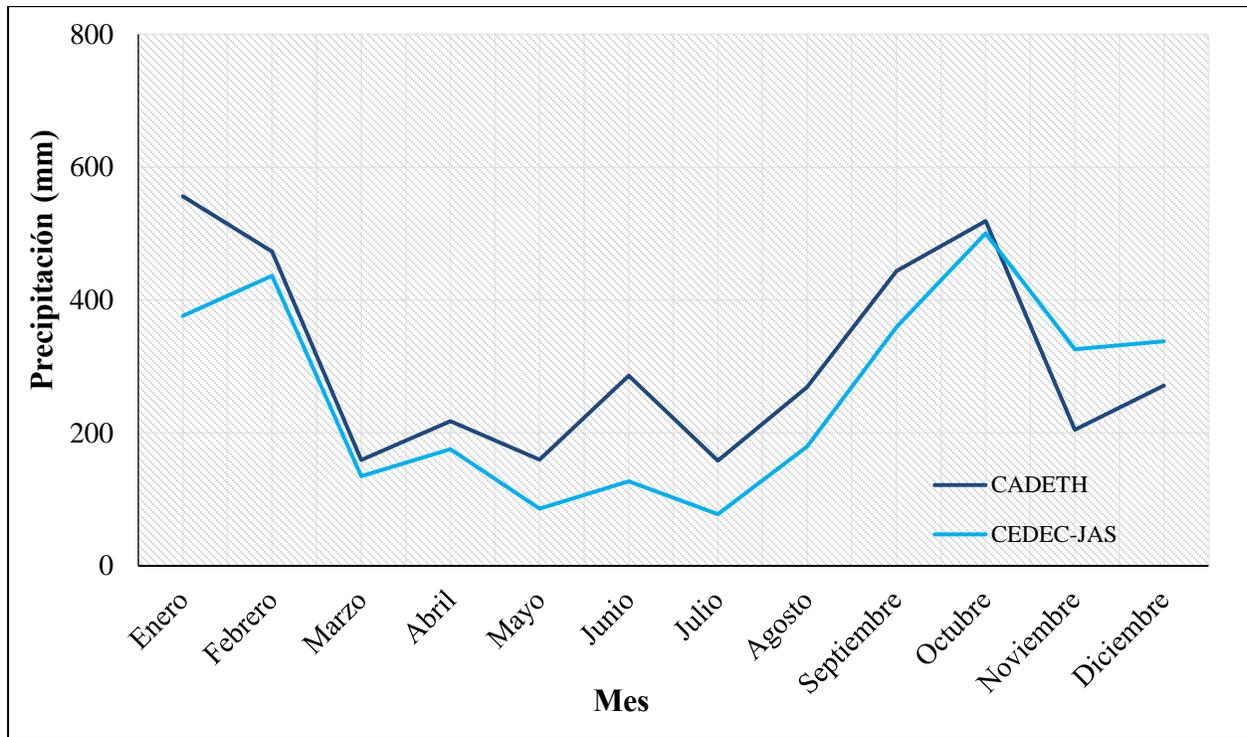


Figura 1. Precipitación mensual en el CEDEC-JAS y CADETH durante el año 2022. La Masica, Atlántida, Honduras.

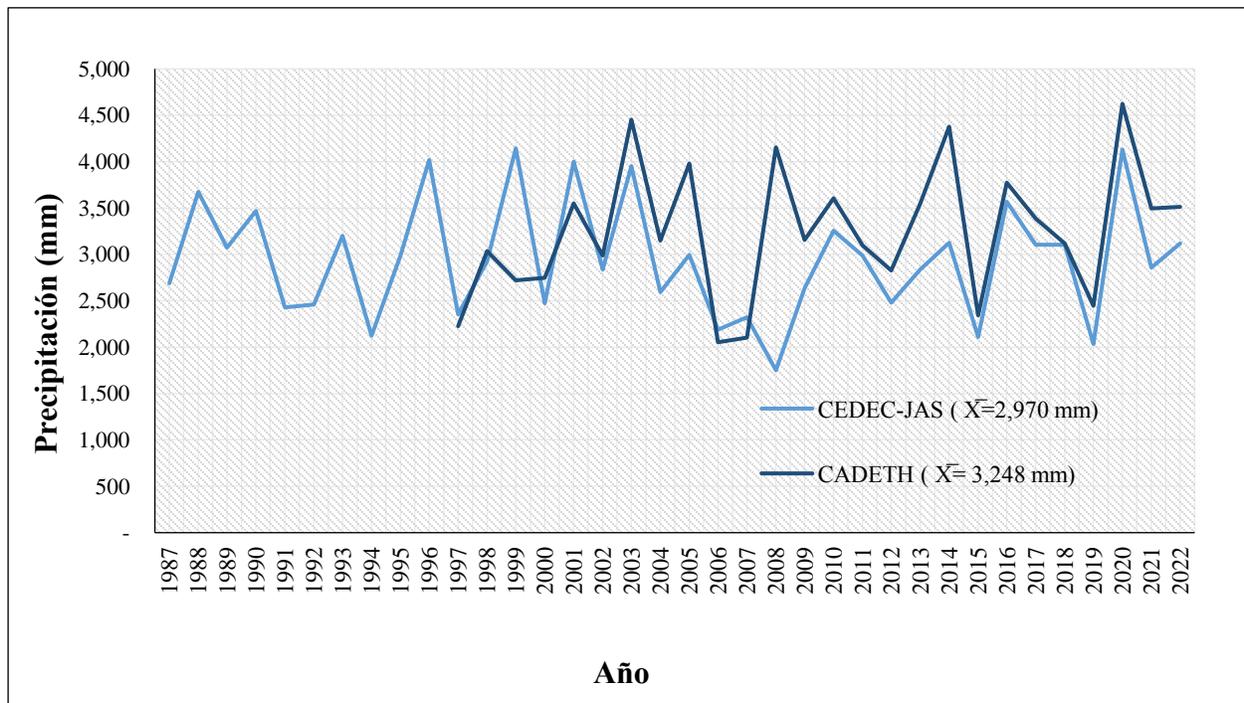


Figura 2. Precipitación anual histórica en el CEDEC-JAS y CADETH. La Masica, Atlántida, Honduras.

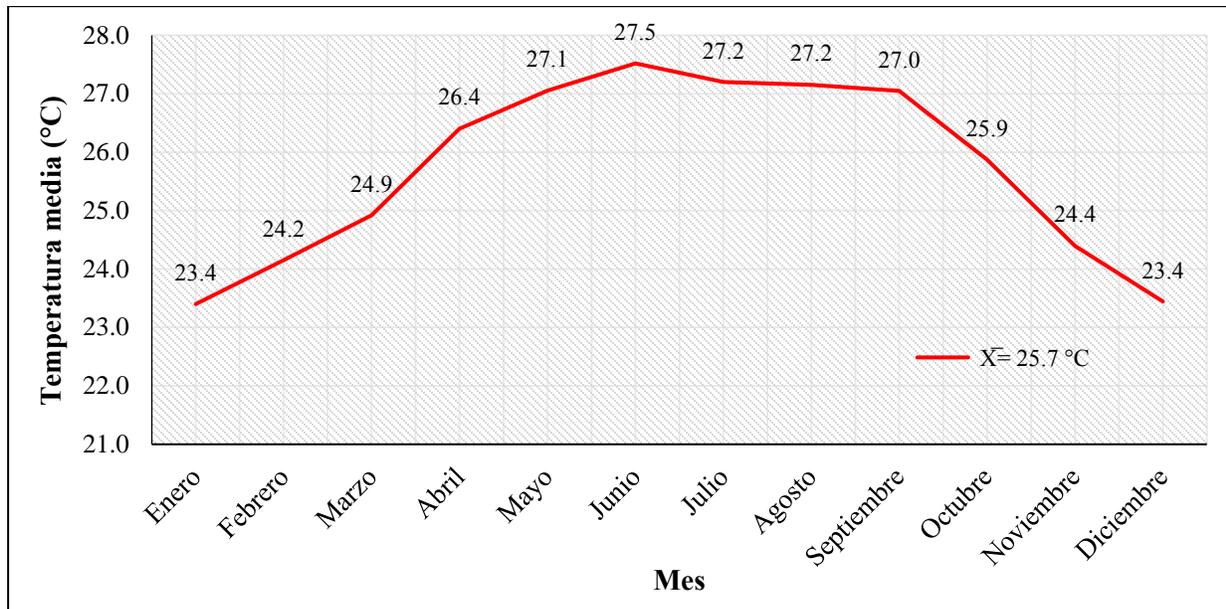


Figura 3. Temperatura media mensual en el CEDEC-JAS, promedio de 1986 a 2022 (FHIA. La Masica, Atlántida, Honduras).

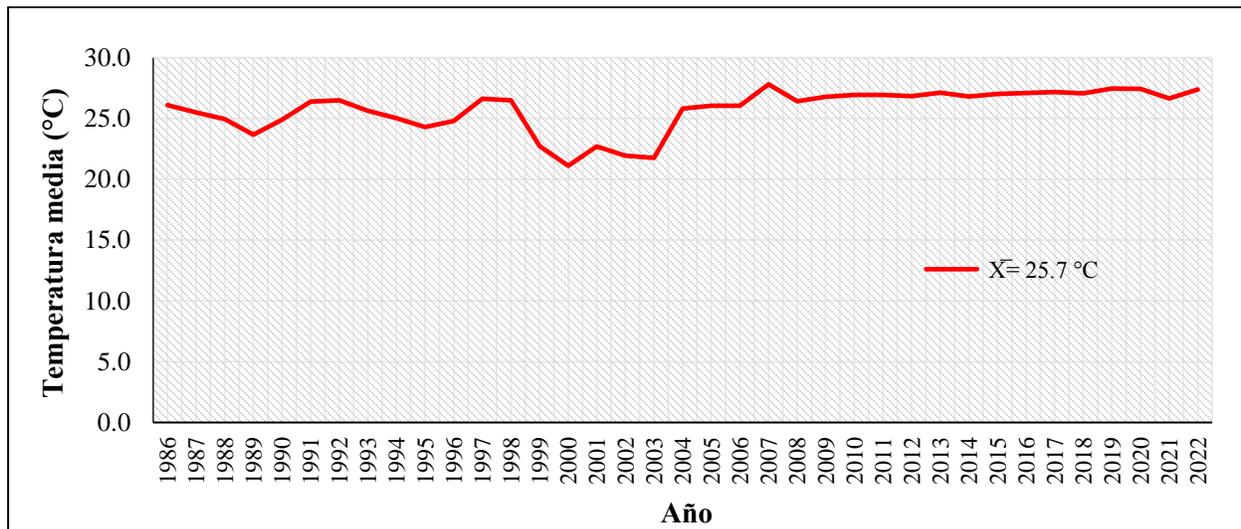


Figura 4. Temperatura media anual en el CEDEC-JAS de 1986 a 2022 (FHIA. La Masica, Atlántida, Honduras).

III. DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE CLONES DE CACAO

Desde 1985, uno de los objetivos principales del Programa de Cacao y Agroforestería lo constituye el desarrollo y validación de clones de cacao en sistemas agroforestales, procedentes de colecciones internacionales del CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) en Costa Rica, República Dominicana, Colombia y Ecuador. Adicionalmente, desde hace 22 años se han seleccionado clones a partir de progenies seleccionadas en la estación del CEDEC-JAS. La estrategia de evaluación y selección de clones de cacao está constituida por diversas etapas que se presentan en la Figura 5:

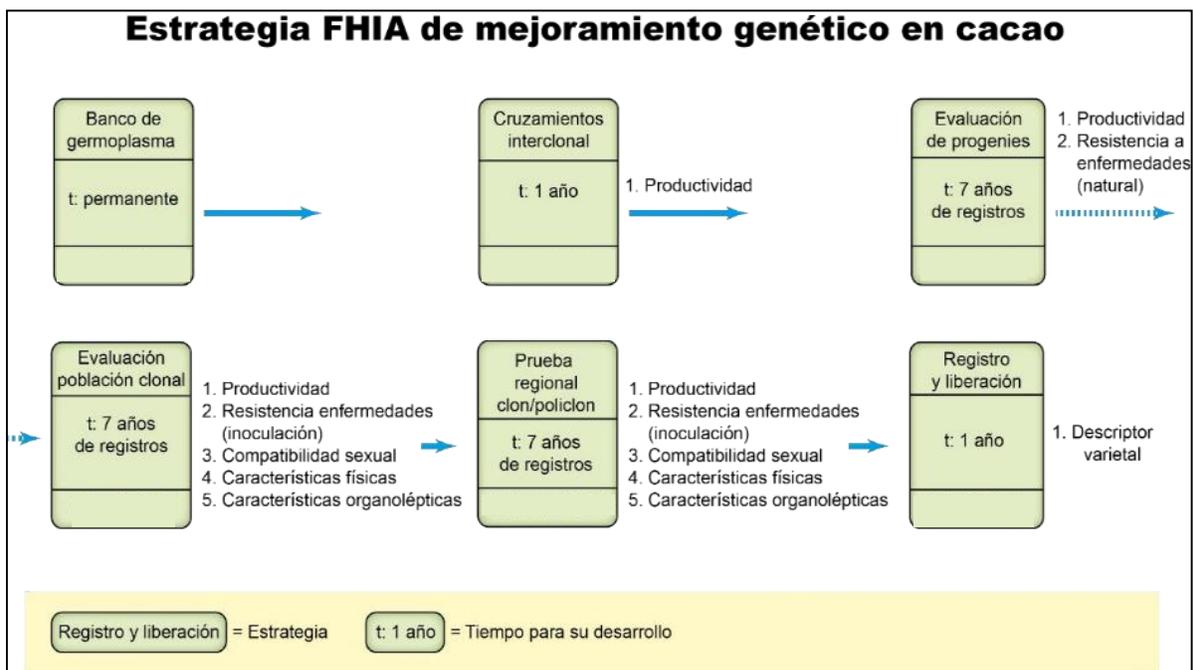


Figura 5. Estrategia de mejoramiento genético en cacao.

Los clones seleccionados a través de las diferentes etapas son valorados principalmente por las siguientes variables:

Productividad. La producción de frutos sanos por árbol, en promedio mayor o igual a 25 frutos por año es el principal criterio para la selección de clones.

Resistencia a las enfermedades moniliasis y mazorca negra. A partir de 2015, se tomó como base las referencias establecidas por el CATIE para la evaluación de la resistencia genética de clones de cacao a la moniliasis y mazorca negra mediante inoculación de frutos de manera artificial. En el caso de moniliasis, la escala utilizada mide la severidad de daño del tejido interno de la mazorca, la cual va de 0 a 5, en donde 0 = frutos sanos, 1 = 1-20 % de daño interno, 2 = 21-40 % de daño interno, 3 = 41-60 % de daño interno, 4 = 61-80 % y 5 = mayor a 81 % de daño interno. Para el Programa de mejoramiento, los clones que se seleccionan son aquellos que en escala promedien valores de severidad no mayores de 0-1.25 (considerados resistentes), y valores entre 1.26-2.50 (moderadamente resistentes). Para la mazorca negra, la escala es con base en el diámetro de la lesión y se distribuye de la siguiente manera: materiales resistentes con diámetro entre 0.0-2.0 cm, moderadamente resistentes para manchas con diámetro entre 2.1-4.0 cm, moderadamente susceptibles para manchas entre 4.1-6.0 cm y susceptibles para manchas con diámetro mayor a 6.0

cm. Igual que para moniliasis, se seleccionan materiales bajo las primeras dos categorías de clasificación de la resistencia.

Niveles de autocompatibilidad e intercompatibilidad sexual. Esta característica se evalúa realizando polinizaciones manuales en o entre los clones de cacao, registrando el porcentaje de frutos que se desarrollan después de 15 días de realizadas las polinizaciones. Si la cantidad de frutos prendidos es mayor o igual a 30 % se clasifica el clon como autocompatible, o, inter-compatible cuando el cruzamiento se realizó entre clones. La compatibilidad es importante en la selección de clones para el diseño de arreglos policlonales a establecer en el campo.

Características organolépticas de fineza y aroma. Estas variables brindan información sobre las características de sabor y aroma de los clones. La diversidad de atributos de cada clon es importante e influyente en la mezcla total de granos.

Todos los esfuerzos en mejoramiento genético se desarrollan para proveer a los productores de cacao del país y la región clones con alta productividad, buena tolerancia a las principales enfermedades (moniliasis y mazorca negra) y con excelentes características organolépticas de fineza y aroma.

3.1. Evaluación de clones promisorios seleccionados de progenies híbridas con mayores índices de rendimiento y tolerancia a moniliasis. CAC 13-01

Aroldo Dubón, Javier Díaz y Oscar Ramírez

Programa de Cacao y Agroforestería

Introducción

La selección de clones de cacao con características sobresalientes de producción, tolerancia a enfermedades y, con características físicas y organolépticas deseables es fundamental previo a incluirlos en pruebas regionales donde se evalúe su adaptación y capacidad productiva en diferentes condiciones de suelo y clima. Este proceso se complementa eventualmente con el registro oficial de los clones, certificación de bancos de yema y viveros para su posterior liberación a los productores (etapa 6). En la etapa 4 de mejoramiento (Figura 5), este ensayo presenta resultados de la evaluación de los 30 mejores clones de cacao, provenientes de familias interclonales evaluadas como progenies (tercera etapa de estrategia de mejoramiento genético) entre 1999 y 2012 donde se determinó su potencial productivo y resistencia a moniliasis y mazorca negra bajo presión natural de inóculo.

Materiales y métodos

Dentro de la cuarta etapa de la estrategia de mejoramiento se están evaluando en el ensayo CAC 13-01, con una duración estimada de 7 años de producción, 18 clones que fueron establecidos en el campo en julio de 2013. Adicionalmente, en un segundo ensayo establecido en septiembre de 2014 se evalúan 12 clones que provienen de progenies evaluados y seleccionados en un ensayo anterior. Ambos estudios son desarrollados en el CEDEC-JAS, el cual se encuentra ubicado en una zona de vida de bosque húmedo tropical (Bh-t). El estudio con 18 clones fue establecido bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con 4 repeticiones. Cada unidad experimental está conformada por 6 plantas, establecidas en cuadro con un espaciamiento de 3.0 m x 3.0 m equivalente a una población de 1,100 plantas por hectárea. La parcela experimental establecida en

sistema agroforestal tiene un área de 972 m² y está en asocio con la especie forestal granadillo rojo (*Dalbergia glomerata*) como sombra permanente.

A partir del cuarto año de establecido se inició el registro y evaluación de variables agronómicas: mazorcas sanas por árbol y rendimiento en cacao seco en kg extrapolado a hectárea con base en una densidad de población de 1,100 árboles y el índice de mazorca específico de cada clon. Adicionalmente, se registra la incidencia de mazorcas afectadas por moniliasis y mazorca negra, el índice de grano y de mazorca. El registro de las variables anteriores se realizó al momento de las cosechas, cada dos semanas durante todo el año. El rendimiento anual, así como el promedio de cosecha de los últimos 5 años se sometió a un análisis de varianza, así como la incidencia de enfermedades. De encontrarse efecto significativo ($p \leq 0.05$) de clones se utiliza la prueba de Duncan para la separación de medias y determinar los intervalos de confianza al 95 %.

Resultados y discusión

A continuación, se presentarán los datos correspondientes entre el cuarto al noveno año de edad de la plantación (acumulado de seis años de cosecha). Para cada clon se presentarán los valores de producción de mazorcas por árbol y extrapolado a rendimiento de cacao seco por hectárea con el ajuste por índice de mazorca. También se presenta la incidencia de enfermedades del último año de registro (año 2022). Finalmente se presenta una propuesta de un nuevo arreglo policlonal (Figura 7).

Rendimiento comercial. El rendimiento comercial promedio de los 18 clones en el 2022 fue ligeramente superior al de 2021 y al promedio acumulado de seis años (Cuadro 3). Con relación a la producción de 2022, el rendimiento varió desde 2,260 kg por hectárea para FHIA-330 hasta 914 kg por hectárea para FHIA-736. El promedio general fue de 1,566 kg por hectárea. Al proponer un nuevo arreglo policlonal conformada por los clones FHIA-330 (AC), FHIA-310 (AI), FHIA-612 (AC), FHIA-533 (AI) y FHIA-65 (AC) que se presentada más adelante y que se ha establecido en el CEDEC-JAS en el 2021, esperando obtener un potencial de producción de 1,738 kg de cacao seco por hectárea. Incluso, con el rendimiento promedio de seis años con densidad de árboles de 3.5 m x 3.5 m, comúnmente utilizado por los productores, hay siete clones que producirían más de la tonelada de cacao seco por hectárea y dos adicionales cuyo rendimiento estaría cercano a la tonelada. Los ocho clones de menor rendimiento en las condiciones de manejo del estudio promedian 793 kg por hectárea, dos veces la producción promedio estimada de productores en zonas de topografía plana.

La producción de frutos sanos fue en promedio 32.1 frutos por árbol, con un incremento de 2.8 frutos en relación con la producción del 2021. Al aplicar el índice de mazorca para cada clon se observa que el clon FHIA-330 es el único que registra un rendimiento promedio mayor a las dos toneladas por hectárea; sin embargo, si incluimos los límites de confianza (95 % de probabilidad) observamos que potencialmente tenemos cinco clones que pueden superar las dos toneladas de cacao seco por hectárea.

La Figura 6 muestra el rendimiento promedio en kilogramos por hectárea de seis años productivos de los clones FHIA. Para la determinación del rendimiento se toma en cuenta el índice de mazorca para cada clon. Por ejemplo, para el clon FHIA-310 con un índice de mazorca es de 15.8 y con un promedio de seis años de 26.4 frutos por árbol, equivale 1.67 kg de cacao seco por árbol, convirtiéndolo en el clon con mayor rendimiento. El criterio de selección de la

FHIA para el índice de mazorca es que sea igual o menor a 20; sin embargo, valores por encima de este valor deben ser tomados en cuenta al momento de conformar arreglos policlonales, para asegurar un criterio productivo y al mismo tiempo reducir la variabilidad al momento del beneficiado para asegurar tamaño más o menos similares. En la misma Figura, observamos la incidencia de afectación por las enfermedades mazorca negra y monilia.

Cuadro 3. Producción anual de 2017 al 2022, promedio e incidencia de enfermedades en el 2022 de 18 clones de cacao desarrollados y evaluados por la FHIA (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).

Clon FHIA	Frutos/árbol									Producción (kg/ha)	
	4° 2017	5° 2018	6° 2019	7° 2020	8° 2021	9° 2022	Sanos (6 años)	MN (2022)	Mon (2022)	2022	Promedio (LC)
310	22.8	20.4	31.2	27.0	32.9	23.9	26.4	0.5	1.5	1,667	1,838 (1,610-2,067)
330	29.0	21.0	51.0	35.4	43.9	47.7	38.0	0.2	2.5	2,260	1,799 (1,482-2,115)
612	19.8	28.1	45.1	33.5	28.3	34.8	31.6	1.0	3.6	1,961	1,782 (1,481-2,083)
65	24.4	39.6	53.8	37.5	33.1	39.2	37.9	0.5	6.2	1,839	1,781 (1,517-2,044)
276	18.8	17.8	34.2	37.0	32.6	34.4	29.2	0.7	1.7	1,965	1,664 (1,319-2,009)
741	20.7	19.1	41.3	27.7	26.2	33.3	28.1	0.1	1.4	1,864	1,569 (1,275-1,864)
533	23.5	24.8	50.6	40.4	40.6	35.6	35.9	0.2	2.2	1,521	1,490 (1,213-1,768)
430	19.3	15.6	41.5	17.8	23.7	28.8	24.4	0.3	5.5	1,550	1,314 (1,059-1,568)
677	20.7	21.9	44.0	20.6	29.0	30.5	27.8	1.2	12.7	1,440	1,312 (1,033-1,591)
515	23.3	18.4	35.5	28.6	30.1	38.0	29.0	0.4	5.3	1,671	1,275 (1,054-1,495)
707	22.8	14.8	35.7	31.9	27.8	30.5	27.2	0.6	2.0	1,309	1,169 (999-1,339)
671	14.3	13.4	34.2	27.3	24.5	33.8	24.6	0.4	2.8	1,531	1,112 (877-1,347)
225	19.8	18.2	31.6	15.0	34.0	29.8	24.7	0.1	2.8	1,329	1,104 (853-1,355)
228	23.2	22.0	33.6	30.7	23.6	33.3	27.7	0.9	2.7	1,317	1,098 (905-1,290)
63	18.8	17.1	23.9	23.0	29.3	23.8	22.7	0.2	1.4	1,139	1,089 (893-1,285)
130	12.7	19.1	36.6	17.6	20.8	32.8	23.3	0.6	4.6	1,514	1,075 (846-1,304)
708	7.3	16.2	33.0	28.6	25.8	30.7	23.6	0.3	3.8	1,396	1,072 (840-1,305)
736	9.9	11.1	15.7	20.2	20.5	17.4	15.9	0.5	1.8	914	838 (699-977)
Media	19.5	19.9	37.4	27.8	29.3	32.1	27.7	0.5	3.6	1,566	1,355 ± 658
p-valor	0.001	<0.001	0.002	0.066	0.072	0.0905	<0.001	0.5515	<0.001	0.073	< 0.0001
C.V.	32.07	26.85	26.23	41.15	32.7	32.08	34.14	134.57	63.29	32.06	34.25
r ²	0.69	0.73	0.67	0.35	0.38	0.48	0.50	0.39	0.70	0.49	0.53

Edad. MN: mazorca negra; Mon: monilia; LC: Límite de confianza = 95 %.

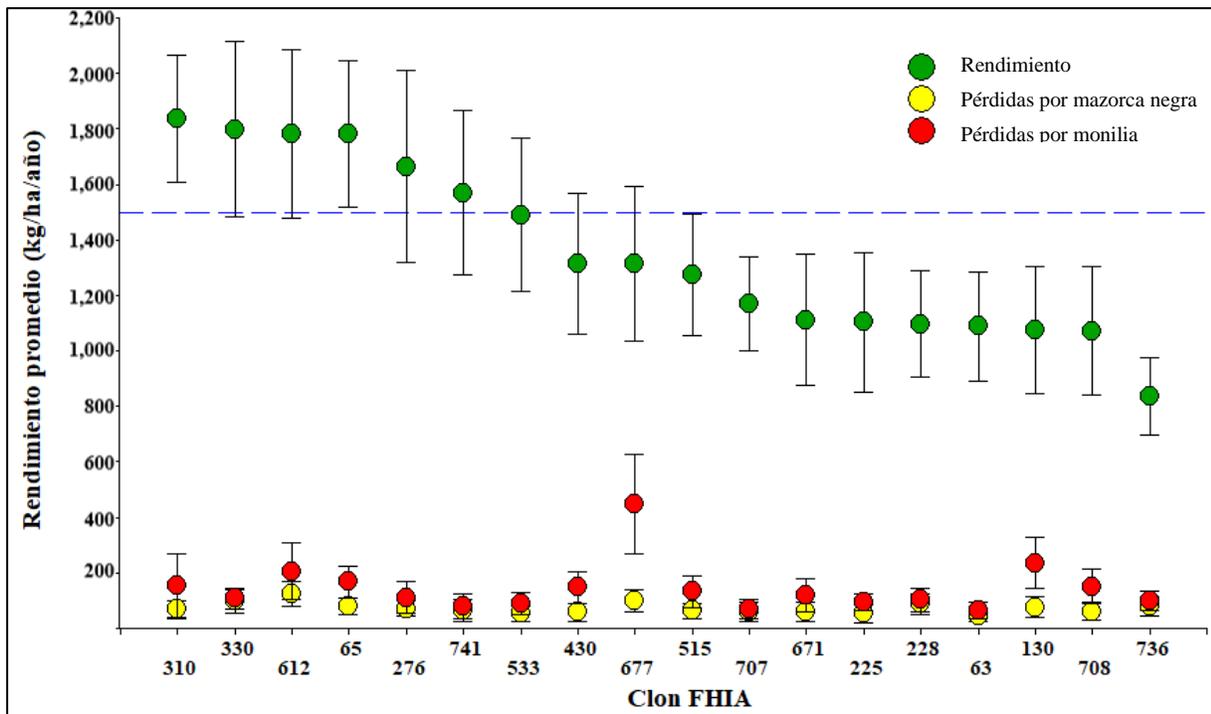


Figura 6. Rendimiento promedio (2017-2022) de 18 clones de cacao evaluados y seleccionados por la FHIA (CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras).

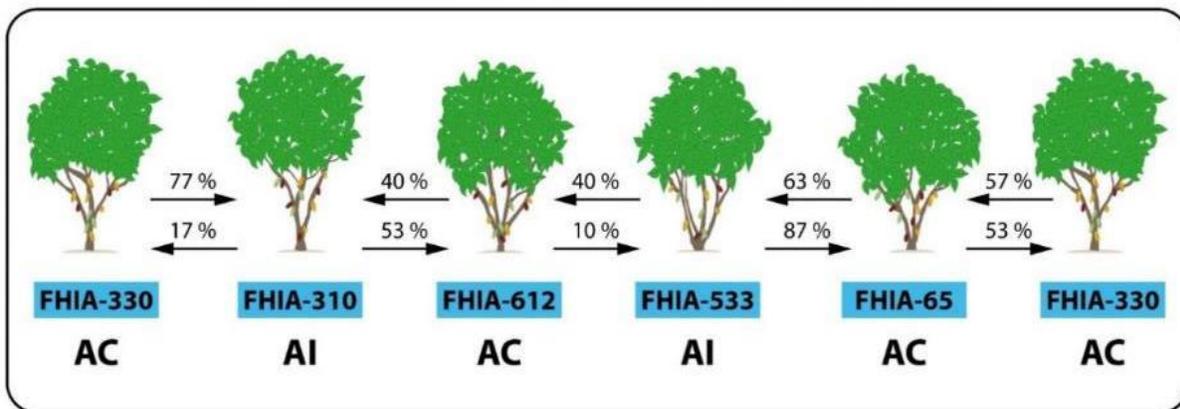


Figura 7. Propuesta de un nuevo arreglo policlonal con los clones evaluados y seleccionados por la FHIA (CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras).

Distribución de la producción. Al comparar el rendimiento total y proporción de frutos dañados, se observa que en el 2022 hubo un 5.5 % más de aprovechamiento de frutos sanos que en el año anterior (Figura 8). La monilia continúa como la principal enfermedad que afecta la producción con un poco más de 9 % de incidencia y aunque su impacto negativo fue menor al registrado en el periodo anterior se deben continuar la aplicación de medidas de control con mayor frecuencia como es la remoción de frutos enfermos, aplicación de fungicidas y el manejo de podas de mantenimiento. La afectación por mazorca negra fue apenas de 1.3 %, se considera baja.

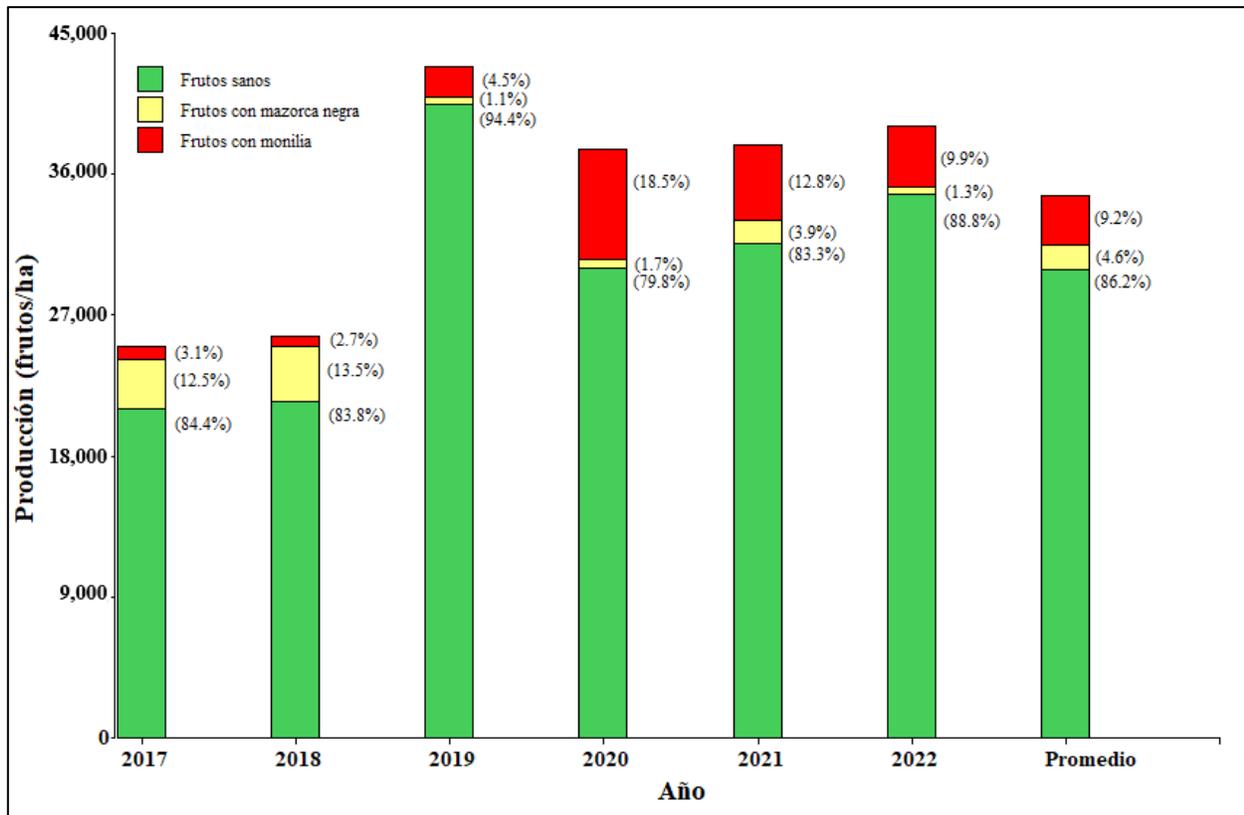


Figura 8. Rendimiento total y proporción de pérdidas por enfermedades por año de 18 cultivares de cacao evaluados y seleccionados por FHIA (CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras).

Índice de enfermedad y producción. El DPI (Disease and Production Index) es un índice que contempla valorar la interacción del nivel de resistencia a enfermedades y producción de clones de cacao. En general, el DPI es una expresión matemática que se deriva de la lógica que cuanto mayor sea el rendimiento potencial y menor sea el porcentaje de incidencia de la enfermedad, mayor será el índice, por lo tanto, puede ser utilizado como herramienta en la toma de decisiones dentro de programas de mejoramiento.

El análisis de dispersión que muestra la asociación entre las variables determinantes (incidencia y producción) para el cálculo del DPI de los 18 cultivares. La Prueba de Pearson muestra que el DPI está más correlacionado y de manera positiva con los frutos sanos ($R^2= 0.72$ y $p\text{-valor} < 0.0001$), mientras que, de forma negativa en lo referente a la resistencia a enfermedades.

En el Cuadro 4 se muestra los resultados del análisis de varianza con una alta significancia para clon y la prueba de separación de medias muestra que los clones más productivos, muestran los mayores DPI.

Cuadro 4. Separación de medias y resumen de resultados del análisis de varianza para el índice de enfermedad y producción de 18 clones de cacao evaluados y seleccionados por la FHIA (CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida. 2022).

Clon FHIA	Índice de producción y enfermedad	
533	56.43	a
330	42.91	a b
741	38.80	b c
65	36.75	b c d
707	33.32	b c d e
276	32.77	b c d e
612	28.93	b c d e f
310	27.81	b c d e f
225	27.61	b c d e f
671	25.51	c d e f g
515	25.28	c d e f g
63	22.84	c d e f g
430	22.51	c d e f g
228	20.30	d e f g
130	18.65	e f g
708	16.78	e f g
677	13.55	f g
736	9.56	g
C.V.	90.61	
R²	0.46	
p-valor	<0.0001	

* Índice de producción y enfermedad con letras en común son estadísticamente similares. Prueba Fisher ($p < 0.05$).

La información de producción es complementada con la información de las características físicas y organolépticas de los clones. Todos los parámetros evaluados por clon permitirán tomar mejores decisiones referentes para la conformación de policlones, su registro y posterior liberación.

Conclusiones al sexto año de cosecha

- La producción anual de frutos sanos por árbol, promedio de seis años, es de 27.7 frutos, equivalentes a 1,355 kg/ha, con el supuesto de un índice de mazorca general de 22.7 frutos.
- La moniliasis es la principal enfermedad que reduce la producción de cacao con una incidencia promedio de 9.2 %; mientras que, la incidencia de mazorca negra es baja con 4.6 %.
- Los clones al sexto año de cosecha mantienen el orden jerárquico de producción, por lo que inició la evaluación de estos materiales en arreglos policlonales en zonas con condiciones edafoclimáticas diferentes.

Recomendación

Con la información recabada al sexto de año de producción y la estabilidad de los rendimientos es momento de iniciar evaluaciones a nivel de policlones en zonas geográficas con condiciones de clima y suelo diferentes a las del CEDEC-JAS para determinar su adaptación y productividad.

Resultados del estudio de 12 cultivares. Como complemento al estudio anterior de 18 cultivares, se presentan a continuación los resultados al quinto año de registro de producción (octavo año de establecidos) de 12 cultivares adicionales.

El promedio de producción de frutos sanos por árbol registró un incremento de 6.8 frutos en comparación al ciclo de 2021. El promedio de cinco años es de 17.5 frutos por árbol que equivalen a un promedio de 912 kg de cacao seco por hectárea con el supuesto de un índice de mazorca de 20.5 (Cuadro 5). En este periodo se utilizó para el cálculo de rendimiento el índice de mazorca para cada clon calculado en el 2021 y se estimó el intervalo de confianza de la producción promedio de los cinco años. Con lo cual se puede afirmar, con 95 % de confianza, que el rendimiento promedio del clon FHIA-21C al quinto año está entre 1,132 y 1,349 kg por hectárea, lo cual es bueno. Siete de los clones evaluados muestran un promedio mayor a 900 kg por hectárea y con potencial para producir más de una tonelada de cacao seco por hectárea.

Cuadro 5. Producción anual de frutos sanos por árbol desde el 4° al 8° de producción y, frutos enfermos en el 2022 de 12 clones de cacao (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2018-2022).

Clon FHIA	Frutos/árbol						Producción (kg/ha)			
	Sanos					Media	MN 2022	Mon 2022	2022	Promedio (IC)
	4° 2018	5° 2019	6° 2020	7° 2021	8° 2022					
21C	19.4	15.7	22.2	22.6	31.3	22.2	0.5	3.9	1,641	1,132 (915-1,349)
63	9.8	17.3	24.8	21.3	30.8	20.8	0.7	4.2	1,457	986 (741-1,231)
74	13.8	19.0	16.4	19.6	22.6	18.3	0.5	3.9	1,261	969 (804-1,133)
224	11.0	13.4	20.6	14.5	22.7	16.5	1.3	5.9	1,442	968 (730-1,205)
108	8.8	11.8	18.5	19.4	28.1	17.3	0.6	4.7	1,557	928 (696-1,159)
146	12.3	13.7	18.3	23.0	31.4	19.8	1.0	5.1	1,458	923 (727-1,120)
32	14.9	22.0	23.0	18.7	16.3	19.0	0.3	12.8	776	904 (777-1,032)
5	8.4	19.1	16.6	14.3	21.9	16.1	0.8	6.6	1,310	895 (716-1,074)
161	8.6	11.4	13.3	12.0	21.1	13.3	2.6	7.7	1,582	888 (664-1,113)
245	11.5	14.5	15.6	13.4	20.5	15.1	0.7	4.8	1,254	855 (698-1,012)
100	11.4	14.0	20.8	16.9	24.5	17.5	0.2	2.9	1,058	779 (633-925)
255	9.2	12.7	16.7	12.8	19.7	14.2	0.6	4.2	1,007	712 (591-833)
Media	11.6	15.4	18.9	17.4	24.2	17.5	0.8	5.6	1,317	912 ± 413
p-valor	0.007	0.004	0.252	0.001	0.1219	<0.001	0.0954	0.0001	0.1283	0.0122
C.V.	32	23.8	30.2	22.7	31.96	34.52	116.74	40.54	30.82	34.34
r ²	0.64	0.67	0.31	0.61	0.54	0.43	0.43	0.66	0.54	0.47

°: edad. MN: mazorca negra, Mon: monilia, IC: Intervalo de confianza = 95 %.

Ya que se estima que el promedio nacional de producción de cacao seco es de 350 kg/ha, se puede observar que todos los clones en evaluación sobrepasan ampliamente dicho promedio (Figura 9). Sin embargo, en un plan de mejoramiento se desean clones que produzcan arriba de la tonelada por hectárea después de los 6 o 7 años de vida productiva y en este caso, al quinto año de registro solo el clon FHIA 21-C cumple con este criterio.

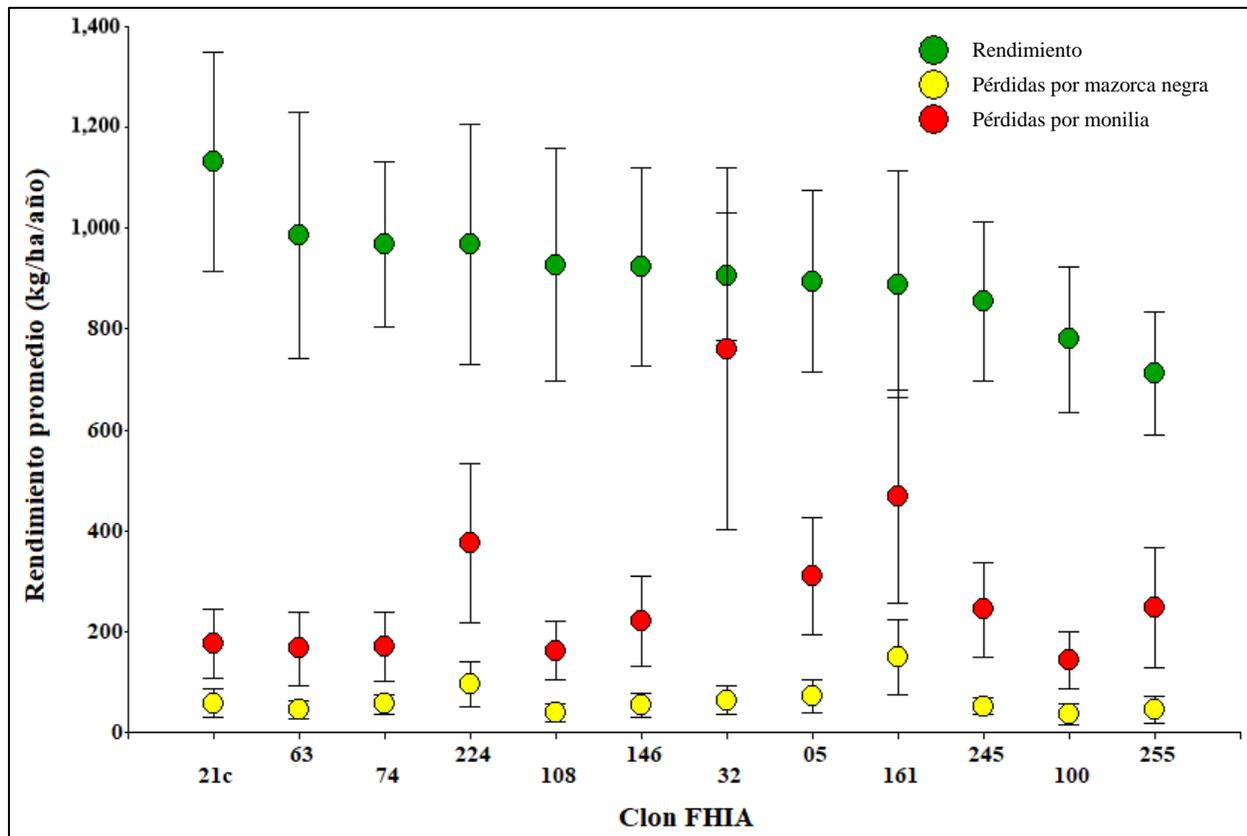


Figura 9. Rendimiento anual promedio de 5 años de cacao seco y pérdidas por enfermedades de 12 clones de clones seleccionados y evaluados por la FHIA (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2018-2022).

El promedio de cinco años de frutos sanos por planta (Figura 9) muestra que el clon FHIA-21c mantiene los registros más altos de producción; y en general, el comportamiento productivo de los clones en el 2022 es consistente con los registros de años anteriores. Se observa un incremento promedio de 384 kg entre los dos últimos años. Adicionalmente, en el 2022 con excepción del clon FHIA-32, todos los clones registraron una producción mayor a los 1,000 kg por hectárea. El FHIA-32 muestra una producción total aceptable pero también muestra la mayor susceptibilidad de mazorcas afectadas por moniliasis en este ensayo. Una alternativa podría consistir en recomendar su establecimiento en zonas con condiciones ambientales menos favorables para el desarrollo del hongo y que el productor aplique prácticas de manejo frecuentes y efectivas. En el 2023, se espera completar la determinación de la intercompatibilidad entre estos clones.

La Figura 10 muestra como la producción total ha sido afectada por moniliasis y mazorca negra durante los últimos cuatro años. Se observa que, durante el período 2022, de cada 100 mazorcas cosechadas, 79 fueron sanas, y se perdieron 18 por afectación de moniliasis y 3 por mazorca negra.

La afectación de frutos por moniliasis en el 2022 registró un promedio de 5.6 frutos por árbol, 1.1 frutos menos que la incidencia registrada en el 2021 (6.6 frutos). La reducción se debe probablemente a condiciones climáticas menos favorables para el hongo y a la implementación de medidas de control como aplicaciones de productos cúpricos y remoción de frutos enfermos con

mayor frecuencia, especialmente a partir del segundo semestre de 2022. Desde el punto de vista de susceptibilidad a moniliasis, FHIA-32 muestra mayor nivel de susceptibilidad con 12.8 %; sin embargo, en otro ensayo dentro de la estación este clon muestra al primer año de registró de producción valores similares de frutos totales y una marcada reducción en el nivel de incidencia de moniliasis. Los demás clones registran niveles entre 2.9 y 7.7 %, considerados como normales. La incidencia de mazorca negra fue mínima y en los últimos años se mantiene alrededor del 1.0 %.

En general, los promedios tanto de mazorcas sanas como de mazorcas afectadas por enfermedades disminuyeron en comparación al ciclo anterior; sin embargo, es claro el incremento en el rendimiento general de los 12 clones en el presente periodo.

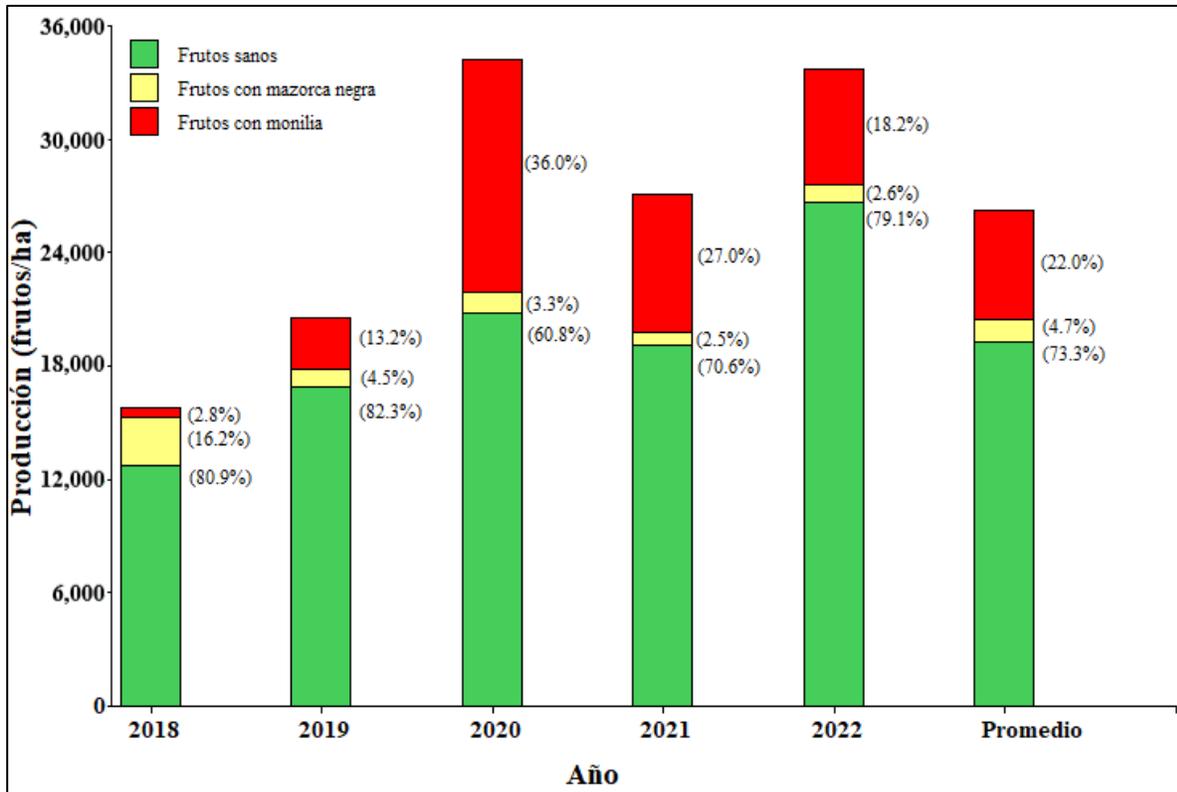


Figura 10. Producción y proporción anual de frutos de cacao sanos y dañados de 12 clones desarrollados y evaluados por la FHIA (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2018-2022).



Figura 11. Clones de cacao promisorios del estudio de 12 cultivares. CEDEC-JAS. 2022.

Conclusiones del periodo

- Al quinto año de registro, la producción se incrementó a 24.2 mazorcas/árbol que corresponde a 1,317 kg/ha de cacao seco.
- El clon FHIA-21C continúa registrando un rendimiento promedio arriba de 1.0 tonelada de cacao seco por hectárea.
- Siete clones mantienen un promedio de rendimiento superior a los 900 kg/ha.
- La moniliasis continúa siendo la principal enfermedad que afecta a las mazorcas de cacao en este sitio. En el 2022 se observó una clara disminución en la incidencia de mazorcas afectadas por moniliasis en comparación al ciclo anterior.
- La incidencia de mazorca negra continúa siendo baja y se mantiene en niveles por debajo del 5 %.

3.2. Comportamiento de cacao cv. CCN-51 bajo sombra permanente de la especie forestal y de uso múltiple masica (*Brosimum alicastrum* Swartz), sombra temporal de guama blanca (*Inga edulis*) y como sombra emergente plátano Curraré enano. AGF 13-01

Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz

Programa de Cacao y Agroforestería

Resumen

Esta parcela de 0.56 ha se estableció en el 2013 con 112 árboles maderables de la especie masica y 384 plantas de cacao (258 de CCN-51 y 126 de otros cultivares). Durante el 2022 se realizó la poda de mantenimiento del cacao, cosechas de cacao, fertilización en dos ocasiones con el 168.5 y 235.3 g/planta de nitrato de amonio, KCl, aplicación de 170 g/planta de cal agrícola, lombricomposta en dos ocasiones a razón de 1.8 y 13.2 kg/planta, control de malezas, muestreo de suelos para actualizar datos de fertilidad, remarcación de números en las cintas de los diferentes ensayos, remarcación de números en cada uno de los árboles de los activos biológicos y remoción de frutos con mazorca negra y monilia.

Resultados del periodo

La producción del periodo se reporta en la Sección 6.7 de este informe. En el 2019 se inició como un ensayo de nutrición donde se llevan registros de producción por cada uno de los tratamientos.

3.3. Comportamiento ex-situ de cacao criollo en condiciones del CADETH bajo sombra de regeneración natural. AGF 14-01

Alfredo Martínez, Francisco Javier Díaz y Oscar Ramírez

Programa de Cacao y Agroforestería

Introducción

Se continúa la evaluación de 20 cultivares recolectados en varias zonas del país y establecidos en el CADETH en el 2010 en un área de 1.89 ha como banco de germoplasma para preservar las características de cacaos criollos. De estos ha confirmado que al menos 6 cultivares son 100 % criollos de acuerdo con el análisis de ADN (López, 2015). El criterio de selección de los cultivares fue que los árboles produjeran mazorcas con 30 % o más de granos blancos o crema (Durán y Dubón, 2016).

Avance de resultados

Durante el 2022 la producción total del lote 2, con una población de 156 plantas de cacao, sigue en aumento, con 1,445 mazorcas cosechadas, 569 más que el 2021 que fue de 886, equivalente a 9.2 mazorcas por árbol. Cabe mencionar que, de estas, 1,073 (74.2 %) fueron mazorcas sanas, 37 afectadas por monilia, 115 por mazorca negra y 149 dañadas por pájaros y ardillas. Este año ha sido mejor que el año anterior, lo que se ve reflejado en la producción, a pesar de que se conoce que la producción de estos materiales es baja y susceptible a enfermedades. Se continuará con la evaluación de estos materiales genéticos para eventualmente seleccionar los mejores.



Figura 12. Bellota de cacao criollo (izquierda) y almendras blancas de cacao criollo (derecha).

Literatura citada

- Durán, E. y A. Dubón. 2016. Tipos genéticos de cacao y distribución geográfica en Honduras. 1^{era} edición. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). La Lima, Cortés. 24 pág.
- López, M. 2015. Presentación resultados: Evaluación de la diversidad genética de cacaos de Honduras a través de marcadores moleculares SSR y SNP's. Presentación Power Point. FHIA, PROCACAO, USDA, World Cocoa Foundation.

3.4. Prueba regional: evaluación de 28 clones comerciales de cacao bajo las condiciones del CADETH. AGF 17-01

Oscar Ramírez, Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz
Programa de Cacao y Agroforestería

Resumen. El estudio fue establecido en el marco del proyecto Mejoramiento de ingresos y empleo para productores(as) de cacao en Honduras (PROCACAO) en abril de 2016, con el objetivo de conocer la adaptación, productividad y tolerancia a enfermedades/plagas de los diferentes arreglos policlonales y clones de cacao en suelos de ladera en zona de vida bosque húmedo tropical. La parcela experimental de una hectárea se estableció en sistema agroforestal: cacao-plátano-madreado-caoba del Atlántico con arreglos de plantación 3 x 3, 3 x 3, 6 x 6 y 6 x 12 m, respectivamente. Los tratamientos consistieron en 12 arreglos policlonales, cada uno con 4-5 clones en arreglo u ordenados de acuerdo con su intercompatibilidad sexual. En total se utilizaron 28 clones de cacao para la conformación de los policlones. El diseño experimental es de bloques completos al azar con seis repeticiones. Los datos se registraron al momento de la cosecha por clon: frutos sanos, dañados por monilia, por mazorca negra y plagas (ardillas y pájaros). El rendimiento del cacao seco por hectárea se estimó con el acumulado de la producción de frutos por clon entre su índice de mazorca. Se encontraron diferencias estadísticas significativas (p -valor <0.05) entre los tratamientos/policlones, con respecto a la producción media anual frutos y el rendimiento de cacao seco. Los arreglos policlonales 8 y 7 conformados por los clones EET no son diferentes estadísticamente entre sí; sin embargo, son diferentes al resto de los policlones y continúan siendo los de mayor producción, con un promedio anual de 2019 a 2022 de 10.0 y 9.4 frutos sanos por árbol, equivalentes a 759 y 728 kg/ha, respectivamente. Hasta el 2021 la incidencia de monilia anualmente se mantenía entre 0.9-1.3 %; sin embargo, este 2022 incrementó a 7.2 %, 0.6 frutos/árbol. El policlon 1 presentó la mayor incidencia con el doble de la incidencia general (1.1 frutos/árbol. La mazorca negra también se ha incrementado. Este último año se registró 11.1 % de incidencia mientras que desde el 2018 al 2021 se mantenía entre 3.1-6.6 %. Los frutos dañados por plagas continúan siendo los más importantes con pérdidas en este último año de 18.6 %. En general, se ha mantenido un mejor comportamiento productivo en los policlones que cuentan con mayor cantidad de clones autocompatibles.

Palabras clave: adaptación, productividad, intercompatibilidad, policlones, frutos dañados

Introducción

Desde el 2010 con el desarrollo del proyecto Promoción de Sistemas Agroforestales de Alto Valor con Cacao en Honduras, ejecutado por la FHIA y financiado por el gobierno de Canadá, se marcó el surgimiento del sector cacaotero hondureño, tanto desde el punto de vista de la expansión de áreas de cultivo como en la investigación, y desarrollo del gremio asociado. Las más de 4,000 ha nuevas establecidas con este y otros proyectos, así como las potenciales por establecer, son seleccionadas y desarrolladas con base en criterios técnicos como son la ubicación, topografía, el clima, suelo, entre otros, sin embargo, la selección de material genético a establecer se basa en información desarrollada por la FHIA en sus centros en La Masica, Atlántida. La selección de materiales difiere de acuerdo con las condiciones agroecológicas propias de cada lugar. En ese sentido, es importante disponer de materiales genéticos adaptados a cada zona, con buena productividad, resistencia a enfermedades y características de calidad, para evitar recomendar aquellos que muestran poca adaptación a lugares y condiciones específicas. Las pruebas regionales fue un concepto

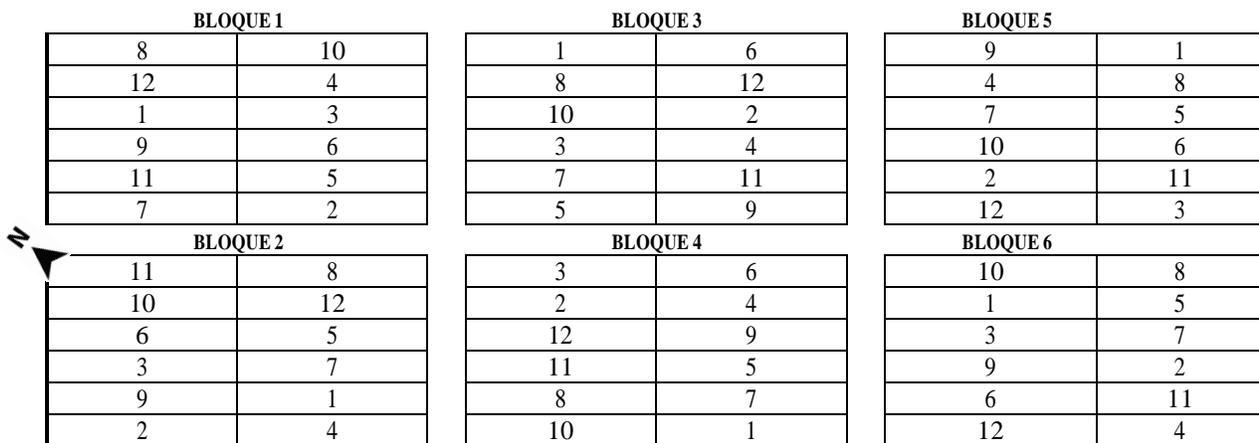
desarrollado en 2015 por el Programa de Cacao y Agroforestería que buscaba la evaluación de clones de cacao de uso comercial en diferentes zonas geográficas del país. Sin embargo, esta iniciativa por ser formulada como parte de un proyecto (FHIA-PROCACAO) no contó con el apoyo a largo plazo y fue abandonada por falta de financiamiento. De los 8 sitios inicialmente establecidos únicamente se dio seguimiento al lote establecido por la FHIA en el CADETH (Centro Agroforestal Demostrativo del Trópico Húmedo), en la comunidad de El Recreo, La Masica, Atlántida. Esta parcela, está establecida en un terreno de ladera, con suelos característicos de muchas zonas de producción. En este informe se presentan los resultados obtenidos de enero a diciembre de 2022 con árboles de cacao de 70 a 81 meses de edad (5.8 a 6.8 años). Adicionalmente, se incluyen los resultados anuales desde el 2018, para conocer la evolución de los clones/policlones de cacao a través del tiempo (Ramírez, *et al.*, 2018, 2019, 2020 y 2021).

Objetivo

Conocer la adaptación, productividad y tolerancia a enfermedades/plagas de los diferentes arreglos policlonales y clones de cacao en suelos de ladera ubicado en zonas de vida de bosque húmedo tropical.

Materiales y métodos

En abril de 2016 se estableció en el CADETH (UTM X:491604, Y:1719864.) una parcela experimental de una hectárea bajo sistema agroforestal: cacao-plátano-madreado-caoba del atlántico, con 28 clones de cacao distribuidos en 12 arreglos policlonales según su intercompatibilidad sexual. Dicho sitio cuenta con precipitaciones promedio entre 3,000-3,500 mm/año, temperatura media entre 26-27 °C, altitud de 274 msnm y terrenos con pendientes entre 15-20 %. El ensayo fue establecido bajo un diseño de bloques completos al azar con seis repeticiones y 12 tratamientos (arreglos policlonales), con un total de 72 unidades experimentales (Figura 13).



BLOQUE 1		BLOQUE 3		BLOQUE 5	
8	10	1	6	9	1
12	4	8	12	4	8
1	3	10	2	7	5
9	6	3	4	10	6
11	5	7	11	2	11
7	2	5	9	12	3
BLOQUE 2		BLOQUE 4		BLOQUE 6	
11	8	3	6	10	8
10	12	2	4	1	5
6	5	12	9	3	7
3	7	11	5	9	2
9	1	8	7	6	11
2	4	10	1	12	4

Figura 13. Croquis del experimento. Nota: el número dentro del cuadrante corresponde al tratamiento-policlon.

Los arreglos policlonales estuvieron conformados por cuatro o cinco clones de cacao. Cada unidad experimental- policlon ocupó 135 m² (15 plantas de cacao).

Cuadro 6. Clones incluidos en cada uno de doce arreglos policlonales evaluados.

Arreglo policlonal	Hilera				
	1°	2°	3°	4°	5°
T1	POUND-12	FCS-A2	SPA-9	CCN-51	IMC-67
T2	POUND-12	FCS-A2	CCN-51	SPA-9	FCS-A2
T3	UF-667	ICS-1	ICS-39	TSH-565	ICS-95
T4	TSH-565	ICS-1	ICS-39	TSH-565	ICS-95
T5	FHIA-168	FHIA-708	FHIA-168	FHIA-330	FHIA-738
T6	FHIA-707	FHIA-708	FHIA-168	FHIA-330	FHIA-738
T7	EET-48	EET-162	EET-62	EET-95	EET-96
T8	EET-62	EET-162	EET-95	EET-8	EET-95
T9	TSH-565	ICS-1	ICS-39	UF-296	UF-29
T10	TSH-565	ICS-1	ICS-39	UF-296	UF-29
T11	CAUCA-47	CAUCA-37	CCN-51	CAUCA-39	CAUCA-43
T12	CAUCA-34	CCN-51	CAUCA-39	CAUCA-43	CCN-51

Variables de evaluación:

- Porcentaje de sobrevivencia al final del año
 - Frutos sanos por árbol, quincenal
 - Frutos con moniliasis por árbol, quincenal
 - Frutos con mazorca negra por árbol, quincenal
 - Frutos dañados por plagas por árbol, quincenal
 - Índice de grano por clon
 - Índice de mazorca por clon
 - Rendimiento de cacao seco en kg/ha
- En la cosecha (Figura 14A)
- Final del secado (Figura 14B)



Figura 14. A. Registro de variables durante la cosecha y B. Al terminar el beneficiado.

Para el análisis estadístico de la variable se empleó el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020) para realizar el análisis de varianza y la prueba de separación de medias de Duncan. Adicionalmente, se construyeron los intervalos de confianza al 95 % específicamente para la variable rendimiento de cacao seco (kg/ha).

Manejo del experimento. Las actividades en el cacao incluyeron dos podas de mantenimiento, dos de control de maleza (chapia), cuatro jornadas de eliminación de chupones y la fertilización realizada en dos momentos de la dosis de 75-40-80 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O más 92 kg de cal

dolomita. Se eliminó 65 % del madreado y se remarcaron los árboles de caoba del atlántico como parte del manejo de los activos biológicos de la estación. En total se utilizaron alrededor de 56 jornales para realizar todas las actividades de manejo agroforestal.

Resultados y discusión

Este 2022 la sobrevivencia de las plantas de cacao se redujo a 89 %, siendo 7 % menos comparado al año anterior que se mantenía en 96 %. El rendimiento de frutos por árbol también se vio afectado negativamente (8.5 frutos/árbol versus 9.80 frutos en el 2021). La producción de frutos sanos fue 10 % menos, debido al incremento de la incidencia de monilia en 5.9 % y mazorca negra en 6.6 %. Las pérdidas por ardillas y aves siguen siendo, como en años anteriores, causa de las mayores pérdidas y reducción del rendimiento del cacao con un 18.6 % de incidencia (Figura 15).

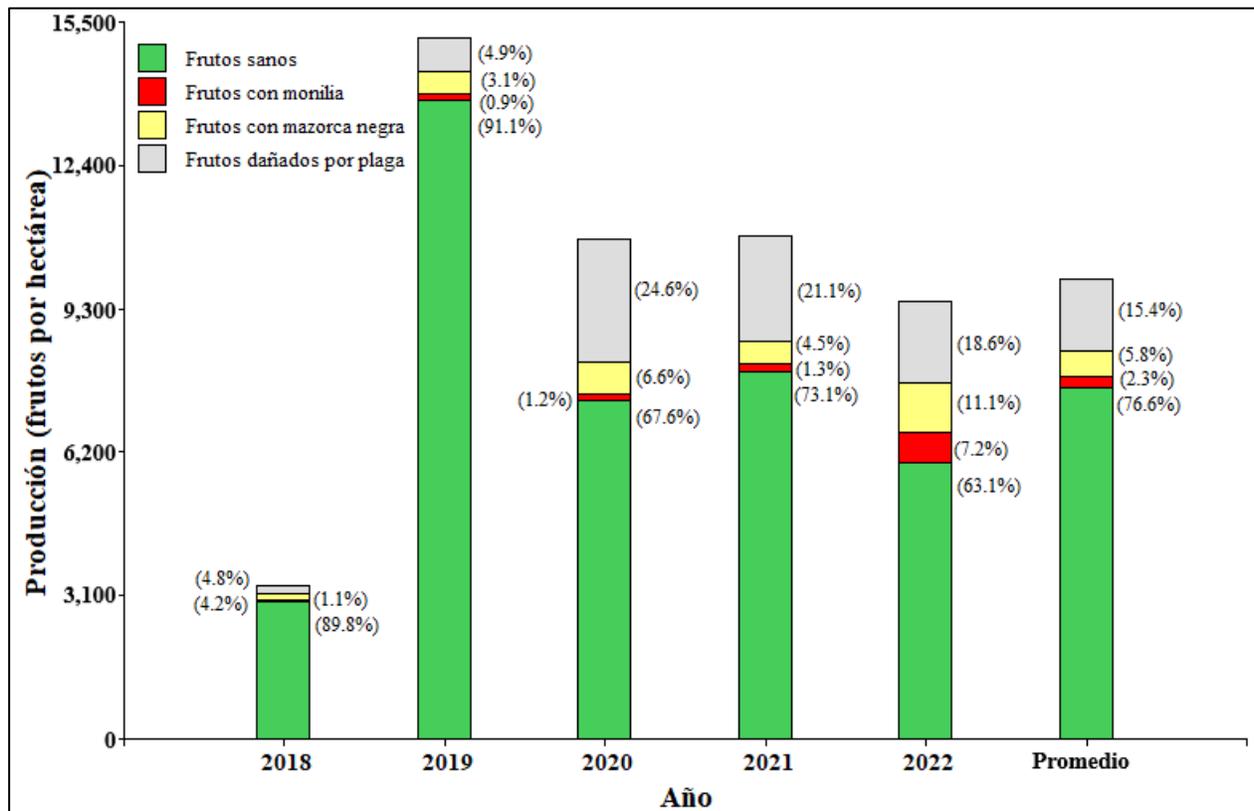


Figura 15. Producción de frutos sanos y con diversos daños por plagas y enfermedades en la prueba regional en el CADETH (FHIA. El Recreo, La Masica, Atlántida. 2018-2022.

En este año la plantación de cacao se evaluó entre sus 6-7 años de edad, fenológicamente está en transición a la etapa adulta (Dubón y Sánchez, 2016). Por primera vez en cuatro años no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la producción de frutos totales, frutos sanos y rendimiento de cacao seco entre los arreglos policlonales. Únicamente se encontraron diferencias (p -valor < 0.05) en la incidencia de monilia y daños por plaga (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resumen de resultados del análisis de varianza de las variables de producción de 12 arreglo policlones de cacao en la prueba regional (CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. 2019-2022).

Variables	2019			2020			2021			2022		
	p-valor	R ²	C.V.									
Frutos totales	0.0035	0.52	26	0.0040	0.56	27	0.0097	0.53	39	0.2095	0.22	30
Frutos sanos	0.0155	0.49	29	0.0755	0.38	38	0.0006	0.59	43	0.2358	0.21	42
Frutos con moniliasis	0.3656	0.27	132	0.8247	0.35	121	0.0371	0.39	91	0.0400	0.30	60
Frutos con mazorca negra	0.5222	0.35	193	0.2275	0.48	135	0.0023	0.53	90	0.1738	0.23	69
Frutos dañados por plagas	0.0130	0.43	73	0.0123	0.56	54	0.4042	0.37	63	0.0013	0.40	47
Rendimiento de cacao	0.0066	0.53	24	0.0102	0.54	28	0.0285	0.52	36	0.8854	0.09	30

Valores en negrita muestran diferencias estadísticas significativas (p-valor < 0.05) entre los policlones.
R²: coeficiente de determinación; C.V.: coeficiente de variación (%).

Producción de frutos. Los arreglos policlonales más destacados en 2022 fueron el 5, 6 y 11 con una producción de 7.0, 6.9 y 6.9 frutos sanos/planta, respectivamente. Los primeros dos arreglos están conformados por clones de la FHIA. Estos desplazaron a los policlones 7 y 8 (clones EET) que siempre mantuvieron los primeros lugares a lo largo del estudio. Sin embargo, estos continúan liderando el promedio con 10.0 y 9.4 frutos sanos, respectivamente. Finalmente, los materiales menos destacados conforman el policlon 4 y 3 con promedio de 4.3 y 4.0 frutos sanos/árbol, respectivamente (Figura 16).

Cuadro 8. Producción de frutos de cacao por árbol por arreglo policlonal de 2019 al 2022. (Prueba regional del CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras).

Policlón	Frutos por árbol								Rendimiento anual (kg/ha)	
	Sanos					Dañados, 2022			2022	Promedio (IC)
	3° 2019	4° 2020	5° 2021	6° 2022	Media	Mon	MN	Plagas		
8	16.1	8.2	9.9	5.6 a	10.0	0.8 bcd	0.8	1.6 bc	540	759 (646-871) a
7	15.3	8.4	9.7	4.3 a	9.4	0.3 cd	0.7	1.2 c	404	728 (620-836) a
12	12.0	6.4	6.2	5.3 a	7.5	0.6 abcd	0.8	1.6 bc	481	617 (549-684) b
11	13.3	7.2	6.2	6.9 a	8.4	0.5 abcd	1.4	1.4 c	551	608 (512-705) bc
1	13.0	6.5	5.4	4.0 a	7.2	1.1 a	1.4	2.7 a	499	603 (513-692) bcd
2	12.0	6.0	6.9	5.2 a	7.5	0.6 abcd	1.2	2.0 abc	507	591 (526-656) bcd
5	14.0	8.0	12.3	7.0 a	10.3	0.5 abcd	0.7	2.5 ab	507	585 (520-651) bcd
10	10.4	5.7	6.1	4.9 a	6.8	0.8 abcd	1.0	1.2 c	510	560 (510-610) bcd
9	10.9	6.8	5.8	4.5 a	7.0	0.7 abcd	0.7	1.1 c	448	540 (479-600) bcd
6	14.1	7.3	8.3	6.9 a	9.2	0.2 d	0.3	1.6 bc	430	522 (427-616) bcd
4	8.8	4.1	4.5	4.4 a	5.5	0.9 ab	1.2	1.0 c	487	505 (445-566) cd
3	9.2	4.4	4.5	5.4 a	5.9	0.3 bcd	1.1	1.0 c	526	498 (431-566) d
Prom.	12.4	6.6	7.2	5.4	7.9	0.6	0.9	1.6	491	593 (569-617)

°: edad en años; Mon: monilia; MN: mazorca negra; IC: intervalo de confianza ≥ 95 %.

Medias con letras diferentes en la misma columna presentaron diferencias estadísticamente significativas (p < 0.05).

Rendimiento potencial de cacao seco. El rendimiento de cacao seco se estimó sumando la producción anual y con el índice de mazorca determinado para cada clon en condiciones del CEDEC-JAS. El policlon 11 (CAUCASIA-34, CCN-51, CAUCASIA-39, CAUCASIA-43, CCN-51) alcanzó el mayor rendimiento en el 2022 con 551 kg/ha. En segunda posición se encuentra el policlon 8 (EET-62, EET-162, EET-62, EET-95 y EET-8) con 540 kg/ha, el cual también ha presenta el rendimiento promedio de los cuatro años, más alto, con 759 kg/ha y un intervalo de confianza de 95 % 646 y 871 kg/ha·año. Hasta la fecha únicamente los policlones 8 y 7 se mantienen en un grupo estadístico con el mayor rendimiento de cacao seco, mientras que el policlon 5 (clones FHIA) pertenece a un grupo de menor rendimiento a pesar de tener el mejor el rendimiento en 2022. Finalmente, los policlones menos productivos fueron el 4 y 3 con rendimientos que pueden estar entre 431-566 kg/ha·año (Cuadro 8. Producción de frutos de cacao por árbol por arreglo policlonal de 2019 al 2022. (Prueba regional del CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras). Figura 16, Figura 17 y Figura 18).

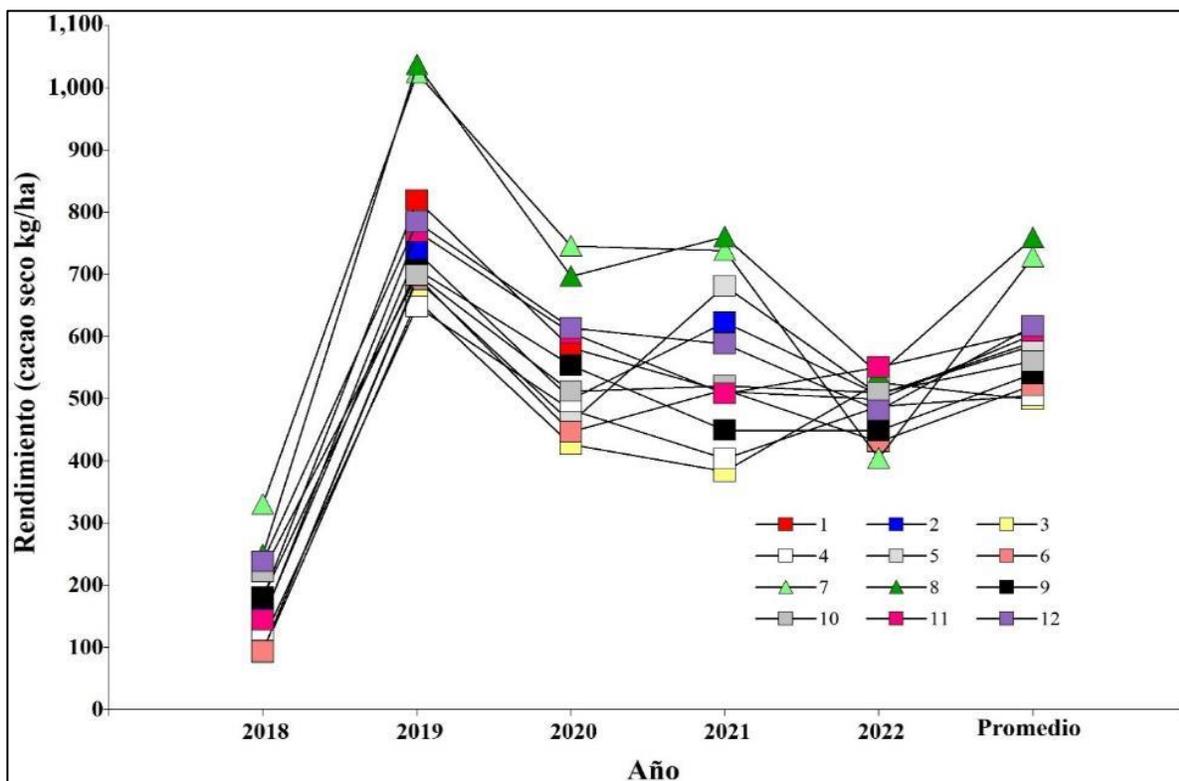


Figura 16. Rendimiento anual desde el 2018 al 2022 y promedio de cacao seco por policlon de la prueba regional (CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida. 2018-2022).

Distribución de frutos por clon. El análisis por clon adolece del supuesto de independencia, ya que este depende del arreglo policlonal. En 2022 los cultivares FHIA-708, EET- 62, EET-96 y FHIA-168 fueron los que tuvieron mejor rendimiento en la producción de frutos sanos, con 12.9, 7.7, 7.1 y 7.0 frutos/árbol, respectivamente. Entre las principales características de estos materiales genéticos está el carácter de autocompatibilidad a excepción de FHIA-708. Sin embargo, el cultivar con el promedio de rendimiento más alto en los últimos 4 años es el EET-96 con 14.6 frutos/árbol, seguido del FHIA-708 con 14.2 y el UF-29 con 13.2. Mientras que, los cultivares EET-48, FHIA-707, UF-296 e IMC-67 fueron los de menor producción con 2.0, 2.8, 2.9 y 2.9 frutos/árbol, respectivamente. Durante su desarrollo los cultivares menos productivos

fueron el EET-8 con un promedio de 2.9 frutos/árbol·año y el EET-48 con 3.2 frutos/árbol·año (Cuadro 9).

Con respecto a las enfermedades FHIA-708 registró baja incidencia a monilia con 0.6 frutos (3.4 %), mientras que, TSH-565 presentó la mayor incidencia con 14 % (1.4 frutos/planta). El clon CCN-51 fue el más afectado por mazorca negra con un 19 % de su producción (2.3 frutos/planta). La mayor afectación por plagas como ardillas y pájaros carpinteros fue registrada en el POUND-12 con 26 % con 3.1 frutos/planta (Cuadro 9).

Rendimiento de cacao seco potencial por clon. El cultivar que produjo mayor rendimiento de cacao seco y frutos sanos fue el FHIA-708 con 880 kg/ha durante 2022 (Figura 18); en segundo lugar, está CCN-51 con 839 kg/ha, el cual a pesar de no tener alta cantidad de frutos cuenta con un índice de mazorca de 16 frutos/kg, lo que le confiere un mayor rendimiento de cacao seco. Los cultivares EET-96 y EET-162 a pesar de no ser de los más sobresalientes en rendimiento durante este año, lograron mantenerse como los más productivos en el promedio de 2019 a 2022, con 1,136 kg/ha y un intervalo de confianza entre 881 y 1,391 y, 1,018 con intervalo de confianza entre 846 y 1,141 kg/ha·año, respectivamente. Clones como FHIA-707 y EET-48 se mantienen con los bajos en rendimiento promedio el cual no superan los 400 kg/ha por año (Figura 18).



Figura 17. Clon de cacao FHIA-708.

El conocer el comportamiento agronómico para cada clon (Cuadro 10) permite rediseñar o modificar los arreglos policlonales para obtener mejores resultados. Por ejemplo, la sustitución del clon EET-48 en el policlon 7 ya que está entre los clones menos productivos y más susceptibles a enfermedades y, el FHIA-707 en los policlones de FHIA el cual también presenta los menores rendimientos. En ambos policlones puede mejorarse la producción con la inclusión de clones autocompatibles que por lo general son intercompatibles y con buen comportamiento productivo (López *et al.* 2017; Ramírez *et al.* 2019).

Cuadro 9. Producción de frutos y rendimiento de cacao por clon de 2019 al 2022 en la prueba regional (CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).

Clon	Frutos por árbol								Rendimiento (kg/ha)	
	Sanos					Dañados, 2022			2022	Promedio (IC)
	3° 2019	4° 2020	5° 2021	6° 2022	Media	Mon	MN	Plagas		
EET-96	22.6	12.6	16.0	7.1	14.6	0.0	1.3	1.4	637	1,136 (881-1,391)
EET-162	19.3	10.3	14.9	4.4	12.2	0.9	1.1	1.8	503	1,018 (846-1,191)
CCN-51	12.2	5.2	9.8	6.2	8.4	1.1	2.3	2.5	839	934 (844-1,025)
EET-62	16.2	13.5	14.9	7.7	13.1	0.8	1.1	1.5	649	934 (754-1,113)
FHIA-708	23.5	7.8	12.5	12.9	14.2	0.6	0.8	3.1	880	840 (695-986)
UF-29	19.3	12.9	14.6	5.8	13.2	0.0	0.1	0.7	348	782 (660-904)
ICS-39	10.7	5.2	4.2	4.1	6.1	0.6	0.9	1.5	567	642 (572-713)
TSH-565	8.3	6.9	3.1	5.4	5.9	1.4	1.5	1.5	684	629 (574-684)

Clon	Frutos por árbol								Rendimiento (kg/ha)	
	Sanos					Dañados, 2022			2022	Promedio (IC)
	3° 2019	4° 2020	5° 2021	6° 2022	Media	Mon	MN	Plagas		
FHIA-168	14.8	8.4	13.6	7.0	11.0	0.4	0.5	3.0	510	610 (533-687)
IMC-67	11.6	5.6	4.3	2.9	6.1	0.4	1.7	2.9	491	601 (463-739)
POUND-12	17.1	10.7	7.0	6.0	10.2	1.2	1.6	3.1	486	591 (497-684)
EET-95	16.6	6.1	6.6	4.3	8.4	0.3	0.4	1.6	360	589 (505-674)
FCS-A2	10.1	3.6	4.7	4.2	5.7	0.5	0.9	1.5	461	524 (444-604)
CAUCASIA-37	17.5	7.6	5.7	6.8	9.4	0.4	0.1	1.1	359	522 (392-652)
FHIA-330	12.2	8.1	13.3	5.9	9.9	0.2	0.2	1.4	355	518 (439-596)
CAUCASIA-43	14.4	8.4	4.2	6.0	8.3	0.4	0.4	1.8	402	488 (402-573)
ICS-95	11.9	2.9	10.5	5.1	7.6	0.5	1.5	0.8	402	473 (377-569)
CAUCASIA-47	9.8	7.5	4.7	6.4	7.1	0.4	0.7	0.7	378	453 (345-561)
SPA-9	12.8	6.8	6.2	4.9	7.7	0.9	1.2	1.7	358	441 (376-505)
CAUCASIA-34	8.8	8.0	4.1	5.9	6.7	0.1	0.8	1.6	384	430 (325-535)
UF-667	6.0	1.9	1.7	6.1	3.9	0.6	0.8	0.9	666	419 (281-556)
CAUCASIA-39	12.1	6.6	3.9	3.9	6.6	0.2	0.4	0.9	253	404 (339-469)
FHIA-738	9.3	7.1	4.6	3.8	6.2	0.3	0.4	1.0	256	366 (286-446)
UF-296	11.1	4.0	2.7	2.9	5.2	0.2	0.8	0.7	252	363 (283-443)
EET-8	5.2	1.7	1.4	3.2	2.9	0.8	0.7	0.9	441	324 (222-426)
EET-48	6.8	2.7	1.4	2.0	3.2	0.5	0.4	0.8	260	300 (202-398)
ICS-1	5.4	2.0	3.6	4.7	3.9	0.5	0.8	0.7	374	287 (256-319)
FHIA-707	7.4	5.4	2.0	2.8	4.4	0.3	0.1	0.6	174	258 (195-322)
Promedio	12.6	6.8	7.0	5.3	7.9	0.5	0.8	1.5	455	567

°: Edad en años; Mon: monilia; MN: mazorca negra; IC: intervalo de confianza = 95 %.

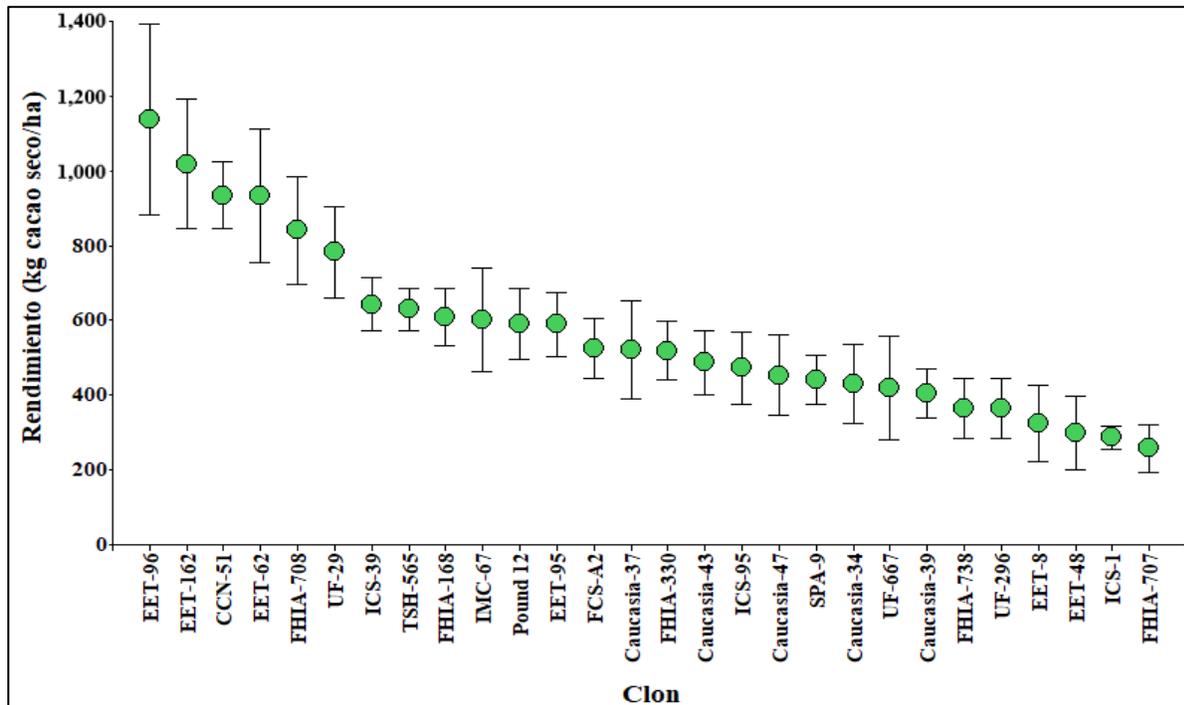


Figura 18. Rendimiento promedio de 2019 al 2022 por clon en la prueba regional (CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras, 2019-2022).

Conclusiones

1. En general para este 2022 se manifestó una reducción en los rendimientos de cacao; los arreglos policlonales 8 y 7 conformados por los clones EET no fueron la excepción. Sin embargo, a pesar de no haber sido los más productivos, continúan liderando los rendimientos de cacao seco con promedios entre 620 y 871 kg/ha·año, con los clones como EET-96, EET-162 y EET-62 obtienen rendimientos superiores a los 1,000 kg/ha·año, similares al CCN-51.
2. Las mayores pérdidas en producción continúan siendo ocasionadas por plagas como ardillas y pájaros carpinteros, seguido de la enfermedad de mazorca negra.

Recomendación

Al momento de seleccionar un arreglo policlonal para el establecimiento de nuevas plantaciones se debe tener en cuenta que el comportamiento productivo de los arreglos policlonales está influenciado por condiciones de suelo y clima propios del sitio; y también, por el carácter de autocompatibilidad de los clones.

Literatura citada

- Ramírez O., A. Martínez y F.J. Díaz. 2022. Prueba regional: evaluación de 28 clones comerciales de cacao bajo las condiciones del CADETH. Pág. 22-36. In: Informe Técnico 2021, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. La Lima, Cortés, Honduras, C.A. 164 p.
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C.W. Robledo. 2020. C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Ramírez O., A. Dubón y M. López 2019. Evaluación de la compatibilidad sexual de clones de cacao comerciales y promisorios de la FHIA y recomendación de arreglos de plantación en campo. Pág. 50-60. In: Informe Técnico 2019, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. La Lima, Cortés, Honduras, C.A. 73 p.
- Martínez A., O. Ramírez y F.J. Díaz. 2019. Prueba regional: evaluación de 28 clones comerciales de cacao bajo las condiciones del CADETH. Pág. 15-24. In: Informe Técnico 2018, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. La Lima, Cortés, Honduras, C.A. 89 p.

3.5. Evaluación de progenies de cacao procedentes de semilla que demostraron mayor porcentaje de intercompatibilidad sexual en el CEDEC-JAS. CAC 20-01

Oscar Ramírez, Aroldo Dubón, Francisco Javier Díaz y Enrique Maldonado
Programa de Cacao y Agroforestería

Introducción

La productividad en las plantaciones de cacao está determinada por diversos factores, entre ellos la compatibilidad sexual del material genético utilizado. El cacao es una planta que presenta en alto porcentaje el fenómeno de autoincompatibilidad sexual, el cual se manifiesta cuando el polen de la flor de una planta no consigue fecundar los óvulos de las flores de la misma planta. Adicionalmente, puede presentarse el carácter de interincompatibilidad, cuando el polen de la flor de una planta no

consigue fecundar los óvulos de las flores de otra planta. En ese sentido el Programa de Cacao y Agroforestería inició en el 2015 las polinizaciones manuales controladas en flores de cacao para conocer el grado de autocompatibilidad e inter-compatibilidad entre los clones de cacao que se destinarían para el establecimiento de plantaciones. Clones que desde 1990 se han evaluado y seleccionado en el CEDEC-JAS de una amplia colección de más de 350 clones de cacao.

Fue con esta experiencia adquirida por más de 30 años que se seleccionaron unos 40 clones por su alto potencial productivo, resistencia a enfermedades y calidad del grano. Además, era de suma importancia incluir el carácter de compatibilidad dentro del descriptor varietal en el Catálogo de cultivares de cacao en Honduras, como parte del proceso de certificación estos clones como aptos para las plantaciones en el país ante CERTICEM-SENASA-SAG.

Producto de esas pruebas de polinización se seleccionaron las semillas procedentes de los cruzamientos con mayor porcentaje de inter-compatibilidad, lo que dio origen a este estudio como parte de la estrategia de mejoramiento. Posteriormente, las semillas fueron sembradas a nivel de vivero, las plantas producidas se usaron para establecer en 2016 dos parcelas que incluyen un total de 993 plantas procedentes de 58 familias. Se busca plantas compatibles, de alta productividad y resistencia a enfermedades y de buena calidad organoléptica.

Objetivo

Seleccionar los árboles de cacao (progenies) más productivos, resistentes a enfermedades y con alto grado de auto- e inter- compatibilidad sexual. Para posteriormente y siempre como parte de la estrategia de mejoramiento genético iniciar la evaluación como población clonal.

Materiales y métodos

Se establecieron dos parcelas de evaluación. La primera con un total de 300 plantas procedentes de 15 cruza, tratamiento o familia con 20 plantas por familia y la segunda con 693 plantas producto de 43 cruzamientos con 5 a 20 plantas por familia.

El estudio está ubicado en el CEDEC-JAS en La Masica, Atlántida, donde la precipitación anual promedio es de 2,989 mm, temperatura media anual de 27 °C y a una altitud de 20 msnm. La primera parcela está bajo el sistema agroforestal con caoba del atlántico (*Swietenia macrophylla*), guama (*Inga edulis*) y cacao (*Theobroma cacao* L.), con arreglo de siembra en cuadro de 12.0 x 12.0 m, 6.0 x 6.0 m y 3.0 x 3.0 m, respectivamente. La segunda parcela se estableció en un área ya sombreada con la especie forestal sombra de ternero (*Cordia bicolor*) que se encuentra en un arreglo en cuadro de 9.0 m x 18.0 m. Cada una de las 993 plantas en evaluación constituye un objeto de estudio, a los cuales se les cuantificará la cantidad de los frutos sanos y enfermos.

El Cuadro 11, describe los cruzamientos con sus progenitores, rendimiento potencial de cacao seco (kg/árbol) y porcentaje de inter-compatibilidad de sus progenitores (López *et al.* 2017).

Cuadro 10. Progenitores de los cruzamientos, intercompatibilidad promedio y rendimiento potencial de estos progenitores (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida).

T	Madre	Padre	Rendimiento potencial ¹ (kg/árbol)		Inter- compatibilidad (%)
			Madre	Padre	
Parcela con sombra de guama (<i>Inga edulis</i>) y caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>)					
1	Caucasia-37	Caucasia-47	1.5	3.0	77
2	Caucasia-43	Caucasia-47	2.1	3.0	57
3	Caucasia-39	IMC-67	2.0	2.3	40
4	UF-296	ICS-1	2.0	1.8	60
5	SPA-9	FHIA-269	1.0	1.8	43
6	Caucasia-39	Caucasia-43	2.0	2.1	70
7	UF-667	ICS-1	2.9	1.8	48
8	UF-29	UF-296	2.0	2.0	50
9	Caucasia-39	Caucasia-37	2.0	1.5	63
10	Caucasia-37	Caucasia-39	1.5	2.0	69
11	EET-96	UF-296	2.4	2.0	70
12	IMC-67	Caucasia-47	2.3	3.0	75
13	POUND-12	UF-613	1.2	1.7	61
14	CAP-34	IMC-67	2.5	2.3	57
15	POUND-12	UF-296	1.2	2.0	61
Parcela con sombra de ternero (<i>Cordia bicolor</i>)					
16	FHIA-662	FHIA-74	1.0	1.2	57
17	EET-95	UF-296	2.0	2.0	50
18	Caucasia-39	SCC-61	2.0	1.0	43
19	Caucasia-34	Caucasia-43	2.4	2.1	30
20	EET-95	EET-96	2.0	2.4	80
21	EET-96	EET-95	2.4	2.0	37
22	ICS-6	UF-613	2.6	1.7	73
23	POUND-12	UF-273	1.2	1.4	50
24	Caucasia-39	CCN-51	2.0	2.5	75
25	TSH-565	ICS-1	2.6	1.8	62
26	EET-95	POUND-12	2.0	1.2	43
27	ICS-39	ICS-1	2.0	1.8	76
28	Caucasia-39	ICS-95	2.0	1.9	60
29	Caucasia-37	CCN-51	1.5	2.5	67
30	Caucasia-43	CCN-51	2.1	2.5	39
31	ICS-39	UF-613	2.0	1.7	59
32	SPA-9	FHIA-662	1.0	1.0	67
33	ICS-39	UF-221	2.0	3.4	53
34	Caucasia-47	SCC-61	3.0	1.0	33
35	Caucasia-34	CCN-51	2.4	2.5	83
36	CCN-51	Caucasia-39	2.5	2.0	77
37	TSH-565	UF-667	2.6	2.9	76
8	UF-667	TSH-565	2.9	2.6	30
39	Caucasia-43	ICS-95	2.1	1.9	30
40	ICS-39	UF-676	2.0	3.1	46
41	ICS-39	UF-667	2.0	2.9	31
42	EET-162	EET-96	1.5	2.4	40
43	EET-96	EET-48	2.4	2.6	30

T	Madre	Padre	Rendimiento potencial ¹ (kg/árbol)		Inter-compatibilidad (%)
			Madre	Padre	
44	TSH-565	IMC-67	2.6	2.3	53
45	IMC-67	FCS-A2	2.3	1.8	33
46	Caucasia-34	CCN-51	2.4	2.5	83
47	ICS-39	UF-676	2.0	3.1	46
48	EET-95	EET-162	2.0	1.5	53
49	Caucasia-34	ICS-95	2.4	1.9	30
50	IMC-67	SCC-61	2.3	1.0	33
51	IMC-67	CCN-51	2.3	1.5	63
52	CCN-51	SCC-61	2.5	1.0	67
53	Caucasia-39	Caucasia-43	2.0	2.1	70
54	POUND-12	EET-400	1.2	1.9	30
55	TSH-565	UF-221	2.6	3.4	40
56	TSH-565	UF-676	2.6	3.1	33
57	TSH-565	ICS-6	2.6	2.6	30
58	Caucasia-34	IMC-67	2.4	2.3	87

T: tratamiento, familia o cruzamiento. ¹ Fuente: Evaluación de la compatibilidad sexual de clones de cacao comerciales y promisorios de la FHIA y recomendación de arreglos de plantación en campo. Informe Técnico Programa de Cacao y Agroforestería 2019-2020.

Al primer año de establecido se replantaron los espacios dejados por plantas muertas. Para el caso del lote con sombra de Guama y caoba del Atlántico por la indisponibilidad de plantas de los cruzamientos originales, se replantó con individuos de una de las familias interconal utilizada en el lote Sombra de ternero.

Manejo de las parcelas. El 2022 se realizó el mismo manejo agroforestal ejecutado en años anteriores: control de malezas en forma manual (chapia) cada 3 meses, poda en cacao 2 veces al año (junio-julio y enero-febrero) y la fertilización fraccionada en dos aplicaciones, una al inicio y otra final de las lluvias y con base a recomendación de análisis de suelo de 2021 (Cuadro 11). En los árboles de sombra no se realizó ninguna actividad.

Cuadro 11. Resultados de análisis de suelo y aplicación de macronutrientes según requerimientos.

Nombre de parcela	pH	MO N			P K Ca Mg Fe				Requerimiento (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O) (kg/ha)
		(g/kg)			(ppm)				
Sombra de ternero	5.56	23.9	1.19	15	30	1,715	319	180.4	75-35-90
	M	B	B	M	B	M	A	---	
Sombra con Guama y Caoba del atlántico	5.55	36.01	1.8	19	42	1,770	397	216.3	65-35-90
	M	M	B	M	B	M	A	---	

MO: Materia orgánica, A: alto; M: medio; B: bajo. ---: no se analizó.

Variables evaluadas. El registro de datos se realizó a partir del cuarto año de establecido el cacao. Es importante señalar que, en la etapa de registro solo se dio seguimiento a las plantas que demuestren mayor productividad, 119 progenies en parcela Sombra de ternero y 63 en parcela sombra con guama. La resistencia a enfermedades se calculó bajo presión de inóculo natural. Para el 2023 se reducirá la lista de progenies a evaluar con base al promedio de 3 años de la cantidad de

frutos sanos, preferiblemente superior a 20 frutos/árbol·año. Además, se iniciará la evaluación de índice de mazorca de cada progenie promisoría para realizar proyecciones de rendimiento de cacao seco. Adicionalmente, se determinará el índice de grano. Las variables a evaluar son:

- Frutos con moniliasis
- Frutos con mazorca negra
- Índice de semilla, por determinar
- Índice de mazorca, por determinar
- Rendimiento (kg/árbol), por determinar

Resultados preliminares

Lote Guama. En el último año, los cuatro árboles/progenies más productivas acumularon rendimiento igual o superior a 40 frutos: árbol 21, 141, 187 y 241. Los primeros dos árboles con los mayores rendimientos produjeron después de tres años 54.3 y 47.7 frutos, respectivamente. El árbol 22 también se encuentra entre los tres más productivos con 44.7 frutos/año. Este último comparte progenitores con el árbol 21 (Caucasia-39 x Caucasia-37) (Cuadro 10: familia T53), mientras que, el individuo 141 es medio hermano, comparte la misma madre: Caucasia-39 (Cuadro 10: familia T53). Estos mismos árboles presentan en promedio pérdidas por enfermedades menor a 10 %, similar a las pérdidas promedio por año de las 29 progenies, con promedio de 20 frutos sanos/año, presentados a continuación (Cuadro 12; Figura 19 y Figura 20).

Cuadro 12. Producción de frutos sanos por árbol y afectados por enfermedades en el lote con Guama en diferentes familias interclonales de cacao seleccionadas en el CEDEC-JAS (La Masica, Atlántida, Honduras. 2020-2022).

Progenie	2020			2021			2022			Promedio		
	FS	MN	Mon	FS	MN	Mon	FS	MN	Mon	FS	MN	Mon
A21T9	45	0	0	60	0	2	58	12	2	54.3	4.0	1.3
A141T53	68	0	4	27	0	0	48	0	3	47.7	0.0	2.3
A22T9	65	0	2	38	0	2	31	2	3	44.7	0.7	2.3
A184T13	47	1	3	28	3	5	35	1	5	36.7	1.7	4.3
A101T10	60	0	1	22	0	0	22	1	3	34.7	0.3	1.3
A187T5				26	1	1	42	2	4	34.0	1.5	2.5
A103T10				31	0	2	37	1	5	34.0	0.5	3.5
A241T6	42	1	2	19	1	1	40	0	0	33.7	0.7	1.0
A142T3	51	1	3	23	0	2	27	0	0	33.7	0.3	1.7
A102T10	41	1	1	24	0	5	27	5	1	30.7	2.0	2.3
A189T5				25	1	1	36	1	0	30.5	1.0	0.5
A63T11				32	0	0	27	0	0	29.5	0.0	0.0
A183T13				34	0	0	25	0	2	29.5	0.0	1.0
A166T14	32	0	5	23	1	6	31	1	7	28.7	0.7	6.0
A122T15	37	4	1	23	6	0	23	0	0	27.7	3.3	0.3
A72T14	45	0	0	16	1	1	22	1	1	27.7	0.7	0.7
A144T3				29	0	0	24	0	2	26.5	0.0	1.0

Progenie	2020			2021			2022			Promedio		
	FS	MN	Mon									
A104T10	45	0	0	22	0	3	11	0	1	26.0	0.0	1.3
A145T3	33	0	1	19	0	1	25	1	0	25.7	0.3	0.7
A91T10	28	0	4	30	1	2	19	1	4	25.7	0.7	3.3
A266T4				22	2	4	28	1	4	25.0	1.5	4.0
A113T53				29	3	1	20	0	1	24.5	1.5	1.0
A109T11	34	0	1	9	0	0	28	0	0	23.7	0.0	0.3
A230T15				28	1	0	19	0	3	23.5	0.5	1.5
A262T14	35	2	0	11	0	1	22	1	6	22.7	1.0	2.3
A143T3	22	0	0	18	0	2	26	0	1	22.0	0.0	1.0
A15T3	32	0	0	24	0	0	6	0	0	20.7	0.0	0.0
A223T12	35	0	1	5	3	0	20	0	0	20.0	1.0	0.3
A106T11	29	0	0	14	3	1	17	0	1	20.0	1.0	0.7
Media	41.3	0.5	1.5	24.5	0.9	1.5	27.4	1.1	2.0	29.8	0.9	1.7
%	96	1	3	91	4	5	90	3	7	92	3	5

F FS: frutos sanos; MN: mazorca negra; Mon: monilia; A: árbol; T: tratamiento/familia/cruzamiento

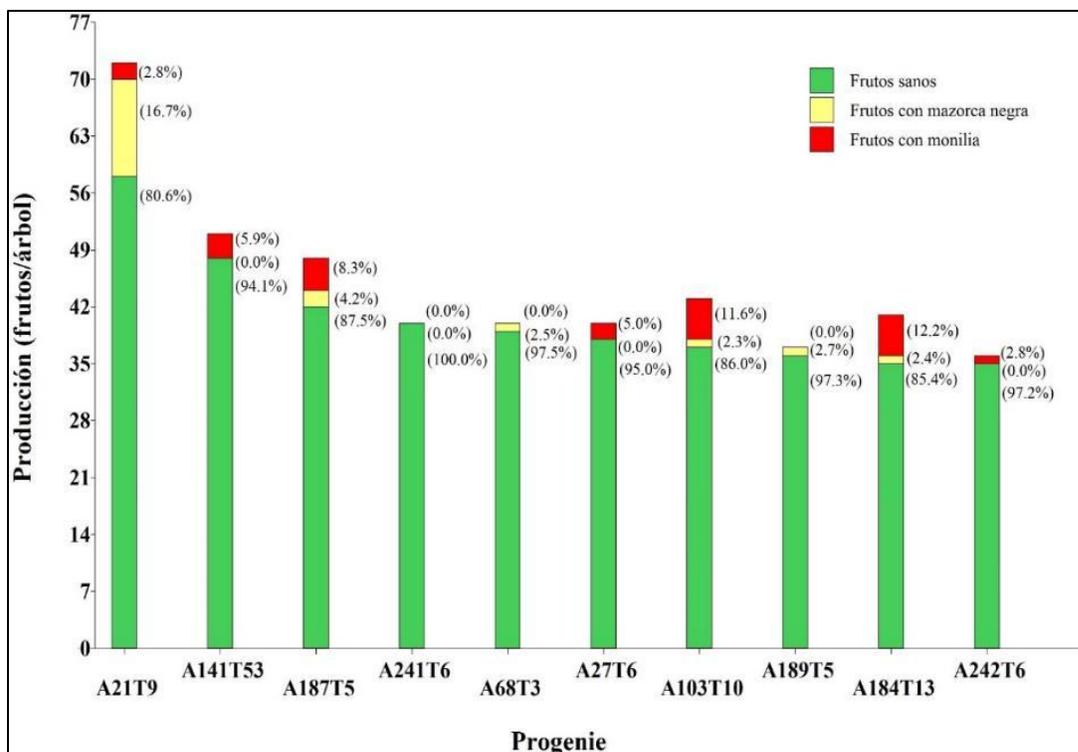


Figura 19. Cantidad de frutos sanos y enfermos de las progenies más productivas en el lote Guama (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).

Las progenies de las familias T9 (Caucacia-39 x Caucacia-37) y T10 (Caucacia-37 x Caucacia-39),

han sobresalido en la producción de frutos, representado con cinco árboles (21, 22, 101, 102 y 103) de los 11 árboles más productivos después de tres años de evaluación (Figura 20). Adicionalmente, el árbol 141 (Caucacia-39 x Caucacia-43) no ha manifestado frutos dañado por mazorca negra.

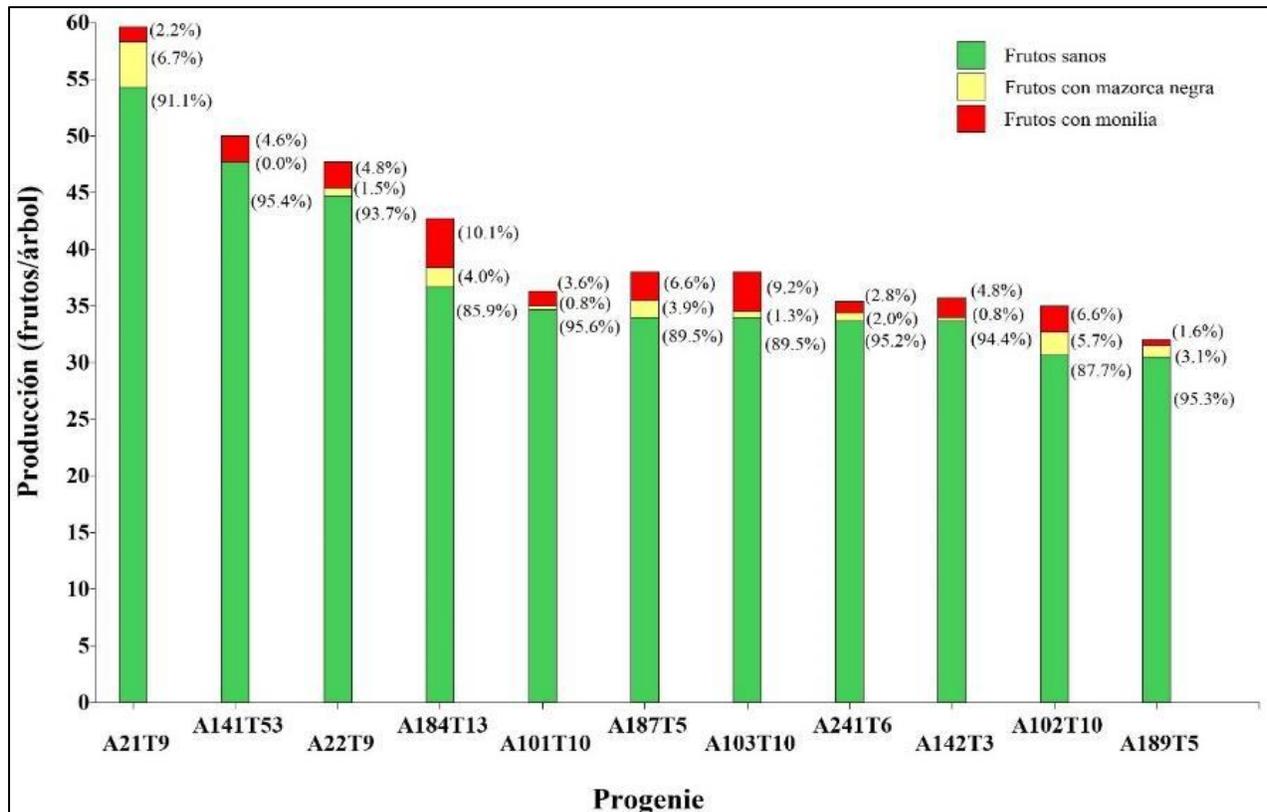


Figura 20. Cantidad de frutos sanos y enfermos de las progenies más productivas en el lote Guama. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2020-2022.

Lote Sombra de ternero. En esta parcela la producción de frutos se vio afectada drásticamente, tanto que solamente 24 árboles/progenies produjeron más de los 20 frutos en promedio (2020-2022). Mientras que, hasta el 2021, 38 árboles mantuvieron rendimientos mayores a esa cifra. En 2022, los árboles 652 (Caucasia-34 x IMC-67) y 692 (IMC-67 x SCC-61) mostraron los mayores rendimientos con 32 y 30 frutos, respectivamente. El árbol 652, se ha mantenido a través del tiempo con la mayor producción con 40.7 frutos sanos/año y con una alta tolerancia a enfermedades, 93.1 % frutos sanos. Caso contrario, el árbol 692 que presenta un 70.8 % de su producción promedio de frutos sanos, por lo que se infiere una baja tolerancia a enfermedades, probablemente heredada por el SCC-61. Otros árboles como el 342 (FHIA-662 x FHIA-74), 241 (SPA-9 x FHIA-662), 544 (TSH-565 x IMC-67), 286 (EET-96 x EET-95) y 622 (Caucasia-34 x Caucasia-43) presentan un rendimiento promedio entre 26-29 frutos sanos/año, correspondientes a 76-85 % de la producción total, excepto el árbol 544 que presenta un 94.5 % de frutos sanos (Cuadro 14; Figuras 21 y 22).

Cuadro 13. Frutos sanos y enfermos de progenies interclonales de cacao seleccionadas en el lote Sombra de ternero (CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras. 2020-2021).

Progenie	2020			2021			2022			Promedio		
	FS	MN	Mon									
A652T58	63	0	0	27	2	1	32	2	4	40.7	1.3	1.7
A342T16	39	0	5	29	1	17	19	0	4	29.0	0.3	8.7
A241T32	45	0	3	20	0	7	18	1	7	27.7	0.3	5.7
A544T44	37	0	3	30	0	0	13	0	1	26.7	0.0	1.3
A286T21	58	0	1	13	0	22	8	0	0	26.3	0.0	7.7
A622T19	38	0	1	19	0	4	20	0	8	25.7	0.0	4.3
A692T50				21	0	0	30	0	21	25.5	0.0	10.5
A319T55	41	1	1	26	0	5	9	0	6	25.3	0.3	4.0
A591T24				27	0	1	23	2	4	25.0	1.0	2.5
A540T44	44	0	2	18	1	16	12	1	4	24.7	0.7	7.3
A619T28	37	0	4	30	0	9	7	1	2	24.7	0.3	5.0
A616T28	55	0	1	13	0	2	3	0	1	23.7	0.0	1.3
A442T24	39	0	1	17	0	8	13	1	0	23.0	0.3	3.0
A115T38	41	0	5	14	0	5	13	1	8	22.7	0.3	6.0
A648T23	35	0	0	24	0	0	9	0	0	22.7	0.0	0.0
A379T25	42	0	5	9	9	17	14	3	3	21.7	4.0	8.3
A408T17	42	0	0	17	0	0	6	0	3	21.7	0.0	1.0
A326T53				20	2	4	23	0	4	21.5	1.0	4.0
A448T37	33	0	2	28	1	12	3	0	2	21.3	0.3	5.3
A287T21	35	2	5	19	0	12	8	0	6	20.7	0.7	7.7
A479T45	26	0	0	16	0	4	20	0	6	20.7	0.0	3.3
A608T18	35	1	0	13	1	0	13	1	0	20.3	1.0	0.0
A644T58	32	0	4	12	3	0	17	0	0	20.3	1.0	1.3
A645T23	38	0	0	6	0	0	17	0	0	20.3	0.0	0.0
Media	40.7	0.2	2.0	19.5	0.8	6.1	14.6	0.5	3.9	24.2	0.5	4.2
%	95	0	5	74	3	23	77	3	20	84	2	14

FS: frutos sanos; MN: mazorca negra; Mon: monilia; A: árbol; T: tratamiento/familia/cruzamiento.

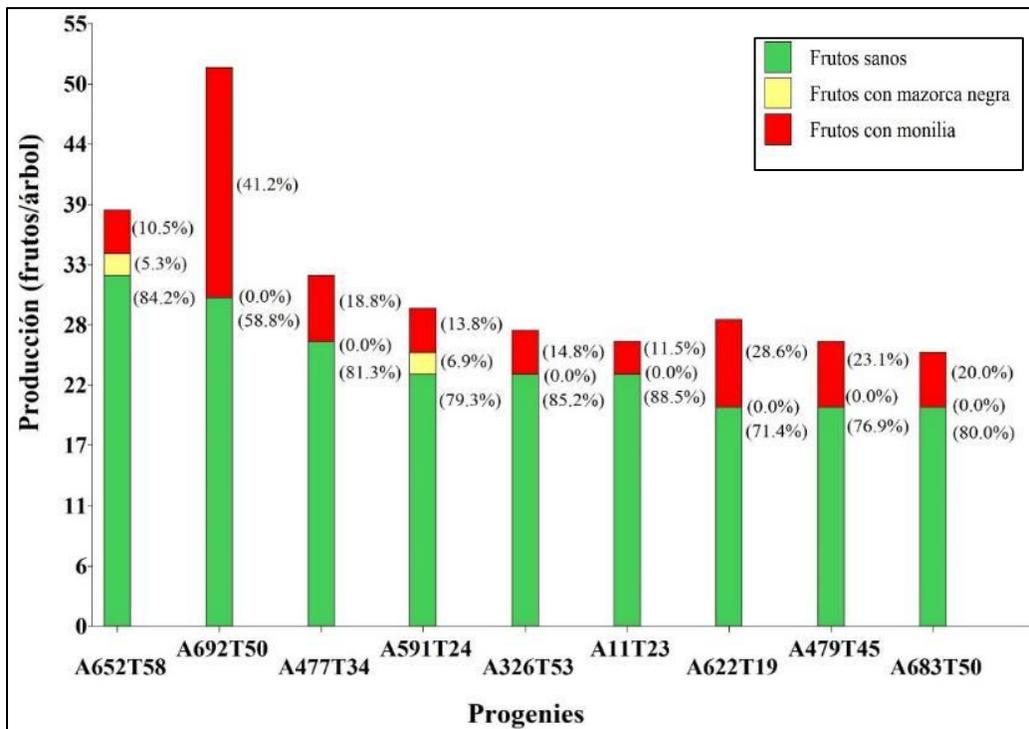


Figura 22. Cantidad de frutos sanos y enfermos por árbol de las progenies más productivas en el lote con Sombra de ternero (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).

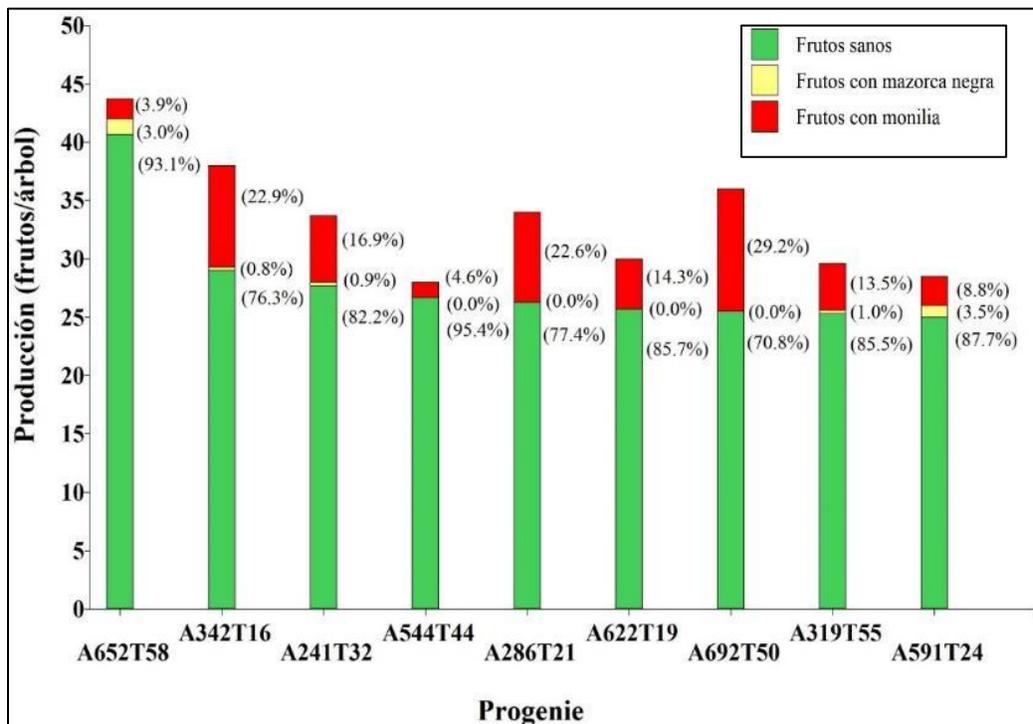


Figura 21. Cantidad de frutos sanos y enfermos por árbol de las progenies más productivas en el lote con sombra de ternero (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2020- 2022).

Conclusión

La producción obtenida en tres años de evaluación de frutos provenientes de árboles-progenies, permite considerar esta investigación como muy valiosa. Por ejemplo, en la parcela de cacao con sombra de guama las progenies 21, 141 y 22, con producción de frutos entre 45-54 al año y el índice de mazorca 24 frutos/kg de cacao seco se puede inferir una producción cercana a los 2 kg/árbol. En la parcela de cacao acompañada por la especie maderable Sombra de ternero, la progenie 652 con 40 frutos/año, bajo mismas consideraciones, puede aspirar al menos 1.5 kg de cacao seco por árbol. En ambas parcelas los árboles descritos presentan alta tolerancia a enfermedades.

3.6. Arreglo policlonal orgánico cacao-plátano. AGF 18-01

Alfredo Martínez

Programa de Cacao y Agroforestería

Esta parcela se estableció en julio de 2018 con un área inicial de 1.5 ha. En vista de que alrededor de la mitad de las plantas de cacao fueron establecidas en áreas con pendiente mayor a 30 %, estas no muestran buen desarrollo y su producción es casi nula. Por lo tanto, se tomó la decisión en el 2022 de cancelar la mitad del área y concentrar el manejo en la población establecida en la zona baja de la parcela. Durante el 2022, se implementó el control de malezas manual, podas de mantenimiento y deschuponado, poda de formación en árboles de caoba del Atlántico y fertilización con gallinaza a razón de 200 g por planta. Los cultivares UF-667 y TSH-565 sobresalen en producción sobre los cultivares ICS-39 y ICS-1. ICS-1 es un clon autocompatible que en el CEDEC-JAS se desarrolla y produce bien; sin embargo, en el CADETH este material prácticamente no produce cacao. La producción total durante el periodo fue de 1,561 mazorcas; de las cuales, 1,095 mazorcas (70 %) fueron sanas, 284 mazorcas (18.2 %) afectadas por la mazorca negra, 172 (11 %) afectadas por ardillas y pájaros y 5 (0.3 %) afectadas por moniliasis. El rendimiento extrapolado equivale a unos 60 kg de cacao seco lo cual es sumamente bajo.

3.7. Validación del comportamiento agronómico de 20 cultivares de cacao autocompatibles establecidos con un diseño agroforestal recomendado por la FHIA. 19-01

Oscar Ramírez, Aroldo Dubón y Enrique Maldonado

Programa de Cacao y Agroforestería

Resumen

En junio de 2019, se estableció una parcela de 0.3 ha para evaluar el comportamiento agronómico de 20 clones de cacao autocompatibles que en su mayoría sobresalieron en producción en otros estudios. Se establecieron 15 plantas por clon en hileras independientes sin arreglo experimental y bajo un diseño agroforestal con caoba del Atlántico-madreado-plátano-cacao con distanciamientos 12 x 12 m, 6 x 6 m, 3 x 3 m, y 3 x 3 m, respectivamente. En 2021 de los 18 a 30 meses de edad del cacao se observó una producción precoz de frutos en plantas de todos los clones. Por lo tanto, a partir del 2022 se inició el registro formal de la producción en cada uno de los 20 clones. Entre los resultados del primer año de registro, los clones que sobresalen en producción de frutos fueron: FHIA-478, FHIA-32, CATIE-R27, CATIE-R82, DFEAR-5, FHIA-65, FHIA-515 y FHIA-513 con 43.3, 34.9, 31.5, 30.1, 27.1, 27.1, 25.2 y 25.0 frutos/árbol, respectivamente. Mientras que, clones como DFTA-4 y FHIA-169 fueron los de menor producción con 9.9 y 7.7 frutos/árboles,

respectivamente. Sin embargo, para ser su primer año de registro entre 2.5 a 3.5 años se considera una producción aceptable de todos los clones y con bajas pérdidas por enfermedades (< 7 %).

Palabras clave: polinización, autocompatibilidad, precocidad, *Theobroma*.

Introducción

Se considera que la compatibilidad sexual es uno de los factores que influyen en la producción del cacao. Las implicaciones prácticas de esta característica sobre los rendimientos hacen necesario conocer el grado de compatibilidad existente dentro de un mismo clon, como también entre clones diferentes. Los materiales autocompatibles a diferencia de los autoincompatibles tienen la capacidad de autofecundarse y, por ende, de aumentar la posibilidad de alcanzar mayores rendimientos. Por lo tanto, es necesario la búsqueda y validación en campo de diferentes clones autocompatibles que permitan en el corto plazo el establecimiento de nuevas parcelas conformadas por arreglos policlonales efectivos desde el punto de vista de la compatibilidad sexual y más productivos, además de hacer más simple la logística de establecimiento al usar menos clones por arreglo donde no es necesario conocer y seguir un orden de intercompatibilidad sexual. En el presente informe se divulgarán los resultados producto del primer año de registro de información acumulada de las cosechas.

Objetivos

- Validar y seleccionar los clones de cacao con mayor potencial productivo, preferiblemente tolerantes a enfermedades y con los mejores atributos de calidad organoléptica.
- Obtener material genético para la propagación de aquellos clones que presenten los mejores resultados.

Materiales y métodos

La parcela está conformada por 20 clones (Cuadro 14), seleccionados y evaluados en el CEDEC-JAS por su carácter de autocompatibilidad (Ramírez *et al*, 2019). Los clones están ordenados en hileras de 15 plantas sin seguir un diseño experimental. La parcela cuenta con un área aproximada de 0.3 ha, establecida con sistema de riego por microaspersión y bajo el modelo agroforestal con plátano (*Musa* sp.), madreño (*Gliricidia sepium*), caoba del Atlántico (*Swietenia macrophylla*) y cacao (*Theobroma cacao* L.) y en un marco de plantación de 3 x 3 m, 6 x 6 m, 12 x 12 m y 3 x 3 m, respectivamente. El establecimiento de la parcela agroforestal fue finalizado en junio de 2019 con el trasplante de los clones de cacao.

Variables a evaluar

- Frutos sanos
- Frutos con mazorca negra
- Frutos con moniliasis
- Compatibilidad (validar)
- Índice de fruto/mazorca
- Índice de grano
- Características organolépticas

Manejo de la parcela. En el 2022 se continuó con las actividades de manejo agroforestal. El cacao recibió poda de formación y fertilización cada seis meses, para acumular en el año la aplicación de 41-22-46 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente. Se realizó la eliminación de chupones cada 2 a 3 meses. Adicionalmente, para reducir la incidencia a las enfermedades se ejecutaron seis aplicaciones cúpricas para una dosis de aproximadamente 3 kg/ha de producto comercial Kocide 35 WG. Desde el 2021 se eliminó por completo las plantas de plátano que generaba la sombra temporal. En el madreado se realizó poda para regular crecimiento y sombra, mientras que, en el maderable no se realizó ninguna actividad.

Resultados preliminares. Entre los resultados del primer año de registro, los clones que lideraron la producción de frutos fueron: FHIA-478, FHIA-32, CATIE-R27, CATIE-R82, DFEAR-5, FHIA-65, FHIA-515 y FHIA-513 con 43.3, 34.9, 31.5, 30.1, 27.1, 27.1, 25.2 y 25.0 frutos/árbol, respectivamente (Cuadro 15, Figura 23). Mientras que, clones como DFTA-4 y FHIA-169 fueron los de menor producción con 9.9 y 7.7 frutos/árbol, respectivamente. Sin embargo, para ser el primer año de registro (entre 2.5 a 3.5 edad de plantación) se considera una producción aceptable en todos los clones, demostrado también bajas pérdidas por monilia y mazorca negra que juntas no superan el 7 % de incidencia en promedio, esto, como resultado del control integrado de estas enfermedades. El clon más productivo, CATIE-R27, manifestó la menor pérdida por enfermedades con 2.8 % de monilia y sin registrar pérdidas por mazorca negra, mientras que FHIA-515 la mayor incidencia de frutos con monilia y mazorca negra con 16 % (Figura 23).

En el año 2023 se iniciarán las microfermentaciones para determinar el índice de grano e índice de mazorca para estimar el rendimiento de cacao seco (kg/ha). Además, se prepararán los licores para realizar los respectivos análisis organolépticos. Finalmente se harán las autopolinizaciones para validar el carácter de autocompatibilidad en cada material genético.

Cuadro 14. Producción de frutos sanos y enfermos por clones autocompatibles de cacao en evaluación en campo (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida. 2022).

Cultivar	Frutos/árbol			Cultivar	Frutos/árbol		
	Sanos	M. negra	Monilia		Sanos	M. negra	Mmonilia
FHIA-478	43.3	0.3	1.3	CDC-1	22.1	0.1	1.1
FHIA-32	34.9	0.2	1.5	FHIA-612	17.3	0.0	1.4
CATIE-R27	31.5	0.0	0.9	CDC-2	16.0	0.0	0.6
CATIE-R82	30.1	0.1	1.7	CDC-3	15.5	0.1	0.4
DFEAR-5	27.1	1.0	1.8	FHIA-630	12.2	0.0	0.1
FHIA-65	27.1	0.8	1.5	CDC-4	11.1	0.0	0.7
FHIA-515	25.2	1.5	3.3	FHIA-430	10.5	0.0	1.3
FHIA-513	25.0	0.4	1.0	DFTA-4	9.9	0.1	0.5
FHIA-677	23.7	2.0	3.5	FHIA-169	7.7	0.0	0.1
FHIA-330	23.3	0.0	0.3	FHIA-32*			
Promedio					21.8	0.3	1.2
(%)					(93.5)	(1.3)	(5.2)

Promedio de 15 plantas, se puede estimar una producción de frutos potencial por hectárea en base a 1,111.

*Clon estalecido 2022 sin registro de cosechas.

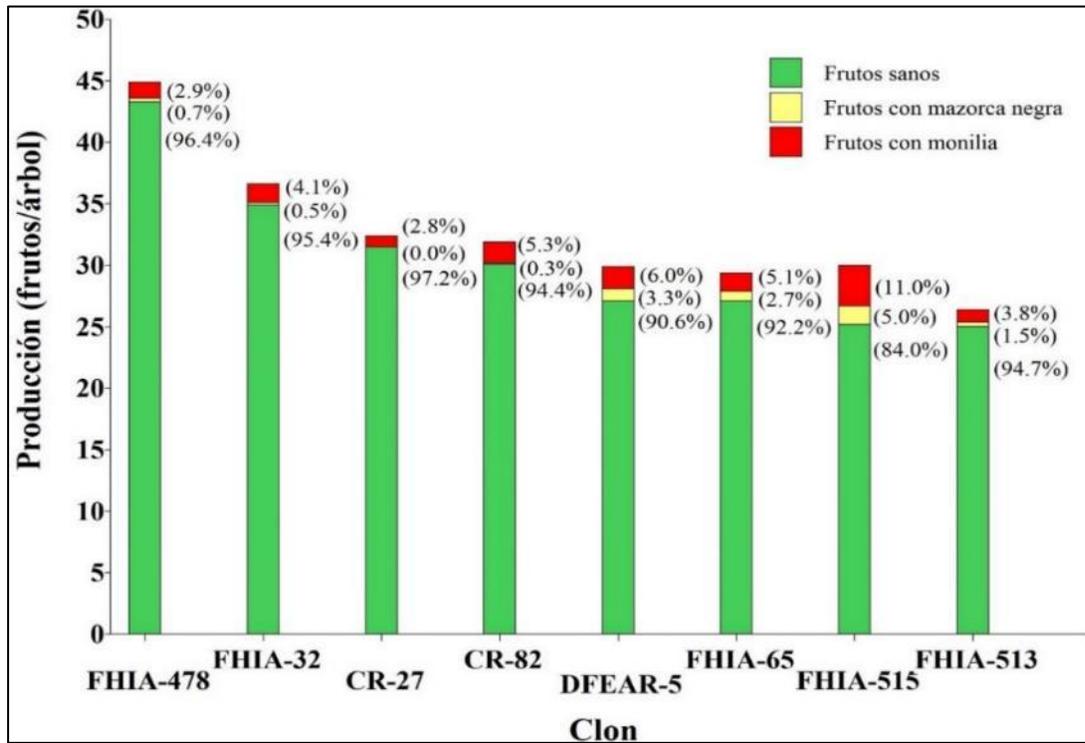


Figura 23. Cantidad de frutos sanos y enfermos por árbol de los clones autocompatible más productivos en el primer año de cosecha. (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).

Conclusión

La selección de una buena genética ligada al carácter de autocompatibilidad favorece la producción precoz del cacao, por lo que desde edad muy temprana se esperan rendimientos importantes cercanos a una tonelada de cacao seco como se logra en una plantación adulta en plena edad productiva, lo que hace del rubro cacao atractivo para el productor e inversionista.



Figura 24. Plantas del clon de cacao DFEAR-5 con 2.5 años, lote autocompatible (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).



Figura 25. Plantas del clon de cacao autocompatible CATIE-R27 con 3 años (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).

Literatura citada

Ramírez, O., Dubón A. y M. López. 2019. Evaluación de la compatibilidad sexual de clones de cacao comerciales y promisorios de la FHIA y recomendación de arreglos de plantación en campo. CAC 16-01. Informe Técnico Programa de Cacao y Agroforestería. La Lima, Cortés, Honduras.

3.8. Renovación del jardín clonal de cacao en el CEDEC-JAS. 19-02

Aroldo Dubón y Oscar Ramírez

Programa de Cacao y Agroforestería

Resumen

Los clones de cacao en este jardín clonal de 2.3 ha se establecieron hace 35 años y cumplieron los objetivos. La renovación iniciada en el 2019 incluye en su mayoría nuevos clones de cacao, tanto internacionales como los desarrollados por la FHIA, los cuales fueron establecidos entre los cacaos originalmente plantados, para aprovechar la sombra que proveen. Este proceso de renovación incrementará la disponibilidad de material vegetativo para expansión de áreas de producción, tanto experimentales como comerciales. En el 2022 se continuó con el manejo agronómico para el buen desarrollo de las plantas como, por ejemplo, la aplicación de fertilizantes en función a los resultados de análisis químico de suelo. También, se realizó la eliminación por completo del cacao adulto remanente de la primera plantación y que ofrecían sombra. Finalmente, se iniciaron los primeros aprovechamientos/venta de material vegetativo. El registro formal de las cosechas por cada material genético iniciará en el 2023.

Palabras clave: germoplasma, varetas, renovación.

Introducción

La innovación en la actividad agrícola a través de la incorporación de nuevos clones producto del mejoramiento genético, es una valiosa herramienta para incrementar la productividad, contar con mejor adaptación y resiliencia a los fenómenos climáticos y, tolerancia a plagas y enfermedades a largo plazo. En 1985 cuando se creó el Programa de Cacao de la FHIA, la falta de material de propagación tanto sexual como vegetativa, constituía una limitante seria para el despegue del cultivo de cacao en el país. El hecho de contar con un jardín clonal propio permitió disponer de materiales confiables para sus ensayos, y suplir la demanda de semilla híbrida y de material vegetativo, yemas, para la propagación por injertos. El jardín fue establecido en un área de 2.3 ha y los clones para este jardín fueron traídos de la Colección Internacional de Cacao del CATIE, Turrialba, Costa Rica, entre diciembre de 1986 y enero de 1987 y trasplantadas entre julio y agosto de 1987. Inicialmente fueron plantados un total de 24 clones y enriquecido posteriormente con unas 10 introducciones procedentes de Sur América. Estos padres fueron la base genética para la producción comercial de 40 cruces que el CATIE recomendaba para siembras comerciales y de varetas porta yemas. A partir del 2000 se comenzó a recomendar el uso de injertos. En el 2019 el jardín clonal contaba con 32 años, por lo que se consideró propicio su renovación. Para esto se tomó en cuenta la inclusión de nuevos clones de cacao con mayor productividad y tolerancia a moniliasis, seleccionados producto de las investigaciones desarrolladas y evaluadas por el Programa de Cacao y Agroforestería. También se conservaron clones ya establecidos que mantenían buen rendimiento.

Objetivo

Incrementar la disponibilidad de material vegetativo de los clones de cacao con mejor comportamiento agronómico en el CEDEC-JAS, con potencial para ser liberados para mejorar la producción de cacao del país.

Establecimiento y manejo

Entre 2019-2020 se finalizó la renovación del cacao mediante el método *renovación por debajo*

que consiste en utilizar el cacao adulto como sombra. Se establecieron alrededor de 54 clones de los cuales 21 fueron renovados de la colección original (Cuadro 15). El ordenamiento del clon dentro del jardín clonal se realizó sin obedecer el carácter de intercompatibilidad. En el 2022 se continuaron las actividades de mantenimiento de la parcela, se realizó la poda de formación cada 6 meses, control de maleza (chapia) cada 2.5 meses, injerto en campo para cambio de copa en plantas con genética no perteneciente al clon y la eliminación total de los cacaos adultos utilizados para generar la sombra temporal-inicial y del remanente de las plantas de plátano cuyos cormos se utilizaron para establecer nuevas parcelas.

Cuadro 15. Clones renovados en el jardín clonal (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida).

Clones	Clones	Clones	Clones
1. EET-400*	15. FHIA-032	29. FHIA-630	43. CATIE R-27
2. FHIA-168	16. FHIA-719	30. CATIE R-26	44. UF-667*
3. FHIA-430	17. Colección CDC	31. FHIA-169	45. UF-221*
4. FHIA-707	18. CDC-02	32. CATIE R-81	46. UF-273*
5. FHIA-330	19. CDC-03	33. CATIE R-82	47. UF-650*
6. FHIA-708	20. CDC-03	34. UF-676*	48. SPA-9*
7. FHIA-612	21. CDC-04	35. UF-29*	49. IMC-67*
8. FHIA-738	22. CDC-01	36. FCS-A2*	50. POUND-12*
9. FHIA-677	23. CDC-01	37. CCN-51*	51. EET-95*
10. FHIA-228	24. CATIE R-32	38. TSH-565*	52. EET-96*
11. FHIA-515	25. FHIA-359	39. EET-62*	53. UF-613*
12. FHIA-269	26. CATIE R-22	40. CAP-34*	54. EET-48*
13. FHIA-065	27. FHIA-513	41. EET-162*	
14. FHIA-483	28. CATIE R-66	42. UF-296*	

Clones renovados de la colección original*

En general, la planta de cacao demuestra un crecimiento aceptable y conforme a su edad (Figura 26). Sumado a esto, la mayoría de los clones ya están iniciando producción (Figura 27 y Figura 28). Por lo que, en el 2023, se iniciará con el registro formal de las cosechas por cada material genético.



Figura 26. Vista panorámica del jardín clonal en sistema agroforestal caoba africana-cacao (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).



Figura 27. Vista de la hilera del clon FHIA-677 de cacao en el jardín clonal mostrado homogeneidad de producción (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).



Figura 28. Vista de la hilera del clon CCN-51 de cacao en el jardín clonal mostrado homogeneidad de producción (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2022).

IV. EVALUACIÓN DE ESPECIES FORESTALES

La siguiente sección presenta resultados de investigación relacionadas al componente forestal, el cual es complementario del sistema de producción de cacao en sistema agroforestal (SAF). Desde el establecimiento del Programa, se han estudiado diferentes especies de árboles maderables con valor comercial, mayormente del bosque tropical húmedo, como sombra permanente del cacao. Hemos aprendido a lo largo de más de 25 años que los árboles de estas especies impactan de diferente manera la productividad del cacao; pues por las características propias de crecimiento de cada una, proveen sombra tanto en calidad como en cantidad de manera diferente en el asocio.

Es importante señalar que, además de proveer sombra en el cultivo, los árboles proveen beneficios ambientales adicionales que se complementan con ingresos económicos significativos a los productores por su aprovechamiento. Algunas de estas especies se han evaluado también en sistema de parcelas puras y en linderos para poder brindar alternativas de producción a productores ubicados en zonas de laderas que buscan un mejor aprovechamiento del suelo y la protección de los recursos naturales.

Los resultados obtenidos a la fecha en evaluaciones de 35 especies han permitido la selección de 12 especies con las mejores características para asociarse con cacao y la selección de otras especies con potencial para establecimiento de linderos y parcelas puras. Finalmente, se debe indicar que algunos de los reportes tradicionalmente presentados de forma anual no se incluyen en esta edición, en vista que desde 2020 se determinó que, debido a la edad avanzada de los árboles de las diferentes especies, las mediciones se harían cada tres años. Por lo tanto, los reportes de los estudios de especies latifoliadas bajo la modalidad agroforestal multiestratos con cacao y el estudio de especies forestales latifoliadas bajo la modalidad de árboles en línea se presentarán en el informe técnico de actividades de 2023.

4.1. Comportamiento del cacao (*Teobroma cacao*) bajo cinco especies forestales maderables como sombra permanente en la zona atlántica de Honduras. AGF 96-01

Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz

Programa de Cacao y Agroforestería

Estas parcelas se establecieron en 1997 para comparar el desarrollo de las especies forestales asociadas con cacao en suelos de ladera y con ello, poder hacer recomendaciones pertinentes a productores en zonas similares a las que se presentan en el CADETH. Después de 19 años de registros de cosecha en el cacao se observó que el rendimiento disminuye con la edad de las plantas y también que los materiales genéticos establecidos en su época provenían de mezclas y no se conocía ni la identidad ni la compatibilidad sexual de estos. Por todo lo anterior, se determinó en el 2016 realizar la renovación de copa del cacao en cuatro de las cinco parcelas originales con diferentes arreglos policlonales con clones internacionales con el objetivo de mejorar la productividad. La quinta parcela, asocio limba-cacao, fue renovada en el 2021 con el arreglo policlon-FHIA en vista de que la producción de cacao era escasa y de que se realizó el aprovechamiento de los árboles, puesto que esta especie es de rápido crecimiento. Adicionalmente, en ese mismo lote se plantó 35 plantas de caoba del atlántico de una colecta de semilla de árboles ubicados en el occidente del país (Figura 29).

Las actividades realizadas durante este 2022 fueron:

1. Cosecha de cacao y extracción de baba.
2. Poda de mantenimiento en el cacao.
3. Fertilización química en cacao.
4. Aplicación de cal dolomita.
5. Inventario de árboles maderables.



Figura 29. Vista panorámica de plantación de caoba del atlántico.

Mortalidad de patrones. En este año 2022 no se han presentado más árboles muertos de cacao, la incidencia general en los 5 lotes se mantiene en 32.4 %. Debido a esta situación tomamos la decisión de ir renovando paulatinamente los lotes, con materiales genéticos productivos con el objetivo de incrementar la producción de las parcelas y por ende del centro.

Lote barba de jolote. El arreglo policlonal de esta parcela está conformado por los cultivares: ICS- 1, TSH- 565, ICS – 39 y UF- 296. El registro corresponde al tercer año de cosecha y sexto de edad. La producción de 2022 fue de 888 kg/ha de baba o 311 kg de cacao seco/ha. Es importante mencionar que, esta producción está dentro de los parámetros aceptables porque iguala el promedio nacional para condiciones de ladera con baja fertilidad. Los materiales que mejores resultados presentan hasta la fecha son el TSH-565, seguido del ICS- 1, ICS- 39 y por último UF- 296. Estos registros se presentan en el Cuadro 16 de registro de cosechas. La mortalidad de plantas en esta parcela durante el 2022 se mantiene en 30 % del total establecido.

Lote marapolán. Durante el 2022, no se presentó mortalidad de patrones en esta parcela, por lo que se mantiene el mismo porcentaje de 27 %; pero aun así hemos iniciado con la renovación utilizando materiales genéticos que presentan mejores características de producción. La producción durante el periodo fue de 452 kg/ha de baba, lo equivale a 133 kg/ha de cacao seco/ha.

Lote ibo. El porcentaje de mortalidad fue el más alto registrado en todas las parcelas y se mantiene en 56 %. La producción fue de 728 kg/ha de baba y equivalente a 269 kg de cacao seco por hectárea.

Lote granadillo rojo. Es la parcela con menor mortalidad registrada de plantas de cacao (5 %) y la que registró la mayor producción con 814 kg/ha de cacao en baba y 293 kg/ha de cacao seco.

Lote caoba africana. Durante este año la mortalidad se incrementó del 43 % al 50 % de plantas

de cacao y de 85 % a 90 % la mortalidad de los árboles de caoba africana. La alta mortalidad de la especie forestal indica que no se adapta a las condiciones de suelo y clima propias de la estación.

Cuadro 16. Registro de producción de cacao en asocio con distintas especies maderables como sombra permanente. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida. 2022.

	Mes	Sanos	Frutos enfermos			Frutos dañados/plagas		Frutos totales
			Mn aprov	Mn no aprov	Mon	Aprov	No aprov	
Marapolán	ICS-1	124	7	24	14	35	97	424
	ICS-39	99	6	27	6	23	86	247
	TSH-565	156	3	15	22	29	66	291
	ICS-95	217	27	12	21	31	85	393
	Total	596	43	78	63	118	334	1,355
Barba de	ICS-1	588	13	43	30	44	135	853
	TSH-565	607	19	69	31	109	158	993
	ICS-39	527	11	31	17	74	160	820
	UF-296	482	5	65	29	35	137	753
	Total	2,204	48	208	45	262	590	2,666
Granadillo	ICS-39	266	10	47	22	49	116	510
	TSH-565	390	19	49	27	85	121	691
	UF-667	362	27	45	16	41	152	643
	ICS-1	343	22	57	25	33	119	599
	Total	1,361	78	198	90	208	508	2,443
Ibo	ICS-60	220	2	19	11	26	45	323
	UF-296	310	2	11	24	12	85	444
	ICS-1	210	1	19	15	12	36	293
	UF-29	997	4	35	26	11	52	1,125
	Otros	110	0	0	0	0	0	110
Total	1,847	9	84	76	61	218	2,295	

Crecimiento de las especies forestales. El crecimiento anual, debido a la avanzada edad de los árboles es mínimo (Cuadro 17). Todas las especies han alcanzado un tamaño y edad óptima para ser aprovechados.

Cuadro 17. Desarrollo de cinco especies forestales asociadas con cacao como sombra permanente. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, 2022.

Especie forestal asociada	Edad (años)	DAP ¹ (cm)			Altura (H ² en m)		
		2021	2022	IMA ³	2021	2022	IMA
Caoba africana (<i>Khaya senegalensis</i>) ⁴	19	33.5	34.0	1.8	31.9	32.0	1.6
Barba de jolote (<i>Cojoba arborea</i>)	25	41.5	42.0	1.6	38.9	39.0	1.5
Granadillo (<i>Dalbergia glomerata</i>)	25	48.5	48.5	1.9	30.8	31.0	1.2
Ibo (<i>Dipterix panamensis</i>)	25	41.5	41.5	1.6	31.4	31.6	1.2
Marapolán (<i>Guarea grandifolia</i>)	25	42.5	43.0	1.7	39.4	39.4	1.5

¹ DAP: Diámetro a la altura del pecho (tomado a 1.3 m de la base del árbol). ²H: Altura total de la planta (tomado alápice del árbol). ³ IMA: Incremento medio anual. ⁴ especie con mortalidad de 85 % por muerte regresiva.

Conclusiones

- La edad de los patrones para realizar cambio de copa, debe ser joven (10 a 12 años), para evitar mortalidad una vez que va desarrollando el injerto.
- Los incrementos registrados en diámetro y altura durante este año en los árboles maderables,

no es significativo, por tanto, su aprovechamiento se debe realizar lo más pronto posible, obviamente se debe contar con el mercado para la comercialización de la madera.

- La caoba africana (*Khaya senegalenses*) continúa presentando problemas de adaptabilidad, por ello continúa la mortalidad de los árboles, no así el hormigo que está bien adaptado a la zona de influencia del centro.

4.2. Comportamiento del cacao bajo sombra permanente de dos especies forestales maderables. AGF 96-02

Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz

Programa de Cacao y Agroforestería

Las especies forestales hormigo y granadillo rojo fueron establecidas en 1997 de forma pura. Posteriormente, en el 2001 se plantó el cacao el cual cuenta con una edad de 20 años. El desarrollo de las dos especies forestales es en general aceptable en términos de diámetro y altura. El incremento medio anual en diámetro de las dos especies fue de 1.5 cm para hormigo y 1.7 cm para granadillo rojo y altura de 1.4 m y 1.6 m, respectivamente (Cuadro 18). Las cosechas de cacao registradas para este año sufrieron un incremento en comparación al ciclo anterior, pero aún se consideran bajas. La actualización del inventario biológico se hará en el 2023, por tal sentido se están realizando actividades de remarcación de números en cada árbol, deschuponado del cacao, control de malezas, poda del cacao adulto y cosecha de cacao. Debido a la pobre producción del cacao, se inició en el 2020 el proceso de renovación de copa con la injertación con clones autocompatibles FHIA-330 y ICS-95 e intercompatibles ICS-39 y TSH-565 en arreglo policlonal. Para el 2023 se contempla realizar un raleo en la parcela de hormigo.

Cuadro 18. Desarrollo de especies forestales asociadas con cacao como sombra permanente. CADETH, La Masica, Atlántida. 2022.

Especie forestal asociada	DAP ¹ (cm)			Altura ² (m)		
	2021	2022	IMA	2020	2021	IMA
Hormigo (<i>Plathymiscium dirmophandrun</i>)	38.0	38.6	1.4	33.6	34.0	1.3
Granadillo (<i>Dalbergia glomerata</i>)	42.5	43.0	1.6	33.0	33.5	1.2

¹DAP: diámetro a la altura del pecho, tomado a 1.3 m de la base del árbol. IMA: incremento medio anual.

²Altura total de la planta tomada al ápice del árbol.

Cuadro 19. Rendimiento de cacao en dos socios cacao-maderables. CADETH, La Masica, Atlántida. 2022.

Sistema	Edad (años)	Plantas por parcela	Área de cultivo (m ²)	Producción(kg/ha)	
				Baba ¹	Seco ²
Cacao-hormigo (<i>Plathymiscium dimorphandrum</i>)	25	272	2,118	250	175
Cacao-granadillo rojo (<i>Dalbergia glomerata</i>)	25	470	3,661	300	111

¹Incluye los frutos perdidos por plagas. ²Conversión de húmedo a seco 37 %.

4.3. Comportamiento de especies maderables del bosque latifoliado cultivadas en sistemas delinderos y caminos internos en el CADETH. AGF 96-03

Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz

Programa de Cacao y Agroforestería

Del total de especies forestales que originalmente se establecieron, todas han sobrevivido a las condiciones edafoclimáticas del CADETH, no como la harían de forma natural en el bosque, donde se desarrollan en competencia con otras especies lo que genera competencia para el crecimiento de todas aquellas plantas que se encuentran bajo el dosel inferior. En el 2022 se desarrollaron actividades tales como: medición de diámetro y altura comercial, podas de saneamiento y mediciones para actualizar los activos biológicos, que deberán ser presentados en el 2023. Después de 25 años las especies con mayor representatividad desde el punto de vista de incremento son: laurel negro con 2.2 cm, San Juan de Pozo con 2.0 cm y la limba con 2.1 cm. Los mayores incrementos en altura se registraron en la limba con 1.6 cm y laurel negro con 1.4 cm; se ve un leve bajón en el incremento diametral de las tres especies forestales, esto es normal debido a la edad de los árboles. Para este año se planifica aprovechamientos selectivos para abrir el dosel y poder ganar unos cuantos centímetros de diámetro, producto de la intervención. Aún en las condiciones de suelo con baja fertilidad del CADETH, las tres especies arriba mencionadas se adaptan muy bien. Bajo esta modalidad de establecimiento las especies de San Juan de Pozo, limba y laurel negro son las que mejor desarrollo presenta en las condiciones de suelo del CADETH.

La experiencia obtenida en 25 años permite mostrar y brindar recomendaciones a los productores para establecer especies forestales bajo esta modalidad, haciendo énfasis en las bondades que incluyen la utilización de suelos que no son aptos para la producción agrícola, el enriquecimiento de condiciones para la fauna, la protección de suelos a la erosión y muy importante, el ingreso extra a largo plazo por la producción y comercialización de la madera.



Figura 30. Lindero de limba (*T. superba*) y framire (*T. ivorensis*) en el CADETH.

Cuadro 20. Diámetro, altura e incremento medio anual (IMA) a los 25 años, de especies forestales establecidas en linderos en terrenos de ladera de baja fertilidad. CADETH, La Masica,

Atlántida, Honduras. 2022.

Especie forestal	DAP (cm)			Altura (m)		
	2021	2022	IMA	2021	2022	IMA
Belérica (<i>Terminalia belerica</i>) ²	48.5	49.0	1.9	26.8	27.0	1.0
Cumbillo (<i>Terminalia amazonia</i>)	47.0	47.5	1.9	32.6	33.0	1.3
Framire (<i>Terminalia ivorensis</i>)	43.8	44.0	1.7	31.6	32.0	1.2
Ibo (<i>Dipterix panamensis</i>)	35.0	35.8	1.4	25.7	26.0	1.0
Laurel negro (<i>Cordia megalantha</i>) ¹	55.3	56.5	2.2	36.4	37.2	1.4
Limba (<i>Terminalia superba</i>) ²	52.8	53.8	2.1	39.4	40.8	1.6
San Juan de pozo (<i>Voshycia</i> sp.)	51.0	52.0	2.0	29.5	30.0	1.2
San Juan guayapeño (<i>Rosodendrum</i> sp.)	33.5	34.0	1.3	25.8	26.0	1.0
Marapolán (<i>Guarea grandifolia</i>)	34.7	35.0	1.4	25.9	26.0	1.0
Varillo (<i>Symphonia globulifera</i>)	37.6	38.0	1.5	23.7	24.2	0.9

¹Promedio de lindero por el acceso a las oficinas y linderos de límites de la propiedad.²Edad 25 años.

Conclusiones

- Se mantiene el incremento mayor en las especies limba, San Juan de Pozo y laurel negro, por lo que cual se ha manifestado que están bien adaptadas a las condiciones de suelo del CADETH.
- Las especies marapolán y San Juan guayapeño, bajo esta modalidad de linderos, no presentan incrementos significativos en vista de las condiciones de suelo en la estacion.

4.4. Comportamiento de especies maderables no tradicionales establecidas en terreno limpio y fajas sin adición de insumos. AGF 96-04

Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz

Programa de Cacao y Agroforestería

Se establecieron 17 especies forestales con el objetivo de conocer la adaptabilidad y desarrollo en condiciones de suelo de ladera con baja fertilidad en el CADETH. El establecimiento de especies maderables en zonas degradadas es con el objetivo de restaurar áreas sin cobertura y con baja fertilidad en el suelo; normalmente estas áreas no son utilizadas para el cultivo de granos básicos u otros, debido a la pérdida de suelo fértil y materia orgánica producto de la escorrentía. Las especies que son evaluadas, en estos lotes, no son tan conocidas y utilizadas como otras y además su valor comercial es bajo. La información fenológica y el comportamiento de algunas de especies bajo otras condiciones de suelo y clima no es abundante, y solo se cuenta con alguna información de campo a nivel de bosque natural pero no así proveniente de plantación pura.

Cada año se realizan las mediciones dasométricas (diámetro y altura) para evaluar el crecimiento de acuerdo a las condiciones de suelo. De acuerdo con los datos de 2021, el San Juan de pozo y el laurel negro fueron las especies que presentaron mejor incremento diametral (2.0 y 1.6 cm de IMA) y las que menor incremento presentaron fueron paleta (0.6 cm) y Masica (0.8 cm), respectivamente. Durante el 2022, las actividades que se desarrollaron fueron las siguientes: control de malezas, poda de saneamiento, mediciones dasométricas, remarcación de números por cada uno de los árboles y muestreo de suelos.

Cuadro 21. Comportamiento de diecisiete especies forestales del bosque latifoliado establecidas en parcelas puras sin adición de insumos a los 25 años. CADETH, La Masica, Atlántida, 2021.

Especie	DAP (cm)			Altura (m)		
	2021	2022	IMA	2021	2022	IMA
1. San Juan de Pozo (<i>Vochysia guatemalensis</i>)	52.1	52.5	2.0	32.6	32.8	1.3
2. Laurel negro (<i>Cordia megalantha</i>)	43.7	44.0	1.6	28.0	29.0	1.1
3. Ceiba (<i>Ceiba pentandra</i>)	38.0	38.5	1.4	27.5	28.4	1.0
4. Santa María (<i>Calophyllum brasiliense</i>)	35.5	35.7	1.4	26.6	27.0	1.0
5. Rosita (<i>Hyeronima alchorneoides</i>)	37.1	37.6	1.4	30.4	30.8	1.1
6. Sangre (<i>Virola koschnyi</i>)	34.1	34.7	1.3	27.8	28.0	1.0
7. Barba de jolote (<i>Cojoba arborea</i>)	35.0	35.5	1.3	27.5	28.2	1.0
8. Varillo (<i>Symphonia globulifera</i>)	33.0	33.5	1.3	26.4	26.8	1.0
9. Ciruelillo (<i>Hurtea cubensis</i>)	27.5	28.0	1.0	23.6	24.0	0.9
10. Granadillo rojo (<i>Dalbergia glomerata</i>)	26.6	27.0	1.0	26.4	26.9	1.0
11. Cortés (<i>Tabebuia guayacán</i>)	28.7	29.0	1.1	23.5	24.0	0.9
12. Piojo (<i>Tapirira guianensis</i>)	27.5	28.0	1.0	25.5	26.0	1.0
13. Jigua (<i>Nectandra</i> sp.)	25.0	25.5	0.9	22.7	23.1	0.8
14. Redondo (<i>Magnolia yoroconte</i>)	25.5	26.0	1.0	22.5	23.1	0.8
15. Marapolán (<i>Guarea grandifolia</i>)	26.4	27.0	1.0	22.4	22.8	0.8
16. Masica (<i>Brosimum alicastrum</i>)	21.7	22.0	0.8	20.8	21.2	0.8
17. Paleto (<i>Dialium guianensis</i>)	15.6	17.0	0.6	15.6	17.1	0.6

DAP: Diámetro a la altura del pecho (tomado a 1.3 m de la base del árbol). Altura total del árbol (tomado al ápice del árbol).



Figura 31. Árboles de ciruelillo (*Hurtea cubensis*) establecidos en faja.

Lecciones aprendidas

- Los registros de crecimiento permiten conocer y entender el comportamiento de cada una de las especies establecidas de forma activa (plantación) bajo las condiciones de suelo y clima del CADETH.

- A pesar de las características propias del CADETH en donde sobresale la baja fertilidad, existen especies que muestran buen desarrollo como Santa María, Rosita, sangre roja y varillo, y potencial para la producción y comercialización de madera para la industria.

4.5. Comportamiento del cacao bajo sombra permanente de la especie maderable caoba (*Swietenia macrophylla*) establecida en surco doble como sombra permanente de cultivo de cacao. AGF 13-02

Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz
Programa de Cacao y Agroforestería

Esta parcela de 1 ha fue establecida hace 9 años en la modalidad de surcos dobles de la especie forestal caoba del Atlántico en asocio con cacao a un distanciamiento de 4 m x 4m. Durante el 2022, se realizó podas de formación y saneamiento en el cacao, control de malezas, remarcación de los números que corresponde a los activos biológicos, Asimismo, la producción de cacao fue de 6,010 mazorcas de las cuales 3,664 (60.9 %) fueron sanas, 102 (1.2 %) dañadas por moniliasis, 1,470 (24.4 %) por mazorca negra y 774 (12.8 %) dañadas por pájaros y ardillas. Se estimó una producción de 8.4 mazorcas por árbol equivalente a 392 kg de baba fresca y 125 kg/ha de cacao seco.



Figura 32. Vista de plantas de cacao y caoba del Atlántico en asocio.

Comentario a la fecha

- La producción de cacao en esta parcela es aceptable a pesar de estar ubicada en suelos de laderas con deficiencias nutricionales, bajas condiciones de materia orgánica y pH ácido.

V. OTROS SISTEMAS AGROFORESTALES EVALUADOS EN EL CADETH

La valoración de estos sistemas que comprende el asocio con especies frutales en su mayoría permite una mejor utilización del suelo al ocupar de manera más eficiente los espacios con cultivos cuya producción es demandada y genera ingresos importantes en asocio con especies forestales, las cuales pueden establecerse dentro de la parcela como también alrededor de ella. Durante el proceso se han identificado especies que no se han podido adaptar a las condiciones de la zona, especialmente debido a la baja fertilidad y textura del suelo. Las siguientes especies han exhibido un alto grado de mortalidad: coco, la jatropha, pimienta negra y aguacate. Debido al crecimiento propio de cada especie frutal, su permanencia dentro del sistema agroforestal varía en el tiempo. A continuación, se presentan resultados de algunos estudios realizados en el CADETH (Centro Agroforestal Demostrativo del Trópico Húmedo), ubicado en El Recreo, La Masica, Atlántida:

5.1. Rambután–piña y pulasán–piña como sistemas agroforestales temporales con potencial para pequeños y medianos agricultores con asiento en terrenos de ladera. AGF 97-01

Alfredo Martínez

Programa de Cacao y Agroforestería

El rambután (*Nephelium lappaceum*) es un cultivo que genera desarrollo económico y empleo en las comunidades aledañas al CADETH. Muchas de las áreas degradadas en la zona por diferentes razones, tales como la ganadería extensiva, aprovechamientos ilegales de madera, avance de la frontera agrícola, se han recuperado debido al establecimiento del cultivo de rambután, aprovechando su cobertura y evitando la erosión. Las variedades preferidas para establecimiento, producción y comercialización de rambután son las variedades R-134, R-162 y R-156. La comercialización de la fruta se desarrolla mayormente a nivel local, por compradores nacionales y de El Salvador.

Los precios por caja de fruta de aproximadamente 450 unidades se cotizaron inicialmente en la zona a L. 350.00 y a medida avanzó la cosecha fue disminuyendo hasta alcanzar el precio más bajo de L. 90.00.

En el CADETH se cuenta con dos lotes de producción. El primer lote de 13 años cuenta con un área total 1.9 ha de rambután y una población de 380 árboles. La producción durante el año 2022 fue de 400 canastas, lo que representa una reducción fuerte ($\pm 63.8\%$) en comparación al promedio registrado en los 4 años anteriores. Se considera que este bajo rendimiento se debió mayormente a la alta precipitación generada en la estación, y que dejó un acumulado de más de 3,700 mm de lluvia. El rambután es un cultivo que sobresale en crecimiento y producción en condiciones de alta temperatura, en especial cuando estas condiciones coinciden con la etapa de floración y cuajamiento de fruto. El promedio de producción por árbol fue de 1.05 canastas.

La segunda parcela de 157 árboles tuvo una producción durante este 2022 de 500 cajas de rambután que equivale a una producción por árbol de 3.2 canastas de aproximadamente 450 frutas. En este lote se destacan las variedades R-134 y R-162, que son las más apetecidas por los compradores para la comercialización en el mercado local y nacional. Durante el 2022 se realizaron las actividades siguientes: comaleos, fertilización química (KCl, nitrato de amonio y triple 15), poda de formación y saneamiento de todos y cada uno de los árboles de producción.

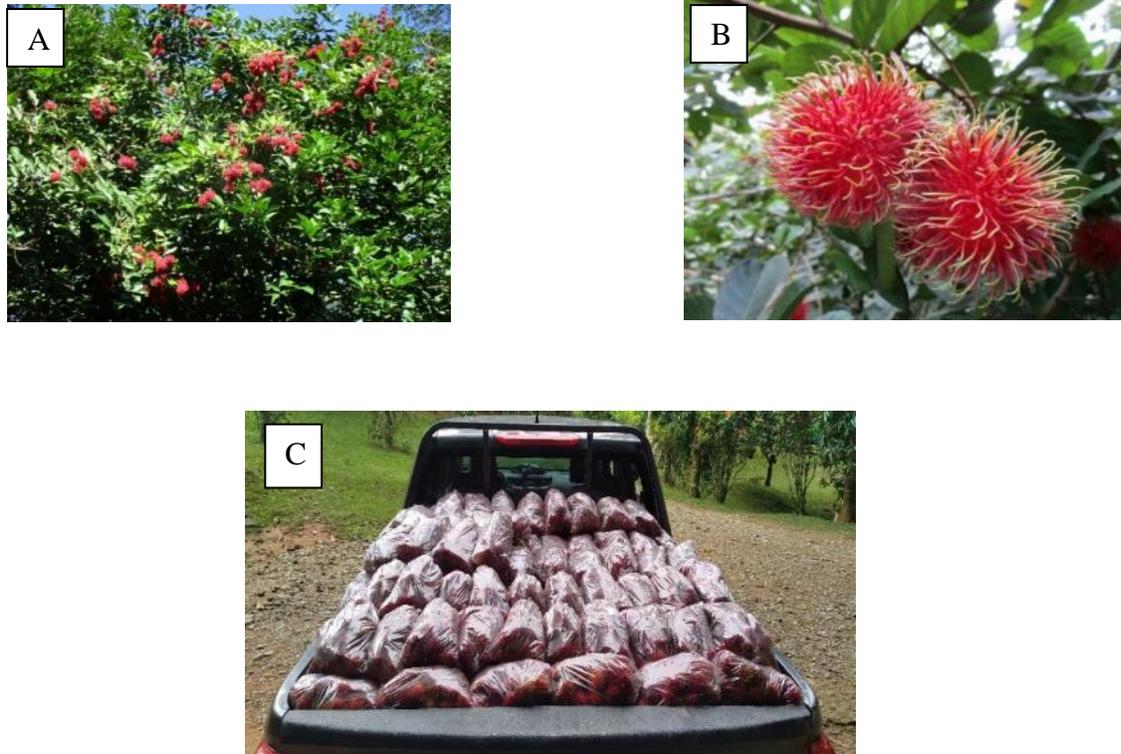


Figura 33. A. Árbol en producción, B. Rambután R134 y C. Comercialización de frutos.

Los precios obtenidos por venta de fruta fueron nuevamente bastante irregulares en la zona con fluctuaciones fuertes entre el inicio y final de la temporada.

5.2. Sistema agroforestal lanzón-limba. AGF 97-04

Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz
Programa de Cacao y Agroforestería

El lanzón (*Lansium domesticum*) fue establecido en hace 24 años con material proveniente del Jardín Botánico Lancetilla en asocio con la especie forestal limba (*Terminalia superba*). El objetivo de dicha combinación fue el de generar sombra para el frutal y a la vez, cubrir espacios de suelo dentro de la parcela. En el 2022 la producción en todos los árboles fue cero, producto de la nula floración.

Durante el año 2022, se realizaron las actividades siguientes: control de malezas, poda de formación y saneamiento, aplicación de fertilizante químico, medición dasométrica de los árboles de limba que están asociados con este frutal (diámetro promedio 55 cm, 2.2 cm incremento y altura 12 m y 0.48 m de incremento en altura). Cabe mencionar que, los árboles de limba que se encuentran en esta parcela, serán aprovechados, una vez que se cuente con el mercado para la comercialización de la madera y así liberar el frutal para que reciba mayor cantidad de luz y reducir la competencia por nutrientes.



Figura 34. A. Árboles de limba podados y B. Árboles de limba.

5.3. Sistema agroforestal coco-caoba africana-cacao CCN-51 en suelos de ladera de baja fertilidad. AGF 00-01

Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz
Programa de Cacao y Agroforestería

Esta parcela tiene una edad de 13 años y posee un área de 0.62 ha. Se asoció cacao con una especie forestal denominada caoba africana (*Khaya ivorensis*). Durante los últimos tres años se le ha dado seguimiento a la producción de cacao en bellotas, misma que ha venido disminuyendo significativamente, a pesar de contar con un material genético productivo, CCN- 51. Esta situación está determinada por pobres condiciones del suelo, desde el punto de vista de baja fertilidad y reducida materia orgánica, característico de suelos de laderas y con pendientes pronunciadas. En base a lo anterior, se tomó la decisión en el 2022 de eliminar todas las plantas de cacao (315) y dejar solamente los 74 árboles de caoba africana para que puedan desarrollar de forma independiente el diámetro y altura respectivamente. A la fecha se muestra un buen desarrollo, con un diámetro promedio de 19 cm y 9 m de altura. Durante el 2022 se desarrollaron diversas actividades como ser: control de malezas, medición dasométrica de los maderables para cumplir con los registros de activos biológicos, corte de plantas de cacao y poda de formación de los maderables.

5.4. Sistema agroforestal pimienta negra-madreado-rosita. AGF 03-01 (actualmente sistema agroforestal: rosita-cacao)

Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz
Programa de Cacao y Agroforestería

Tal y como estaba planificado para el 2022, las 422 plantas de cacao fueron eliminadas ya que la producción era menor cada año y esto no justifica el manejo agronómico de la parcela. Además, los materiales genéticos de cacao existentes fueron establecidos sin conocer la compatibilidad sexual y todo se trataba de mezclas, por lo que solamente se dejó el maderable (Rosita) para que pueda desarrollar sin competencia alguna. Durante el 2022 se realizaron las actividades siguientes: eliminación de plantas de cacao, medición dasométrica para los activos biológicos, remarcación de árboles y podas de formación y saneamiento.

5.5. Parcela comercial de rambután. AGF 08-02

Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz

Programa de Cacao y Agroforestería

Programa de Hortalizas

Esta parcela de rambután ya cuenta con 14 años de establecida. Se observó en el periodo una mayor incidencia de árboles afectados con sintomatología asociada a cáncer del tronco, aunque hasta ahora no se ha determinado si esto afecta directamente la producción. La alta precipitación registrada en la estación en el 2022 afectó negativamente la producción, evidenciado por la poca o nula floración en muchos de los árboles de esta parcela. Aún y con todas estas dificultades, la producción durante el 2022 fue de 250 cajas, distribuidas en los 123 árboles distribuidos en 0.85 ha.

En el 2022 se realizaron varias actividades tales como: poda de formación, fertilización química (3 lb de una muestra física de KCl- Nitrato de amonio y Triple 15), control de malezas y cosecha de frutos de rambután. El precio final de venta de caja de rambután fue de L. 100.00.



Figura 35. Cosecha y comercialización de frutas de rambután.

5.6. Comportamiento de la canela en asocio con caoba como un sistema agroforestal temporal en la costa atlántica de Honduras. AGF 05-01

Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz

Programa de Cacao y Agroforestería

Esta especia puede representar una alternativa de diversificación y comercialización que genere ingresos adicionales al productor y es por eso que desde el 2005 se ha venido manejando un lote en asocio con caoba del Atlántico bajo un ordenamiento de carriles y así, evaluar el comportamiento de estas especies. Hasta antes de la pandemia de 2020, la comercialización de esta especia era baja; sin embargo, hacia finales de la pandemia, su demanda fue creciendo de manera rápida especialmente para preparar infusiones y con ellos prevenir problemas generados por el virus en el organismo.

Durante el 2022 el rendimiento final fue muy similar al del periodo anterior, logrando cosechar

105 lb. Las prácticas de manejo aplicadas a la parcela consistieron en el control de malezas y comaleo, corte total del fuste principal para promover el crecimiento de nuevos rebrotes, fertilización química y complementar la remarcación y medición de árboles de caoba del Atlántico. Se considera que el desarrollo de la especie maderable es aceptable a la fecha, con un diámetro de 23.0 cm y una altura total de 7.0 m de altura.



Figura 36. A. Manejo de rebrotes, B. Rebrote de canela en etapa de crecimiento, C. Comaleo de rebrotes de canela.

5.7. El plátano en asocio con barba de jolote (*Cojoba arborea*) como sistema agroforestal temporal. AGF 05-02 (desde el 2013 sistema agroforestal: barba de jolote–cacao)

Alfredo Martínez

Programa de Cacao y Agroforestería

El establecimiento del maderable se realizó en un distanciamiento de 7 m x 8 m para una población de 178 plantas/ha. Además, inicialmente estaba asociado con plantas de cacao, pero después de 17 años de haber plantado el cacao, se tomó la decisión de eliminarlo principalmente por el bajo rendimiento de producción asociado a exceso de sombra generada por el maderable, baja fertilidad del suelo y naturaleza de clones de cacao. La producción de los últimos tres años (según registros acumulados) fue el detonante para la eliminación de todas las plantas de cacao y dejar solamente el maderable para brindar el manejo silvícola en cuanto a podas de formación y saneamiento se refiere, además de los respectivos raleos selectivos (árboles pandos, bifurcados, enfermos, delgados

y todos los que están bajo el dosel superior).

El maderable ha generado incrementos favorables, ya que a la fecha presenta un diámetro promedio de 34 cm, con incremento anual en diámetro 2.0 cm y una altura comercial de 24 m con incremento de 1.4 m. Se realizará un raleo comercial a mediados de 2023 para generar mayor desarrollo de los árboles. Cabe mencionar que el raleo planificado para el 2022 no se realizó por situaciones de comercialización.



Figura 37. A. Antes de la eliminación del cacao, B. Después de haber eliminado las plantas de cacao.



Figura 38. Clones de cacao: FHIA 330, UF-29 e ICS-95.

Observaciones al cuarto año

- Esta técnica funciona de muy buena forma, es una alternativa para pequeños y medianos productores interesados en la producción de cacao bajo sistemas agroforestales.
- El porcentaje de sobrevivencia al cuarto año se mantiene en 96 %.

VI. ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN DE PRÁCTICAS AGROFORESTALES

6.1. Parcela sucesional agroforestal dinámica con cacao y frutales. AGF 17-03

Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz

Programa de Cacao y Agroforestería

El principio de este concepto es el de implementar varios cultivos agrícolas que permitan no solamente la generación de alimento para el productor y su familia, sino que también permita diversidad en la generación del ingreso. La función de estos sistemas sucesionales es promover una producción más intensiva para abastecer de alimento a las familias ubicadas en suelos de laderas a través de la diversidad de cultivos que puedan además de brindar alimento, que incorporen materia orgánica para el desarrollo y nutrición de plantas durante la mayor parte del año.



Figura 39. Clon de cacao en producción y vista panorámica de la parcela.

Durante el 2021 se realizaron actividades tales como: siembra de núcleos energéticos, poda de formación del cacao, deschuponado, cosecha del cacao, fertilización química (KCl, 15-15-15 y nitrato de amonio), cosecha de frutales y otros cultivos, control de malezas manual y regulación de sombra de guama.

Ya que se trata del manejo de varios cultivos, la utilización de personal como mano de obra es significativa; por ende, los costos y tiempo invertido en manejo son mayores en estas parcelas, el rendimiento en esta parcela fue de 78 kg de cacao en baba. Los costos en mano de obra e insumos fueron alrededor de L. 15,200.00 y con ingresos de L. 6,000.00.

Lección aprendida

Los ingresos generados en esta parcela no son significativos, haremos cambios encaminados a mejorar la producción del cacao.

6.2. Compatibilidad sexual de clones de cacao comerciales y promisorios de la FHIA y recomendación de arreglos de plantación en campo. CAC 16-01

Oscar Ramírez, Aroldo Dubón y Francisco Javier Díaz

Programa de Cacao y Agroforestería

Resumen

Como parte de la implementación de tecnologías innovadoras, a inicios de 2015 se establecieron nuevas parcelas de cacao con arreglos de plantación en función a la intercompatibilidad sexual. Con esta tecnología se espera potenciar el cuajamiento de frutos en la polinización. La conformación de los arreglos fue posible por los resultados de los cruzamientos o polinizaciones manuales controladas entre los clones después de 15 días cuando se contabilizó el porcentaje de frutos formados. Se consideraron los intercompatibles y/o autoincompatibles y los cruzamientos y/o autopolinización que estaban igual o por arriba del 30 % de cuaje de frutos. Entre 2015-2017, se realizaron 770 cruzamientos (46 % de las posibles 1,600 cruzamientos), lo suficiente para formar diversos arreglos policlonales. De estos, el 63 % fueron intercompatibles y se destacan, con mayor intercompatibilidad, los clones autocompatibles (9 de 40 clones) como; EET-162, UF-29, CCN-51, ICS-95, EET-62, FHIA-330, FHIA-168, ICS-1 y EET-96. Mientras que entre 2017-2019, la investigación en compatibilidad se enfocó en conocer la autocompatibilidad de los clones promisorios de la FHIA. Se trabajó de forma separada en dos lotes, el primero compuesto por 18 clones seleccionados de árboles progenies de alto rendimiento con más de 45 frutos/árbol/año y con baja incidencia de moniliasis (3.4 %). Entre los resultados 6 de 18 clones fueron autocompatibles (FHIA-65, -330, -430, -515, -612 y -677). Y, un segundo lote compuesto por 26 clones (lote Marapolán) seleccionados de árboles progenies por tener más de 30 % de semillas con cotiledón de color blanco o crema, de las cuales 16 fueron autocompatibles: FHIA-32, -168, -193, -359, -478, -513, -537, -621, -630, -687, -709, -740, -765, -360, -408 y -428. Parte de 2019 hasta el 2021, se avanzó en conocer la intercompatibilidad de los siete clones con mayor rendimiento en el lote Marapolán: FHIA-32, -483, -513, -168, -630, -359, y -483, siendo este último autoincompatible e intercompatible (<30 % de cuajamiento del fruto), especialmente cuando se evaluó como madre/hembra. Al mismo tiempo se evaluó la intercompatibilidad de los 10 clones con mayores índices de rendimiento del lote 18 cultivares, donde 5 de los 6 clones autocompatibles estaban presentes. Se ha avanzado en 94 % de la matriz de intercompatibilidad, donde el 73 % de los cruzamientos fueron intercompatibles que sobresalen, como en cruzamientos anteriores, los clones autocompatibles. En 2021, se inició la evaluación de la autocompatibilidad de los clones del ensayo “12 cultivares” que se seleccionaron por el rendimiento y tolerancia a enfermedades entre 385 progenies/árboles con rendimientos promedios de 52 frutos/árbol. Se avanzó en 10 clones, donde 3 fueron autocompatibles (FHIA-63, -245 y -224). Además, se inició la evaluación de intercompatibilidad de los 5 clones más productivos entre 2018-2020, avanzando en 66 % del total de cruzamientos, donde destaca el FHIA-63 como donador de polen y el FHIA-21C como receptor. En el 2022 se realizaron 19 cruzamientos dirigidos a conocer la intercompatibilidad entre los clones más promisorios del lote Marapolán y los 18 cultivares, lo cual nos permite ofrecer, en un futuro cercano, arreglos policlonales de alta productividad y calidad. Únicamente 6 cruzamientos fueron interincompatible donde el 50 % de estos fue cuando se cruzó FHIA-483 como hembra.

Palabras claves: polinización, *Theobroma*, intercompatible, interincompatible, autocompatible.

Introducción

La productividad en las plantaciones de cacao depende de diversos factores, entre ellos, el manejo agronómico, condiciones agroecológicas y material genético utilizado. El cacao es una planta que presenta el fenómeno de *autoincompatibilidad sexual*, que se manifiesta cuando el polen de la flor de una planta no consigue fecundar los óvulos de sus flores; y el carácter de *interincompatibilidad* sucede cuando el polen de la flor de una planta no consigue fecundar los óvulos de las flores de otra planta (Cadavid-Vélez, 2006). En la Figura 40 se muestra el flujo de polen que determina el carácter de compatibilidad en una plantación de cacao. La compatibilidad sexual de los clones al establecer una plantación de cacao permite incrementar las posibilidades de fecundación de los óvulos y la obtención de frutos. La colección del banco de germoplasma de la FHIA contiene más de 300 clones, los cuales han sido introducidos, algunos de ellos, desde hace más de 30 años.

Como parte de la implementación de tecnologías innovadoras, a inicios de 2015 se establecieron nuevas parcelas de cacao utilizando arreglos de plantación en función a la intercompatibilidad sexual de un grupo de 40 clones que fueron seleccionados y registrados ante el departamento de certificación de semillas CERTISEM-SENASA principalmente por sus características de productividad y calidad. En el presente informe se detallan los avances en los estudios de determinación de la intercompatibilidad sexual en los clones más productivos del lote denominado 18 cultivares seleccionados de árboles progenies de alto rendimiento con más de 45 frutos/árbol/año y con baja incidencia de moniliasis (3.4 %) (Sánchez y Dubón 2014) con los clones más productivos y que presentan almendra blanca del lote de Marapolán (Sánchez y Dubón 2018), lo cual nos permitirá ofrecer arreglos policlonales de alta productividad y calidad organoléptica.

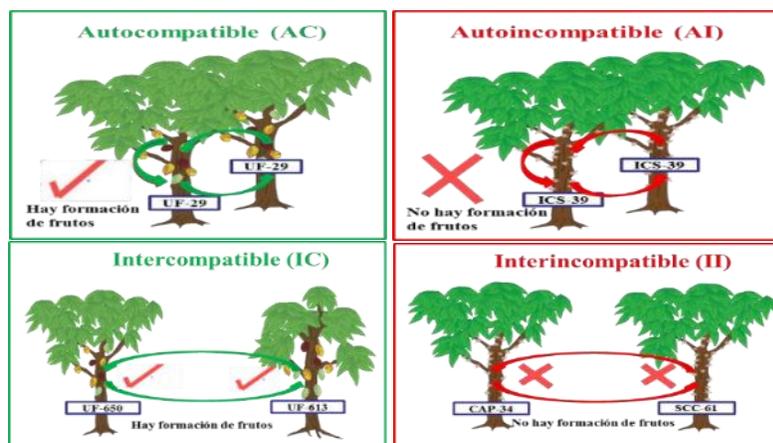


Figura 40. Diagrama de los términos de compatibilidad con base en el intercambio de polen entre un mismo clon (superior) y distintos clones (inferior) y posibles resultados.

Objetivo

Conocer para cada clon promisorio en evaluación su nivel tanto de compatibilidad sexual propia e intercompatibilidad con otros clones de cacao, permitiendo un mejor criterio para la conformación de arreglos policlonales de siembra.

Materiales y métodos

En la Figura 42 se presentan los materiales utilizados en los procesos para realizar la polinización manual, estos incluyen: 1. Caja de madera para hacer la colecta de las flores, 2. Pinzas para

emasculación de flores, 3. Cilindros de plástico cubierto los extremos con plastilina y malla fina para proteger los botones florales y flores emergidas, 4. Rotulaciones para identificar el cruzamiento realizado, el nombre del lado izquierdo siempre representa la madre y 5. Formato para registro de la información.

Proceso de polinización

En la FHIA, el proceso de polinización que se utiliza para hacer pruebas de compatibilidad sexual entre clones de cacao, contiene los pasos que a continuación se detallan:

Selección del botón floral un día antes de que la flor abra o esté disponible para ser polinizada. Dicho botón con aproximadamente entre 28-30 días se protege con un tubo especial de plástico cubierto los extremos con plastilina y malla fina. Se revisa al siguiente día para verificar que el botón se convirtió en la flor completamente abierta. Se protege la flor que está abierta y lista para ser polinizada (flor hembra), para evitar que otros polinizadores lleguen antes y fecunden la flor (Figura 41).



Figura 41. Aislamiento de botón floral.

Práctica de polinización

En horas tempranas se realiza la selección y recolección de la flor que servirá como macho, la cual se desprende cuidadosamente del otro árbol, se debe observar que los sacos polínicos (anteras) sean de color blanco cremoso y no marrón que es indicativo de polen no viable (Figura 42a). Al estar frente al árbol, para realizar la polinización, a la flor que se utilizará como receptora (hembra) se le quitan los estaminoides. Esto permite dejar listo el pistilo para recibir el polen de la otra flor que servirá como macho, proveniente del árbol de otro clon en caso que se quiera conocer la intercompatibilidad (Figura 42b). Se eliminan todos los pétalos (cogula y lígula) de la flor recolectada para seguidamente proceder a la polinización en la cual se frota las anteras de la flor macho en todo el pistilo de la flor hembra (Figura 42c). Si hay intercompatibilidad sexual entre los clones, se observa posteriormente el crecimiento y desarrollo de frutos en la flor fecundada (Figura 42d).



Figura 42. Práctica de polinización. Recolectación de flores donadoras de polen (a), eliminación de estaminoides de flor receptora (b), frotamiento de pistilo con antera de flor donadora (c), fruto formado producto de la intercompatibilidad o autocompatibilidad (d).

En el proceso de polinización asistida se usan 30 flores de cada árbol que funciona como hembra; posterior al proceso de polinización asistida se hacen tres revisiones a los 3, 8 y 15 días, respectivamente, para observar y registrar el *cuajamiento* del fruto.

Si no hubo fecundación de la flor polinizada, esta se desprende a los 3 u 8 días, pero si hubo fecundación, la flor persiste en el árbol y a los 15 días se empieza a observar la formación de un fruto. En un formato de campo se registran las observaciones y las fechas. Para determinar la compatibilidad sexual del cruzamiento, a los 15 días después de la polinización, se calcula el porcentaje de frutos desarrollados (cuajamiento) a partir de las 30 flores que fueron polinizadas. Si el porcentaje de cuajamiento de frutos es mayor al 30 % de las flores polinizadas, se determina que hay intercompatibilidad entre los clones cruzados. Cuando el porcentaje observado es menor de 30 % se determina que hay interincompatibilidad entre los clones cruzados.

Los materiales genéticos evaluados son los siguientes:

- **Ensayo 18 cultivares:** FHIA-65, FHIA-741, FHIA-276, FHIA-310, FHIA-330, FHIA-533, FHIA-612, FHIA-677
- **Ensayo marapolán:** FHIA-32, FHIA-513, FHIA-168, FHIA-630, FHIA-483

Resultados y discusión

Para este 2022, se realizaron 19 cruzamientos dirigidos a conocer la intercompatibilidad entre los clones más promisorios del Marapolán y los 18 cultivares, para de esta manera ofrecer en un futuro cercano arreglos policlonales de alta productividad y calidad. Únicamente 6 cruzamientos fueron interincompatible donde el 50 % de estos fue cuando se cruzó FHIA-483 como hembra. Mientras que FHIA-32, evaluado como donador de polen, fue intercompatible con los clones del lote de los 18 cultivares (promedio 41 %). Sin embargo, FHIA-359 procedente del mismo lote al que pertenece el FHIA-32 (marapolán) no aceptó mayor cantidad de polen de este (17 %). El FHIA-32 únicamente fue empleado como hembra con el FHIA-65, siendo muy intercompatible (53 %) (Cuadro 22).

Cuadro 22. Porcentaje de frutos formados producto de las cruza para evaluar la intercompatibilidad de clones con mayor producción de frutos sanos del lote 18 cultivares y lote de marapolán. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2017-2021.

Cruzamiento		Inter-compatibilidad		Cruzamiento		Inter-compatibilidad	
Hembra	Macho	%	Carácter	Hembra	Macho	%	Carácter
FHIA-741	FHIA-32	43	IC	FHIA-741	FHIA-168	53	IC
FHIA-310	FHIA-32	30	IC	FHIA-310	FHIA-168	13	II
FHIA-612	FHIA-32	30	IC	FHIA-276	FHIA-168	40	IC
FHIA-276	FHIA-32	50	IC	FHIA-483	FHIA-612	10	II
FHIA-65	FHIA-32	53	IC	FHIA-483	FHIA-276	0	II
FHIA-32	FHIA-65	53	IC	FHIA-483	FHIA-65	10	II
FHIA-741	FHIA-513	40	IC	FHIA-741	FHIA-359	77	IC
FHIA-65	FHIA-513	65	IC	FHIA-359	FHIA-32	13	II
FHIA-513	FHIA-741	30	IC	FHIA-359	FHIA-513	3	II
FHIA-513	FHIA-612	54	IC				

Conclusión preliminar

Los mejores donadores y receptores de polen, como en años anteriores, son los clones autocompatibles. Esta característica será de especial importancia a considerar para la selección de nuevos cultivares de cacao y la conformación de arreglos policlonales. De igual manera el clon FHIA-483 continúa mostrando la menor intercompatibilidad sexual.

Recomendación

Continuar los cruzamientos en 2023 entre los clones de los 18 cultivares y los clones del lote de marapolán para publicar la mayor cantidad de información de intercompatibilidad en el documento “Catálogo descriptor de clones de cacao FHIA”.

Literatura citada

- Cadavid-Vélez, S. 2006. Características de compatibilidad sexual de algunos clones de cacao y su aplicación en siembras comerciales. Compañía Nacional de Chocolates. Colombia. 28 p.
- Sánchez, J. y A. Dubón. 2014. Evaluación de materiales híbridos con resistencia potencial a moniliasis (*Moniliophthora roreri*) bajo condiciones de inóculo natural. CAC 99-01. Pág. 18-22. *In*: Informe técnico 2013, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 1era edición. La Lima, Cortés, Honduras.
- Sánchez, J. y A. Dubón. 2018. Búsqueda de materiales con potencial de calidad para la producción de cacao fino con destino a mercados específicos. CAC 07-01. Pág. 9-11. *In*: Informe técnico 2017, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 1era edición. LaLima, Cortés, Honduras.
- Ramírez, O. 2019. Compatibilidad sexual de cultivares de cacao para desarrollar propuestas de plantaciones con arreglos policlonales. 64 Reunión “Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales” (PCCMCA). Tela, Honduras.

6.3. Adaptación y comportamiento agronómico de plantas de cacao en campo a partir de plantas de vivero bajo tres condiciones de raíz. AGF 17-01

Oscar Ramírez, Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz

Programa de Cacao y Agroforestería

Resumen

El estudio fue establecido en agosto de 2017 (0.43 ha) bajo condiciones del CADETH (Centro Agroforestal Demostrativo del Trópico Húmedo), con el objetivo de evaluar el efecto de tres condiciones de raíces (normal, raíz pasada sin poda y pasada podada) en seis clones de cacao (CCN-51, Caucasia-43, Caucasia-47, Caucasia-39, UF-667 e ICS-1), sobre la mortalidad de plantas, la producción de frutos sanos y dañados por enfermedades (monilia y mazorca negra) y plagas (ardilla/aves) y el rendimiento del cacao seco (kg/ha). El experimento se estableció en con un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas, donde la condición de raíz representa la parcela y cada uno de los 6 clones las subparcelas. En 2022 (segundo de registro), aun considerándose los resultados preliminares, tal y como en el año anterior, no se encontró diferencia estadística significativas ($p\text{-valor}>0.05$) para ninguna de las variables de estudió en la interacción

condición de raíz*clon ni para la condición de raíz. Sin embargo, entre los clones se mantienen las diferencias (p -valor <0.05) en la producción de frutos totales, frutos con mazorca negra y dañados por plagas. Los clones CCN-51 y Caucasia-43 continúan liderando la producción de frutos totales con promedios entre 10.0 y 6.8 frutos/árbol/año, respectivamente. El clon CCN-51, también presentó la mayor pérdida por mazorca negra este último año, con 1.01 frutos/árbol (11.8 %) y daños por plagas de 2.79 frutos/árbol (32.6 %). El rendimiento de cacao seco promedio general incrementó 70 kg/ha, pasando de 195 kg/ha a 265 kg/ha en 2022, siendo CCN-51 el de mayor rendimiento con 434 kg/ha/año. Finalmente, la incidencia de plantas muertas osciló entre 7 y 8 % manteniéndose casi la misma población que el 2021. En general el 2022 fue un año con buena distribución de las lluvias, donde las plantas no se vieron expuestas a periodos de sequía prolongados que según los antecedentes es cuando los problemas de mortalidad son mayores. Para el 2023 se continuará con el registro de información de las mismas variables y con el mismo rigor científico.

Palabra clave: deformación, raíces, *Theobroma*.

Introducción

En los últimos años se ha encontrado, tanto en nuestras estaciones experimentales (CEDEC-JAS y CADETH) como en fincas de productores, incidencias aisladas de plantas de cacao muertas, próximas a entrar en edad de producción con 2 a 3 años. Al tratar de determinar la o las causas asociadas a la mortalidad, se ha observado que en aproximadamente en el 50 % de los casos, la mortalidad se debe a problemas en el sistema radicular como ahorcamiento de raíces, raíz pivotante bifurcada, ausencia de raíces secundarias o raíz principal en forma de L. De acuerdo con las estadísticas del Departamento de Protección Vegetal (Rivera, 2018) desde el 2012, en el país se han intensificado los reportes de plantas con problemas de crecimiento, amarillamiento en el sistema foliar y de manera frecuente la muerte de estas al iniciar su etapa productiva con 2 a 6 años (Figura 43). Por esto se infiere que se debe especialmente por anomalías en el sistema radicular. Esta situación se ve principalmente en cultivos como cacao, café y aguacate, viéndose más afectados en años con periodos largos de sequía y altas temperaturas.



Figura 43. Deformación de raíces adultas.

Las deformaciones en la raíz del cacao, probablemente se deba a que la planta fue dejada en el vivero durante un periodo mayor a los 6 meses recomendados. Esto ocasiona lo siguiente: primero, la raíz al llegar al fondo de la bolsa comienza a enrollarse para formar la característica conocida como "cola de chanco"; segundo, la raíz pudo romper la bolsa y seguir su crecimiento en el suelo y al momento de llevarla al campo se procedió a cortarla.

En el presente informe se describen los resultados agronómicos obtenidos en los dos años de registro de información en la evaluación del efecto de tres condiciones de raíz en seis clones de cacao evaluados en CADETH.

Objetivo

Evaluar el efecto de tres condiciones de raíz en seis materiales genéticos con respecto a la sobrevivencia, comportamiento productivo y tolerancia a las enfermedades y plagas en el cultivo de cacao, bajo condiciones del trópico húmedo hondureño.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en agosto de 2017, en el CADETH, bajo el modelo agroforestal cacao-plátano-madreado-barba de jolote (*Cajoba arborea*) ordenados en distancia de 3 m x 3 m, 6 m x 6 m, 12 m x 12 m y 3 m x 3 m, respectivamente.

Tratamientos

Corresponden a la combinación de cada uno de los factores de estudio, donde el factor “A” en la condición de la raíz pivotante y el factor “B” cada uno de los clones donde se evaluó la condición de raíz ordenados de acuerdo con su intercompatibilidad sexual.

Factor “A”

- Parcela 1. Raíz normal (planta de 6 meses)
- Parcela 2. Raíz deformada sin podar doblada/pasada (planta > 7 meses)
- Parcela 3. Raíz deformada podada al ras de la parte inferior de la bolsa (planta > 7 meses).

Factor “B”

1. CCN-51 3. ICS-1 5. CAUCASIA-43
2. UF-667 4. CAUCASIA-39 6. CAUCASIA-47



Figura 44. Raíces de cacao en distintos estudios según tiempo en el vivero.

Diseño del experimento. El experimento se estableció en con un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones y en parcelas divididas, donde la condición de raíz representa la parcela y cada uno de los 6 clones las subparcelas. 3 tratamientos y 3 bloques, lo que hace un total de 9 parcelas y 54 subparcelas distribuidas en un área de 4,374 m². Cada subparcela está constituida por 9 plantas distanciadas de 3.0 m, con un área de 54 m² (Figura 45).

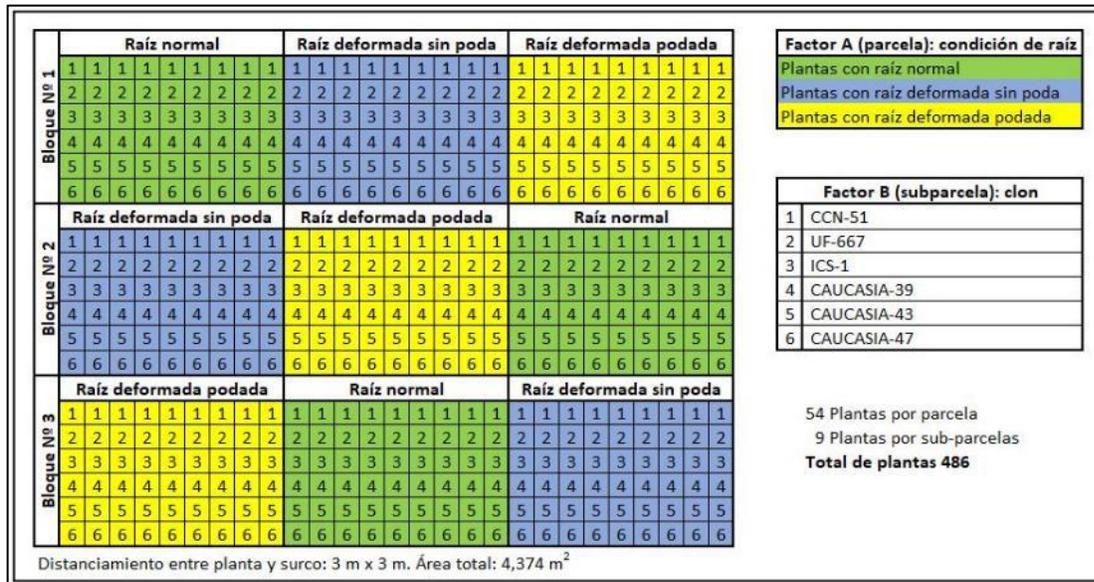


Figura 45. Croquis del experimento para evaluar tres condiciones de raíz al trasplante. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida.

Análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizó el software infoStat realizando ANAVA al 5 %, después de haber comprobado los supuestos estadísticos como la normalidad se usó la prueba de Shapiro-Wilks (p-valor > 0.05) y la homogeneidad de varianza con la prueba de Levene (p-valor > 0.05). También se realizaron prueba de comparación de medias con el método de Duncan. Para las variables con diferencias significativas entre los tratamientos.

Variabes por evaluar:

1. Porcentaje de sobrevivencia/mortalidad, al final del año.
2. Frutos sanos por árbol, quincenal.
3. Frutos con moniliasis por árbol, quincenal.
4. Frutos con mazorca negra por árbol, quincenal.
5. Frutos dañados con plagas por árbol, quincenal.
6. Rendimiento en cacao seco (kg/ha), al final del año.

Los frutos se registran cosecha a cosecha previamente clasificados según el estado de sanidad de estos. El rendimiento en cacao seco se estimó dividiendo los frutos sanos acumulados por clon entre su índice de mazorca, determinado bajo las condiciones del CEDEC-JAS (López *et al.*, 2017).

Manejo del experimento

Las actividades de manejo que se le han dado a la parcela agroforestal en 2022 se encuentran, el control manual de malezas el cual se ha realizado cada 3 meses, una poda de formación a mitad del año. Se realizaron 2 comaleos y fertilizaciones, la primera durante el mes de febrero durante la época del final de lluvia, donde se aplicó 9.8 onzas/planta de cal dolomita y 6.5 onzas/planta de mezcla de fertilizante químico (15-15-15, nitrato de amonio y KCl). La segunda fertilización realizada fue durante septiembre al inicio de lluvias. Se aplicó 3 onzas/planta de cal y 8 onzas/planta de fertilizante químico. También se hizo regulación de sombra durante los meses de septiembre se eliminaron árboles de madreo (Figura 46).



Figura 46. Ensayo evaluación de tres condiciones de raíz en seis clones de cacao. Vista panorámica (A) y plantas de cacao CCN-51 mostrando producción de frutos (B).

Resultados preliminares y discusión

El 2022 fue el segundo año de registro de información aun considerándose los resultados preliminares. Tal y como en el año anterior, no se encontró diferencia estadística significativas (p -valor >0.05) para ninguna de las variables de estudio en la interacción condición de raíz*clon de cacao, ni para la condición de raíz. Sin embargo, entre los clones se mantienen las diferencias (p -valor <0.05) en la producción de frutos totales, frutos con mazorca negra y dañados por plagas. Los clones CCN-51 y Caucasia-43 continúan liderando la producción de frutos totales con promedio en 2021-2022 entre 10.0 y 6.8 frutos/árbol/año, respectivamente (Cuadro 23 y Cuadro 24). El clon CCN-51, continuó registrando las mayores pérdidas por mazorca negra con 1.01 frutos/árbol (11.8 %) y por plagas con 2.79 frutos/árbol (32.6 %) (Figura 48) versus 0.56 frutos/árbol con mazorca negra (4.9 %) y 2.91 frutos dañados por plagas (25.4 %) en 2021 (Cuadro 23).

El rendimiento de cacao seco de la parcela en general incrementó 70 kg/ha, pasando de 195 kg/ha a 265 kg/ha en 2022, siendo CCN-51 el de mayor rendimiento con 434 kg/ha/año (Cuadro 24), mientras que el ICS-1 registra el menor rendimiento (112 kg/ha/año). El comportamiento productivo de estos últimos dos clones es evidente en varios estudios (prueba regional y, evaluación de la injertación en campo de clones) siempre en CADETH, donde el CCN-51 está entre los clones líderes en producción y el ICS-1 entre los clones de menor comportamiento productivo. Finalmente, la incidencia de plantas muertas osciló entre 7 y 8 % manteniéndose casi la misma población que en el 2021.

Cuadro 23. Resultados preliminares en las variables de productividad del cacao en el ensayo de evaluación del efecto de la condición de raíz*clon. El Recreo, CADETH, 2021.

Fuente de variación	Frutos por árbol					Cacao seco (kg/ha)
	Sanos	monilia	mazorca negra	Plagas	Totales	
Condición de raíz						
Normal	3.39	0.04	0.20	0.84	4.47	193
Pasada sin poda	3.40	0.08	0.21	1.11	4.80	187
Pasada podada	3.53	0.04	0.18	1.11	4.86	206
p-valor	0.978 n.s.	0.575 n.s.	0.937 n.s.	0.293 n.s.	0.882 n.s.	0.918 n.s.
Clon						

Fuente de variación	Frutos por árbol					Cacao seco (kg/ha)
	Sanos	monilia	mazorca negra	Plagas	Totales	
CCN-51	7.84 a	0.16 a	0.56 a	2.91 a	11.47 a	545 a
Caucasia-43	3.99 b	0.11 ab	0.06 b	1.09 b	5.25 b	185 b
Caucasia-47	3.78 b	0.02 b	0.30 b	0.91 b	5.01 b	175 b
Caucasia-39	3.42 b	0.01 b	0.18 b	0.81 b	4.42 b	158 b
UF-667	1.05 c	0.01 b	0.03 b	0.19 c	1.28 c	84 bc
ICS-1	0.56 c	0.00 b	0.06 b	0.22 c	0.84 c	27 c
p-valor clon	<0.0001**	0.0410*	0.0026**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
p-valor-inter.	0.487 n.s.	0.109 n.s.	0.899 n.s.	0.359 n.s.	0.923 n.s.	0.580 n.s.
R ²	0.85	0.50	0.44	0.85	0.86	0.85
C.V. (%)	44.84	230.12	143.34	49.06	42.62	50.74

n.s. diferencias estadísticas no significativas; R²: coeficiente de determinación; C.V.: coeficiente de variación

Cuadro 24. Resultados preliminares en las variables de productividad del cacao en el ensayo de evaluación del efecto de la condición de raíz*clon. El Recreo, CADETH, 2022.

Fuente de variación	Frutos por árbol					Cacao seco (kg/ha)
	Sanos	monilia	mazorca negra	Plagas	Totales	
Condición de raíz						
Normal	5.03	0.03	0.35	1.35	6.77	281
Pasada sin poda	4.56	0.12	0.38	1.76	6.82	245
Pasada podada	4.97	0.06	0.31	1.86	7.19	270
p-valor	0.737 n.s.	0.407 n.s.	0.803 n.s.	0.076 n.s.	0.849 n.s.	0.579 n.s.
Clon						
CCN-51	4.67	0.09	1.01 a	2.79 a	8.56 a	323
Caucasia-43	5.84	0.07	0.29 b	2.18 ab	8.38 a	270
Caucasia-47	4.64	0.16	0.22 b	1.99 b	7.01 ab	215
Caucasia-39	5.86	0.02	0.17 b	2.00 b	8.04 a	270
UF-667	4.00	0.00	0.12 b	0.52 c	4.64 b	316
ICS-1	4.10	0.10	0.28 b	0.44 c	4.92 b	198
p-valor clon	0.202 n.s.	0.626	<0.001**	<0.001**	<0.003*	<0.079 n.s.
p-valor-inter.	0.923 n.s.	0.525 n.s.	0.730 n.s.	0.373 n.s.	0.795 n.s.	0.882 n.s.
R ²	0.44	0.32	0.63	0.77	0.49	0.50
C.V. (%)	40.77	278.16	93.78	41.24	35.39	39.07

n.s. diferencias estadísticas no significativas; R²: coeficiente de determinación; C.V.: coeficiente de variación

La distribución relativa de la producción de los frutos por condición de raíz fue similar y se registró un ligero incremento para la condición de raíz normal de aproximadamente 5 % y 8 % de frutos sanos sobre la producción en las plantas con condición de raíz pasada podada y raíz pasada sin podar, respectivamente. Este diferencial se debe principalmente a la incidencia de plagas (aves y ardillas) que fue menor en las plantas con condición de raíz normal (Figura 47).

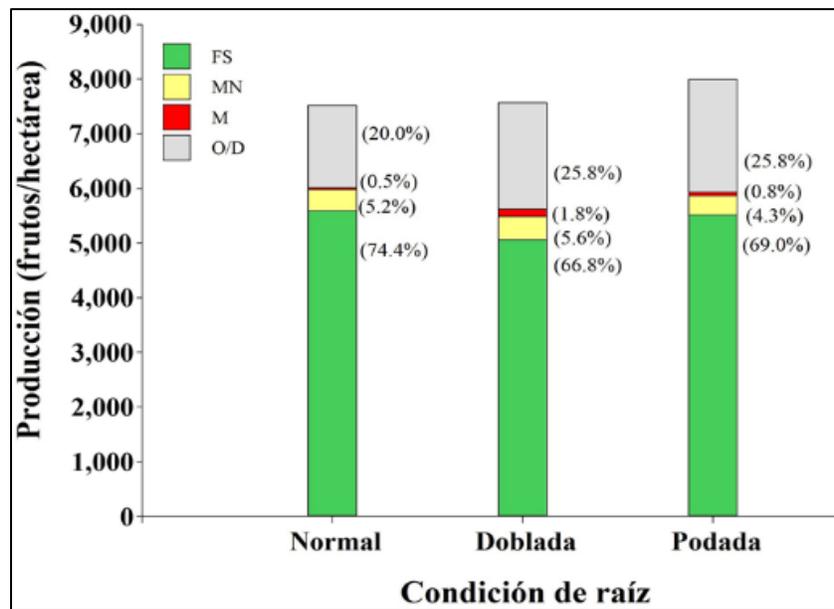


Figura 47. Distribución de frutos de cacao por condición de raíz. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida.

En la distribución relativa de la producción de los frutos por condición genética (clon) se marcaron diferencias importantes. Se encontró un mayor porcentaje de frutos sanos entre los cuatro clones más productivos: Caucasia-39 y Caucasia-43 con 72.8 % (5.86 frutos/árbol) y 69.8 % (5.84 frutos/árbol). Caso contrario el clon CCN-51 que únicamente un 54.5 % de su producción registró frutos libres de plagas y enfermedades. Sin embargo, su gran potencial productivo y buen índice de mazorca (16 frutos por kilogramo de cacao seco) compensa estos problemas fitosanitarios y hace de este un clon de cacao con buen rendimiento de cacao seco (Figura 48).

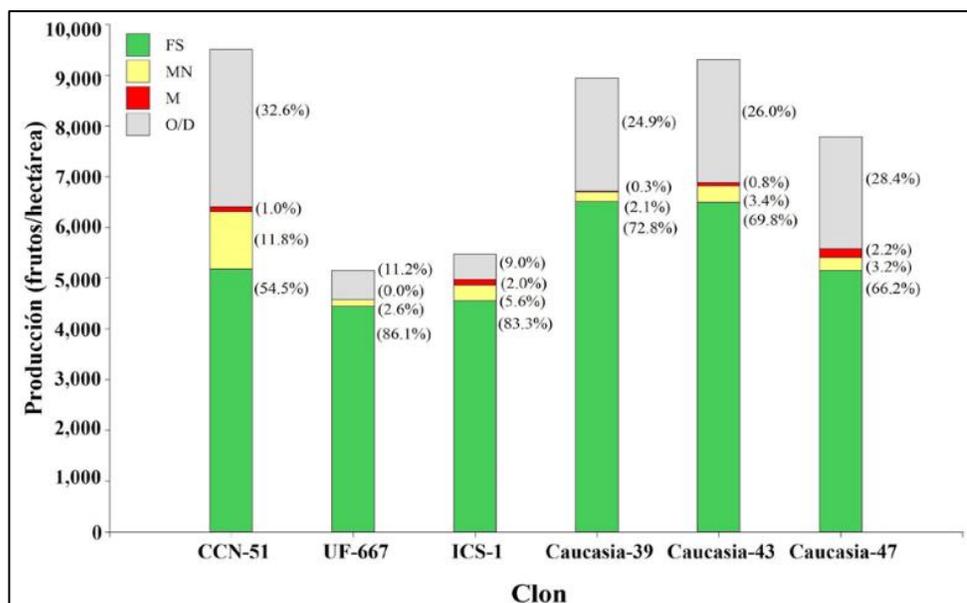


Figura 48. Distribución de frutos de cacao por clon, ensayo tres condiciones de raíz. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida. 2022.

Conclusiones preliminares

- No se reflejan diferencias en la mortalidad de plantas de cacao producto de la condición de raíz ni entre los clones evaluados.
- La condición de raíz no afecta los rendimientos del cacao.
- Como en otros estudios, los clones de cacao son diferentes en cuanto a su producción y tolerancia a enfermedades.

Literatura citada

Rivera, J.M. 2018. Raíces saludables significan larga vida productiva para cacao, café y otros perennes leñosos. 1^a ed. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). La Lima, Cortés, Honduras, C.A. 14 p.

López, M; Ramírez, O; Dubón, A. 2017. Catálogo de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.). Evaluados y seleccionados por la FHIA. Cortés, Honduras. 88 pp.

6.4. Evaluación sensorial del licor de cinco clones de cacao fino (*Theobroma cacao* L.)

Elvin Avila y Héctor A. Aguilar

Departamento de Poscosecha

Resumen

El estudio inició en el 2020 en el CEDEC-JAS (Centro Experimental Demostrativo de Cacao–Jesús Alfonso Sánchez) ubicado en La Másica Atlántida, donde se realizó la cosecha, fermentación y secado de los cinco clones seleccionados identificados como CDC= Colección Dubon Cacao: CDC-2, CDC-3, CDC-1, CDC-4 y Carmelo, los que se caracterizan por presentar alto porcentaje de granos blancos. Se tomaron muestras de 600 g de grano fermentado y seco para tostarlo a 120 °C por 25 minutos (tostado medio) de acuerdo con el estándar internacional (ISCQF-2020).

El grano fue descascarillado y quebrado, en forma de nibs, en un molino Retsch-GM200® operado a 4,000 rpm por 6 minutos en intervalos de 2 minutos para la liberación de volátiles y humedad. Luego se elaboró el licor. De cada muestra se tomaron dos alícuotas, una para cata y otra para almacenar como respaldo. Ambas muestras después de alcanzar temperatura ambiente fueron almacenadas a 7.0 °C. La evaluación sensorial fue realizada en el Laboratorio de Calidad de Cacao ubicado en La Másica, Atlántida, de acuerdo a lo establecido en el estándar internacional para la evaluación de la calidad y el sabor del cacao; protocolo para la evaluación sensorial del licor de cacao (ISCQF 2020). Los clones CDC-1 e CDC-3 presentaron notas florales-frutales, sabor a nueces muy cremosas, sabor a chocolate por que se clasifican como cacaos finos en sabor y aroma. Carmelo es un clon que se diferencia por ser muy aromático, con mucha nuez y sobre todo por las notas a especies y flores. Los clones CDC-2 y CDC-4 son muy similares con expresión de atributos suaves como son las frutas frescas y hojas secas de especias. En dos ciclos de evaluación los cinco clones han presentado consistencia en la expresión de sus atributos. El protocolo desarrollado para fermentación y secado fue consistente para desarrollar la calidad y atributos innatos que presentan los clones

Palabras clave: análisis organoléptico, cata, cacao fino, atributos del cacao, perfil sensorial.

Introducción

En Honduras la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) se vio disminuida a causa del Huracán Mitch hace más de 20 años. Desde el 2010 el Programa de Cacao y Agroforestería de la FHIA ha implementado estrategias para el mejoramiento genético orientado a desarrollar materiales tolerantes o resistentes a moniliasis [*Moniliophthora roreri* (Cif y Par)] y pudrición del fruto (*Phytophthora* spp.). También, se trabaja para obtener materiales con alto potencial productivo y con características de alta calidad en sabor y aroma, para sustituir los materiales que están en fincas de los productores con baja productividad.

Es de considerar que la calidad se debe primordialmente a la composición aromática que genéticamente arrastra determinado material de cacao de sus progenitores; sin embargo, las condiciones agroclimáticas en las que se desarrolla el cultivo, los procesos de cosecha fermentación, secado y procesamiento son factores que tienen importantes efectos en la formación de componentes volátiles y no volátiles que definen la calidad final del producto (Afoakwa, *et al.* 2008; de Brito *et al.*, 2001; Sim *et al.*, 2016). El licor de cacao es el producto final obtenido del cacao en grano y es usado para la elaboración de diversos productos. Se han establecido las características físicas, químicas y sensoriales, pero esta última, es la fase que garantizará que si los procesos realizados han producido la transformación interna del grano de cacao y la formación de los precursores del sabor y aroma (Moreau, *et al.* 2013).

Objetivo

Describir los atributos de sabor y la calidad global mediante la evaluación sensorial cuantitativa de los granos cacao de clones desarrollados e introducidos por la FHIA en el CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida.

Materiales y métodos

El estudio inició en el 2020 en el CEDEC-JAS ubicado en La Másica Atlántida, donde se realizó la cosecha, fermentación y secado de los cinco clones seleccionados identificados como CDC y Carmelo, los que se caracterizan por presentar alto porcentaje de granos blancos característica de fineza (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

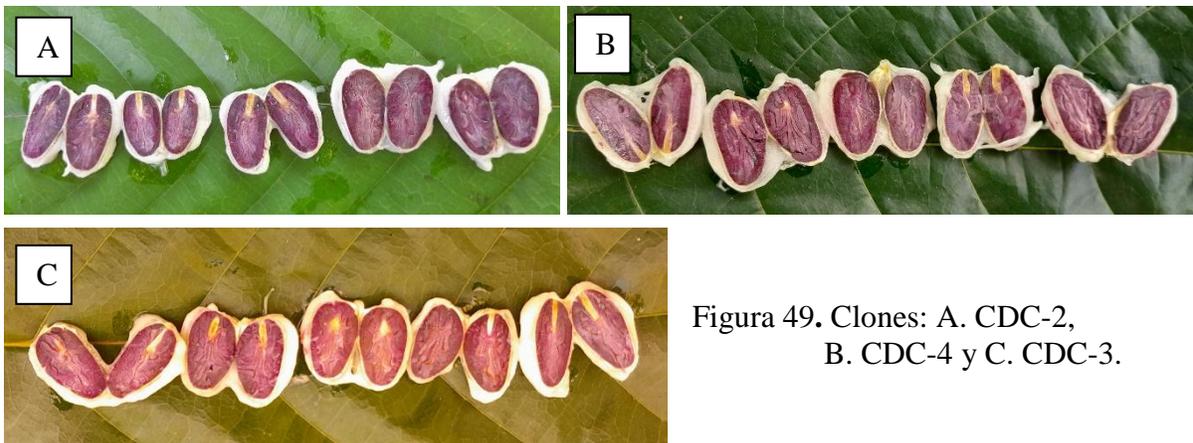


Figura 49. Clones: A. CDC-2,
B. CDC-4 y C. CDC-3.

Se tomaron muestras de 600 g de grano fermentado y seco para tostarlo posteriormente a 120 °C por 25 minutos (tostado medio) de acuerdo con el estándar internacional (ISCQF-2020). El grano fue descascarillado y quebrado para formar nibs y luego se elaboró el licor. Se usó el molino Retsch-GM200® operado a 4,000 rpm por 6 minutos en intervalos de 2 minutos para la liberación

de volátiles y humedad. De cada muestra se tomaron dos alícuotas; una para cata y otra para almacenar como respaldo. Ambas muestras después de alcanzar temperatura ambiente fueron almacenadas a 7.0 °C.

La evaluación sensorial fue realizada en el laboratorio de calidad de cacao ubicado en La Música, Atlántida, de acuerdo a lo establecido en el estándar internacional para la evaluación de la calidad y el sabor del cacao y el protocolo para la evaluación sensorial del licor de cacao (ISCQF 2020). Los atributos evaluados según la escala de 0-10 fueron: cacao, acidez: (frutal, acética, láctica, mineral, butírica), amargor, astringencia, fruta fresca: (bayas, cítrico, oscura, pulpa amarilla, naranja o blanca, tropical), fruta marrón: (seca, marrón excesivamente madura), floral: (pasto/vegetal verde/ hierba, terroso/hongos/musgo/ bosque, flor azahar, flores, etc.), madera: (madera clara u oscura, resina), especiado: (especias, tabaco/hojas secas de tabaco, sazonado/umami), nuez: (parte interna de la nuez o piel de la nuez), dulzor: (Azúcar blanca, azúcar morena, panela, caramelo, miel), grado de tostado. También se evaluó sabores atípicos (sucio/empolvado, humedad, mohoso, carnososo/animal/cuero, fruta sobre fermentada, podrida, pútrido/estiércol, ahumado, otros).

Finalmente, se realizó una descripción de los sabores atípicos, calidad global y comentarios sobre el sabor para cada una de las muestras. Después de la evaluación sensorial, la puntuación final de la intensidad de cada atributo fue sometido a análisis de varianza. La comparación de las medias fue realizada mediante la prueba Fisher ($p \leq 0.05$). Las medias se usaron para construir el gráfico en radial para visualizar la intensidad de los atributos.

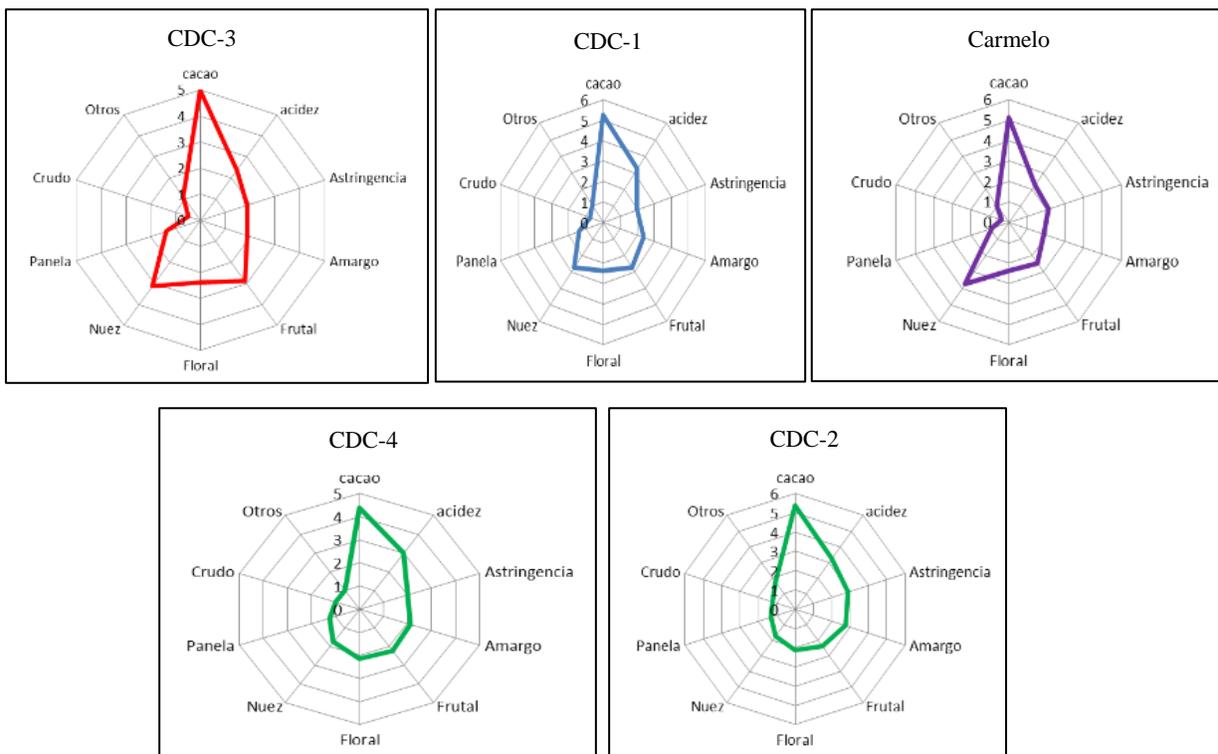
Resultados

En el Cuadro 25 se presentan los atributos de la intensidad de las muestras valoradas. En el caso de cacao, los cinco clones sobresalen con buen sabor y aroma a cacao. En los clones CDC-3 y Carmelo la acidez está presente, pero en baja intensidad. La astringencia se encontró en baja intensidad en los clones CDC-4, CDC-2, CDC-1 y Carmelo; mientras que, en el clon CDC-3 se presentó trazas.

Cuadro 25. Intensidad de atributos organolépticos de cinco clones de cacao finos sabor y aroma.

Clones	Intensidad de atributos organolépticos (0-10)									
	Cacao	Acidez	Astringencia	Amargor	Fruta	Floral	Nuez	Panela	Crudo	Otros
CDC-3	5.00	2.38	1.88	1.88	2.88	2.38	3.13	1.38	0.50	1.13
CDC-4	4.38	3.00	2.00	2.13	2.25	2.13	1.75	1.25	1.00	1.00
Caramelo	5.13	2.25	2.13	1.88	2.50	2.38	3.75	0.88	0.38	1.00
CDC-2	5.38	3.25	2.88	2.75	2.38	2.13	1.75	1.30	1.25	1.75
CDC-1	5.25	3.25	2.00	2.38	2.75	2.38	2.75	1.38	0.75	1.00
Promedio	5.02	2.17	2.17	2.20	2.55	2.23	2.62	1.23	0.77	1.17
p-valor	0.384	0.373	0.101	0.159	0.800	0.879	0.005	0.659	0.129	0.076
R ²	0.48	0.38	0.53	0.49	0.29	0.44	0.65	0.29	0.58	0.70
C.V.	13.35	32.43	27.21	22.10	31.34	32.85	24.15	36.12	59.75	30.62

En cuanto a la característica de amargor, Carmelo e CDC-3 presentaron trazas lo cual los hace finos. Los otros clones presentaron un amargor característico al cacao. En el atributo frutal los cinco clones presentan a diferente intensidad el sabor a frutas, CDC-3 y CDC-1 muestran una ligera intensidad a frutas cítricas. El atributo floral fue característico en los cinco clones. En el caso de la nuez los clones CDC-4 e CDC-2 mostraron ligeramente menor intensidad, pero Carmelo e CDC-3 presentaron sabor de almendras. En el atributo de panela el clon Carmelo presentó un valor bajo. El sabor y aroma a crudo se debió al proceso de fermentado y secado. Además mostró menor intensidad. En la



se presentan los resultados de forma gráfica donde se observa que los clones CDC-4 e CDC-2 tienen buen atributo, pero en menor intensidad.

En el Cuadro 26 se verbaliza en conjunto los atributos encontrados en los cinco clones. Sobresale el clon Carmelo por el aroma a cacao fino y por la manifestación a especias lo que la hace un clon aromático, le sigue el clon CDC-1 y CDC-3 por presentar notas cítricas y florales marcadas.

Cuadro 26. Descripción de atributos de calidad de cinco clones de cacao fino en sabor y aroma.

Clon	Atributos
3	Presentó un sabor y aroma a cacao muy intenso, con acidez frutal, suave amargor y astringencia presentes pero suaves y al final se debilitan. Son presentes notas de frutas

Figura 50. Representación gráfica de los atributos presentados por cada clon de cacao.

Clon	Atributos
	cítricas como toronja y naranja, con aroma a flores de campo, el sabor y textura a nueces como marañón con un suave sabor a panela.
4	El sabor a cacao fue suave pero constante con acidez inicial fuerte y fue disminuyendo pero se mantuvo hasta el final. El amargor también fue constante pero agradable. Se presentaron notas suaves a frutas como maracuyá o ciruela verde, con aroma a grama recién cortada, con ligero sabor a nueces, panela y con ligero sabor a frijol verde.
Carmelo	Muestra con sabor a chocolate, con acidez de frutas secas, ligera astringencia y amargor presente pero no dominantes. El sabor y aroma a frutas como fresa, manzana, y aroma a flores secas con alto sabor y textura a nueces. Muestra muy aromática a especias como la combinación de nuez moscada canela y clavo de olor a niveles muy finos.
2	Mostró alto sabor a chocolate muy agradable. La acidez, la astringencia y el amargo muy bien balanceados. Presenta un sabor a frutas secas o deshidratadas, como pasa, higo, rambután y con notas florales como aroma de hojas secas de especias y niveles bajos a dulce de panela.
1	Muestra con mucho sabor a cacao y chocolate con acidez cítrica como mandarina. Astringencia y amargo muy uniformes pero característico al cacao fermentado. Notas a flores como manzanilla y presencia a las nueces de almendra.

Conclusiones

- Los clones CDC-1 e CDC-3 presentaron notas florales-frutales, sabor a nueces cremosas, sabor a chocolate por que se clasifican como cacaos finos en sabor y aroma.
- Carmelo es un clon que se diferencia por ser aromático, con mucha nuez y sobre todo por las notas a especias y flores.
- Los clones CDC-2 y CDC-4 son similares con expresión de atributos suaves como son las frutas frescas y hojas secas de especias.
- En dos ciclos de evaluación los cinco clones han presentado consistencia en la expresión de sus atributos.
- El protocolo desarrollado para fermentación y secado fue consistente para desarrollar la calidad y atributos innatos que presentan los clones.

Literatura citada

- ISCQF. 2020. Protocolo para la Evaluación Sensorial del Licor de Cacao: parte de los Estándares Internacionales para la Evaluación de la Calidad y el Sabor del Cacao. Bioersity International, CIAT.
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Ryan, A. (2008). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: a critical review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48 (9), 840-857.
- De Brito, E. S., García, N. H. P., Gallão, M. I., Cortelazzo, A. L., Fevereiro, P. S., & Braga, M. R. (2001). Structural and chemical changes in cocoa (*Theobroma cacao* L) during fermentación, drying and roasting. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(2), 281-288.
- Moreu, J., Bacelar, P., Soares, S., y Bispo, S. 2013. Assessment of the fermentative process from different cocoa cultivars produced in Southern Bahia, Brazil. In: *African Journal of Biotechnology*. vol. 12, no. 33. p. 5218-5225.
- Sim, S. Y., Ng, J. W., Ng, W. K., Forde, C. G., & Henry, C. J. (2016). Plant polyphenols to enhance the nutritional and sensory properties of chocolates. *Food Chemistry*, 200, 46-54.

6.5. Manejo nutricional del cacao en Honduras. CAC 19-02

Oscar Ramírez y Francisco Javier Díaz

Programa de Cacao y Agroforestería

Introducción

La producción de cacao en sistema agroforestal es una opción para el desarrollo económico de los productores, siempre que la productividad de cada componente del sistema sea rentable. En los últimos 11 años el establecimiento de áreas nuevas con cacao en sistemas de producción agroforestal ha sido importante y muchas de estas plantaciones ya están en producción con rendimiento variables de acuerdo con el manejo brindado y su ubicación. A pesar de la expansión del cultivo y de la utilización de genética mejorada, prácticas de manejo agronómico y otras innovaciones, el productor no tiene claridad en el tema relacionado a la nutrición, ya sea orgánica o convencional.

Investigaciones previas han demostrado que la aplicación de fertilizantes incrementa entre 20 a 30 % el rendimiento del cacao, manifestándose durante el año de la aplicación y con efecto residual en los años siguientes (Dubón *et al.* 2007; Dubón y Sánchez 1998). Los resultados preliminares de los estudios conducidos por la FHIA indican que la rentabilidad de la aplicación de fertilizantes debe ir acompañada a la producción de cacao fino y de aroma, y mejor cuando se comercializa bien fermentado y seco, de manera que pueda comercializarse a precios superiores que permitan cubrir el costo del fertilizante (Dubón *et al.* 2007). Es mucho lo que se desconoce sobre la fisiología del cacao y su interacción dentro del sistema agroforestal desde el punto de vista nutricional.

En el presente trabajo se prevé determinar el efecto productivo y económico en fincas de cacao en edad productiva, ubicadas en dos zonas representativas del cultivo, Jutiapa y La Masica, Atlántida, sometidas a tres fuentes de fertilización: química, orgánica y la práctica que realiza el productor, las primeras dos basadas en recomendaciones del análisis químico del suelo.

Antecedentes

El Programa de Cacao y Agroforestería de la FHIA, desde su inicio ha realizado ensayos de investigación en nutrición en cacao a nivel de sus centros experimentales, mediante la evaluación de insumos químicos y orgánicos desde el estado de plantía o preproductiva hasta la etapa productiva de una plantación de cacao, con el propósito de determinar el mejor programa de fertilización química u orgánica a recomendar a los productores de la zona norte del país, en áreas con condiciones similares a La Masica.

En el primer experimento iniciado en 1987, se evaluaron 12 niveles de N, P₂O₅, K₂O en una plantación por semilla, en donde las dosis se fueron incrementando hasta aplicar el 100 % de los niveles de fertilización planteados en el estudio al cuarto año de establecimiento del cacao. Los datos acumulados durante los primeros siete años de registro (nueve años del cultivo) mostraron consistentemente que con la combinación de los tres elementos en relación 60-30-30 y 60-30-60 g/árbol/año de N, P₂O₅, K₂O se obtuvieron los mayores rendimientos; con 1,086 y 1,080 kg/ha, respectivamente. El testigo sin fertilizar rindió 677 kg/ha. La dosis 60-30-60 demostró un incremento de 37 % en rendimiento en comparación al testigo.

Con base en estas comparaciones la tasa de retorno marginal fue de 263 %, es decir, que, por cada Lempira invertido en fertilización, se obtenía una ganancia de L. 1.63. Además, se concluyó que después de 7 años intensivos de la aplicación de fertilización, el efecto residual mantiene los rendimientos durante los siguientes dos años, observándose después una caída drástica de estos al tercer año y un desbalance en la relación de los cationes del suelo (Dubón 1998; Dubón *et al.* 1997).

En una segunda etapa de investigación iniciada en 1998, con plantas de cacao de 11 años hasta los 17, se continuó el ensayo con cinco de los 12 tratamientos iniciados en 1987, que tuvieron un mejor comportamiento productivo y adicionalmente un tratamiento con bocashi a razón de 5 kg/árbol al año y un testigo sin fertilización. A inicios del ensayo las parcelas tenían 3 años sin fertilización. Como resultados, después de siete años de registros no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p\text{-valor} > 0.05$) a favor de ninguno de los tratamientos; sin embargo, se mantuvo la tendencia entre los mayores resultados con la dosis 60-30-60 g/planta de N, P₂O₅, K₂O, rindiendo 830 kg/ha, superior al testigo absoluto en 29.6 % (246 kg/ha).

Cuando se realizó el análisis de costo entre los dos tratamientos se encontró que la tasa de retorno marginal era de 53 %. El tratamiento con bocashi también fue superior al testigo en 22 % del rendimiento en cacao seco (Dubón *et al.* 2007).

Siempre en 1998 pero hasta 2001, se evaluó el efecto de la aplicación de gallinaza (5.0 y 0.0 kg/árbol) en parcelas con y sin cobertura, esta última se fertilizaba con 220 g/planta de 15-15-15 hasta un año antes de la aplicación de gallinaza. Las parcelas con cobertura no recibieron fertilización en los últimos 6 años. El rendimiento del cacao con y sin cobertura fue de 900 y 1,110 kg/ha, respectivamente. Sin embargo, el efecto residual de los fertilizantes puso en ventaja la parcela sin sombra. Las plantas con y sin gallinaza proyectaron un rendimiento de 1,071 y 940 kg/ha.

Se continuó con los registros, obteniendo un rendimiento en promedio entre el 2000 al 2006, con y sin gallinaza de 1,059 y 888 kg/ha, respectivamente. Se calculó un incremento en rendimiento del cacao en 20 %, con una tasa de retorno marginal de 40 %, es decir, se obtuvo pérdida en 60 % de la inversión por concepto de aplicación de gallinaza. Se descartaron los rendimientos entre 2002 y 2003 debido a que las plantas fueron sometidas a podas severas para disminuir el daño por moniliasis (Dubón *et al.* 2007).

Por último, se realizó un ensayo en plantación por semilla e injerta, donde se evaluaron tres niveles de K₂O (30, 60, 90 g/planta), los niveles de N (60 g) y P₂O₅ (30 g) se mantuvieron constantes. Además, se incluyó un tratamiento a base de gallinaza en dosis de 5 kg/planta para la parcela clonal y un testigo sin fertilizante para la parcela propagada por semilla. No existió un resultado claro en el efecto de los tratamientos; sin embargo, se encontró una relación inversamente proporcional entre el rendimiento del cacao y el nivel de aplicación de K₂O en la plantación por semilla, con 910 y 907 kg de cacao/ha en el nivel 0 y 30 g/planta, respectivamente versus 741 kg/ha en el mayor nivel de K₂O evaluado (90 g/planta) (Dubón *et al.* 2007).

Debido al alto costo de los fertilizantes sintéticos, el uso de abonos orgánicos como el bocashi y la gallinaza compostada representa una opción económica para el productor, especialmente si se orienta la producción hacia el mercado de cacao orgánico.

Todos los estudios de nutrición conducidos y concluidos por el Programa hasta el 2006, han tenido como objetivo determinar la mejor respuesta del cacao a la fertilización química y orgánica, que, en ausencia de resultados concluyentes en algunos de ellos, deberá prevalecer el criterio económico para tomar la decisión de aplicar o no estos insumos y esperar una respuesta rentable para el productor. También, es importante señalar que todos los estudios previamente citados, no incluyeron aspectos relacionados al nivel de pH y su corrección o a niveles de otros macro y micronutrientes.

La evidencia obtenida por la FHIA hasta ahora, indica que la aplicación de fertilizantes en cacao en condiciones del CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, puede ser una buena alternativa siempre y cuando el productor produzca cacao fino y de aroma fermentado y seco, y no cacao corriente secado al sol. Es importante; sin embargo, señalar que la mayoría de los productores hondureños cuentan con poca área de cultivo, 1.1 ha en promedio, por lo que les es más rentable la venta del cacao en baba, ya que por los bajos volúmenes de cosecha no se logra un buen beneficiado, ni vender cacao seco calidad A.

Objetivo general

Generar recomendaciones sobre dosis y fuentes de nutrientes rentable para los productores con plantaciones de cacao en sistemas agroforestales mediante la evaluación del efecto de la aplicación de diferentes fuentes de nutrición, química y orgánica, sobre el aumento en la producción, evaluación de las propiedades químicas del suelo y eficiencia de los recursos de los productores de cacao en diferentes zonas de Honduras.

Objetivos específicos

- Desarrollar un plan de nutrición eficiente en respuesta a las variables de rendimiento y tolerancia a las enfermedades.
- Determinar si los costos de la práctica de fertilización compensan el ingreso adicional producto del incremento de producción.
- Conocer la evolución química del suelo con el tiempo, en cada tratamiento.

Materiales y métodos

El estudio inició en el 2019 con la selección de nueve parcelas-plantaciones de cacao en sistemas agroforestales ubicadas en las principales zonas cacaoteras de Honduras (Cuadro 27, Figura 51); incluyendo dos plantaciones del Programa de Cacao y Agroforestería de la FHIA, una ubicada en el CEDEC-JAS y otra en el CADETH. El registro de datos de las variables agronómicas se realiza cada 7 a 14 días según la época de producción en el año. Los datos acumulados se extrapolaron a hectárea. Adicionalmente, para dar mayor soporte a la determinación de la factibilidad de la implementación de programas de nutrición, se realizó un análisis económico marginal con precios actuales de cacao en baba versus los costos asociados a la aplicación de cada fuente de nutrición. En 2020, solo se rescató la información de las variables en cosecha en tres parcelas, y de cuatro parcelas en 2021. En 2022 se continuó la evaluación de cuatro de las nueve parcelas seleccionadas inicialmente (CEDEC-JAS, CADETH, Plantación-2 y Plantación-3). Las cinco parcelas restantes fueron desatendidas producto de la pandemia Covid-19 y a los efectos devastadores de las tormentas tropicales Eta y Iota.

Cuadro 27. Plantaciones de cacao seleccionados para el ensayo de nutrición en cacao.

Plantación	Comunidad	Municipio	Depto.	Coordenadas	
				X	Y
CEDEC-JAS**	La Masica	La Masica	Atlántida	489547	1729792
CADETH**	El Recreo	La Masica	Atlántida	491444	1719923
Plantación-1	San Félix	La Masica	Atlántida	487316	1728077
Plantación-2**	El Zapote	Jutiapa	Atlántida	552804	1740670
Plantación-3*	Berlín	Jutiapa	Atlántida	552018	1730513
Plantación-4	Campo Barranco	Santa Cruz de Yojoa	Cortés	402078	1679191
Plantación-5	El Zapote	Santa Cruz de Yojoa	Cortés	408832	1662508
Plantación-6	Pueblo Nuevo	Omoa	Cortés	378460	1733124
Plantación-7	Kele Kele	Puerto Cortés	Cortés	415209	1727486

**Parcelas en seguimiento en 2020, 2021 y 2022, *Parcelas en seguimiento en 2021.

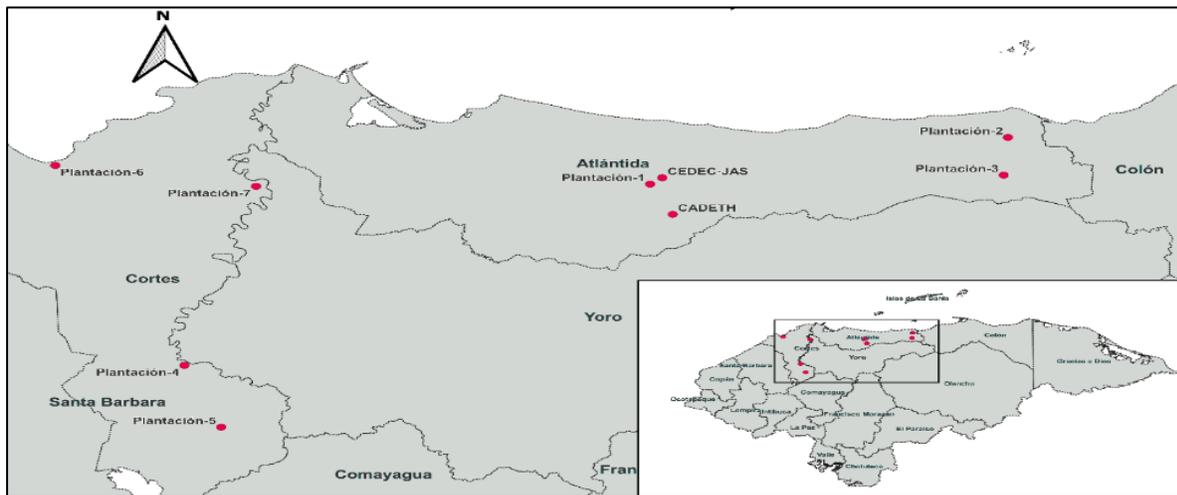


Figura 51. Ubicación geográfica de las parcelas en estudio de nutrición.

Las parcelas cuentan con diferentes materiales genéticos de cacao, especies de sombra (Cuadro 28) y condiciones edafoclimáticas. Sin embargo, se encuentran en áreas tradicionalmente cacaoteras.

Cuadro 28. Características generales de las parcelas de cacao en sistemas agroforestales seleccionadas para el estudio.

Parcela	Altitud (msnm)	Edad del cacao (años)	Cultivares	Sombra	Sombra al Cacao (%)	Pend. (%)
CEDEC-JAS**	30	8	ICS-1, ICS-39, TSH-565, UF-650, ICS-6, ICS-95, ICS-60, UF-613, SCC-61	Caoba, pito	15	1
CADETH**	246	10	CCN-51	Masica	45	25
Plantación-2**	26	7	IMC-67, ICS-6, ICS-95, ICS-60, ICS-39; UF-613, CATIE-R1	Caoba, macuelizo, cedro, jigua	30	1
Plantación-3*	283	6	FHIA-707, FHIA-708, FHIA-168, FHIA-330	Caoba, madreado	40	50

**Parcelas en seguimiento en 2020-2022, *Parcelas en seguimiento en 2021-2022.

Tratamientos

Los tratamientos consistieron en el uso de fuentes de fertilización química versus fertilización orgánica con lombricomposta, ambas aplicadas según análisis de suelo (Anexo 1 y 2), Figura 52). Adicionalmente, se evaluó un tercer tratamiento que fue la práctica de nutrición tradicional que realizaba el productor, la cual no está basada en análisis de suelo (Anexo 3 y 4). En la plantación de CEDEC-JAS se incluyó un cuarto tratamiento o testigo absoluto sin aplicación de fertilizante (Cuadro 29). Se colocaron cintas color azul, verde y anaranjadas (Figura 53A) que indican los tratamientos orgánicos, químico y la práctica tradicional que realiza el productor, respectivamente, y en el CEDEC-JAS, el cuarto tratamiento identificado con cintas café.

Cuadro 29. Tratamientos aplicados para la nutrición de árboles de cacao en plantaciones agroforestales en Honduras.

Tratamientos
1. Fertilización orgánica con lombricomposta (Anexo 3)* (Figura 53D)
2. Fertilización química con fórmulas comerciales* (Figura 53C)
3. Práctica de fertilización que realiza el productor
4. Testigo absoluto sin aplicación de fertilizante (solo en el sitio FHIA-CEDEC-JAS)

* Dosificaciones con base en análisis de suelo y foliar. Laboratorio Químico Agrícola de la FHIA.

Estimación de elementos químicos de suelo y fertilización del cacao

Anualmente se ha realizado el muestreo de suelo (Figura 53B) para obtener las cantidades de elementos químicos disponibles en la solución de este. Dichas estimaciones son determinadas con soluciones extractoras en el Laboratorio Químico Agrícola de la FHIA. Con los resultados del análisis de suelo de cada uno de los tratamientos de las plantaciones en estudio, se estimaron los requerimientos de nutrientes a aplicar para obtener un rendimiento de una tonelada de cacao seco por hectárea, aproximadamente. Para esto se toma en cuenta el contenido de nutrientes de los fertilizantes químicos y los indicados por el análisis químico de la lombricomposta (Anexo 5). Se realizó también el análisis químico a posteriori del abono orgánico utilizado en la práctica tradicional del productor de la plantación-2 (Anexo 5). Año a año, los fertilizantes son aplicados al inicio y final del periodo de lluvias en los meses de julio y febrero, con el fin de mejorar la absorción y disponibilidad de los insumos nutritivos (Anexo 3 y 4).

Diseño del experimento

Los datos se analizaron como estructura unifactorial en diseño en bloques completos al azar, donde cada plantación constituye una repetición-bloque conformado por 270 plantas de cacao, 90 plantas por cada tratamiento (Figura 52). Únicamente la parcela ubicada en el CEDEC-JAS tiene un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones con un total de 96 plantas por tratamiento (Figura 54), sin embargo; para efectos de análisis de dicha parcela fue considerada como una repetición en igual condición que las demás plantaciones en el estudio particularmente en el CEDEC-JAS se incluyó un cuarto tratamiento “testigo absoluto” sin aplicación de fertilizante que fue incluido en el análisis económico. Las plantaciones de cacao estaban a un distanciamiento de 3.0 m x 3.0 m y/o 3.5 m x 3.5 m x 3.5 m lo que da una densidad de plantas de 1,111 y 943 plantas por hectárea, respectivamente. En otros estudios donde se evaluó el efecto de la densidad poblacional del cacao, no se encontró diferencias estadísticas significativas en plantaciones en edad productiva (Sánchez y Dubón, 1998), por lo tanto, las conclusiones de este estudio permiten comparar el efecto de los sistemas de nutrición.



Figura 53. Rotulado de plantas (A), muestreo de suelo (B), mezclas físicas de fertilizantes (C) y aplicación de cal y lombricomposta (D).

T2: Químico

15	30	45	60	75	90
14	29	44	59	74	89
13	28	43	58	73	88
12	27	42	57	72	87
11	26	41	56	71	86
10	25	40	55	70	85
9	24	39	54	69	84
8	23	38	53	68	83
7	22	37	52	67	82
6	21	36	51	66	81
5	20	35	50	65	80
4	19	34	49	64	79
3	18	33	48	63	78
2	17	32	47	62	77
1	16	31	46	61	76

T1: Orgánico

15	30	45	60	75	90
14	29	44	59	74	89
13	28	43	58	73	88
12	27	42	57	72	87
11	26	41	56	71	86
10	25	40	55	70	85
9	24	39	54	69	84
8	23	38	53	68	83
7	22	37	52	67	82
6	21	36	51	66	81
5	20	35	50	65	80
4	19	34	49	64	79
3	18	33	48	63	78
2	17	32	47	62	77
1	16	31	46	61	76

T3: Tradicional

15	30	45	60	75	90
14	29	44	59	74	89
13	28	43	58	73	88
12	27	42	57	72	87
11	26	41	56	71	86
10	25	40	55	70	85
9	24	39	54	69	84
8	23	38	53	68	83
7	22	37	52	67	82
6	21	36	51	66	81
5	20	35	50	65	80
4	19	34	49	64	79
3	18	33	48	63	78
2	17	32	47	62	77
1	16	31	46	61	76

Figura 52. Croquis del ensayo nutricional de cacao en plantación de cacao de los productores y el CADETH productores.

T1R1																T2R2																T4R3															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
T4R1																T3R2																T2R3															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
T2R1																T1R2																T3R3															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
T3R1																T4R2																T1R3															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17

Figura 54. Croquis del ensayo nutricional en la parcela de cacao del CEDEC-JAS.

Variables de respuesta

A finales de 2019 y por única vez se midió de forma exploratoria las variables en floración cantidad de cojinetes, de flores/botones y de pepinillos. No se encontraron diferencias estadísticas significativas para entre los tratamientos para ninguna de las variables. Sin embargo, se manifestó un ligero incremento de cojinetes florales, flores y pepinillos con la fertilización química recomendada por el laboratorio.

Desde el 2020 se han registrado las variables de producción frutos sanos, enfermos (moniliasis y mazorca negra), dañados por plagas (pájaros y ardillas) y el peso del cacao en baba, excepto la plantación-3 que se inició la toma de datos en la cosecha desde 2021. El rendimiento de cacao seco se estimó mediante con el número de frutos sanos acumulados en todas las cosechas por el índice de mazorca de la finca; este índice fue determinado según los frutos sanos, su peso en baba, y el factor de conversión 0.37 que es el porcentaje del peso del cacao en baba que llega hasta el final de secado.

Análisis de datos

Para el análisis de los datos agronómicos se utilizó el promedio por árbol de cada variable por tratamiento para después aplicar el análisis de la varianza con una significancia del 5 %, después de haber comprobado los supuestos estadísticos como la normalidad. Se usó la prueba de Shapiro-Wilks ($p\text{-valor} > 0.05$) y la homegenidad de varianza con la prueba de Levene ($p\text{-valor} > 0.05$). También se realizaron contrastes ortogonales para comparaciones específicas que se le ilustran en los resultados, prueba de comparación de medias con el método de Duncan y análisis de conglomerado con los datos estandarizados (Ward) y en la búsqueda de grupos al 30 % de la distancia euclídea general para conocer la similitud de las propiedades químicas del suelo entre los productores y en el mismo tratamiento entre 2020-2022.

Análisis económico

El análisis económico se realizó a partir del ingreso con precios actuales de cacao en baba versus los costos asociados a los insumos y mano de obra para la aplicación de cada fuente de nutrición por hectárea.

Resultados y discusión

Ciclo de producción 2022. Este año al igual que en 2021, no se encontraron diferencias estadísticas significativas (p -valor > 0.05) entre las fuentes de nutrición con respecto a la producción total de frutos, ni en la distribución de estos como frutos sanos, enfermos y dañados por plagas. Tampoco se mostraron diferencias en el rendimiento de cacao seco (kg/ha) (Cuadro 30). Sin embargo, se registró una mayor producción de frutos con un incremento promedio de siete frutos/árbol, lo cual favorece el rendimiento general de cacao seco de 738 kg/ha a 920 kg/ha en este último año. Adicionalmente, se presentó una disminución de las pérdidas por plagas y enfermedades (de 33.7 % a 17.9 %). Este 2022, la fertilización orgánica logró la mayor producción de frutos sanos, seguido de la nutrición química con producción similar y que a su vez la producción de frutos es diferente a la fertilización realizada por el productor, con promedios de 21.1, 20.6 y 18.7 frutos sanos/árbol, equivalentes a 85.4, 82.8 y 79.1 % de la distribución total de frutos/árbol, respectivamente (Figura 55). Los frutos restantes son los dañados por enfermedades y plagas que en orden de importancia sobresalen las pérdidas por mazorca negra, lo cual representa 2.0 frutos promedio por árbol, 8.2 % del total. La incidencia de monilia se redujo a 1.6 frutos/árbol (6.6 %) después de estar en 2.6 frutos en 2021. Finalmente, y los daños por plagas también disminuyó de 2.0 a 0.6 frutos/árbol en este año, esto es el 2.4 % de incidencia (Cuadro 30).

Con la prueba de contraste ortogonales (Cuadro 30) con los datos de 2022 a diferencia de 2021, no se encontró diferencias estadísticas significativas sobre el rendimiento en cacao seco entre los tratamientos de fertilización, en base a las recomendaciones de laboratorio de suelo versus la práctica de nutrición realizada por el productor (p -valor = 0.1254). Mientras que el rendimiento entre los tratamientos con base a análisis de laboratorio es similar según contraste en específico (p -valor = 0.9850), que comprueba nuevamente la no significancia entre las medias de las variables entre los diferentes sistemas de nutrición. Los tratamientos con mayor producción de frutos sanos lograron los mayores rendimientos en cacao seco, ordenados de mayor a menor: orgánico, químico y el del productor, con rendimiento de 947, 946 y 868 kg/ha, respectivamente.

Se continúa encontrando diferencias estadísticas entre las plantaciones/bloques con respecto a las medias en todas las variables de estudio (p -valor < 0.05). Con respecto a la producción de frutos sanos en orden de mayor a menor, la plantación-3, plantación-2, CADETH y CEDEC-JAS produjeron 33.5, 17.2, 16.7 y 13.1 frutos por árbol (Cuadro 30), correspondientes a 98.5, 91.8, 67.9 y 64.7 % de la producción total, respectivamente. Por otro lado, se logró un incremento relativo de 24.8 % de frutos sanos en CEDEC-JAS, al pasar de 39.9 % a 64.7 % en 2022 (Figura 56). Además de un aumento en la producción total de 4 frutos/árbol. Esto favoreció al rendimiento de cacao seco de esta parcela que pasó desde 520 kg/ha a 993 kg/ha en 2022. La plantación-2 también fue favorecida al elevar su su rendimiento 176 kg/ha siempre debido al incremento de frutos sanos (20.8 % más). El CADETH y la plantación-2, en el 2022 tuvieron rendimientos similares al 2021, que para el caso de CADETH el rendimiento superó los 1,000 kg/ha/año, mientras que la plantación-3 rendimientos cercanos a los 900 kg/ha/año.

Cuadro 30. Rendimiento anual de cacao en sistemas agroforestales con diferentes fuentes de nutrientes en cuatro sitios/plantación en Honduras. Año 2022.

Fuente de variación	Frutos por árbol					Cacao seco (kg/ha)
	Sanos	Mon	mazorca negra	Plagas	Totales	
Nutrición						
Orgánica	21.1	1.3	1.8	0.5	24.7	947
Química	20.6	1.8	1.7	0.8	24.9	946
Del productor	18.7	1.7	2.6	0.6	23.6	868
Promedio	20.1	1.6	2.0	0.6	24.4	920
p-valor	0.1941 n.s.	0.4562 n.s.	0.3602 n.s.	0.4354 n.s.	0.7650 ns	0.2802 ns
Plantación						
CADETH	16.7 b	0.2 b	7.0 a	0.7 b	24.6 b	1,030 a
CEDEC-JAS	13.1 c	6.1 a	0.9 b	0.1 c	20.4 bc	993 a
Plantación-3	33.5 a	0.1 b	0.1 b	0.3 bc	34.0 a	876 a
Plantación-2	17.2 b	0.0 b	0.1 b	1.4 a	18.7 c	729 b
p-valor	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.001**	0.001**	0.008**
R ²	0.98	0.98	0.95	0.91	0.91	0.85
C.V. (%)	8.7	34.0	44.6	36.4	10.9	7.8

Medias con letras iguales dentro de la misma variable no son diferentes estadísticamente (Duncan, $p > 0.05$).

*: Diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$). **: Diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0.01$). P-valor: probabilidad de no diferencia entre los tratamientos.

C.V.: coeficiente de variación. R²: Coeficiente de determinación. Mon: monilia; I de M: Índice de mazorca 17.4, 18.4, 22.2 y 14.2 frutos/kg, y población de 1,111, 943, 943 y 1,111 plantas/ha de CADETH, Plantación-3, -2 y CEDEC-JAS, respectivamente.

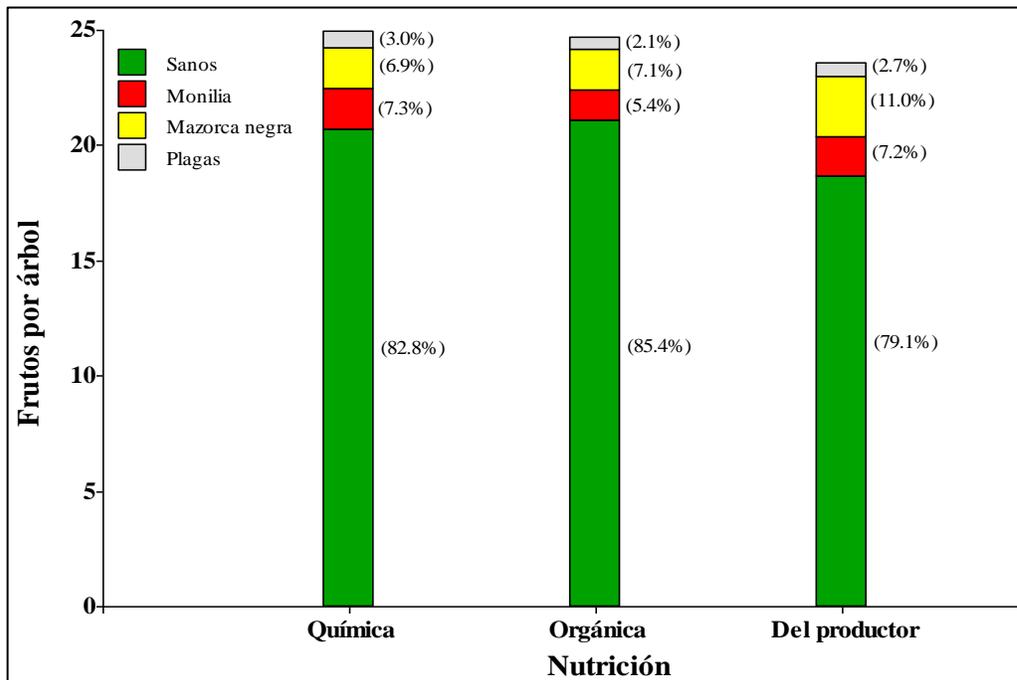


Figura 55. Producción de frutos por árbol bajo diferentes sistemas de fertilización y proporción de afectaciones por causa. 2022.

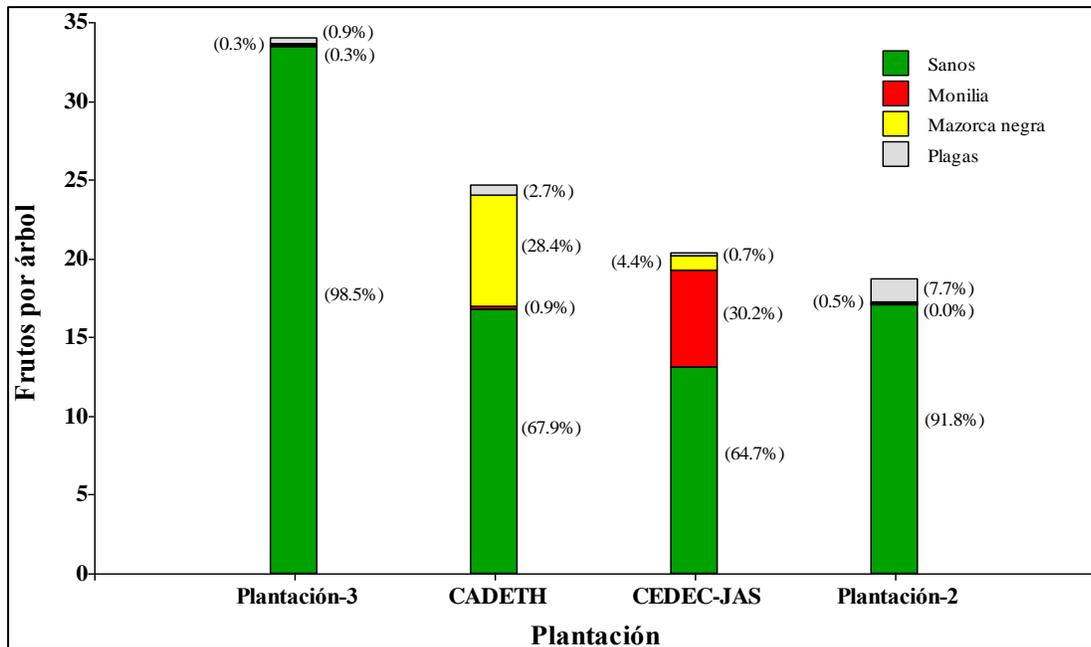


Figura 56. Producción de frutos por árbol en distintas plantaciones y proporción de afectaciones por causa. 2022.

Al analizar los rendimientos de cacao seco promedio de 2020-2022, se encontraron diferencias estadísticas significativas (p -valor < 0.05) entre los tratamientos. La fertilización química, recondada por el laboratorio, fue la de mayor rendimiento (970 kg/ha/año) y con la menor variabilidad, en comparación al abonamiento orgánico aún dosificado de acuerdo con recomendación de laboratorio (846 kg/ha/año) y, más diferente a la fertilización química/orgánica que tradicionalmente realiza el productor sin análisis de suelo (747 kg/ha/año), siendo esta última la más fluctuante (Figura 57A). En 2020 y 2021 fue donde se marcó la diferencia entre los tratamientos. Sin embargo, este último año los tratamientos de fertilización se comportaron en forma similar (Figura 57B).

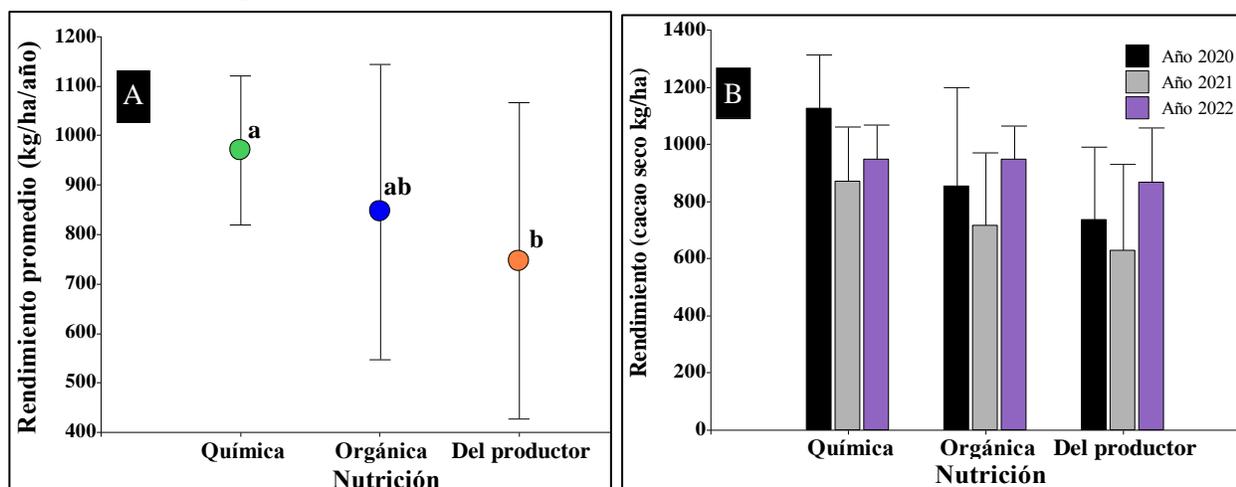


Figura 57. Rendimiento. Promedio de cacao seco y su intervalo de confianza (95 %) por tratamiento de nutrición (A) y, comportamiento de los tratamientos por año (B). Ensayo nutrición del cacao en Honduras. 2020-2022.

Los rendimientos de cacao seco promedio de 2020-2022, analizando cada sitio también presentaron diferencias estadísticas significativas (p -valor < 0.05). Siendo el CADETH el que lideró el rendimiento, promediando 1,048 kg de cacao seco por hectárea por año (Cuadro 31), seguido de la plantación-3 con 902 kg. Finalmente, la plantación-2 y CEDEC-JAS registraron los menores rendimientos con 757 y 709 kg/ha/año, respectivamente (Figura 58).

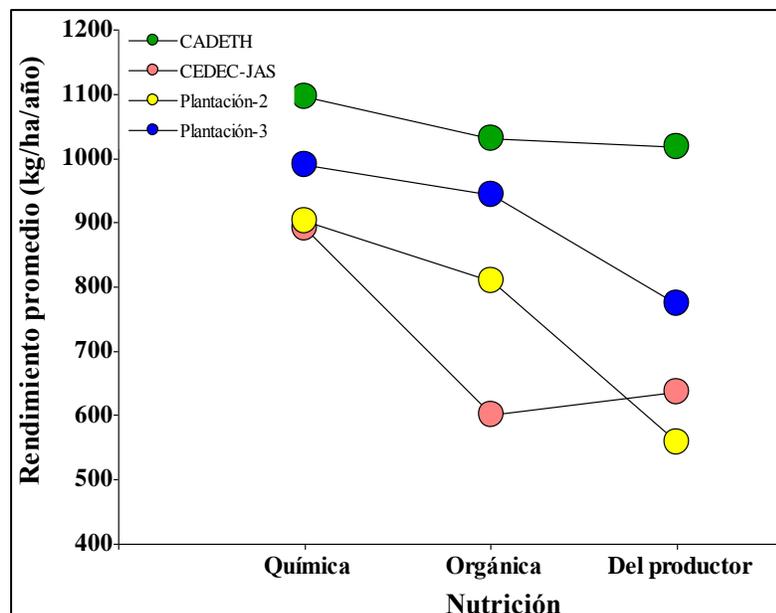


Figura 58. Rendimiento promedio de cacao y su intervalo de confianza por sitio. 2020-2022.

En los Cuadros 32, 33 y 34 se reflejan los resultados por cada tratamiento por parcela, en la producción de frutos totales, sanos y dañados por enfermedades y plagas acumulados en promedio por árbol en 2022, así como los rendimientos de cacao seco desde 2020 al 2022.

Cuadro 31. Producción de frutos por árbol y rendimiento con diferentes fuentes para la nutrición de cacao en el sitio experimental del CADETH en El Recreo, La Masica, Atlántida. 2020 y 2022.

Fuente de nutrientes	Frutos/árbol 2022					Rendimiento (kg/ha)			
	Sanos	monilia	mazorca negra	Plagas	Total	2020	2021	2022	Promedio
Química	15.9	0.3	5.7	1.1	22.9	1,274	1,034	979	1,096
Orgánica	17.1	0.3	6.2	0.3	23.8	1,080	959	1,052	1,030
Del productor	17.2	0.1	9.1	0.6	27.0	982	1,010	1,060	1,017
Promedio	16.7	0.2	7.0	0.7	24.6	1,112	1,001	1,030	1,048

Rendimiento estimado con IM de 19, 17.4 y 18 en los años 2020, 2021 y 2022, respectivamente, y población de 1,111 plantas/ha.

Cuadro 32. Producción de frutos por árbol y rendimiento con diferentes fuentes para la nutrición de cacao en la Plantación-3. Berlín, Jutiapa, Atlántida. 2021-2022.

Fuente de nutrientes	Frutos/árbol en 2021					Rendimiento (kg/ha)		
	Sanos	monilia	mazorca negra	Plagas	Total	2021	2022	Promedio
Química	34.0	0.1	0.1	0.5	34.7	1,035	943	989
Orgánica	36.2	0.1	0.1	0.2	36.6	881	1,004	943
Del productor	30.2	0.1	0.1	0.2	30.6	711	837	774
Promedio	33.5	0.1	0.1	0.3	34.0	876	928	902

Rendimiento estimado con IM de 18.4 y 34 en 2021 y 2022, respectivamente, y población de 943 plantas/ha.

Cuadro 33. Producción de frutos por árbol y rendimiento de cacao beneficiado obtenido durante el segundo año con el uso de diferentes fuentes de nutrientes en la plantación-2, ubicada en el Zapote, Jutiapa, Atlántida. 2020-2022.

Fuente de nutrientes	Frutos/árbol 2022					Rendimiento (kg/ha)			
	Sanos	monilia	mazorca negra	Plagas	Total	2020	2021	2022	Promedio
Química	18.5	0.0	0.1	1.3	19.9	1,188	735	786	903
Orgánica	18.5	0.0	0.1	1.5	20.1	1,024	617	786	809
Del productor	14.5	0.0	0.1	1.5	16.1	753	308	616	559
Promedio	17.2	0.0	0.1	1.4	18.7	988	553	729	757

Rendimiento estimado con IM de 20.8, 21.3 y 22.2 en 2020, 2021 y 2022, respectivamente, y población de 943 plantas/ha.

Cuadro 34. Rendimiento en frutos/árbol y kg/ha, en la parcela experimental del CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida. 2020-2022.

Fuente de nutrientes	Frutos/árbol 2022					Rendimiento (kg/ha)			
	Sanos	monilia	mazorca negra	Plagas	Total	2020	2021	2022	Promedio
Química	14.2	6.9	1.0	0.1	22.2	916	680	1,076	891
Del productor	12.7	6.6	1.1	0.2	20.7	470	480	958	636
Orgánica	12.5	4.9	0.6	0.1	18.2	454	401	946	600
Sin fertilizar	11.2	4.4	0.8	0.2	16.6	400	369	850	540
Promedio	12.7	5.7	0.9	0.2	19.4	560	483	957	667

Rendimiento estimado con IM de 14.5, 14.2 y 14.7 en los años 2020, 2021 y 2022, respectivamente, 1,111 plantas/ha.

Análisis económico marginal

Entre otras consideraciones únicamente se tomaron en cuenta los costos relacionados a la nutrición y los precios de venta de L. 22.05 por kilogramo de cacao en baba en sistemas de nutrición orgánica o nutrición natural y de L. 17.64 en sistemas con fertilización química.

En 2022, aun cuando el tratamiento de fertilización química recomendada por laboratorio incrementó 75 kg/ha en relación con el 2021, se obtuvieron menos ingresos netos promedio de las 4 parcelas, con L. 28,043.07 vs L. 31,306.58 logrados en 2021. Estos bajos ingresos netos se justifican especialmente al incremento de un 67 % (L.10,182.5 a L.17,009.49) de los costos asociados a la fertilización, especialmente al costo de los insumos que tuvieron un alza en los precios de un 74 %.

El tratamiento químico también fue el que menos ingresos netos generó en este 2022. La fertilización orgánica recomendada por el laboratorio generó ingresos de L. 34,550.56 (L. 22,613.40 en 2021) aun cuando los costos también se incrementaron de L.1,9926.50 a L. 21,825.78 este ultimo año, sin embargo, este trataminto se vió favorecido por el incremento de 232 kg/ha de cacao seco (de 715 a 947 kg/ha), además, de un mejor precio de venta del cacao en baba.

Finalmente, la práctica de fertilización realizada por el productor registró los mayores ingresos con L. 35,607.00 (L.24,443.71 en 2021) aún cuando los costos a la práctica de fertilización incrementaron un 58 % (de L. 8,451.10 a L.13397.28 en 2022). Esta mejora en los ingresos en gran parte a se debe a efecto de un mayor rendimiento, pasando de 627 a 868 kg/ha, es decir, 241 kg de incremento en comparación de 2021, sumado a eso el pago por cacao orgánico de la plantación-2 y plantación-3, esta ultima sin ningún costo asociado a la fertilización “fertilidad natural del suelo”.

Los Cuadros 36, 37 y 38 contienen el análisis de económico de los tratamientos de fertilización, donde cada cuadro representa un sitio/parcela/plantación.

Cuadro 35. Análisis económico en la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao en CADETH El Recreo, La Masica, Atlántida. 2022.

Concepto	Fertilización		
	Química	Orgánica	Del productor
Rendimiento cacao baba (kg/ha)	2,643	2,840.00	2,862.00
Precio de cacao en baba (L./kg)	17.64	22.05	17.64
Ingreso bruto (L./ha)	46,622.52	62,622.00	50,485.68
Costo de insumo (L./ha)	16,715.97	14,304.13	10,223.56
Costo mano de obra (L./ha)	2,000.00	2,400.00	2,000.00
Costo total (L./ha)	18,715.97	16,704.13	12,223.56
Ingreso neto (programa de nutrición (L./ha)	27,906.55	45,917.87	38,262.12
Incremento de ingreso (% versus tradicional)	-27 %	20 %	

Mano de obra químico: 5 jornales, L.200.00 c/u. Mano de obra orgánico: 7 jornales, L.200.00 c/u.

Cuadro 36. Análisis económico en la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao en la plantación-3, Berlín, Jutiapa, Atlántida. 2022.

Concepto	Fertilización		
	Química	Orgánica	Del productor
Rendimiento cacao baba (kg/ha)	2,546	2,711.00	2,260.00
Precio de grano en baba (L./kg)	17.64	22.05	22.05
Ingreso bruto (L./ha)	44,911.44	59,777.55	49,833.00
Costo de insumo (L./ha)	10,972.41	20,274.50	
Costo mano de obra (L./ha)	2,000.00	2,400.00	
Costo total (L./ha)	12,972.41	22,674.50	
Ingreso neto (programa de nutrición (L./ha)	31,939.03	37,103.05	49,833.00
Incremento de ingreso (% versus tradicional)	-36 %	-26 %	

Mano de obra químico: 5 jornales, L.200.00 c/u. Mano de obra orgánico: 7 jornales, L.200.00 c/u.

Cuadro 37. Análisis económico marginal de la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao de finca de Danery Cubas en El Zapote, Jutiapa, Atlántida. 2022.

Concepto	Fertilización		
	Química	Orgánica	Del productor
Rendimiento cacao baba (kg/ha)	2,122	2,122	1,663
Precio de grano en baba (L./kg)	17.64	22.05	22.05
Ingreso bruto (L./ha)	37,432.08	46,790.10	36,669.15
Costo de insumos (L./ha)	15,715.62	16,738.25	11,700.00
Costo mano de obra (L./ha)	2,000.00	2,400.00	2,000.00
Costo total (L./ha)	17,715.62	19,138.25	13,700.00
Ingreso neto (programa de nutrición (L./ha)	19,716.46	27,651.85	22,969.15
Incremento de ingreso (% versus tradicional)	-14 %	20 %	

Mano de obra químico: 5 jornales, L.200.00 c/u. Mano de obra orgánico: 7 jornales, L.200.00 c/u.

Cuadro 38. Análisis económico marginal de la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao de finca de CEDEC-JAS. LaMasica, Atlántida. 2022.

Concepto	Fertilización			
	Químico	Orgánico	Productor	Absoluto
Rendimiento cacao baba (kg/ha)	2,905	2,554.00	2,587.00	2,295.00
Precio de venta de grano en baba (L./kg)	17.64	22.05	17.64	22.05
Ingreso bruto (L./ha)	51,244.20	56,315.70	45,634.68	50,604.75
Costo de insumos (L./ha)	16,633.97	26,386.25	12,268.28	
Costo de aplicación de fertilizante (L./ha)	2,000.00	2,400.00	2,000.00	
Costo total (L./ha)	18,633.97	28,786.25	14,268.28	
Ingreso neto (programa de nutrición (L./ha)	32,610.23	27,529.45	31,366.40	50,604.75
Incremento ingreso (% versus testigo absoluto)	-57 %	-46 %	-38 %	

Mano de obra químico: 5 jornales, L.200.00 c/u. Mano de obra orgánico: 7 jornales, L.200.00 c/u.

Análisis de la evaluación de las propiedades del suelo

Se realizó un conglomerado (30 % distancia euclídea² general con estandarización de Ward) por cada tratamiento de fertilización. Se agrupó la interacción sitio_año según las propiedades químicas del suelo entre 2020-2022 (Anexo 1 y 2) para explorar a formación de grupos según las propiedades químicas del suelo. En el tratamiento químico se encontraron tres agrupaciones, la primera compuesta por todas las parcelas en el 2021, la segunda agrupación en el sitio CADETH en 2020 y 2022 y, una tercera agrupación integrada por el resto de las interacciones (Figura 59). Similar conglomerados se mantienen en el tratamiento orgánico, a excepción que en el primer conglomerado no está la parcela del CADETH_2021 y en el segundo se integra la plantación-3_2020 en el mismo grupo que CADETH_2020 y CADETH_2022 (Figura 60).

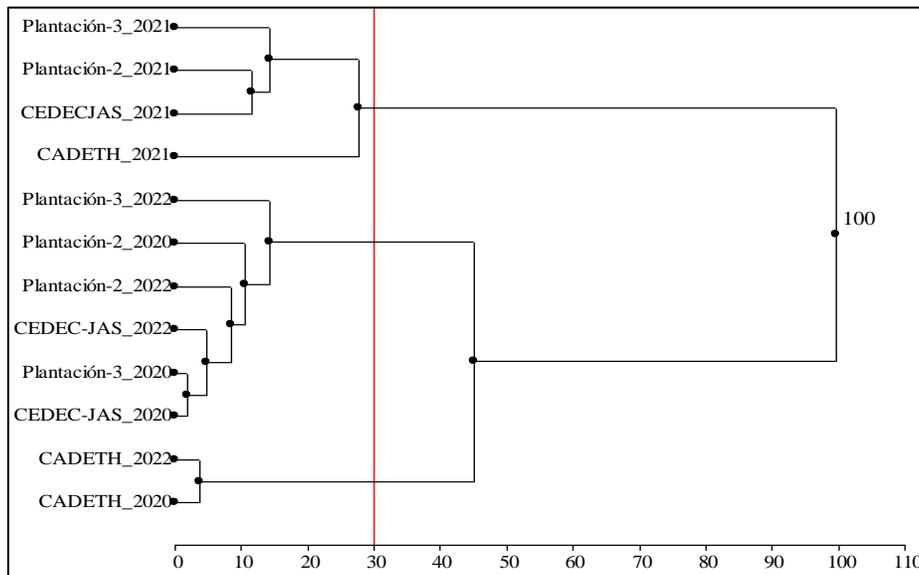


Figura 59. Distancia Euclídea con las propiedades de suelo estandarizadas (Ward) en el tratamiento químico por cada plantación. 2020-2022.

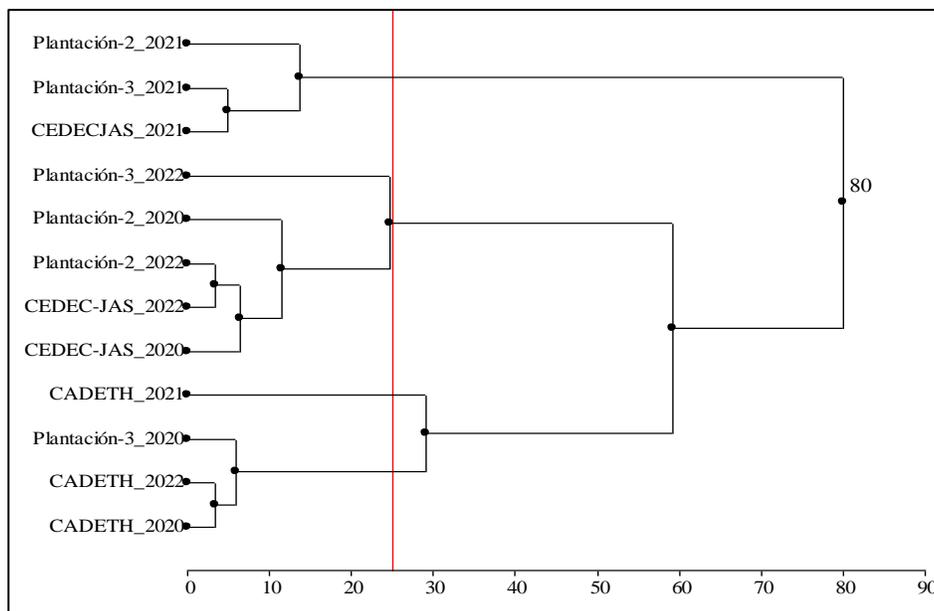


Figura 60. Distancia Euclídea con las propiedades de suelo estandarizadas (Ward) en el tratamiento orgánico por cada plantación. 2020-2022.

Para el conglomerado con base al análisis químico en el tratamiento de fertilización realizado por el productor, a diferencia de 2021 que no se encontró conglomerados, en el 2022 se encontró por lo menos un conglomerado, el cual agrupó a las parcelas CEDEC-JAS, CADETH y plantación-2 en 2020 y 2022 (Figura 61).

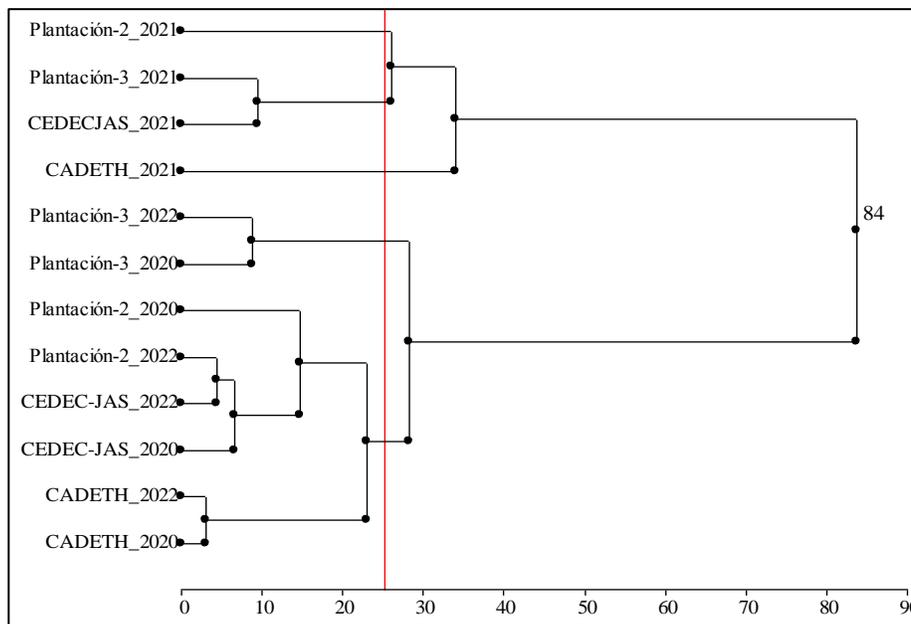


Figura 61. Distancia Euclídea con las propiedades de suelo estandarizadas (Ward) en el tratamiento de nutrición realizado por el productor, por cada plantación. 2020-2022.

Conclusiones

- Después de tres años de evaluación los mayores rendimientos e ingresos se alcanzaron en parcelas que reciben un programa de nutrición química con base en resultados y recomendaciones de análisis de suelos, lo que permitió un incremento del 30 % en el rendimiento del cacao en comparación a la práctica tradicional de fertilización realizada por el productor.
- El alto costo de los fertilizantes sintéticos incidió negativamente en la rentabilidad de la producción. Para el caso, los precios de estos insumos se incrementaron un 74 % en 2020 comparado con 2021.
- Según el análisis de 12 parámetros químicos del suelo, aun no existe una claridad en la evolución de la fertilizada del mismo a través del tiempo para ninguno de los tratamientos de fertilización.

Literatura citada

- Dubón, A; Sánchez, J; Herrera, J. 2007. Ensayos de nutrición en el cultivo de cacao. Pág. 30-39. *In: Informe técnico 2006. Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 1era edición. La Lima, Cortés, Honduras.*
- Dubón, A; Sánchez, J. 1998. Los efectos directos y residuales de fertilización con NPK en cacao desde el estado de plantia. Pág. 15-22. *In: Informe técnico 1997, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 1era edición. La Lima, Cortés, Honduras.*
- Dubón, A.; Sánchez, J; Suárez, A. 1998. Efecto en la fertilización en cacao en estado de plantia. Pág. 15-19. *In: Informe Técnico 1997, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 1era edición. La Lima, Cortés, Honduras.*

- Sánchez, J; Dubón, A.1998. Efecto del arreglo y la densidad de siembra en el rendimiento y la economía de manejo del cultivo de cacao propagado vegetativamente. Pág. 16-18. *In*: Informe Técnico 1998, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 1era edición. La Lima, Cortés, Honduras.
- Ramos, B; Ramírez, O. 2020. Uso de preparados minerales y productos comerciales de forma preventiva en frutos de cacao para el control de *P. palmivora* *In* Informe Técnico 2019 Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Informe técnico. 1era edición. La Lima, Cortés, Honduras. p. 73-77.

Anexo 1. Resultados de análisis de suelo, requerimiento nutricional y recomendación para aplicación de tratamientos. Año 2020 y 2021.

2020

Parcela/ Plantación	Nutrición	Composición química del suelo																			Requerimie nto (kg/ha) N-P ₂ O ₅ - K ₂ O			
		pH	nv	MO (g/kg)	nv	N (g/kg)	nv	P (ppm)	nv	K (ppm)	nv	Ca (ppm)	nv	Mg (ppm)	nv	Fe (ppm)	nv	Mn (ppm)	nv	Cu (ppm)		nv	Zn (ppm)	nv
CEDEC-JAS	Químico	5.9	M	25.7	B	1.3	B	5	B	40.0	B	1787	M	333	A	57.8	A	8.1	M	3.5	A	2.0	M	105-60-125
	Orgánico	5.7	M	26.6	B	1.3	B	8	B	66.0	B	1362	M	204	M	48.7	A	4.4	M	3.4	A	1.8	M	82-68-82
	Del productor	5.7	M	26.6	B	1.3	B	8	B	66.0	B	1362	M	244	M	48.7	A	4.4	M	3.4	A	1.8	M	60-34-79
CADETH	Químico	5.0	M	37.11	M	1.86	B	1	B	84	B	462	B	61	B	36.9	A	4.5	M	0.36	B	0.71	B	94-60-91
	Orgánico	4.9	B	37.42	M	1.87	B	1	B	102	M	354	B	52	B	32.6	A	4.6	M	4.5	A	0.48	B	95-68-81
	Del productor	4.9	B	27.27	B	1.36	B	1	B	86	B	334	B	60	B	25.8	A	4.5	M	0.44	B	0.65	B	50-28-66
Plantación-2	Químico	6.0	M	17.27	B	0.76	B	1	B	130	M	809	M	165	M	6.4	A	22.7	A	1.75	A	2.25	M	95-68-88
	Orgánico	6.2	M	18.81	B	0.94	B	2	B	145	M	852	M	164	M	71	A	23.6	A	2.09	A	4.02	M	95-68-88
	Del productor	6.0	M	29.92	B	1.5	B	1	B	112	M	968	M	182	M	69.1	A	30.9	A	2.4	A	3.09	M	
Plantación-3	Químico	5.8	M	25.6	B	1.3	B	1	B	45.0	B	1188	M	253	A	40.1	A	25.8	A	0.9	M	1.3	M	80-51-90
	Orgánico	5.7	M	36.4	M	1.8	B	1	B	83.0	B	1135	M	237	M	59.5	A	29.3	A	1.4	A	2.3	M	70-58-58
	Del productor	5.8	M	35.5	M	1.8	B	1	B	41.0	B	1342	M	268	A	48.3	A	21.7	A	1.3	A	1.7	M	

2021

CEDECJAS	Químico	5.9	M	37.6	M	1.88	B	14	M	73.5	B	1970	M	405	A	202.6	A	24.9	A	13.47	A	8.47	A	70-35-90
	Orgánico	5.94	M	31.23	M	1.56	B	13	M	44.0	B	1995	M	420	A	202.3	A	27.7	A	14.21	A	7.96	A	80-35-90
	Del productor	5.96	M	31.55	M	1.58	B	13	M	42.0	B	1660	M	341	A	173.6	A	21.9	A	13.49	A	6.55	A	60-34-79
CADETH	Químico	5.61	M	38.29	M	1.91	B	9	B	117	M	1170	M	142	B	190.7	A	174.6	A	4.93	A	8.41	A	60-40-60
	Orgánico	5.17	M	38.6	M	1.93	B	9	B	56	B	575	B	48	B	135.2	A	129	A	3.60	A	7.62	A	60-10-75
	Del productor	5.33	M	37.04	M	1.85	B	9	B	85	B	750	B	83	B	126.7	A	133	A	5.77	A	9.73	A	50-28-66
Plantación-2	Químico	6.24	M	21.03	B	1.05	B	11	M	51.5	B	2640	M	410	A	194.9	A	52.6	A	8.71	A	9.44	A	80-35-90
	Orgánico	6.11	M	22.94	B	1.15	B	11	M	113	M	2130	M	354	A	193.5	A	52.2	A	10.48	A	13.42	A	80-35-70
	Del productor	6.31	M	21.35	B	1.07	B	9	B	60	B	2795	M	422	A	209	A	58.5	A	9.31	A	28.40	A	
Plantación-3	Químico	5.32	M	28.04	B	1.4	B	14	M	19.5	B	3610	M	654	A	159.5	A	83.8	A	7.23	A	6.01	A	80-35-100
	Orgánico	5.69	M	29.0	B	1.45	B	11	M	25.5	B	3405	M	578	A	159.9	A	42.1	A	9.92	A	6.64	A	80-35-90
	Del productor	5.67	M	35.37	M	1.77	B	9	B	24.5	B	3245	M	549.50	A	164.9	A	55.6	A	6.93	A	6.56	A	

Nv: nivel, A: alto, M: medio, B: bajo, MO: materia orgánica, ppm: partes por millón.

Anexo 2. Resultados de análisis de suelo, requerimiento nutricional y recomendación para aplicación de tratamientos. Año 2022.

2022

Parcela/ Plantación	Nutrición	Composición química del suelo																				Requerimiento (kg/ha) N-P ₂ O ₅ -K ₂ O		
		pH	nv	MO (g/kg)	nv	N (g/kg)	nv	P (ppm)	nv	K (ppm)	nv	Ca (ppm)	nv	Mg (ppm)	nv	Fe (ppm)	nv	Mn (ppm)	nv	Cu (ppm)	nv		Zn (ppm)	nv
CEDEC-JAS	Químico	5.49	M	19.8	B	1.00	B	5	B	79.4	B	1010	M	224	M	80.9	A	4.6	M	3.27	A	0.93	B	100-60-110
	Orgánico	6.13	M	20.10	B	1.00	B	3	B	28.3	B	1198	M	260	A	67.4	A	5.5	M	2.41	A	0.93	B	80-70-140
	Del productor	5.76	M	20.70	B	1.00	B	3	B	42.4	B	967	M	218	M	69.6	A	4.7	M	2.79	A	1.01	M	60-34-79
CADETH	Químico	5.05	M	36.1	M	1.8	B	6	B	149.5	M	331	B	88	B	58.94	A	10.23	A	0.5	B	0.69	B	70-60-65
	Orgánico	5.25	M	37.4	M	1.9	B	3	B	56	B	462	B	76	B	43.27	A	8.2	M	0.54	M	0.94	B	70-70-105
Plantación-2	Del productor	5.02	M	28.6	B	1.4	B	4	B	47.3	B	133	B	58	B	45.77	A	7.47	M	0.47	B	0.61	B	50-28-66
	Químico	5.67	M	15.4	B	0.8	B	2	B	47.3	B	2872	M	4.38	B	83.68	A	18.9	A	1.88	A	2.03	M	100-70-130
	Orgánico	5.89	M	15.4	B	0.8	B	2	B	75.35	B	1920	M	296	A	75.64	A	17.26	A	1.99	A	2.64	M	70-50-90
Plantación-3	Del productor	5.99	M	19.2	B	1	B	2	B	62.2	B	2309	M	448.5	A	72.42	A	25.98	A	1.99	A	2.16	M	
	Químico	5.58	M	22.90	B	1.2	B	2	B	29.2	B	3346	M	650	A	48.6	A	24.6	A	1.25	A	1.83	M	60-50-110
	Orgánico	5.55	M	27.7	B	1.40	B	2	B	29.5	B	3890	M	703	A	58.4	A	18.9	A	1.26	A	1.59	M	60-50-110
	Del productor	5.60	M	31.40	M	1.60	B	1	B	30.0	B	3525	M	631.50	A	61.9	A	21.8	A	1.73	A	1.40	M	

Nv: nivel, A: alto, M: medio, B: bajo, MO: materia orgánica, ppm: partes por millón.

Anexo 3. Recomendación de dosis en los tratamientos químico y orgánico, para estimar producir 1,000 kg de cacao por hectárea. Año 2020 y 2021.

Parcela/ Plantación	Nutrición	Año 2020						Año 2021					
		Químico (mezcla física)		Orgánico (lombricomposta)		Del productor		Químico (mezcla física)		Orgánico (lombricomposta)		Del productor	
		Inicio lluvias oz/pta	Final lluvias oz/pta	Inicio lluvias lb/pta	Final lluvias lb/pta	Inicio lluvias oz/pta	Final lluvias oz/pta	Inicio lluvias oz/pta	Final lluvias oz/pta	Inicio lluvias lb/pta	Final lluvias lb/pta	Inicio lluvias oz/pta	Final lluvias oz/pta
CEDEC- JAS	Químico	12-24-12:8 NH ₄ NO ₃ : 3.5 KCl:1.5	KCl: 3.5 NH ₄ NO ₃ : 3.5					12-24-12: 6 NH ₄ NO ₃ : 4 Sulfato de Potasio: 2.5	NH ₄ NO ₃ : 2.8 Sulfato de Potasio: 3.8				
	Orgánico			1.5	1.5					11.02	5.6		
	Del productor					15-15-15: 3.6 NH ₄ NO ₃ : 1.2 KCl: 1.2	15-15-15: 3.6 NH ₄ NO ₃ : 1.2 KCl: 1.2					12-24-12: 3.6 NH ₄ NO ₃ : 1.2 KCl: 1.2	12-24-12: 3.6 NH ₄ NO ₃ : 1.2 KCl: 1.2
CADETH	Químico	12-24-12: 8 NH ₄ NO ₃ : 3.5 KCl: 1.5	KCl: 1.7 NH ₄ NO ₃ : 2.5					12-24-12: 7 NH ₄ NO ₃ : 3 KCl: 1.2	KCl: 1.7 NH ₄ NO ₃ : 2.2				
	Orgánico			2	2					8.3	5.6		
	Del productor					15-15-15: 3 NH ₄ NO ₃ : 1 KCl: 1	15-15-15: 3 NH ₄ NO ₃ : 1 KCl: 1					15-15-15: 3 NH ₄ NO ₃ : 1 KCl: 1	12-24-12: 3 NH ₄ NO ₃ : 1 KCl: 1
Plantación- 2	Químico	12-24-12 : 8 NH ₄ NO ₃ : 3.5 Sulfomag: 3	NH ₄ NO ₃ : 2.5 sulfomag: 4.5					12-24-12: 6 NH ₄ NO ₃ : 4.5 Sulfato potasio: 2.5	NH ₄ NO ₃ : 3.5 Sulfato potasio:3.8				
	Orgánico			1.8 lb + 3 oz Sulfomag	1.8 lb + 3 oz Sulfomag					8.56	4.41		
	Del productor					5 lb preparado orgánico	5 lb preparado orgánico					4 lb preparado orgánico	4 lb preparado orgánico
Plantación- 3	Químico	12-24-12: 8 NH ₄ NO ₃ : 3.5 KCl: 1.5	NH ₄ NO ₃ : 2.5 KCl: 2.5					12-24-12: 6 NH ₄ NO ₃ : 4.5 Sulfato de Potasio: 2.8	NH ₄ NO ₃ : 3.5 Sulfato de Potasio: 4.3				
	Orgánico			1.5	1					11.02	5.6		
	Productor					0	0					0	0

Anexo 4. Recomendación de dosis en los tratamientos químico y orgánico, para estimar producir 1,000 kg de cacao por hectárea. Año 2022.

Parcela/ Plantación	Nutrición	Año 2022					
		Químico (mezcla física)		Orgánico (lombricomposta)		Del productor	
		Inicio lluvias oz/pta	Final lluvias oz/pta	Inicio lluvias lb/pta	Final lluvias lb/pta	Inicio lluvias oz/pta	Final lluvias oz/pta
CEDEC-JAS	Químico	18-46-0: 4 NH ₄ NO ₃ : 4.3 KCl: 2.3	Sulfato de Amonio:4.6 KCl: 3.5				
	Orgánico			9.5	9.5		
	Del productor					15-15-15: 3.6 NH ₄ NO ₃ : 1.2 KCl: 1.2	15-15-15: 3.6 NH ₄ NO ₃ : 1.2 KCl: 1.2
CADETH	Químico	18-46-0: 4 NH ₄ NO ₃ : 2.6 KCl: 1.4	Sulfato de Amonio:2.9 KCl:2.1				
	Orgánico			7.1	7.1		
	Del productor					15-15-15: 3 NH ₄ NO ₃ : 1 KCl: 1	15-15-15: 3 NH ₄ NO ₃ : 1 KCl: 1
Plantación-2	Químico	18-46-0: 5.7 NH ₄ NO ₃ : 4.8 KCl: 4.1	Sulfato de Amonio: 5.1 KCl: 4				
	Orgánico			7.1	7.1		
	Del productor					5 lb preparado orgánico	5 lb preparado orgánico
Plantación-3	Químico	18-46-0: 4 NH ₄ NO ₃ : 2.7 KCl: 2.7	Sulfato de Amonio:2.8 KCl: 4				
	Orgánico			8.6	8.6		
	Productor					0	0

Anexo 5. Análisis químico a priori de lombricomposta (orgánica) y a posteriori del insumo de abonamiento de la plantación-2.

Parámetro analizado	Lombricomposta	Preparado Plantación-2
N (% M.S.)	1.63	0.92
P (% M.S.)	0.95	0.36
K (% M.S.)	1.22	1.53
Ca (% M.S.)	0.48	2.61
Mg (% M.S.)	0.55	0.60
S (% M.S.)	1.86	0.42
Fe (ppm)	7,860	560
Mn (ppm)	776	317
Cu (ppm)	42	31
Zn (ppm)	250	116
B (ppm)	40.6	46
M.O. (%)	39.08	47.3
Carbono Orgánico (%)	21.79	26.02
Relación C/N	13.19	28.28

M.S.: Materia seca; ppm: partes por millón o miligramo del parámetro analizado en un kg de suelo.

6.6. Validación de eficacia de *Metarhizium anisopliae* para el manejo de zompopos, *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae)

Hernán R. Espinoza

Departamento de Protección vegetal

Resumen

Los zompopos, *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae) pueden causar severa defoliación en una variedad de plantas que puede causar la muerte de plantas jóvenes de cítricos, aguacate, cacao y otras especies cultivadas. En pruebas preliminares de control con el hongo *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) se determinó que este tiene una eficacia similar a cebos insecticidas comerciales para reducir la actividad de colonias de zompopos. En La Masica, Atlántida, se desarrolló una prueba de validación, en la que se comparó el tratamiento con *M. anisopliae*, contra un cebo insecticida comercial y un testigo sin agente de control, con nidos establecidos en varios sistemas agroforestales que incluyen cacao, rambután y especies maderables, solos y asociados. Los nidos tratados con el hongo y con cebo insecticida recibieron ocho aplicaciones en intervalos de una semana, entre el 27 de abril y el 15 de junio de 2022. La actividad de los nidos fue monitoreada semanalmente hasta el 24 de agosto y de ahí hasta el 4 de octubre, el monitoreo se realizó cada dos semanas. La actividad de los nidos tratados con hongo e insecticida bajó paulatinamente en relación al control hasta alcanzar niveles mínimos el 27 de julio, con promedio de menos de 3 zompopos por 2 minutos en ambos tratamientos. En la última fecha de monitoreo se observó una leve recuperación en los nidos tratados con insecticida comercial, con 9 zompopos por 2 minutos, contra 2 en los tratados con *M. anisopliae* y 33 en el testigo. Estos resultados confirman los obtenidos en las pruebas anteriores.

Palabras clave: *Atta* spp., *Metarhizium-anisopliae*, control biológico.

Introducción

El CEPACBA (Centro de Producción de Agentes para Control Biológico en Agricultura) de la

FHIA fue desarrollado para la producción de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae), utilizado para el manejo del salivazo de la caña, *Aeneolamia postica* y *Prosapissimulans* (Homóptera: Cercopidae). Las pruebas de campo realizadas en cañaverales en el valle de Sula indican que este hongo reduce significativamente las poblaciones de adultos de salivazo. Sin embargo, hay interés por determinar si este hongo podría ser de utilidad en el manejo de otras especies de insectos de importancia económica, tal como los zompopos, *Atta* spp (Hymenoptera: Formicidae), que son capaces de causar severos daños de defoliación en un buen número de plantas cultivadas, tales como cítricos, aguacate, cacao y otras (Delabie 1990).

Actualmente, el uso de cebos envenenados es la práctica más comúnmente empleada para el manejo de zompopos. Sin embargo, el costo de los insecticidas sintéticos y su impacto en el ambiente hace necesaria la búsqueda de métodos alternativos para mejorar en los aspectos mencionados. En estudios realizados en Colombia se encontró que el uso de la cepa adecuada de *M. anisopliae* puede ser más efectiva que insecticidas en polvo aplicados con bomba directamente al nido, ya que el hongo es diseminado en toda la población. Por otra parte, los insecticidas químicos tienen un período residual relativamente corto (López y Orduz 2003). *Metarhizium anisopliae* es un habitante natural del suelo, que puede atacar más de 400 especies de insectos en 50 familias (Ugine sin fecha) y no representa un peligro para insectos benéficos ni mamíferos (Potrich *et al.* 2017, EPA 2001).

En 2018 se realizó una prueba preliminar para determinar la eficacia de *M. anisopliae* para el manejo de zompopos, con aplicaciones semanales del hongo. Los resultados indican que la aplicación de 100 g de arroz conidiado molido por ocho semanas consecutivas logró inactivar los nidos tratados (Espinoza 2020). En 2019 se continuó el estudio con la evaluación del efecto de cuatro frecuencias de aplicación de *M. anisopliae* para inactivar los nidos de zompopos. Los resultados indican que la mejor frecuencia es la aplicación semanal hasta que se registren dos semanas sin actividad, lo cual, en el estudio preliminar ocurrió alrededor de 8 semanas de aplicación semanal consecutiva en nidos medianos a pequeños (Espinoza 2020). El estudio aquí reportado se realizó con el objetivo de validar la recomendación de aplicación de 100 gramos de arroz conidiado molido por ocho semanas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el CADETH (Centro Agroforestal Demostrativo del Trópico Húmedo) de la FHIA en La Masica, Atlántida, e inició el 30 de abril de 2022. En esa fecha se seleccionaron y marcaron 30 nidos ubicados en varias parcelas agroforestales de especies maderables puras y asociadas con cacao y parcelas puras de rambután y se midió su nivel de actividad, se contó el número de individuos que entraron y salieron del nido durante dos minutos entre 4:00 y 6:00 p.m.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con los tratamientos: 1) Control sin ninguna aplicación, 2) *Metarhizium anisopliae*: aplicación semanal durante 8 semanas de 100 g de arroz conidiado molido y 3) Mirex -S[®] (sulfluramida 0.3 %), aplicación semanal durante 8 semanas de 10 g de cebo granulado. Los bloques se establecieron en base al nivel de actividad de los nidos determinado en el conteo inicial. Los valores de actividad de cada nido fueron ordenados de mayor a menor. Los primeros tres nidos con mayor actividad fueron asignados al bloque 1, los siguientes tres al bloque 2 y así sucesivamente hasta completar 10 bloques. Dentro de los bloques, los tratamientos fueron asignados al azar.

El hongo *M. anisopliae* fue producido en el CEPACBA de la FHIA y se usó un sustrato de arroz quebrado. Previo a la aplicación se determinó que el material tenía una concentración de 3.48×10^9 esporas/g con 85 % de viabilidad. El arroz conidiado fue molido finamente con un molino manual para ser aplicado con una bomba insufladora diseñada para aplicación de insecticida en polvo en nidos de zompopo (LHAURA, SGS Colombia S. A., www.lhaura.com). La calibración del equipo determinó que la bomba libera alrededor de 2.5 g por recorrido completo del émbolo (“bombazo”, en el argot popular), por lo que en cada nido se utilizaron 40 “bombazos” en cada aplicación. Los 10 g del cebo insecticida comercial se aplicaron en la entrada de cada nido.

La aplicación de tratamientos se realizó entre el 27 de abril y el 15 de junio de 2022. El día anterior a la aplicación, entre las 4:00 y 6:00 pm, se realizó la evaluación de actividad de cada nido involucrado en el estudio. Los tratamientos se aplicaron entre 7:00 y 9:00 a.m. La evaluación semanal de actividad de los nidos se continuó hasta el 24 de agosto. A partir de esa fecha y hasta el 4 de octubre de 2022, la evaluación de actividad se realizó cada dos semanas. Los datos de actividad de los nidos al final del estudio fueron sometidos a un análisis de varianza y separación de medias y se utilizó la diferencia mínima significativa de Fisher.

Resultados

Inicialmente se registró una actividad promedio de 33 zompopos por 2 minutos. A medida que se avanzó en la aplicación de los tratamientos, la actividad en los nidos tratados con cebo insecticida y *M. anisopliae* fue disminuyendo significativamente en relación al control, hasta alcanzar niveles mínimos el 27 de julio, seis semanas después de la última aplicación de los tratamientos, con actividad de menos de 3 zompopos por 2 minutos para ambos tratamientos. Esta tendencia se mantuvo hasta el final en los nidos tratados con *M. anisopliae*.

En la última fecha de monitoreo, en los nidos tratados con cebo comercial parece haber una leve recuperación, con una actividad promedio de 9 zompopos por 2 minutos, contra 2 zompopos por 2 minutos en el tratamiento con *M. anisopliae*. El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre los tres tratamientos (Figura 62). Los nidos del control, al final del estudio presentaban una actividad promedio de 33 zompopos por 2 minutos, igual que al inicio.

Cuando los nidos tratados alcanzaron los niveles mínimos de actividad, los individuos observados eran notoriamente más pequeños que los observados en una colonia saludable y no se observaba acarreo de follaje hacia el nido.

Discusión

Los resultados validan que el *M. anisopliae* aplicado de esta manera es tan efectivo para el control de zompopos como los cebos comerciales. Sin embargo, el hongo parece tener un mayor efecto residual. Aunque no tenemos ninguna evidencia, es razonable inferir que esto podría estar asociado a las partículas de arroz de la mezcla aplicada, las cuales pueden servir de sustrato para crecimiento del hongo, continuar la producción de esporas en el ambiente subterráneo y, por ende, la actividad patogénica sobre los zompopos. En nidos de zompopos tratados de manera similar con *M. anisopliae* en condiciones menos favorables para estos insectos, como el valle de Comayagua (trópico seco), el tratamiento parece ser más efectivo. Un grupo de nidos tratados en el CEDEH (Centro Experimental y Demostrativo de Horticultura) de la FHIA en Comayagua fueron inactivados completamente después de aplicados los ocho tratamientos semanales (H. Espinoza, datos no publicados).

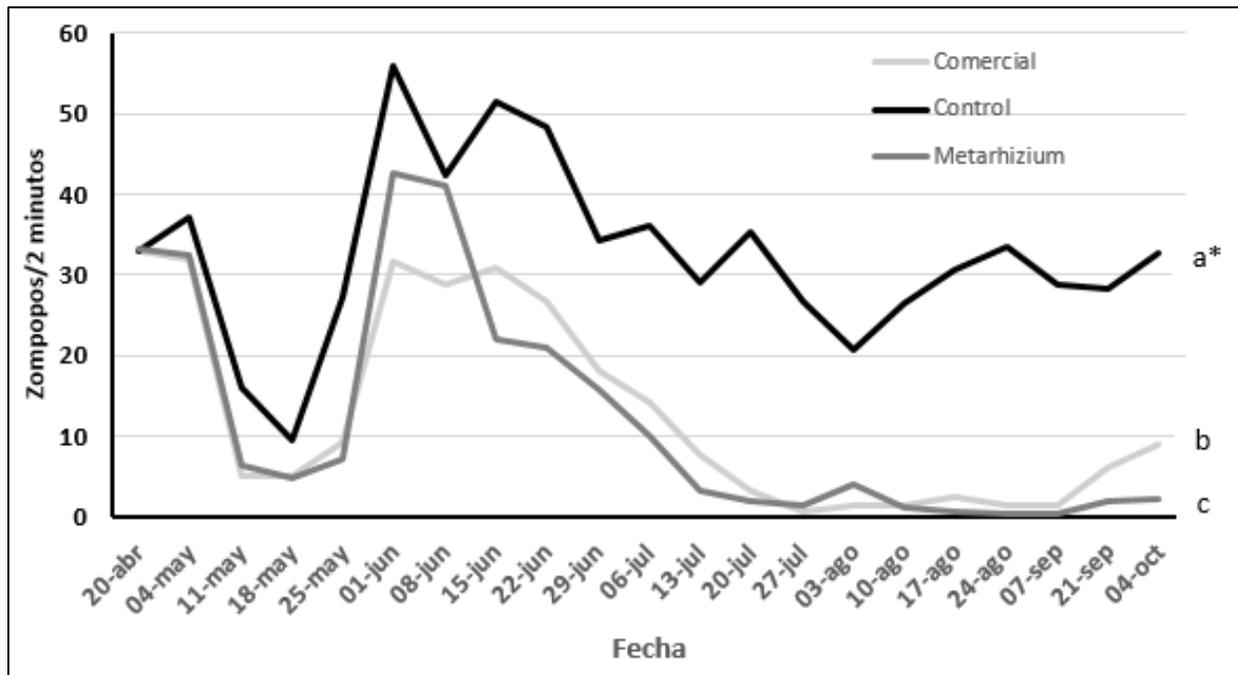


Figura 62. Promedio (n = 10) de zomposos por 2 minutos en nidos de los tratamientos de la prueba de validación de eficacia de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae), para el control de zomposos, *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae). CADETH, La Masica, Atlántida, abril – octubre de 2022. *Promedios con letras en común no son significativamente diferentes (DMS, $p \leq 0.05$)

El tratamiento de nidos establecidos con *M. anisopliae* puede ser útil para el manejo. Sin embargo, la estrategia más efectiva y rentable es la prevención del establecimiento de nidos nuevos, que ocurre anualmente al inicio de la época lluviosa (en Honduras, fines de abril a principios de mayo) cuando ocurre el vuelo nupcial de reproductores y su dispersión (H. Espinoza, observación personal). Después de la detección del vuelo, se recomienda hacer inspecciones quincenales en la finca para buscar nidos incipientes, los cuales pueden ser destruidos fácilmente con una pala.

Literatura citada

- Delabie, J. C. 1990. The ant problems of cocoa farms in Brazil. IN: Applied Myrmecology. R. K. Vander Meer, K. Jaffe and A. Cedeno. Ch. 52: p. 555 – 569.
- Environmental Protection Agency. 2003. *Metarhizium anisopliae* strain F52 (029056) Biopesticide Fact Sheet. Online URL [Biopesticides Fact Sheet for Metarhizium anisopliae strain F52 \(epa.gov\)](https://www.epa.gov/biopesticides/fact-sheet/metarhizium-anisopliae-strain-f52). Revisada 14 de enero de 2022.
- Espinoza, H. R. 2020. Determinación de eficacia de *Metarhizium anisopliae* para el manejo de zomposos, *Attasp.* (Hymenoptera: Formicidae). Informe Técnico 2019 Programa de Diversificación, FHIA, La Lima. Pp. 34 -37.
- López, E. y S. Orduz. 2003. *Metarhizium anisopliae* y *Trichoderma viride* for control of nests of the fungus-growing ant, *Atta cephalotes*. Biological Control 27: 194 – 200.
- Nagamoto, N. S., L. C. Forti, A. P. P. Andrade, M. A. C. Boaretto and C. F. Wilcken. 2004. Method for the evaluation of insecticidal activity over time in *Atta sexdens rubropilosa* workers

(Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 44: 413 – 431.

Potrich, M., L. F. A. Alves, E. R. Lozano, A. K. Bonini, and P. M. O. J. Neves. 2017. Potential side effects of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under controlled conditions. *J. Econ. Entomol.* 110: 2318–2324.

Ugine, T. Sin fecha. *Metarhizium*. IN: *Biological Control. A Guide to Natural Enemies in North America* (Anthony Shelton, editor). Cornell University, College of Agriculture and Life Sciences. Online URL [Metarhizium \(cornell.edu\)](http://www.cornell.edu/entomology/extension/onlineurl). Revisada 14 de enero de 2022.

6.7. Reacción de 13 clones de cacao FHIA ante mazorca negra (*Phytophthora* spp.) y monilia (*Moniliophthora roreri*) mediante inoculación artificial.

Eduardo A. Brizuela

Departamento de Protección Vegetal, FHIA

Oscar Ramírez

Programa de Cacao y Agroforestería, FHIA

Kelvin Mejía

Pasante de tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Agricultura (UNAG)

Resumen

Siguiendo la metodología de Phillips-Mora y Galindo, en el segundo semestre de 2022, se evaluó la reacción de 13 clones de cacao en el CEDEC-JAS (Centro Demostrativo de Cacao-Jesús Alfonso Sánchez) La Masica, Atlántida. Los clones fueron seleccionados por la FHIA por cualidades promisorias de fineza, producción y resistencia a mazorca negra y moniliasis. En su mayoría algunos cultivares fueron evaluados en años recientes y este ensayo ha servido para corroborar los datos y asimismo completar la cantidad de frutos requerida (40 mínimo) para sacar una conclusión en cuanto a su resistencia. Los clones FHIA-612, FHIA-533, FHIA-32, FHIA-310 y FHIA-515 mostraron resistencia a *Phytophthora* spp. En el caso del hongo *Moniliophthora roreri* ocho clones mostraron resistencia genética; FHIA-32, FHIA-483, FHIA-533, FHIA-330, FHIA-310, FHIA-276, FHIA-612 y FHIA-513. De los clones evaluados cuatro mostraron resistencia genética para ambas enfermedades (FHIA-32, FHIA-533, FHIA-310 y FHIA-612).

Introducción

Las enfermedades mazorca negra, causada por un complejo del oomiceto *Phytophthora*, y la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri*, son las principales enfermedades en cacao en el mundo, causando pérdidas que pueden llegar hasta el 100 % de la producción (Ramírez, 2017). En escala mundial, mazorca negra se considera la enfermedad más importante con un grupo de especies distribuidas a nivel global. Las cuales atacan el tronco, cojinetes florales, ramas y hojas, siendo el daño económico más importante el causado en el fruto (Perrine-Walker, 2020).

En Honduras la especie principal reportada es *Phytophthora palmivora*, aunque no es la única presente causando daño en los cacaotales del país. El inóculo inicial proviene del suelo y, si hay condiciones de alta humedad ambiental y temperaturas frescas moderadas, se forman esporangios que sirven de inóculo secundario diseminado por corrientes de agua o salpique a nuevo tejido a

infectar. Por su parte, el hongo de *Moniliophthora roreri* se encuentra en una fase invasiva y tiene una distribución más limitada en el globo. Arribó a Honduras en el año 1998 causando seguidamente grandes pérdidas económicas y ante la imposibilidad de controlarlo provocó un abandono de fincas a nivel de todo el país.

La FHIA, por medio de diferentes estudios en campo ha validado información importante en cuanto al control de estas enfermedades, llegando a la conclusión que el control químico tiene un alto costo y resultados un tanto erráticos. En su lugar se ha optado por un control integrado de las enfermedades que incluye control químico, control cultural, control biológico y, en particular el control genético, que integrado con los demás se ha probado es eficiente, de bajo costo al productor y amigable con el ambiente (Dubón, 1996).

El control genético consiste en la utilización de cultivares con resistencia o tolerancia genética a las enfermedades. Al respecto FHIA a través de investigaciones en los últimos 25 años ha seleccionado materiales de características especiales, con resistencia a mazorca negra y en mayor escala a moniliasis.

Se informa a continuación los resultados del estudio evaluando el comportamiento de varios clones FHIA a ambas enfermedades, conducido durante el segundo semestre de 2022.

Materiales y métodos

En el CEDEC-JAS se inocularon frutos de clones de cacao FHIA para medir su reacción a las enfermedades moniliasis y mazorca negra. Las inoculaciones se realizaron en dos parcelas de investigación denominadas el lote de “18 Cultivares” y el lote de Marapolán, estos materiales cuentan con un respaldo de seis años de registro agronómico como población clonal, por lo cual están considerados para su registro y liberación como nuevo material genético disponible para el sector cacaotero (Cuadro 39).

Cuadro 39. Materiales genéticos de cacao evaluados, La Masica, Atlántida.

Clon	Clon	Clon	Clon
FHIA-310*	FHIA-330*	FHIA-741*	FHIA 359**
FHIA-612*	FHIA-515*	FHIA-168**	FHIA 483**
FHIA-65*	FHIA-533*	FHIA-513**	FHIA 32**
FHIA-276*			

Clones de cacao lote 18 Cultivares*; clones de cacao lote Marapolán**

Obtención y producción del inóculo de *Phytophthora spp.*

El patógeno se obtuvo de bellotas de cacao que en el campo mostraban síntomas evidentes de mazorca negra, las cuales fueron llevadas al Departamento de Protección Vegetal, Laboratorio de Fitopatología de la FHIA, en La Lima, Cortés. Los frutos fueron procesados asépticamente tomando pequeñas secciones del tejido sintomático del interior de dichas mazorcas para implantarlas en platos Petri conteniendo medio de cultivo Agar-V8, conformado por Agar, jugo de tomate (V-8) y enmendado con carbonato de calcio (CaCO₃). Posteriormente, los implantes se incubaron para propiciar el crecimiento de las colonias del hongo bajo régimen de temperatura ambiente constante (± 25 °C) y periodos alternados de doce horas de luz y oscuridad.

Inoculación en campo de *Phytophthora spp.*

Transcurridos diez días de incubación, se cosechó el inóculo inundando los platos Petri que

contienen los cultivos del patógeno con 20 ml de agua destilada estéril (ADE) a 10 °C. Los platos inundados se sometieron a un golpe térmico, incubándolos inicialmente en la oscuridad a 5 °C por 30 minutos dentro de una refrigeradora, y seguidamente a temperatura ambiente y con luz por otros 30 minutos, tratamiento que provocó la liberación de las zoosporas contenidas en los esporangios. Posteriormente, se prepararon suspensiones conteniendo en promedio 1.42×10^5 zoosporas/ml y de inmediato se inocularon las mazorcas de 4-5 meses de edad (número variable de mazorcas según disponibilidad) adheridas al árbol. Para ello se adherían dos discos de papel filtro impregnados de la suspensión de zoosporas, colocándolos en lados opuestos del ecuador del fruto en el campo, seguido de la colocación de cada fruto en una jaula cilíndrica hecha de malla metálica, con medidas de 12.5 cm de diámetro y 24 de longitud. Finalmente, la jaula fue cubierta con una bolsa plástica transparente en cuyo fondo se había depositado papel toalla humedecido como fuente de humedad ambiental, y se inició el periodo de incubación con duración de ocho (8) días.

Evaluación de la reacción para *Phytophthora* spp.

Transcurrida la incubación se removía la jaula y bolsa plástica de cada mazorca y esta se desprendía de los árboles para determinar la incidencia y severidad de mazorca negra. La incidencia se determinó calculando el porcentaje de mazorcas inoculadas que mostraban síntomas de la enfermedad. La severidad se determinó obteniendo el promedio de la longitud y anchura de la mancha necrótica más grande en cada fruto. Para la determinación de la reacción de un clon se utilizó la escala desarrollada por Phillips y Galindo (1989) (Cuadro 40). La escala es la siguiente:

Cuadro 40. Escala de evaluación para índice de severidad del daño y reacción a la enfermedad.

Diámetro promedio de la lesión (cm)	Clasificación	Abreviatura
0-2	Resistente	R
2.1-4	Moderadamente Resistente	MR
4.1-6	Moderadamente Susceptible	MS
>6	Susceptible	S

Fuente: Phillips y Galindo (1989).

Obtención y producción de inóculo de *Moniliophthora roreri*

La evaluación se realizó mediante inoculación artificial controlada en condiciones de campo, utilizando inóculo producido en laboratorio. La fuente original de inóculo fueron frutos colectados en el campo que mostraban síntomas evidentes de moniliasis. Debido a que se desconoce la diversidad del patógeno en el país, se hace énfasis en coleccionar frutos del mismo sitio donde se realizan las evaluaciones. Los frutos sintomáticos fueron llevados al Departamento de Protección Vegetal, Laboratorio de Fitopatología de la FHIA en La Lima, Cortés, donde se procesaron utilizando técnicas asépticas para obtener aislamientos del hongo. Inicialmente se cortaron pequeñas secciones de tejido sintomático del interior de dichas mazorcas y fueron implantadas en platos Petri conteniendo medio de cultivo Agar-V8 que contiene Agar, jugo de tomate (V-8), y extractos acuosos obtenidos de la cocción de frutos de cacao de 2 meses de edad. Seguidamente, los platos Petri implantados fueron incubados a temperatura controlada a 21 °C y periodos alternados de doce horas luz y oscuridad. Después de 20 a 22 días de incubación se cosechó el inóculo, agregando para ello 20 ml de ADE a cada plato Petri y agitando repetidamente un pincel sobre las colonias del hongo en el plato Petri y la suspensión de conidios obtenida se vertía en un

beaker previamente. Posteriormente, la suspensión de conidios en el tubo de ensayo fue aforada con ADE hasta obtener una concentración de 1×10^6 esporas/ml determinado por lecturas microscópicas del hematocítmetro. Una vez aforada la solución, se trasladó de inmediato al campo para su aplicación a los frutos seleccionados mediante atomización.

Inoculación en el campo para *Moniliophthora roreri*

En los árboles seleccionados se escogieron frutos de aproximadamente 45 días de edad (± 10 cm de longitud), se inocularon y se sometieron a incubación, todo ello sin desprenderlos de la planta. Los frutos se inocularon utilizando un atomizador para depositar sobre la totalidad de la superficie de cada fruto escogido, un volumen de 4-5 ml de la suspensión de esporas (1×10^6 conidias/ml), producidas en el laboratorio. Inmediatamente después de la aplicación, cada fruto se deslizó en una pequeña jaula cilíndrica confeccionada con malla metálica, con medidas de 12.5 cm de diámetro y 24 cm de longitud, la cual fue cubierta en una bolsa plástica transparente en cuyo fondo se había depositado papel toalla humedecido como fuente de humedad ambiental; posteriormente se cerró la bolsa y se dejó incubar por 48 horas. Transcurrido ese tiempo se recortó el fondo de cada bolsa para remover el papel toalla y sin remover la jaula, se dejaron las mazorcas adheridas a la planta. Transcurridas ocho semanas después de la inoculación se procedió a cosechar las mazorcas y se evaluó la severidad del daño por moniliasis en el laboratorio.

Evaluación de infección a *Moniliophthora roreri*

Se evaluó la incidencia y severidad del ataque de moniliasis mediante la inspección externa e interna de cada mazorca inoculada; internamente se evaluó partiendo los frutos longitudinalmente en dos mitades iguales para exponer la pulpa. Las escalas usadas para la evaluación de severidad se muestran a continuación (Cuadro 41 y Cuadro 42).

Cuadro 41. Escala de severidad externa de moniliasis en base a sintomatología externa (superficie de la mazorca).

Severidad (0-5)	Síntomas/signos externos
0	Fruto sano
1	Presencia de puntos hidróticas
2	Presencia de tumefacción (giba) o amarillamiento
3	Presencia de mancha parda o café evidente
4	Presencia de micelio que cubre hasta la cuarta parte de la mancha
5	Presencia de micelio que cubre más de la cuarta parte de la mancha

Cuadro 42. Escala de severidad externa de moniliasis en base a sintomatología interna.

Severidad (0-5)	Síntomas/signos internos
0	Fruto sano (ausencia de síntomas)
1	1-20 % del tejido interno con necrosis
2	21-40 % del tejido interno con necrosis
3	41-60 % del tejido interno con necrosis
4	61-80 % del tejido interno con necrosis
5	Más del 80 % del tejido interno con necrosis

Determinación de reacción a *Moniliophthora roreri*

Para determinar la reacción se utilizó el índice de severidad interna de la mazorca desarrollada por Phillips-Mora (2005) (Cuadro 43).

Cuadro 43. Escala de evaluación de reacción a moniliasis.

Severidad interna (0-5)	Clasificación	Abreviatura
0- 1.25	Resistente	R
1.26- 2.50	Moderadamente resistente	MR
2.51- 3.75	Moderadamente susceptible	MS
3.76- 5.0	Susceptible	S

Fuente: Phillips-Mora (2005)

Resultados y discusión

Cinco de los materiales evaluados mostraron una reacción de resistencia a *Phytophthora* spp., algunos de ellos ya fueron evaluados en ciclos anteriores como, por ejemplo, FHIA-612, FHIA-32, FHIA-310 (Cuadro 44) los cuales además de mostrar una reacción resistente (R) a la enfermedad son materiales promisorios en el sector cacaotero del país muestran alta productividad y fineza. No obstante, hay que tener en cuenta que los clones deben ser evaluados al menos tres ciclos con 40 frutos por ciclo para así poder hacer un análisis conclusivo en cuanto a su reacción contra mazorca negra. En este ciclo se cree que por la fisiología de los cultivares o factores climáticos no se tuvo el suficiente material para cumplir con la totalidad de los frutos inoculados (40). Clones como el FHIA-513 y FHIA-276, los cuales en evaluaciones pasadas mostraron resultados de una reacción de resistencia, en la prueba realizada en este ciclo ambos fueron susceptibles a la enfermedad, sería necesario evaluaciones adicionales para estos clones (Ramírez, 2017).

Cuadro 44. Reacción en campo de clones FHIA sometidos a inoculación artificial con *Phytophthora* spp. (causante de mazorca negra). CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, 2022.

No.	Clon	Mazorca negra			Clasificación
		# Frutos evaluados	Índice de Severidad (0-5)	Incidencia (%)	
1	FHIA-612	24	0.16	13	R
2	FHIA-533	11	0.27	27	R
3	FHIA-32	15	0.35	20	R
4	FHIA-310	4	1.26	75	R
5	FHIA-515	30	1.67	60	R
6	FHIA-359	15	3.97	93	MR
7	FHIA-330	23	4.02	61	MS
8	FHIA-741	17	4.04	82	MS
9	FHIA-65	33	5.33	73	MS
10	FHIA-276	16	6.14	94	S
11	FHIA-513	23	9.06	96	S
12	FHIA-168	*NR	*NR	*NR	*NR
13	FHIA-483	*NR	*NR	*NR	*NR

*NR: no se realizó.

De los materiales sometidos a la evaluación de la moniliasis, ocho de ellos mostraron una reacción de resistencia (R) y dos de ellos una reacción moderadamente resistente (MR) (Cuadro 45). El 77 % de los materiales evaluados mostraron una reacción de resistencia a la enfermedad, ninguno mostró inmunidad (incidencia promedio general de 40 %), sin embargo, esto se compensa con la alta productividad de los clones. Los materiales FHIA-612, FHIA-483 y FHIA-310 siguen mostrando buenos resultados como en ciclos anteriores (Ramírez, 2017). La mayoría de los clones cumplen su primer ciclo de evaluación y serán necesarias evaluaciones adicionales en los próximos años.

Cuadro 45. Reacción en campo de clones FHIA sometidos a inoculación artificial con *Moniliphthora roreri* (causante de moniliasis). CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, 2022.

No.	Clon	Moniliasis			Clasificación
		# Frutos evaluados	Índice de Severidad (0-5)	Incidencia (%)	
1	FHIA-32	60	0.21	10	R
2	FHIA-483	24	0.25	8	R
3	FHIA-533	20	0.3	10	R
4	FHIA-330	35	0.31	8	R
5	FHIA-310	5	0.4	33	R
6	FHIA-276	23	0.65	22	R
7	FHIA-612	15	0.73	34	R

No.	Clon	# Frutos evaluados	Moniliasis		
			Índice de Severidad (0-5)	Incidencia (%)	Clasificación
8	FHIA-513	34	1.23	59	R
9	FHIA-741	14	1.35	64	MR
10	FHIA-515	34	1.61	47	MR
11	FHIA-168	52	2.5	79	MS
12	FHIA-65	21	2.52	57	MS
13	FHIA-359	35	3.37	86	MS

Cuatro de los clones muestran reacción de resistencia para ambas enfermedades: FHIA-32, FHIA-533, FHIA-310 y FHIA-612 (Cuadro 46). No es muy común este tipo de reacción, por lo cual estos materiales prometen mucho por su resistencia a estas enfermedades.

Cuadro 46. Reacción en campo de clones FHIA sometidos a inoculación artificial con *Phytophthora spp.* (causante de mazorca negra) y *Moniliophthora roreri* (causante de la moniliasis). CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, 2022.

Clones inoculados para la evaluación de resistencia a enfermedades de cacao					
No.	Clon	Mazorca negra		Moniliasis	
		# Frutos	Clasificación	# Frutos	Clasificación
1	FHIA 612	24	R	15	R
2	FHIA 533	11	R	20	R
3	FHIA 32	15	R	60	R
4	FHIA 310	4	R	5	R
5	FHIA 515	30	R	34	MR
6	FHIA 359	15	MR	35	MS
7	FHIA 330	23	MS	35	R
8	FHIA 741	17	MS	14	MR
9	FHIA 65	33	MS	21	MS
10	FHIA 276	16	S	23	R
11	FHIA 513	23	S	34	R
12	FHIA 168	*NR	*NR	52	MS
13	FHIA 483	*NR	*NR	24	R

*NR: no se realizó

Conclusiones

- Cinco (5) clones mostraron reacción resistente a mazorca negra (FHIA 612, FHIA 533, FHIA 32, FHIA 310 y FHIA 515) y uno moderadamente resistente (FHIA 359).
- Ocho (8) clones mostraron reacción resistente a moniliasis (FHIA 32, FHIA 483, FHIA 533, FHIA 330, FHIA 310, FHIA 276, FHIA 612 y FHIA 513).
- Cuatro (4) de los materiales evaluados mostraron reacción resistente para ambas enfermedades (FHIA 32, FHIA 533, FHIA 310 y FHIA 612).

Recomendaciones

- Se recomienda completar en próximos ensayos la evaluación de los 40 frutos por clon para validar de forma concluyente la información de reacción a ambos patógenos.
- Completar las evaluaciones de mazorca negra y de moniliasis para todos los clones.

Bibliografía

- Bomfim, A, Mora-Ocampo, I, Priminho, C. 2022. Protein level defense responses of *Theobroma cacao* Interaction with *Phytophthora palmivora*. Department of Biological Sciences, Center of Biotechnology and genetics, Universidad Estatal de Santa Cruz. Itabuna, Brazil.
- Fernández, H, Sánchez, J, y Dubon, A. 1996. Evaluación de la reacción de materiales promisorios de cacao a mazorca negra (*Phytophthora spp.*) en condiciones de campo. Fundación hondureña de investigación agrícola (FHIA). La Masica, Atlántida, Honduras.
- Manco, G, R. 1965. *Phytophthora palmivora* in flowers cushions, old infected pods and leaves of cacao plants. Turrialba, Costa Rica.
- Perrine-Walker, F. 2020. *Phytophthora palmivora*-Cocoa interaction. University of Sydney Institute of Agriculture. Eveleigh, Australia.
- Phillips, M, y JJ. Galindo. 1989. Método de inoculación y evaluación de resistencia de *Phytophthora palmivora* en frutos de cacao (*Theobroma cacao*). Turrialba, Costa Rica.
- Ramírez, O, Brizuela, E, Rivera, M y López, M. 2017. Evaluación de resistencia genética de clones de cacao de los lotes 18 cultivares y lote para la búsqueda de cacaos suaves con fineza a moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y mazorca negra (*Phytophthora spp*) mediante inoculación artificial. Fundación hondureña de investigación agrícola (FHIA). La Masica, Atlántida, Honduras.

6.8. Efecto de fungicidas minerales y biológicos para el control de mazorca negra (*Phytophthora palmivora*) y moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en frutos de cacao (*Theobroma cacao*).

Oscar Ramírez, Javier Díaz, Aroldo Dubón, Elvin Ávila, Enrique Maldonado

Programa de Cacao y Agroforestería

Objetivo

Disminuir la incidencia y severidad de mazorca negra (*P. palmivora*) y moniliasis (*M. roreri*) en frutos de cacao en condiciones del trópico húmedo, a través de la evaluación del efecto de fungicidas minerales y biológicos/botánicos con potencial para ser implementados en función a su eficiencia de control y costo de aplicación en sistemas producción orgánica del cultivo de cacao.

Introducción

En Honduras y el resto de la región Centroamericana, la moniliasis y la mazorca negra son las enfermedades principales que limitan la producción del cacao (Tirado-Gallego *et al.* 2016; Phillips y Cerdas 2009). La moniliasis ataca específicamente los frutos de cacao, pudiendo causar la pérdida de hasta 80 % de la producción cuando no se maneja adecuadamente. A nivel mundial, las pérdidas por esta enfermedad se estiman en 76,000 Tm (Phillippe *et al.* 2019). Además, se considera que en muchos países la alta incidencia y agresividad, sumado al bajo nivel de manejo representó el abandono o reducción de área de muchos cacaotales (Phillips y Cerdas 2009). En Honduras, los primeros reportes de la presencia de la moniliasis ocurrieron a finales de 1999 y principios del 2000, cuando se observó la enfermedad afectando los frutos del cacao en las zonas

productoras de Guaymas, El Negrito, Yoro (FHIA 2012; Dubón y Sánchez 2016). Como consecuencia del desconocimiento sobre el manejo de la enfermedad en ese entonces, los rendimientos cayeron drásticamente, que unido a los bajos precios del grano de cacao y la falta de asistencia técnica formal provocó que muchos agricultores abandonaran las plantaciones o implementaran otros cultivos o se dedicaran a la ganadería (FHIA 2012). Por otro lado, los oomicetos, *Phytophthora palmivora* y *Phytophthora megakarya* son consideradas las especies más importantes causantes de la mazorca negra (Phillippe *et al* 2019; FHIA s.f.). Estos patógenos pueden atacar cualquier parte de la planta, siendo el daño más importante cuando ataca el fruto. De acuerdo con las observaciones de las estructuras, el agente causal de la enfermedad en Centroamérica es *P. palmivora* (Phillips-Mora y Cerda 2011; Sánchez y Dubón 2016). Se estima que a nivel mundial unas 873,000 Tm de cacao por año se pierden a causa de la Mazorca negra (Phillippe *et al.* 2019), equivalente al 18-20 % de la producción mundial (4,840,000 Tm) (ICCO 2021).

En Honduras no están documentadas las cifras que indiquen los porcentajes de pérdidas de cacao causadas por estas enfermedades; sin embargo, se cree que la ocurrencia de bajas temperaturas y altas precipitaciones propias de los meses de octubre-febrero generan las condiciones favorables para el desarrollo de las enfermedades, especialmente la mazorca negra. La FHIA por su experiencia en el CEDEC-JAS recomienda el manejo de estas enfermedades mediante prácticas culturales, como: remoción de frutos enfermos, cosechas en tiempo y forma adecuada (8-15 días), podas, regulación de sombra, control de malezas y manejo de drenajes (Phillips-Mora y Cerda 2011; Dubón y Sánchez 2016; López y Ramírez 2017; PROCACAO 2017). Entre 2005-2019 las pérdidas por enfermedades (moniliasis y mazorca negra) en los cacaotales del CEDEC-JAS se mantuvieron por debajo del 10 %. Dicho porcentaje es considerado aceptable cuando se realiza el control cultural de las enfermedades de manera efectiva. En 2020, las pérdidas incrementaron hasta 36.7 % (3.7 veces más) (Cuadro 49), atribuyendo en gran medida a la reducción en mano de obra para realizar el manejo cultural de las enfermedades. Entre enero-septiembre de 2021, se registraron pérdidas ligeramente inferiores a las de 2020 (< 2.4 %), debido a la aplicación de productos a base de cobre cada 15 días (6 aplicaciones en total) que se iniciaron a mediados de enero, en 9 de las 36 parcelas productivas de la estación con pérdidas por enfermedades en 56 %. Como resultado de estas aplicaciones se redujo en 13 % las pérdidas por enfermedades en comparación a las que no recibieron aplicaciones.

Esta investigación se justifica en la necesidad de desarrollar alternativas de control de las enfermedades integrando aplicaciones de fungicidas (minerales, químicos y biológicos/botánicos) probados previamente en estudios realizados en Brasil y Costa Rica. Ello incluye productos a base de cobre y *Trichoderma sp.* complementadas con prácticas culturales (Tirado-Gallego *et al.* 2016) que puedan implementarse sin restricciones para el uso en sistemas de producción orgánica/amigable con el ambiente.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el CEDEC-JAS, en una plantación de cacao con un marco de plantación de 3 m x 3 m, bajo el sistema agroforestal utilizando el clon de cacao CCN-51 susceptible a moniliasis y mazorca negra, manejados con el mismo nivel de poda, fertilización y con cobertura arbórea de 47 % generada por la especie maderable Narra (*Pterocarpus indicus*).

Tratamientos

Los tratamientos corresponden a cada uno de los fungicidas, comparado con el manejo tradicional (testigo) de las enfermedades en los cacaotales del centro experimental:

Tratamiento 1 (biológico). Nano-xtinger 10 GW, contiene *Trichoderma harzianum* y *T. asperelum* concentrado al 5 % cada uno de los microorganismos. El género *Trichoderma sp.* ha sido ampliamente estudiado y aparenta ser una alternativa como sustituto del control químico de hongos patógenos. Los hongos del género *Trichoderma* actúan como controladores antagonistas de patógenos. *T. Viridescens* y *T. harzianun* han sido estudiados para controlar *M. roreri* y *P. palmivora* en cacao con resultados satisfactorios (Cuervo *et al.* 2014; López-Ferrer *et al.* 2017).

Tratamiento 2 (Cobre). Enlazador X2, es un producto comercial formulado con base en el caldo bordelés. Tiene propiedades fungicidas, bactericidas e insecticidas. Está compuesto por minerales como CaO (25 %), Cu (17 %), MgO (5 %) y SiO₂ (5 %). Tiende a oxidar y neutralizar las células de los organismos para que estos no proliferen (Enlasa, 2020). Ramos (2020), encontró resultados positivos para el control de mazorca negra y moniliasis de manera preventiva con este producto.

Tratamiento 3 (Azufre). Potenciador K, es presentado como un insecticida, acaricida, bactericida y fungicida, teniendo como base los elementos azufre y potasio. El azufre afecta el complejo enzimático respiratorio del organelo celular mitocondria que es donde se realiza la respiración celular, interrumpiendo el flujo de electrones en la cadena respiratoria y causando toxicidad de amplio espectro (Kleintzeller *et al.* 1971; Beffa 1993; Hold y Schnabel 2008; Wahyu *et al.* 2017, citados por Ramos 2020). El potasio es uno de los macroelementos necesitados por la planta que al igual que el calcio, son de vital importancia para el sistema inmunológico de las plantas.

Tratamiento 4 (Botánico). Fungo mix SL, se considera un fungicida y bactericida. Tiene como base extractos botánicos de ajo (5 %), cebolla (5 %), jengibre (10 %) y cítricos (20 %). Aparentemente actúa por contacto y de manera sistémica, desarticulando al patógeno, provocando la muerte por debilitamiento enzimático (comunicación personal con proveedor del producto, octubre 2021).

Tratamiento 5 (Cultural). El tratamiento testigo, consiste en el manejo que tradicionalmente realizado por la FHIA en el CEDEC-JAS, que consiste en la eliminación de los frutos enfermos cada 7 días.

Las aplicaciones se realizaron en 2 ciclos de producción (12 meses), utilizando bomba de mochila de palanca, ya que es el equipo accesible para la mayoría de los productores cacaoteros que por lo general son de bajo recurso económico. Las soluciones fúngicas se aplicaron en la zona de producción de frutos, en intervalos de 10-11, 20-21 y 30-31 días en los meses de noviembre-diciembre (2 aplicaciones), enero-febrero (4 aplicaciones) y marzo-octubre (8 aplicaciones), respectivamente. Adicionalmente, se utilizó adherente (Inex-A 27.9 SL) usando 1 ml por litro de solución en todas las mezclas de los fungicidas. Se aplicó una dosis de 100 ml en 20 litros de agua en los productos: Nano-xtinger 10 GW, Potenciador K y Fungo mix SL; y para el producto enlazador X2, la dosis fue 57 g en 20 litros de agua. Para este 2023, se evaluará el efecto residual de los productos en un tercer ciclo de producción (6 meses), comprendido entre los meses de diciembre-abril de 2023.

Diseño del experimento

Este estudio se desarrolló utilizando un diseño en bloques completos al azar (BCA), evaluando 5 tratamientos, con 4 repeticiones y 15 plantas por unidad experimental (135 m²), formando en total 20 unidades experimentales (área útil 2,700 m²) (Figura 1).

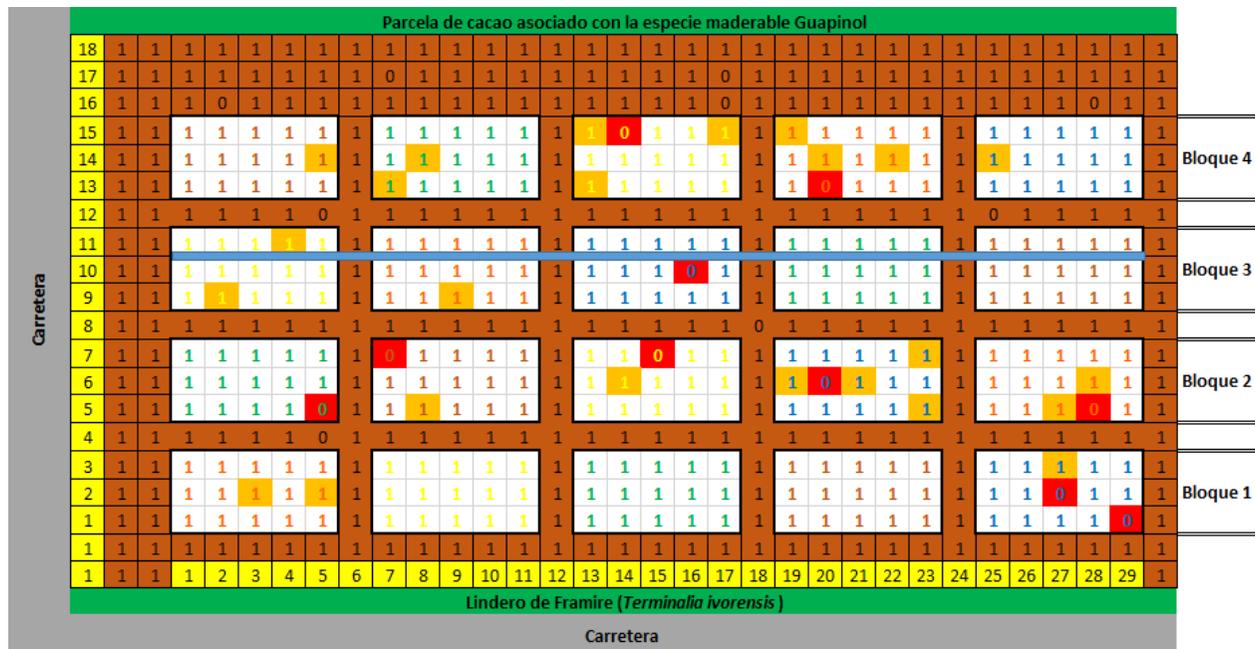


Figure 1. Croquis de la parcela experimental. Número en color café: control; número en color azul: potenciador K; número en color verde: biológico (T. harzianum y T. asperelum); número en anaranjado: mineral (Enlazador X-2) y número en color amarillo botánico (extracto de ajo, cebolla, jengibre y cítrico). Número cero y en rojo: planta ausente; número 1 con celda de color amarillo: planta joven

Variables a medir

En la cosecha (cada 7 o 14 días), se registraron los frutos sanos, con mazorca negra, moniliasis y dañados por plagas (aves/ardillas). Además, se determinó un índice de mazorca general de 16 frutos/kg de cacao seco en la parcela en estudio. Este cálculo se utiliza para realizar las proyecciones en la producción de cacao seco en kg y sus pérdidas por enfermedades por hectárea.

Análisis de datos

Se utilizó el paquete estadístico *InfoStat* para el análisis de datos, realizando análisis de varianza acompañado de pruebas de comparación de medias (Fisher < 0.05) y contrastes ortogonales para las variables de estudio entre los tratamientos (Di Rienzo *et al.* 2019), posterior a la comprobación de los supuestos estadísticos. En caso de no encontrar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos según las variables de estudio, se considerará el tratamiento con menor costo de aplicación y amigable con el ambiente.

Verificación de supuestos estadísticos

La comprobación de los supuestos estadísticos permite realizar análisis de varianza y prueba de separación de medias paramétrica.

- **Independencia.** Se garantizó con la homogeneidad de las unidades experimentales en campo y la aleatorización y distribución de los tratamientos en toda el área experimental con el diseño en BCA (Figura 1).

- **Normalidad.** Se realizó la prueba de Shapiro-Wilks (Cuadro 48, Figura 63) sobre los residuos de los datos para comprobar de manera formal la normalidad (p -valor > 0.05) en cada variable de estudio.
- **Varianzas homogéneas.** Para comprobar este supuesto se ejecutó la prueba de Levene (Cuadro 48, Figura 63), indicando que los residuos absolutos son similares (p -valor > 0.05) en las variables de estudio más importantes.

Cuadro 1. Prueba de hipótesis formal para los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza de las variables en estudio. CEDEC-JAS, La Masica. 2022.

Variable	Shapiro-Wilks	Levene
	(p-valor)	
Frutos sanos	0.0619	0.3224
Monilia	0.0732	0.3284
Mazorca negra	0.1436	0.1251
Plagas	0.5804	0.7407
Frutos total	0.7246	0.7040
Cacao seco (kg/ha)	0.0640	0.3230

n: 20, número de datos. Valores de Shapiro-Wilks y Levene p -valor > 0.05 indican normalidad y homogeneidad de varianzas

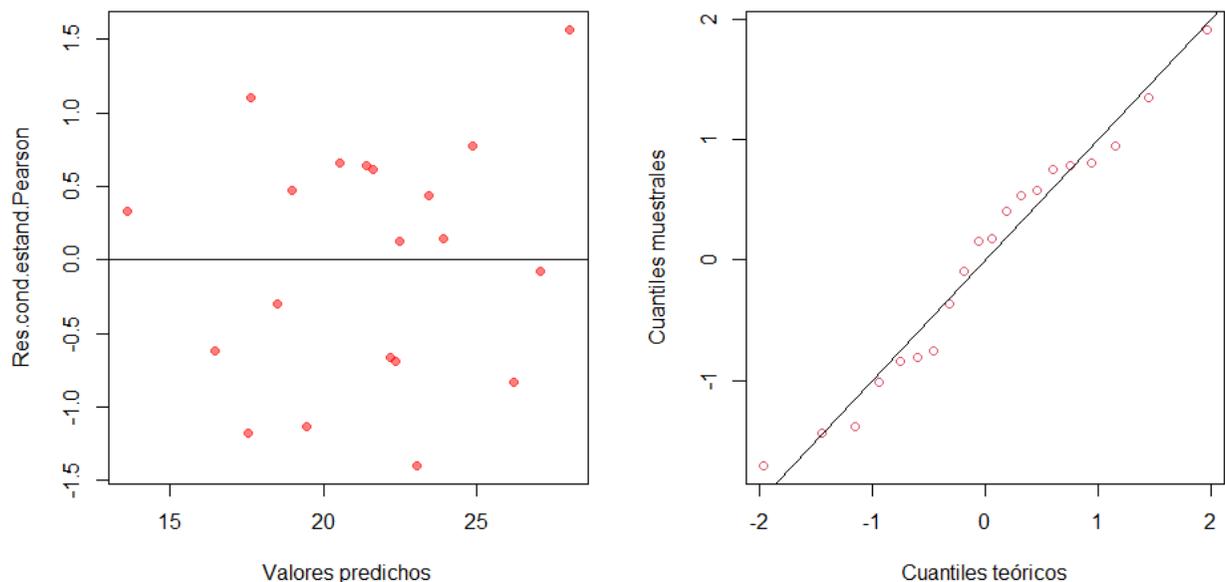


Figure 2. En la derecha gráfica de residuos versus predichos observándose distribución aleatoria de los datos y, la izquierda QQ-plot demostrando distribución normal de los cuantiles muestrales y los cuantiles teóricos.

Resultados y discusión

Comportamiento agronómico. No se encontraron diferencias estadísticas significativas (p -valor > 0.05) entre los tratamientos de control de enfermedades con respecto a la producción promedio de frutos totales por árbol, ni en su distribución por condición sanitaria: frutos sanos, con mazorca negra y dañados por plagas. A excepción, únicamente la incidencia de frutos con monilia donde se encontraron diferencias (p -valor < 0.05). El control cultural (remoción de frutos enfermos) y las aspersiones de producto con base de cobre presentaron menor incidencia a esta enfermedad, con 6.5 y 7.8 frutos/planta correspondiente a un 37.7 % y 34.4 % de la producción, respectivamente. Mientras que, los tratamientos restantes registraron entre 10-13 frutos con monilia, representando pérdidas cercanas o superiores a 50 %.

Para la variable rendimiento (kg de cacao seco/hectárea), tampoco se encontró diferencias significativas. Sin embargo, al contrastar los rendimientos de los tratamientos de productos con cobre (774 kg) y azufre (643 kg) vs el resto de los tratamientos: cultural 589 kg, botánico 471 kg y biológico 442 kg, se logró encontrar diferencias (p -valor = 0.0321). Se puede concluir que estas diferencias en el incremento del rendimiento fueron favorecidas por la acción como fertilizante foliar de estos productos (Cuadro 49, Figura 64 y Figura 65). Adicionalmente, el control de enfermedades con el producto a base de azufre registró la menor incidencia de frutos dañados por plagas como ardillas y pájaros, probablemente debido al fuerte olor de este provocando una acción repelente ante estas plagas.

Por otro lado, las condiciones de sombra en exceso (47 %) generada por la alta población de los maderables afectó el potencial de acción de los productos, favoreciendo las condiciones de microclima para el desarrollo de los agentes patógenos (alta humedad relativa y poca aireación).

Cuadro 2. Producción promedio de frutos por árbol y rendimiento de cacao seco por tratamiento de control de enfermedades en cacao. SAF maderable *Pterocarpus indicus*, CEDEC-JAS, 2023.

Fuente de variación	Frutos por árbol					Cacao seco (kg/ha)
	Sanos	Monilia	Mazorca negra	Plagas	Totales	
Tratamiento de control de enfermedades						
Cobre	11.15 a	7.78 bc	1.33 ab	2.48 a	22.70 ab	774 a
Azufre	9.28 ab	12.80 a	2.15 a	1.68 a	25.90 a	643 ab
Cultural	8.48 ab	6.50 c	0.75 b	1.53 a	17.30 b	589 ab
Botánico	6.78 b	10.15 abc	1.40 ab	1.85 a	20.20 ab	471 b
Biológico	6.38 b	11.28 ab	1.58 ab	2.05 a	21.28 ab	442 b
p-valor	0.1462 n.s.	0.0423*	0.0736 n.s.	0.3452 n.s.	0.1006 n.s.	0.1510 n.s.
R ²	0.46	0.72	0.53	0.40	0.64	0.45
C.V. (%)	31.99	28.39	41.66	34.63	18.77	32.17

Medias con letras iguales dentro de la misma variable no son diferentes estadísticamente “n.s.” (Fisher, $p > 0.05$).

*: Diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$). P-valor: probabilidad de no diferencia entre los tratamientos.

C.V.: coeficiente de variación. R²: Coeficiente de determinación. Mon: Monilia.

Proyección de rendimientos en kg/ha utilizando un IM: Índice de mazorca 16, población de 1,111 plantas/ha.

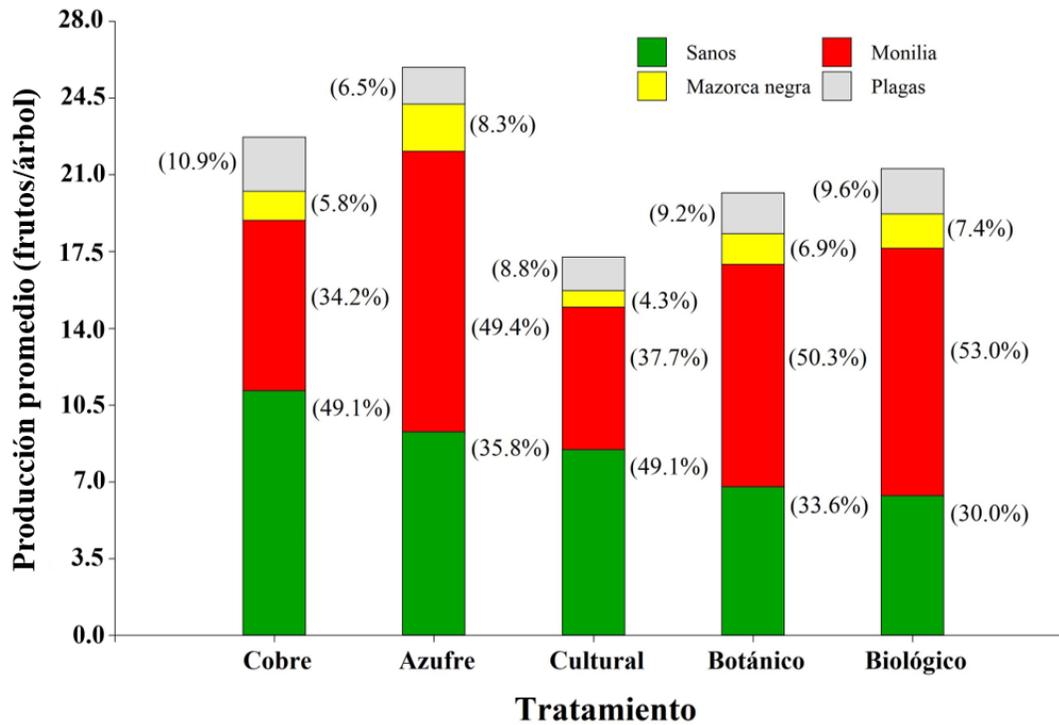


Figure 3. Producción de frutos por árbol bajo diferentes tratamientos de control de enfermedades y proporción de afectaciones por causa. 2022.

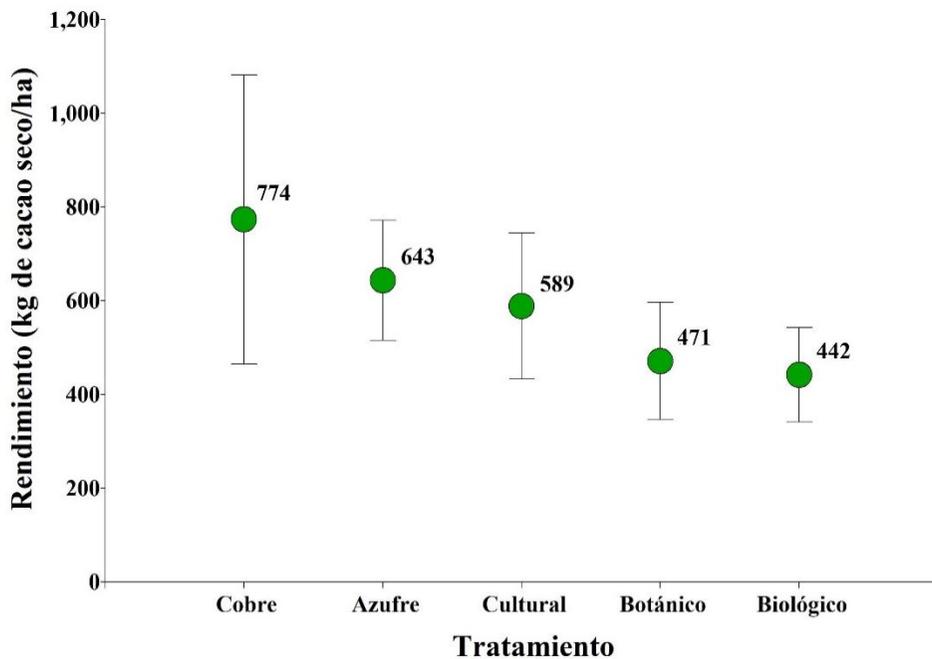


Figure 4. Promedio de rendimiento de cacao seco en kg/ha y su variabilidad (desviación estándar), en cada uno de los tratamientos. CEDEC-JAS 2022.

Las aplicaciones con cobre y las prácticas culturales además de registrar el mayor efecto en el control de enfermedades, mostraron ser los más consistentes a través del tiempo (Figura 5).

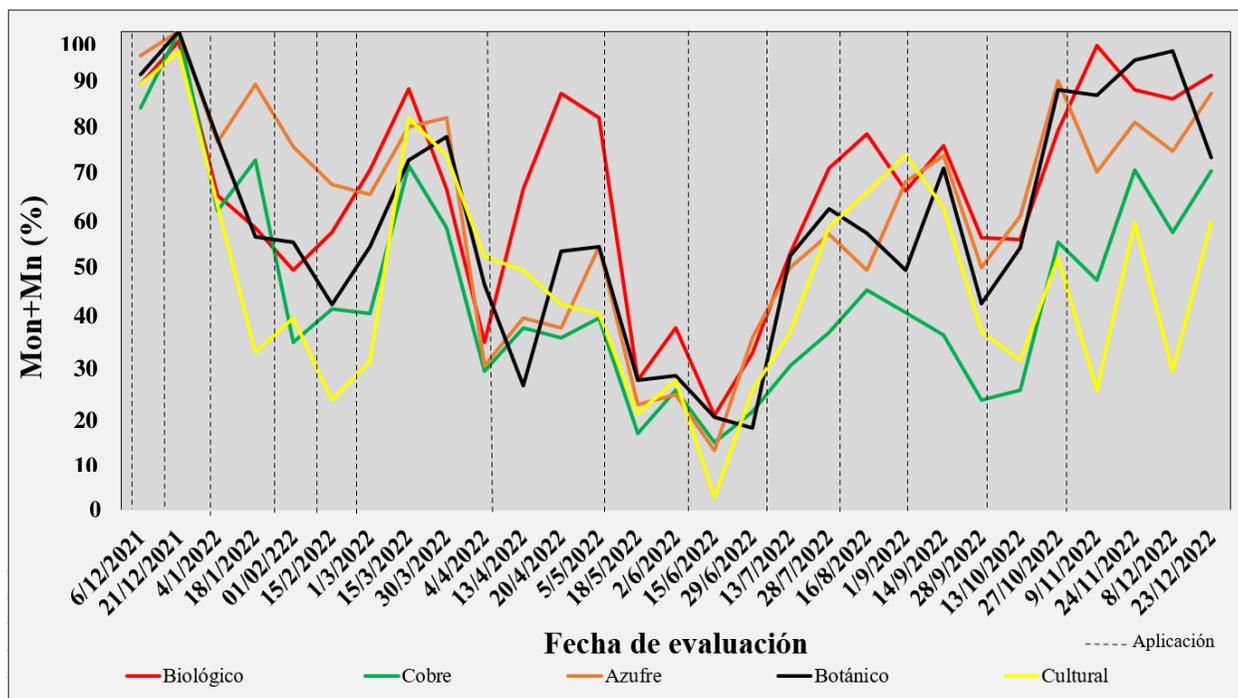


Figure 5. Evolución de la incidencia de las enfermedades (Monilia y mazorca negra) y sus fechas de aplicación en cada tratamiento de control de enfermedades. CEDEC-JAS 2022.

Análisis financiero. Se realizó la calibración de la bomba de mochila y del operador de esta. Se aplican alrededor de 200 ml de solución fúngica por árbol de cacao, equivalentes 1 ml de producto/planta de cacao y/o 0.57 g de producto/planta. En el cuadro 50, se reflejan los costos de aplicación por cada uno de los tratamientos durante un año.

Cuadro 3. Costo de aplicación de los fungicidas hectárea/año. CEDEC-JAS, La Masica, 2022.

Fungicidas	Unidad	Cantidad/ aplicación/ hectárea	Precio unitario/fun gicida (L)	Número de aplicaciones	Mano de obra anual (L)	Costo insumos anual (L)	Costo total anual (L)
Biológico	litro	1.1	750	14	3,850	11,550	15,400.00
Cobre	kg	0.6	550	14	3,850	4,620	8,470.00
Azufre	litro	1.1	350	14	3,850	5,390	9,240.00
Botánico	litro	1.1	500	14	3,850	7,700	11,550.00
Cultural					3,312		3,311.00

1111 plantas de cacao/hectárea; L. 386.00/jornal; L. 25.00 mano de obra por aplicación/bomba; 0.33 jornales/ha por concepto de eliminación de frutos enfermos en 26 semanas (remover los frutos alternado con la semana de cosecha).

Realizando el análisis de costo por aplicación de los tratamientos vs los ingresos obtenidos por cada uno de los mismos, únicamente las aplicaciones con cobre compensan la aplicación, obteniendo un diferencial de L. 11,158 pero cuando se vende el cacao seco a buen precio (L. 40.00/lbs) comparado con los ingresos del cacao con tratamiento de control cultural. El resto de los tratamientos no cubren los costos de aplicación, obtenido ingresos netos inferiores con respecto al tratamiento con control cultural (Cuadro 51).

Cuadro 4. Análisis financiero de la aplicación de los fungicidas hectárea/año. CEDEC-JAS, La Masica, 2022.

Concepto	Cobre	Azufre	Cultural	Botánico	Biológico
Rendimiento cacao seco (kg/ha)	774	643	589	471	442
Precio de venta por kg (L.)	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2
Ingreso bruto (L.)	68,266.8	56,712.6	51,949.8	41,542.2	38,984.4
Costo total del tratamiento (L.)	8,470	9,240	3,311	11,550	15,400
Ingreso neto (L.)	59,796.8	47,472.6	48,638.8	29,992.2	23,584.4
Diferencia (L.) respecto control Cultural	11,158	-1,166.2		-18,646.6	-25,054.4

Conclusiones

- Aún con las condiciones de exceso de sombra (47 %) generada por los maderables, las aplicaciones cúpricas utilizando el producto comercial Enlazador-X2 en los frutos de cacao, lograron disminuir la incidencia de las enfermedades e incrementado los rendimientos de manera rentable.
- La remoción de los frutos enfermos sigue siendo la alternativa de control mas viable y económica para los productos de cacao de bajo recurso económico.

Literatura citada

- Cuervo, J; Sánchez, V; Romero, T; Ramirez, M. 2014. *Hypocrea/Trichoderma viridescens* ITV43 with potential for biocontrol of *Moniliophthora roreri* Cif Par, *Phytophthora megasperma* and *Phytophthora capsici*. African Journal of Microbiology Research 8(16):1704-1712. <http://dx.doi.org/10.5897/ajmr2013.6279>
- Di Rienzo JA; Casanoves F; Balzarini MG; González L; Tablada M., Robledo CW. 2019. InfoStat versión 2019 Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Dubón, A; Sánchez, J. 2016. Manual para la producción de cacao: enfermedades y plagas del cacao. Segunda edición. FHIA. La Lima, Cortés, Honduras. 172-174 p.
- ENLASA. 2020. Ficha Técnica- Enlazador X-2 (en línea). Guatemala. Consultado 1 noviembre 2021. Disponible en: http://enlasa.swproyectos.com/sites/default/files/ft_enlazador_x-2_17_cu.pdf
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, HN). s.f. Mazorca negra en cacao. Programa de cacao y agroforestería (en línea) Consultado 9 ago. 2020. Disponible en http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/Afiche_Mazorca_negra_en_cacao.pdf
- FHIA 2012. La Moniliasis en cacao: el enemigo a vencer. Centro de comunicación Agrícola de la FHIA. 1era edición, La Lima, Cortés. 30 p
- ICCO (International Cocoa Organization). 2021. Production of cocoa beans (on line). Côte d'Ivoire. Consultado 1 noviembre 2021. Disponible en: http://www.icco.org/wpcontent/uploads/Production_QBCS-XLVII-No.-1.pdf

- López, M; Ramírez, O. 2017. Evaluación de la resistencia genética de mazorca negra (*Phytophthora sp.*) a clones de cacao mediante inoculación artificial. CAC 15-01. (In) Informe Técnico 2016. Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Informe técnico. 1era edición. La Lima, Cortés, Honduras. p. 23-27
- Phillips-Mora, W y Cerda-Bustillo, R. 2009. Catálogo de enfermedades del cacao en Centroamérica (en línea). Consultado 1 noviembre 2021. Disponible en https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/702/Catalogo_enfermedades_del_cacao_en_centroamerica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Phillips-Mora, W; Cerdas, R. 2011. Catálogo de enfermedades de cacao en Centroamérica (en línea) Manual técnico no. 93. 1era edición. Turrialba, Costa Rica. Consultado 1 nov. 2021. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H20-10877.PDF>
- PROCACAO (Proyecto de mejoramiento de ingresos y empleo para productores y productoras de cacao en Honduras). 2017. Reconociendo los sistemas y signos de la mazorca negra. Infocacao, Boletín n0 13 (en línea). Consultado 1 nov. 2021. Disponible en http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/infocacao/InfoCacao_No13_Jul_2017
- Ramos, B; Ramirez, O. 2019. Uso de preparados minerales y productos comerciales de forma preventiva en frutos de cacao para el control de *P. palmivora* In Informe Técnico 2019 Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Informe técnico. 1era edición. La Lima, Cortés, Honduras. p. 73-77
- Ramos, BA. 2020. Efecto de fungicidas minerales aplicados al fruto del cacao (*Theobroma cacao* L.) para el control de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora palmivora*. Tesis M. Sc. en Ciencias y agricultura Tropical Sostenible. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 24 pág.
- Sánchez, JA; Brenes, O; Phillips, W; Enríquez, G. 1987. Metodología para la inoculación de mazorcas de cacao con el hongo *Moniliophthora* (*Monilia*) *roreri*: In Proceedings of the Tenth International Cocoa Research Conference, 467-72
- Tirado-Gallego, PA; Lopera-Álvarez, A y Ríos-Osorio, LA. 2016. Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en *Theobroma cacao* L.: revisión sistemática. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(3) 417. https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num3_art:517

VII. PUBLICACIONES Y SERVICIOS ESPECIALES

Dentro de esta sección, presentamos actividades de investigación encaminadas a nuevas publicaciones y también actividades dentro de proyectos especiales de asistencia técnica y capacitación que brindamos a solicitud de proyectos o empresas interesadas.

7.1. Descriptor varietal de 15 clones de cacao promisorios de la FHIA

Kelvin S. Mejía Nuñez¹, Oscar Ramírez², Fco. Javier Díaz²

¹Universidad Nacional de Agricultura (UNAG)

²Programa de Cacao y Agroforestería, FHIA

Resumen

La etapa VI de nuestro plan de mejoramiento incluye el registro de los clones a liberar a los productores por parte del SENASA (Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria). Como avance para el soporte del proceso de registro, se desarrolló caracterización y medición de parámetros agronómicos, morfológicos y químicos de 15 clones seleccionados y evaluados por el programa que serán incluidos en la segunda edición del catálogo de clones de cacao denominados FHIA. La elaboración de esta nueva edición facilitará el conocimiento de las bondades de cada clon de cacao y permitirá facilitar la toma de decisiones en la selección y posterior conformación de arreglos policlonales en las parcelas de los productores. Para cada clon, se presentarán descriptores morfológicos (cualitativos y cuantitativos) de hojas, flores y frutos; así como información de la compatibilidad sexual, capacidad productiva en campo y características bromatológicas y organolépticas.

Introducción

Un descriptor es una característica o atributo que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una accesión. Su utilización es de gran ayuda puesto que registra la expresión y diferenciación de atributos de manera precisa y uniforme, lo que simplifica la clasificación y el registro de información (Hidalgo, 2023). En el año 2017, el Programa de Cacao y Agroforestería publicó, con fondos del proyecto PROCACAO, la primera edición del catálogo de cultivares de cacao (López, *et.al.*, 2017) en el que se mostraron características distintivas de 40 cultivares de cacao que fueron seleccionados para establecer plantaciones agroforestales en el país. Este documento brindó soporte a los procesos de registro y certificación de bancos de germoplasma y viveros; así como también, permitió al productor conocer acerca de los cultivares y tener certeza de la identidad de cada uno de sus árboles. De los 40 cultivares presentados en la primera edición, apenas 8 fueron cultivares FHIA y los otros 32 fueron cultivares denominados internacionales y que fueron desarrollados y liberados por otros países.

En esta ocasión y tomando en cuenta los avances en el proceso de selección y evaluación de nuevos cultivares, se realizaron diferentes mediciones en 15 cultivares nuevos de cacao denominados FHIA por lo que se espera realizar la publicación en el 2023. Es nuestro objetivo seguir siendo un bastión para el desarrollo del rubro cacaotero del país y referencia para la región, así como un aliado para los productores de cacao de Honduras.

Objetivo

Caracterizar y evaluar 15 clones de cacao seleccionados por la FHIA, utilizando descriptores morfológicos, agronómicos e indicadores relacionados a índices de productividad, con el fin de

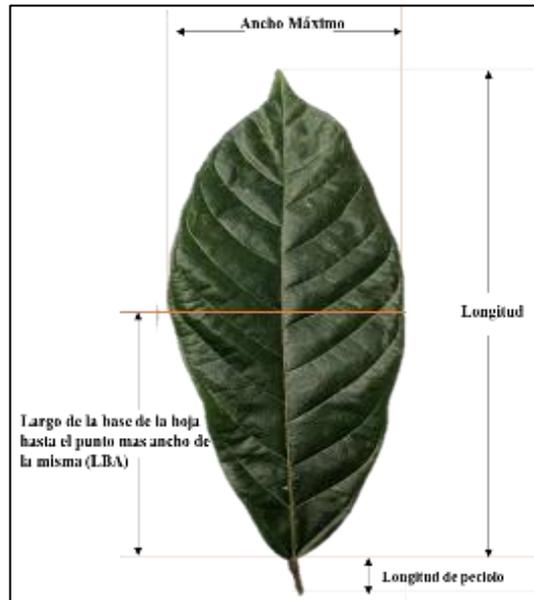
proporcionar una amplia información a productores en la selección de clones de cacao.

Metodología

A continuación, se explica de forma breve las diferentes variables registradas para cada uno de los 15 cultivares de cacao.

• Hoja

Se usó el método propuesto por Engels y otros (1980) y se tomó para cada cultivar una muestra de 60 hojas provenientes de diferentes árboles. Posteriormente en cada una de las hojas se midieron las variables siguientes: longitud y ancho de la hoja, distancia desde la base de la hoja hasta el punto más ancho de la misma (LBA), forma de la base y ápice, textura y color del brote terminal.



• Flor

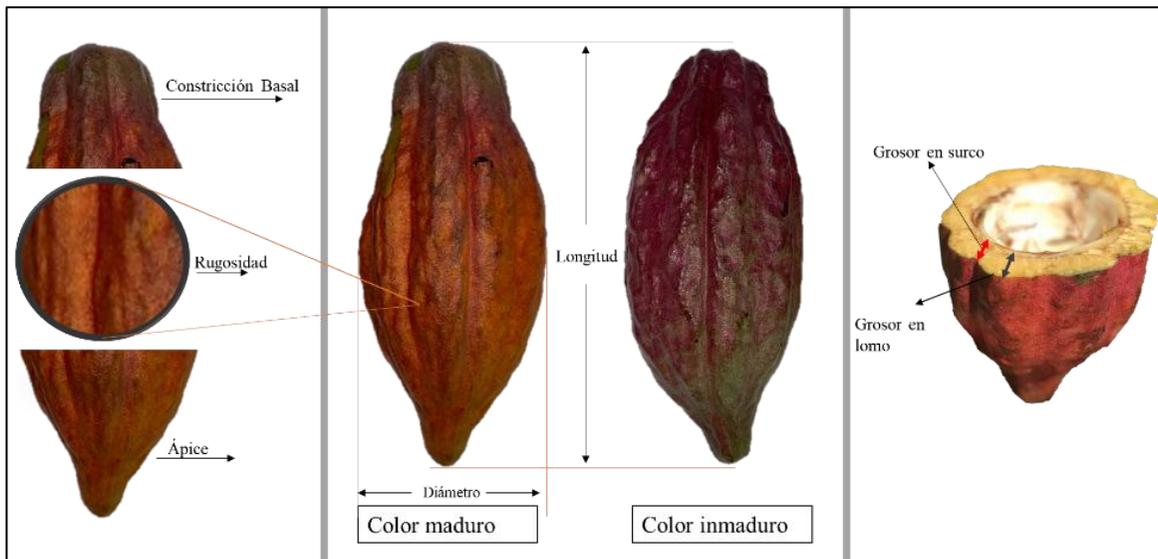
Se colectó una muestra de 20 flores para las mediciones. En cada flor se registró la presencia o ausencia de antocianina en sepalos, ligula, pedicelo, filameto, estaminoide y base del estilo. De igual manera se midió la longitud y diámetro total de flor, del pedicelo y el número de ovulos por ovario.

Fruto

Se colectó una muestra de 10 frutos por cultivar provenientes de diferentes árboles. En cada fruto se midió: color de fruto maduro e inmaduro, forma, constricción basal y ápice, rugosidad de la superficie de la mazorca, peso, dureza del mesocarpio, longitud y ancho, grosor de cascara, profundidad de los surcos de la cáscara, pH del mucílago, peso de la placenta, peso de la cáscara, número y peso de semillas sanas, peso de semilla, porcentaje de peso de cáscara, placenta y semillas.



Conteo de óvulos en ovario de la flor de cacao.



Variables de productividad

Dentro de esta categoría se midió el % índice de grano y mazorca, el rendimiento de grano seco y también de baba, peso del cotiledón, de testa, longitud, ancho y forma del grano.



Variables de sanidad

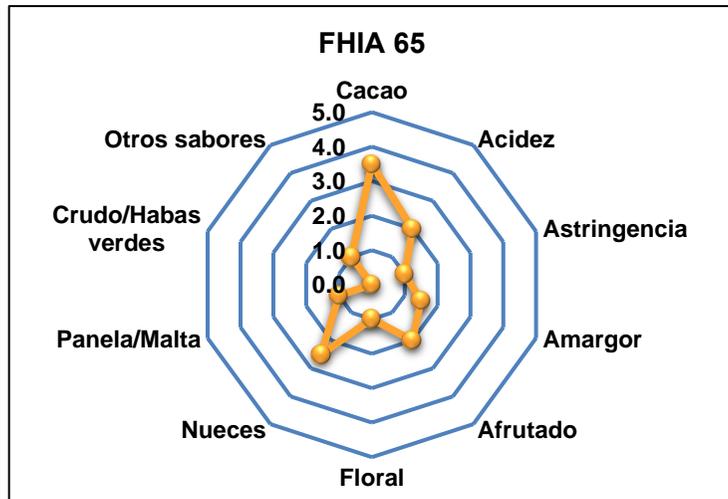
Se presentarán los resultados para cada cultivar de las pruebas de resistencia a las enfermedades mazorca negra y moniliasis.



Evaluación del nivel de resistencia a la moniliasis en mazorcas.

Variables poscosecha

Tomando como referencia la importancia de producir un grano de calidad y aroma, para cada uno de los clones seleccionados se presentarán los resultados del porcentaje de grasas y aceites; así como también las características de sabor, producto de la evaluación sensorial del Panel Nacional de Cata.



Conclusión

Mejorar los rendimientos de cacao en Honduras es un reto, dado que el promedio en producción es bajo; ronda en los 493 kg/ha, para esto es necesario incrementar los rendimientos mediante la adopción de clones de cacao con genética sobresaliente en: productividad, tolerancia a enfermedades y por supuesto, calidad. Los cultivares que la FHIA propone en el descriptor cumplen con esas cualidades, ya que en producción superan los 1,200 kg/ha, bajo sistemas agroforestales. También, los atributos organolépticos son de buena calidad y moldeables a mejorarlos con poca intervención. Esperamos poder presentar el catálogo de cultivares de cacao FHIA al rubro cacaotero nacional e internacional en el 2023.

7.2. Contrato de servicios de asesoría técnica y capacitación en el cultivo de cacao en el municipio de Balfate, departamento de Colón



Introducción

En este informe se presentan las actividades finales desarrolladas en el mes de octubre hasta la fecha 11 de noviembre de 2022 por técnicos del Programa de Cacao y Agroforestería de la FHIA dentro del contrato de servicios suscrito con la empresa Electrotecnia y la FHIA. La propuesta busca desarrollar e implementar un programa de asistencia técnica y capacitación teórico-práctica a 10 productores de cacao de las comunidades: El Porvenir, Nueva Esperanza, Satalito, Naranjito 2, en el municipio de Balfate, departamento de Colón, beneficiados dentro de la primera etapa del proyecto, con base en el diagnóstico in situ de las parcelas para incrementar los rendimientos del cacao y de otros cultivos dentro del sistema.

El entrenamiento y capacitación se desarrolló en temas relacionados al manejo agronómico del cultivo de cacao; como, por ejemplo, diagnóstico de parcelas, muestreo de suelos e interpretación de análisis químico, podas de formación y mantenimiento, control de enfermedades (monilia y mazorca negra), tipos de fertilización, manejo y regulación de tipos de sombra. Adicionalmente, se incluirán prácticas de poscosecha: cosecha, selección y extracción de baba, fermentación, secado, clasificación y almacenamiento del grano. En este periodo finalmente, se incluyeron las capacitaciones en los temas de genética y reproducción asexual de cacao.

Antecedentes de los beneficiarios y zona de influencia

En abril del 2013, la empresa Electrotecnia, S.A. de C.V. y la FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola) firmaron un convenio de **Cooperación técnica y financiera no reembolsable para la expansión de áreas de cacao cultivado bajo sistemas agroforestales con pequeños productores**, con una duración de 4 años (abril, 2013 a marzo, 2017). Esta actividad estaba enmarcada dentro del proyecto **Protección y manejo sostenible de la sub cuenca del río Bejucal-fomento de sistemas agroforestales** la cual buscaba mejorar las condiciones de vida de las familias que habitan la zona a través de sistemas de producción sostenibles y amigables con el medio ambiente contrarrestando así el alto grado de deforestación en que se encontraba la subcuenca, ocasionado principalmente por prácticas inadecuadas de agricultura migratoria de subsistencia (tumba y quema) y la ganadería extensiva a pequeña escala utilizada por los agricultores.

Durante ese periodo se apoyaron 81 productores con una hectárea por beneficiario(a) en las comunidades de El Porvenir, Nueva Esperanza, Las Flores, Satalito y Naranjito 2, todas ubicadas en la subcuenca del río Bejucal, municipio de Balfate, departamento de Colón. Dichos productores recibieron los beneficios directos de capacitación, asistencia técnica y material vegetativo (plantas de cacao) para establecer plantaciones de cacao en sistemas agroforestales. Todas las actividades fueron financiadas con fondos aportados por la empresa Electrotecnia, S.A. de C.V y por el proyecto *Promoción de sistemas agroforestales de alto valor con cacao en Honduras (FHIA-Canadá)* financiado con fondos del gobierno de Canadá.

Objetivos

General

Informar al contratante sobre las actividades realizadas con respecto al diagnóstico y capacitación a 10 productores de cacao seleccionados por la empresa Electrotecnia en diferentes aldeas del municipio de Balfate, departamento de Colón.

Específicos

- A. Brindar asistencia técnica y entrenamiento grupal y personalizado en el manejo agronómico del cultivo de cacao y especies forestales asociadas a productores de la subcuenca del río Bejucal en el municipio de Balfate, departamento de Colón.
- B. Georreferenciar las parcelas de los productores beneficiados con la propuesta.
- C. Entrenamiento en el levantamiento de la información de campo y conformación de los expedientes de los productores para lograr el certificado de plantación forestal ante el ICF (Instituto de Conservación Forestal).
- D. Que los productores capacitados y entrenados se conviertan en agentes multiplicadores de conocimiento a otros productores vecinos.

Cuadro 47. Listado de preliminar de en proceso de formación en cultivo de cacao.

No.	Nombre	Comunidad
1	Asunción Ramos Recinos	Nueva Esperanza
2	Laureano Ramos Recinos	Nueva Esperanza
3	Josué Misael Rodríguez López	Nueva Esperanza
4	Héctor García Portillo	Satalito
5	José Joel García Orellana	Satalito
6	Evelio Sánchez Orellana*	Satalito
7	Elvin Omar Ramírez Pineda	Satalito
8	Jacinto Mejía Acosta	Naranjito #2
9	José Agustín Bautista*	Nueva Esperanza
10	José Antonio Pérez Lara	El Porvenir

* Productores removidos de la lista original por no mostrar interés o por problemas personales.

La lista fue presentada en el primer informe de avance con los cambios realizados en la primera etapa de formación. Cabe mencionar que, en esta lista se realizaron dos cambios de productores (6 y 9) de la lista preliminar y se incorporaron a:

- Nehemías Ramos, comunidad Nueva Esperanza
- Wilmer Ortiz, comunidad El Naranjito #2

Desarrollo de actividades

En este periodo, las actividades de capacitación se desarrollaron con una metodología participativa y bajo el concepto de **aprender-haciendo**. Los eventos, en su mayoría, fueron de escuelas de campo, desarrollados de forma puntual y personalizada entre el productor beneficiario, productores no beneficiarios y el técnico. Cada tema se realizó en la finca del productor beneficiario donde posteriormente se realizaron reforzamientos prácticos con efecto multiplicador en las fincas de otros beneficiarios.

Las actividades, en el marco de contrato de servicio de asistencia técnica, se realizaron el 13, 20 y 27 de octubre y el 11 de noviembre de 2022, las cuales se describen a continuación

• 13 de octubre

La primera actividad de escuela de campo se realizó en la parcela de cacao del productor **José Antonio Pérez Lara**, en la comunidad de El Porvenir, municipio de Balfate, departamento de Colón. Comprendió una jornada de inducción teórico-práctico de aproximadamente 5 horas.

El Sr. Pérez participó junto a 6 productores de cacao no beneficiarios y vecinos de la comunidad; por parte de la FHIA: Erick Duran, responsable de actividad y el Ing. José Nicolas Fiallos responsable del tema en el componente forestal. En esta jornada se realizó el proceso de capacitación en diferentes temas relacionados al cultivo de cacao bajo la modalidad de sistemas agroforestales, se fortaleció los aspectos generales de la agroforestería, requerimientos básico del cultivo de cacao (suelos, nutrición, tipos de sombras), como tomar una muestra de suelo y para que nos sirve, también se entrenó a los participantes en el tema de plagas y enfermedades, (monilia y

mazorca negra), con especial énfasis en cómo identificar signos y síntomas de cada una de las enfermedades y se finalizó explicando las diferentes prácticas para el control de las mismas.



El tema teórico-práctico en donde se puntualizó más en esta jornada fue en la práctica poda de las plantas de cacao, tipos de podas (poda fitosanitaria, poda de

formación, de mantenimiento y finalmente en poda de rehabilitación). En este caso se realizó la poda de mantenimiento y rehabilitación, recalcando los beneficios, por qué se hace y cuando es mejor realizarla.

Esta parcela cuenta con una población aproximada de 1,400 plantas de cacao y hay especies leguminosas (madrado y guama) que sirven con sombra intermedia. Este productor es uno de los pocos que dispone de 150 plantas maderables (caoba del Atlántico, marapolán, cedro y granadillo rojo). Además, José es uno de los 2 productores que reúne la mayoría de los requisitos que estima el ICF (Instituto de Conservación Forestal) para realizar un proceso de certificación de plantación; lamentablemente, no cuenta con el documento de propiedad para someterlo a este proceso y certificar su plantación.

Al momento de la práctica se mostraban avances en las actividades de manejo de la misma. En esta parcela se realizó visita de diagnóstico y capacitación en fecha 25 de agosto, posterior a esta por la accesibilidad de la finca se realizaron dos visitas más de seguimiento.

- **20 de octubre**

En la comunidad de Naranjito N° 2 se realizó seguimiento al desarrollo de las actividades manejo en la parcela de Jacinto Mejía Acosta, la cual presenta buenas condiciones de manejo desde la primera visita donde se realizó capacitación de diagnóstico. Fue notable el avance en la realización de las actividades de poda de mantenimiento, control de malezas y saneamiento fitosanitario con la extracción de frutos enfermos y dañados por aves y ardillas.

Se aprovechó esta jornada para realizar la escuela de campo en la finca del productor Wilmer Ortiz; quien debido a su interés y participación en los procesos de capacitación realizados en la finca de don Jacinto, se agregó a la lista de beneficiarios directos. El señor Ortiz cuenta con 5 mz de cacao de aproximadamente 7 años. La parcela de cacao prácticamente estaba en abandono antes del inicio de proceso de capacitación, sin ningún tipo de manejo, ni la intención de realizarlo debido a la baja productividad de la parcela, y esto por ende no le devengaba ingresos económicos al productor.

Esta actividad se enfocó en reforzar los conocimientos en las diferentes prácticas de manejo agronómico y se contó con la participación de Jacinto Mejía, Ángel Pineda, el técnico de Electrotecnia Ceferino Guevara y Erick Duran e Ing. N. Fiallos por parte de la FHIA.



- **27 de octubre**

En vista de las dificultades por el mal acceso a la comunidad de Nueva Esperanza provocada por las lluvias se dificultó el seguimiento a las actividades de avance en las fincas de cacao de los productores de esa zona. Sin embargo, posteriormente y a solicitud de los productores beneficiarios se realizó actividad **escuela de campo** en la finca de cacao del productor Asunción Ramos Recinos, en donde también participaron los productores Laureano Ramos Recinos y Nehemías Ramos, beneficiarios directos del proceso de capacitación y los beneficiarios indirectos Misael Rodríguez, Francisco Laínez, Elvin Adonis Ramos y María Esperanza Ramos.

En la actividad se dio especial énfasis en fundamentar los aspectos de manejo de plantación con especial énfasis en el reconocimiento de signos y síntomas y el manejo oportuno de la monilia y la mazorca negra en el cacao. Adicionalmente, se aprovechó para valorar el avance en esta parcela de cacao.



- **11 de noviembre**

Los productores beneficiarios se movilizaron a Berlín, Jutiapa, Atlántida, a la finca del señor Porfirio López, quien junto a su familia recibieron a los visitantes para el intercambio de experiencias. La parcela de cacao de Porfirio “Don Pocho”, como comúnmente se le conoce en el sector cacaotero de Jutiapa, cuenta con un área de 12 mz de cacao en sistema agroforestal de diferentes edades (5 - 10 años), que se han establecido gradualmente y que son manejadas de forma directa y eficiente por su dueño.

En la actividad participaron 8 de los 10 beneficiarios, productores de cacao de las comunidades ubicadas en la cuenca del río Bejucales. Además, asistieron los productores indirectos que participaron en todo el proceso junto a sus hijos: Misael Rodríguez padre del productor Josué Misael Rodríguez López, Víctor Ramírez padre de Elvin Omar Ramírez Pineda, Antonio García padre y representante de productor José Joel García Orellana y Ángel Pineda trabajador de don Jacinto Mejía, el cual participó en todo el proceso de capacitación.

Esta visita se realizó para que los asistentes conocieran la experiencia del Sr. Porfirio López y su familia como productores de cacao, quien agradeció la visita y expresó su satisfacción de compartir su experiencia. Su finca es de 12 mz productivas de cacao asociadas con caoba del Atlántico. Durante la jornada se explicó sobre el manejo agronómico del cultivo en sus diferentes actividades,

la genética de cacao establecida y la especie forestal usada como sombra permanente dentro del sistema agroforestal. Adicionalmente, los técnicos de la FHIA presentaron de forma teórico-práctica las diferentes formas de reproducción asexual, a través de injertos de parche y el recambio de copa).

Además, fueron parte de este evento: Ing. Geovany Cárcamo responsable de la actividad, Ing. Oscar Diaz responsable de parte forestal, Ing. Mario Pavón y Ceferino Guevara técnico de la zona, por parte de la FHIA participaron instructores y responsables de los diferentes temas de la jornada, Ing. Aroldo Dubon, M Sc. Oscar Ramírez, Erick Duran técnico responsable y el Sr. Ramon Guillen experto en injertación.



Inicio de actividad de intercambio de experiencias finca del productor de cacao Porfirio López.

El Ing. Aroldo Dubon explicó lo relacionado al cultivo del cacao en sistema agroforestal, el uso de áreas con potreros que colindan con la finca, el deterioro de los suelos y el impacto ambiental de la ganadería y la agricultura migratoria producto de la tala-quema del bosque.

Posteriormente, se habló de los sistemas agroforestales mejorados con cacao, sus componentes y arreglos para su conformación en armonía con el ambiente, tal como lo promueve el Programa de Cacao y Agroforestería de la FHIA.

Es importante resaltar la interacción de los productores y don Porfirio y su familia, quienes estuvieron atentos a conversar sobre lo que tienen y responder las consultas realizadas.

La jornada continuó un recorrido por la finca para conocer cada componente del sistema establecido, el sombrío, el arreglo de plantación, la discusión de ventajas y desventajas del sistema de producción. Los productores tuvieron la oportunidad de interactuar en la finca, observar el estado de las plantas de cacao, estructura de la planta de cacao, como se realiza las diferentes actividades de manejo, el tipo de suelo, la incidencia de plagas y enfermedades y el manejo que hace don Porfirio para controlar plagas y enfermedades y otros.



Ing. Aroldo Dubon compartió sus conocimientos sobre el cultivo del cacao.

Es importante resaltar la participación del Ing. Aroldo Dubón con su experiencia en el tema de cacao en sistemas agroforestales.

La experiencia personal del productor

Don Porfirio López es un productor de cacao asociado a la cooperativa COPROASERSO, del municipio de Jutiapa. Su finca de cacao a la fecha cuenta como mencionábamos anteriormente con un área de 12 mz de diferentes edades y con planes de ampliar el área de producción producto del éxito tenido, especialmente en el económico.

Don Porfirio compartió antes sembraba maíz, complementado con hortalizas y se dedicaba a la ganadería. Recordó cuando le ofrecieron el cacao “el Ing. Luis Guerra (técnico del proyecto FHIA/Canadá) fue él que me trajo el cacao y me arriesgue con 2 mz, con temor y no muy convencido porque no sabía nada de cacao”. Agregó el 2022 no había sido un año malo para el cacao, él tuvo cosechas desde 4 mil hasta 7 las mil libras de baba en cacao quincenales en el pico



de la cosecha, y que comercializa con la cooperativa de la cual es socio y percibe un ingreso de 10 Lempiras por libra de cacao en baba calidad A o limpio como comúnmente le llama.

Don Porfirio y su familia viven en su finca de cacao. “A pesar de los altos y bajos, siempre siembro mi maicito y no ha sido fácil tener lo que ustedes ven” comentó. Finalmente expresó “Yo no sé qué haría yo sin este cacao”, lo cual le preocupa se pone a pensar si no tuviera su finca de cacao.

Don Porfirio (camisa verde) compartiendo su experiencia a productores de Electrotecnia y técnicos de FHIA.

Genética y técnicas de propagaciones de cacao

El tema de genética fue abordado por el Ing. Oscar Ramírez, técnico de la FHIA. Inició con la explicación de lo importante que es el uso de buena genética del cacao y las ventajas de propagar asexualmente la misma para el incremento de la productividad, reducir la alta variabilidad en producción y tolerancia a enfermedades entre la población del cacao, especialmente los procedentes de semilla.

Adicionalmente, se valoró el potencial de los nuevos clones estudiados por la FHIA y que estaban presentes en la finca del productor anfitrión, el cual está conforme con el desempeño agronómico de estos alcanzados rendimientos superiores a las 1,400 lb de cacao seco por manzana cuando se fertilizan las plantas según las recomendaciones de un laboratorio.



Ing. Oscar Ramírez hablando sobre genética en el cultivo de cacao a productores del proyecto Electrotecnia.



Finca de cacao de Don Porfirio López con clones de cacao de alta productividad: A. FHIA-707 y B. FHIA-168.

Seguidamente se realizó la técnica de injertación del cacao en campo “cambio de copa” como método de propagación asexual (Figuras C a la F). Se les recomendó a los productores el uso del material genético o varetas de sus árboles de cacao más sobresalientes en la producción de frutos sanos, o en su defecto, el uso de varetas de clones registrados y de preferencia autocompatibles. Además, se explicó la importancia de la regulación de sombra y poda del cacao para el eficiente aprovechamiento de los abonos/fertilizantes, estimular la floración y disminuir la incidencia de las enfermedades.



Proceso de certificación de plantaciones forestales

Durante el proceso de capacitación se realizó el levantamiento de la información que se requiere para conformar el expediente de cada productor y posteriormente someterlo al proceso de certificación de las especies maderable con las que cuenta en su parcela. Esto se realiza en el ICF

(Instituto de Conservación forestal) que es la instancia de gobierno encargada de emitir el certificado de plantación forestal.

Se recopiló la información de 10 productores beneficiarios directos; de los cuales, solamente uno de los productores (José Joel García Orellana) contaba con certificado de plantación a nombre de su papá Antonio García. De los otros 9 productores, 7 no reunían los requisitos para realizar el proceso de certificación. En el caso del productor José Antonio Pérez el documento de la propiedad estaba a nombre del padre y no le fue posible realizar el trámite.

En el periodo reportado solo se logró ingresar al ICF, el expediente del productor Jacinto Mejía Acosta de la comunidad El Naranjito #2, Balfate, Colón.

Beneficiarios

A continuación se presenta el listado de los productores indirectos que formaron parte de las escuelas de campo.

Cuadro 48. Listado de productores indirectos que se unieron a las escuelas de campo como efecto multiplicador de la actividad. Balfate, Colón. 2022.

No.	Nombre del productor	Comunidad	Prácticas básicas de manejo agronómico en cacao				
			Renovación y rehabilitación	Fitosanitaria y Saneamiento	Control Malezas	Manejo especie forestal	Manejo de sombra Intermedia
1	Francisco Iainez	Nueva Esperanza		X		X	X
2	Elvin Adonias Ramos	Nueva Esperanza		X		X	X
3	María Esperanza Ramos	Nueva Esperanza		X		X	X
4	Marco Antonio García	El Porvenir		X		X	X
5	Carlos Daniel Mejía	El Porvenir		X		X	X
6	Agustín Mejía	El Porvenir		X		X	X
7	Jose Trino Ayala	El Porvenir		X		X	X
8	María del Carmen Alberto Ramírez	El Porvenir		X		X	X
9	Santos Pérez	El Porvenir		X		X	X
10	Ángel Gabriel Pineda Durante	El Naranjito 2		X		X	X

Observaciones

- La actividad de comercialización del cacao en baba es realizada con las cooperativas cacaoteras locales, de las cuales los productores reciben precios bajos.
- Malas condiciones de las vías de acceso a las comunidades y a las parcelas de los productores dificultan las actividades de asistencia técnica y comercialización.
- Buena aceptación de los procesos de formación por parte de los productores beneficiarios directos y otros productores que se involucraron en las jornadas de escuelas de campo.
- La gira de intercambio de experiencias fue una actividad productiva y de gran provecho para los productores que participaron y que tuvieron la oportunidad de conocer a don Porfirio López y su familia.

Comentarios

- Al finalizar el proceso de capacitación y entrenamiento se beneficiaron durante la primera etapa de diagnóstico a 10 productores de cacao, 10 beneficiarios directos y 10 agregados durante la ejecución del proyecto.
- Durante los tres meses de ejecución del proyecto se realizaron 5 jornadas de escuelas de campo en las cuales aparte de los beneficiarios directo participaron en el proceso de manejo agronómico un total 22 productores de cacao de la zona.
- Es notable el apoyo y esfuerzo de la empresa Electrotecnia en las comunidades y sobre todo con los productores de cacao. El acompañamiento y la asistencia técnica lo realiza una persona, que tiene experiencia pero no cuenta (en nuestra opinión) con la formación profesional en el área agrícola que le permita implementar prácticas de manejo adecuadas y también difundir, de manera efectiva, los conocimientos a los productores. Adicionalmente, la cantidad de productores en la zona de influencia junto a la topografía de las comunidades hacen que su esfuerzo se limite de gran manera.
- El cultivo de cacao bajo la modalidad de sistemas agroforestal es amigable con el ambiente, ideal para la recuperación de áreas deforestadas. Su producción, si se hace de manera efectiva (tomando como referencia a don Porfirio López), deja buenos ingresos económicos. Sin embargo, debemos tener en cuenta que si un productor de cacao no percibe los ingresos necesarios y esperados de su parcela, no le brindará el manejo correspondiente y considerará mejor dedicarse a la producción de otros cultivos con el riesgo de continuar deforestando el bosque que es lo que Electrotecnia está tratando de mitigar.

Recomendaciones

1. Continuar con el fortalecimiento de las capacidades en el manejo agronómico del cultivo de cacao usando como grupo meta los beneficiarios indirectos en este proceso; de igual manera, el seguimiento y acompañamiento de los beneficiarios directos.
2. Contratar un técnico con formación agrícola, con experiencia en el cultivo de cacao para que coordine con Ceferino Guevara y otros técnicos que pudieran participar en el apoyo a los productores de las comunidades.
3. En las parcelas a establecer se deben usar clones de cacao con alto valor productivo y al mismo tiempo establecerlo en las fincas en arreglo policlonal.
4. Fortalecer los componentes del sistema agroforestal en las parcelas de los productores, establecer la especie forestal más adecuada y la sombra intermedia si todavía lo amerita el cacao.



FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola es una organización de carácter privado, sin fines de lucro que contribuye al desarrollo agrícola nacional.

Su misión es la generación, validación y transferencia de tecnología, en cultivos tradicionales y no tradicionales para mercado interno y externo.

Provee servicios de análisis de suelos, aguas, tejidos vegetales, residuos de plaguicidas, diagnóstico de plagas y enfermedades, asesorías, estudios de mercado, capacitación e informes de precios de productos agrícolas.

FHIA

- 📍 Apartado Postal 2067, San Pedro Sula, Cortés, Honduras, C.A.
- ☎ (504) 2668-4857, 2668-2470, 2668-1191
- ✉ fhia@fhia-hn.org
- 📍 Contiguo al Instituto Patria, La Lima, Cortés, Honduras, C.A.

CEDECJAS

Centro Experimental y Demostrativo de Cacao 'Jesús Alfonso Sánchez'

- 📍 La Masica, Atlántida, Honduras, C.A.
- ☎ (504) 2436-1038
- ✉ cedecjas@fhia-hn.org

CADETH

Centro Agroforestal Demostrativo del Trópico Húmedo

- 📍 El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras, C.A.
- ☎ (504) 2436-1038
- ✉ cedecjas@fhia-hn.org

CEDEH

Centro Experimental y Demostrativo de Horticultura

- 📍 Comayagua, Comayagua, Honduras, C.A.
- ☎ (504) 2756-1078
(504) 9800-6576
- ✉ fhia.cedeh@gmail.com



www.fhia.org.hn



Síguenos en Facebook



FHIAHn

“Contribuyendo a reducir la pobreza con cultivos de alto valor y alta tecnología”