



FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

# INFORME TÉCNICO 2021 PROGRAMA DE CACAO Y AGROFORESTERÍA



La Lima, Cortés, Honduras, C.A.  
Marzo, 2022



FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

# **INFORME TÉCNICO 2021**

## **PROGRAMA DE CACAO Y AGROFORESTERÍA**

633.74

F981 Fundación Hondureña de Investigación Agrícola  
Programa de Cacao y Agroforestería: Informe Técnico 2021 /  
Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. -- 1a ed.—  
La Lima, Cortés: FHIA, 2021

164 p.: il.

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

633.74—dc20

**INFORME TÉCNICO 2021**

**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 2022

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 .....		5
	<i>Francisco Javier Díaz, Aroldo Dubón y Alfredo Martínez</i>	
III. Desarrollo y evaluación de clones de cacao .....		9
3.1. Evaluación de clones promisorios seleccionados de progenies híbridas con mayores índices de rendimiento y tolerancia a moniliasis. CAC 13-01 .....		10
	<i>Aroldo Dubón</i>	
3.2. Comportamiento de cacao cv. CCN-51 bajo sombra permanente de la especie forestal y de uso múltiple masica ( <i>Brosimum alicastrum Swartz</i> ), sombra temporal de guama blanca ( <i>Inga edulis</i> ) y como sombra emergente plátano Curraré enano. AGF 13-01 ....		20
	<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	
3.3. Comportamiento ex-situ de cacao criollo en condiciones del CADETH bajo sombra de regeneración natural. AGF 14-01 .....		20
	<i>Alfredo Martínez, Francisco Javier Díaz y Oscar Ramírez</i>	
3.4. Prueba regional: evaluación de 28 clones comerciales de cacao bajo las condiciones del CADETH. AGF 17-01 .....		22
	<i>Oscar Ramírez, Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	
3.5. Evaluación de progenies de cacao procedentes de semilla que demostraron mayor porcentaje de incompatibilidad sexual en el CEDEC-JAS. CAC 20-01 .....		37
	<i>Oscar Ramírez, Aroldo Dubón, Francisco Javier Díaz y Enrique Maldonado</i>	
3.6. Arreglo policlonal orgánico cacao-plátano. AGF 18-01 .....		43
	<i>Alfredo Martínez</i>	
3.7. Evaluación de arreglo policlonal para la producción de cacao fino y de aroma. AG F18- 02.....		44
	<i>Alfredo Martínez</i>	
3.8. Validación del comportamiento agronómico de 20 cultivares de cacao autocompatibles establecidos con un diseño agroforestal recomendado por la FHIA. 19-01 .....		44
	<i>Aroldo Dubón, Oscar Ramírez y Enrique Maldonado</i>	
3.9. Renovación del jardín clonal de cacao en el CEDEC-JAS. 19-02 .....		47
	<i>Aroldo Dubón</i>	
IV. Evaluación de especies forestales .....		50
4.1. Estudio de especies forestales latifoliadas bajo la modalidad agroforestal multiestratos con cacao: I. Evaluación productiva y potencial de ingresos económicos de 12 sistemas agroforestales con cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) en la zona norte de Honduras. CAC 02-01.....		50
	<i>Oscar Ramírez, Aroldo Dubón, Jesús Sánchez y Francisco Javier Díaz Luís Orozco y Fernando Casanoves</i>	

4.2. Comportamiento del cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) bajo cinco especies forestales maderables como sombra permanente en la zona atlántica de Honduras. AGF 96-01 ..	79
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	
4.3. Comportamiento del cacao bajo sombra permanente de dos especies forestales maderables. AGF 96-02.....	82
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	
4.4. Comportamiento de especies maderables del bosque latifoliado cultivadas en sistemas de linderos y caminos internos en el CADETH. AGF 96-03.....	84
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	
4.5. Comportamiento de especies maderables no tradicionales establecidas en terreno limpio y fajas sin adición de insumos. AGF 96-04 .....	85
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	
4.6. 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.....	87
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	
4.7. Adaptación y crecimiento de caoba del atlántico ( <i>Swietenia macrophylla</i> ) y cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en el valle de Sula. CAC 10-03 .....	88
<i>Francisco Javier Díaz, Alfredo Martínez y Oscar Ramírez</i>	
V. Otros sistemas agroforestales evaluados en el CADETH.....	93
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 .....	93
<i>Alfredo Martínez</i>	
5.2. Sistema agroforestal lanzón-limba. AGF 97-04.....	94
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	
5.3. Sistema agroforestal coco–caoba africana-cacao CCN-51 en suelos de ladera de muy baja fertilidad. AGF 00-01.....	95
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	
5.4. Sistema agroforestal pimienta negra–madreado-rosita. AGF 03-01 (actualmente sistema agroforestal: rosita-cacao) .....	96
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	
5.5. Parcela comercial de rambután. AGF 08-02.....	96
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	
5.6. Comportamiento de la canela en asocio con caoba como un sistema agroforestal temporal en la costa atlántica de Honduras. AGF 05-01 .....	97
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	
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) .....	98
<i>Alfredo Martínez</i>	

VI. Estudios de investigación de prácticas agroforestales .....	99
6.1. Evaluación de la injertación en el campo definitivo de clones de cacao. AGF 17-02 ...	99
<i>Alfredo Martínez</i>	
6.2. Parcela sucesional agroforestal dinámica con cacao y frutales. AGF 17-03.....	100
<i>Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	
6.3. Compatibilidad sexual de clones de cacao comerciales y promisorios de la FHIA y recomendación de arreglos de plantación en campo. CAC 16-01 .....	101
<i>Oscar Ramírez, Aroldo Dubón y Francisco Javier Díaz</i>	
6.4. Adaptación y comportamiento agronómico de plantas de cacao en campo a partir de plantas de vivero bajo tres condiciones de raíz. AGF 17-01 .....	108
<i>Oscar Ramírez, Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz</i>	
6.5. Caracterización física y organoléptica del grano de clones de cacao sobresalientes evaluados en el CEDEC-JAS. CAC-POS 19-01 .....	115
<i>Elvin Ávila</i>	
<i>Oscar Ramírez</i>	
6.6. Evaluación de clones promisorios seleccionados de progenies híbridas con mayores índices de rendimiento y tolerancia a moniliasis: I. Evaluación sensorial del licor de 18 cultivares de cacao FHIA y cinco introducciones de cacao fino. CAC 13-01 .....	122
<i>Héctor A. Aguilar</i>	
6.7. Manejo nutricional del cacao en Honduras. CAC 19-02.....	135
<i>Oscar Ramírez y Francisco Javier Díaz</i>	
6.8. Determinación de eficacia de <i>Metarhizium anisopliae</i> para el manejo de zompopos, <i>Atta</i> spp. (Hymenoptera: Formicidae): número de aplicaciones para alcanzar 50 % de nidos inactivos. CAC-DPV 18-02.....	160
<i>Hernán R. Espinoza</i>	

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Precipitación, temperatura mínima, máxima y media mensual en el CEDEC-JAS en La Masica, Atlántida, Honduras en 2021. ....	6
Cuadro 2. Precipitación, temperatura mínima, máxima y media mensual en el CADETH en La Masica, Atlántida, Honduras en 2021. ....	6
Cuadro 3. Producción anual, promedio de cinco años e incidencia de enfermedades en 18 clones de cacao desarrollado y evaluado por la FHIA (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021). ....	12
Cuadro 4. Producción de frutos sanos por árbol durante el cuarto año de registro, promedio, registros del 2021 de frutos enfermos y rendimiento de 12 clones de cacao seleccionado. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. Periodo 2018-2021. ...	16
Cuadro 5. Clones incluidos en cada uno de doce arreglos policlonales o tratamiento evaluados.	24
Cuadro 6. Resumen de resultados del análisis de varianza de seis variables de producción de cacao por arreglo policlonal en la prueba regional. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. 2019-2021. ....	28
Cuadro 7. Producción de frutos de cacao por árbol por arreglo policlonal en 2018 a 2021. Prueba regional del CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. ....	28
Cuadro 8. Producción de frutos y rendimiento de cacao por clon del 2018 al 2021. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021. ....	31
Cuadro 9. Cruzamientos, intercompatibilidad promedio y rendimiento potencial de sus progenitores. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida. ....	38
Cuadro 10. Resultados de análisis de suelo y aplicación de macronutrientes según requerimientos. ....	39
Cuadro 11. Producción de frutos sanos por árbol y afectados por enfermedades (Lote Guama) en diferentes familias interclonales de cacao seleccionadas en el CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras. 2020-2021. ....	40
Cuadro 12. Frutos sanos y enfermos familias interclonales de cacao seleccionadas en el Lote Sombra de Ternero (CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras. 2020-2021). ....	42
Cuadro 13. Clones de cacao autocompatibles en evaluación en campo. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida. 2019. ....	45
Cuadro 14. Clones renovados en el jardín clonal. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida. ....	48
Cuadro 15. Resumen metodológico para el levantamiento de las variables evaluadas en los sistemas agroforestales, zona norte de Honduras. ....	54
Cuadro 16. Cálculo de las poblaciones de cada componente en los SAF con cacao evaluados. ....	57
Cuadro 17. Variables dasométricas y agronómicas complementarias y precios de madera. 2021. ....	59
Cuadro 18. Modelos con mejor ajuste para la estimación del DAP (cm) para cada especie maderable, según los criterios AIC Y BIC. CEDEC-JAS, La Masica, Honduras. 2022. ....	61
Cuadro 19. Modelos con mejor ajuste para la estimación de la altura total (m) por cada especie maderable en SAF, según los criterios AIC y BIC. CEDEC-JAS, La Masica, Honduras. 2021. ....	63
Cuadro 20. Modelos con mejor ajuste para la estimación del volumen comercial (m <sup>3</sup> /árbol) por especie maderable en SAF, según los criterios AIC y BIC, CEDEC-JAS, La Masica. 2021. ....	65
Cuadro 21. Modelos con mejor ajuste para la estimación de la biomasa (t/árbol) de cada especie maderable, según los criterios AIC y BIC, en SAF, La Masica, Atlántida. 2021. ....	67

Cuadro 22. Correlación de Pearson entre cobertura, rendimiento e incidencia de monilia y mazorca negra en los 12 SAF.....	68
Cuadro 23. Resultados productivos y financieros por hectárea hasta 24 años de sistemas agroforestales con cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en la zona norte de Honduras.....	71
Cuadro 24. Atributos del cacao en socios con distintas especies maderables como sombra permanente. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida. 2021. ....	81
Cuadro 25. Desarrollo de cinco especies forestales asociadas con cacao como sombra permanente. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, 2021.....	82
Cuadro 26. Desarrollo de especies forestales asociadas con cacao como sombra permanente. CADETH, La Masica, Atlántida. 2022.....	83
Cuadro 27. Rendimiento de cacao en dos socios cacao-maderables. CADETH, La Masica, Atlántida. 2022. ....	83
Cuadro 28. Diámetro, altura e incremento medio anual (IMA) a los 24 años, de especies forestales establecidas en linderos en terrenos de ladera de baja fertilidad. CADETH, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021.....	85
Cuadro 29. 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. ....	86
Cuadro 30. Características de las parcelas con caoba ( <i>Swietenia macrophylla</i> ) establecidas en el CEDPRR-FHIA-Guaruma 1, La Lima, Cortés, Honduras. ....	88
Cuadro 31. Porcentaje de frutos formados producto de las cruzas para evaluar la intercompatibilidad de clones con mayor producción de frutos sanos del lote 18 cultivares. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2017-2021.....	105
Cuadro 32. Porcentaje de frutos formados producto de las cruzas para evaluar la intercompatibilidad de clones con mayor producción de frutas sanas del lote Marapolán. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021. ....	106
Cuadro 33. Resultados de autocompatibilidad sexual de ensayo 12 cultivares. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021.....	106
Cuadro 34. Porcentaje de frutos formados producto de las cruzas para evaluar la intercompatibilidad de clones con mayor producción de frutas sanas del ensayo 12 cultivares. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021.....	107
Cuadro 35. Prueba de hipótesis formal para los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza de las variables en estudio. CADETH, El Recreo, La Masica. 2021.....	111
Cuadro 36. 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.....	113
Cuadro 37. Características físicas de 12 clones de cacao seleccionados y en evaluación por su alta productividad. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida. 2021. ....	118
Cuadro 38. Clones de 18 cultivares seleccionados para evaluación sensorial (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida). ....	124
Cuadro 39. Selección de clones introducidos Dubón FHIA (IDF) y Carmelo a la colección de germoplasma. ....	124
Cuadro 40. Términos utilizados para las evaluaciones de sabor con los descriptores, y ejemplos de notas de referencia u origen para la calibración de catadores. Seguine y Sukha (2015). ....	124
Cuadro 41. Atributos (principales y sub-atributos relacionados) para la evaluación del sabor del licor de cacao.....	126



Cuadro 42. Resultados de la evaluación sensorial de cinco cultivares seleccionados de cacao FHIA de 18 cultivares y tres combinaciones con dos clones. CEDEC-JAS, La Másica, Atlántida.....	128
Cuadro 43. Resultados de la segunda sesión de cata, evaluación sensorial de cuatro licores combinados con 4 cultivares y dos licores combinados con dos cultivares de cacao de los 18 cultivares compuestos por clones FHIA. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida. ....	129
Cuadro 44. Resultados de la evaluación sensorial de licores seis cultivares de cacao (18 cultivares FHIA) CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida. ....	131
Cuadro 45. Evaluación sensorial de seis licores de cacao en forma individual y en combinación de la colección Introducción Dubón FHIA (IDF) y Carmelo. ....	133
Cuadro 46. Plantaciones de cacao seleccionados para el ensayo de nutrición en cacao. ....	138
Cuadro 47. Características generales de las parcelas de cacao en sistemas agroforestales seleccionadas para el estudio.....	139
Cuadro 48. Tratamientos aplicados para la nutrición de árboles de cacao en plantaciones agroforestales en Honduras. ....	139
Cuadro 49. Prueba de hipótesis Shapiro Wilks para comprobación del supuesto de normalidad de los datos. Ensayo de nutrición en cacao. Proyecto CAHOVA. Año 2020 y 2021	143
Cuadro 50. Prueba de hipótesis de Levene para comprobar el supuesto de homogeneidad de varianzas. Ensayo nutrición en cacao. Año 2020 y 2021. ....	144
Cuadro 51. Rendimiento anual de cacao en sistemas agroforestales con diferentes fuentes de nutrientes en cuatro sitios/plantación en Honduras. Año 2021. ....	146
Cuadro 52. Contrastes ortogonales entre los tratamientos de nutrición con respecto al rendimiento del cacao. 2021.....	146
Cuadro 53. 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 2021. ....	149
Cuadro 54. Análisis económico en la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao en CADETH El Recreo, La Masica, Atlántida. 2021. ....	149
Cuadro 55. Producción de frutos por árbol y rendimiento con diferentes fuentes para la nutrición de cacao en la Plantación-3. Berlín, Jutiapa, Atlántida. 2021. ....	150
Cuadro 56. Análisis económico en la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao en la plantación-3, Berlín, Jutiapa, Atlántida. 2021. ....	150
Cuadro 57. 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. 2021.....	151
Cuadro 58. Análisis económico marginal de la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao de finca de Danery Cubas en El Zapote, Jutiapa, Atlántida. 2021. ....	151
Cuadro 59. Rendimiento en frutos/árbol y kg/ha, en la parcela experimental del CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida. 2020-2021. ....	152
Cuadro 60. Análisis económico marginal de la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao de finca de CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida. 2021.....	153
Cuadro 61. Evolución de la actividad de zompopos <i>Atta</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) y número de nidos activos en los tratamientos de la prueba sobre su manejo con el hongo <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) en diferentes fechas (CADETH, FHIA. La Masica, Atlántida. Enero de 2021 a enero de 2022). ....	163

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Precipitación mensual en el CEDEC-JAS y CADETH durante el año 2021. La Masica, Atlántida, Honduras. ....	7
Figura 2.	Precipitación anual en el CEDEC-JAS (1987-2021). La Masica, Atlántida, Honduras. ....	7
Figura 3.	Temperatura media anual registrada en el CEDEC-JAS durante el periodo 1986-2021. La Masica, Atlántida, Honduras. ....	8
Figura 4.	Distribución mensual de la temperatura media mensual registrada en el CEDEC-JAS durante el periodo 1986-2021. La Masica, Atlántida, Honduras. ....	8
Figura 5.	Estrategia de mejoramiento genético en cacao. ....	9
Figura 6.	Producción anual promedio del 2017-2021 de frutos sanos por árbol de 18 clones seleccionados y evaluados por la FHIA en el CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras. ....	13
Figura 7.	Rendimiento promedio en kg/ha del periodo 2017-2021 de 18 clones desarrollados y evaluados por la FHIA en el CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras. ....	13
Figura 8.	Distribución del rendimiento total por año de 18 cultivares de cacao evaluado por FHIA en el CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras. ....	15
Figura 9.	Promedio acumulado de 4 años de cosecha de frutos sanos por árbol en 12 clones de cacao desarrollados y evaluados por la FHIA. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2018-2020. ....	17
Figura 10.	Rendimiento anual promedio de 3 años de cosecha de cacao seco de 12 clones de clones seleccionados y evaluados por la FHIA. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2018-2020. ....	17
Figura 11.	Producción anual de cacao y proporción de frutos dañados de 12 clones desarrollados y evaluados por la FHIA. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2018-2021. ....	18
Figura 12.	Clones de cacao promisorios del estudio de 12 cultivares. CEDEC-JAS. 2022. ....	19
Figura 13.	Bellota de cacao criollo (izquierda) y almendras blancas de cacao criollo (derecha) ..	21
Figura 14.	Croquis del experimento. El número dentro de cada cuadrante corresponde al tratamiento/policlon. ....	24
Figura 15.	A. Registro de variables durante la cosecha y B. Al terminar el beneficiado. ....	24
Figura 16.	Gráficos QQ-plox y valor de probabilidad de la normalidad en prueba formal Shapiro-Wilks ( $p$ -valor $> 0.05$ ) sobre los residuos de los datos en las variables de estudio. 2019-2021. ....	25
Figura 17.	Residuos versus predichos, prueba Levene ( $p$ -valor $> 0.05$ ) para homogeneidad de varianza de los datos en las principales variables. Año 2019-2021. ....	26
Figura 18.	Promedio y distribución de frutos sanos y con diversos daños por plagas y enfermedades por hectárea y por árbol, en la prueba regional. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida. 2018-2021. ....	27
Figura 19.	Producción de frutos sanos por árbol, de 12 arreglos policlonales en El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. CADETH, FHIA. 2021. ....	29
Figura 20.	Rendimiento de cacao seco, de 12 arreglos policlonales. CADETH, El Recreo, Atlántida, Honduras. 2021. ....	30
Figura 21.	Rendimiento anual de los 12 arreglos policlonales de cacao desde 2019 hasta el 2021. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021. ....	30

Figura 22. Producción de mazorcas sanas/árbol por clon. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021.....	33
Figura 23. Rendimiento por clon. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras, 2021. ....	34
Figura 24. Distribución del rendimiento por año y promedio (kg/ha/clon) entre 2019-2021. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras, 2021. ....	35
Figura 25. Cantidad de frutos sanos y enfermos de las progenies más productivas en el lote guama. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021. ....	41
Figura 26. 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. 2021).....	43
Figura 27. A. Siembra de maíz, B. Control de malezas y aporque y, C. Maíz como sombra cacao. ....	46
Figura 28. Conteo y peso de granos. ....	46
Figura 29. Crecimiento vigoroso del cacao. ....	47
Figura 30. Clon FHIA-430 al inicio de floración. ....	49
Figura 31. Curvas de crecimiento en DAP de 12 especies maderables en sistemas agroforestales con cacao. Nota: Letras iguales muestran especies con el mismo DAP en el último año de evaluación (prueba DGC, $p > 0.05$ ). ....	60
Figura 32. Curvas de crecimiento en altura total de 12 maderables en SAF. Nota: Letras iguales muestran especies con misma altura en el último año de evaluación (prueba DGC, $p > 0.05$ ). ....	62
Figura 33. Curva de crecimiento en volumen comercial de 12 especies maderables en SAF. Letras iguales muestran especies con el mismo volumen en el último año de evaluación (prueba DGC, $p > 0.05$ ). ....	64
Figura 34. Tasas de crecimiento anual en biomasa del volumen de madera comercial (t/árbol) de 12 especies maderables en SAF. Letras iguales muestran especies con la misma biomasa en el último año de evaluación (prueba DGC, $p > 0.05$ ). ....	66
Figura 35. Representación de la correlación entre cobertura (%) y área basal de los maderables ( $m^2/ha$ ) y su influencia sobre el rendimiento del cacao (círculos de mayor tamaño, menor rendimiento del cacao) en SAF, en la zona norte de Honduras. ....	68
Figura 36. Diagrama de dispersión y la asociación entre las variables. ....	69
Figura 37. Diagrama de dispersión biespacial de CP1 y CP2, de las variables financieras de SAF.....	69
Figura 38. Diagrama de dispersión biespacial de CP1 y CP3, de las variables financieras del SAF sistemas agroforestales con cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en la zona norte de Honduras. ....	70
Figura 39. SAF con cacao de los más promisorios según sus ingresos netos que forman parte del estudio: A. <i>Ilex tectónica</i> y B. <i>Dalbergia glomerata</i> . ....	75
Figura 40. Vista panorámica de plantación de caoba del atlántico.....	79
Figura 41. Muerte de patrón de injerto de cambio de copa de cacao. ....	80
Figura 42. Parcela de marapolán/cacao (izquierda). Marcación de árboles de marapolán (derecha). ....	80
Figura 43. Vista panorámica de parcela de ibo.....	81
Figura 44. Lindero de limba ( <i>Terminalia superba</i> ) en el CADETH. ....	84
Figura 45. Árboles de ciruelillo ( <i>Huertea cubensis</i> ) establecidos en faja. ....	86
Figura 46. Vista de plantas de cacao y caoba del Atlántico en asocio. ....	87

Figura 47. Poda de formación en árboles de madreaje.....	89
Figura 48. Rajamiento en tronco en árboles de caoba producido por ardillas.....	89
Figura 49. Medición de diámetro y altura comercial en árbol de caoba del atlántico.....	90
Figura 50. A. Embolsado de frutas, B. Cajas llenas y C. Comercialización de frutos.....	94
Figura 51. Cosecha de frutos, formación de racimos en el árbol y apariencia de frutos.....	95
Figura 52. Planta y frutos de cacao CCN-51.....	95
Figura 53. Cosecha y selección de frutas de rambután para comercialización.....	96
Figura 54. A. Rebrotos de canela, B. Poda de rebrotos, C. Extracción de la canela y D. Piezas de canela en raja de 5 pulgadas.....	97
Figura 55. Clones de cacao: FHIA 330, UF-29 e ICS-95.....	100
Figura 56. Clon de cacao en producción y vista panorámica de la parcela.....	100
Figura 57. Diagrama explicativo de los términos de compatibilidad con base en el intercambio de polen entre un mismo clon (superior) y distintos clones (inferior) y posibles resultados.....	102
Figura 58. Materiales utilizados en el proceso de pruebas de compatibilidad sexual en cacao. ..	103
Figura 59. Deformación de raíces adultas.....	108
Figura 60. Raíces de cacao en distintos estudios según tiempo en el vivero.....	109
Figura 61. Croquis del experimento para evaluar tres condiciones de raíz al trasplante. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida.....	110
Figura 62. Vista panorámica del ensayo.....	111
Figura 63. Izquierda QQ-plox, distribución de los cuantiles muestrales y los cuantiles teóricos, y derecha grafico de residuos versus predichos.....	112
Figura 64. Mortalidad de plantas (%). Izquierda condición de raíz y derecha diferentes clones ....	113
Figura 65. Biplots de CP1 y CP2, de las variables de caracterización de frutos y granos de cacao.....	117
Figura 66. Perfil de sabor y aroma de 5 cultivares individuales y 3 combinaciones de licor de cultivares selectos de cacao.....	129
Figura 67. Perfil de sabor y aroma de 4 combinaciones de cuatro cultivares y 2 combinaciones de licor de dos cultivares selectos de cacao.....	130
Figura 68. Perfil de sabor y aroma de seis licores cultivares selectos de cacao FHIA (18 cultivares) CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida.....	132
Figura 69. Perfil de sabor y aroma de seis licores nuevos de clones de cacao (IDF y Carmelo) en la estación del CEDEC-JAS, La Másica, Atlántida.....	133
Figura 70. Ubicación geográfica de las parcelas en estudio de nutrición.....	138
Figura 71. Rotulado de plantas (A), muestreo de suelo (B), mezclas físicas de fertilizantes (C) y aplicación de cal y lombricomposta (D).....	141
Figura 72. Croquis del ensayo nutricional de cacao en la finca de los productores.....	142
Figura 73. Croquis del ensayo nutricional en la parcela de cacao del CEDEC-JAS.....	142
Figura 74. Levantamiento de variables de cantidad de flores, cojinetes florales y pepinillos pormetro lineal de ramas productivas (A) y registro de frutos (B).....	143
Figura 75. QQ-plox, ddistribución de los cuantiles muestrales y los cuantiles teóricos. Ensayo nutrición en cacao. Proyecto CAHOVA. Año 2020 y 2021 .....	144
Figura 76. Residuos versus predichos. Ensayo nutrición en cacao. Proyecto CAHOVA. Año 2020 y 2021 .....	145
Figura 77. Producción de frutos por árbol bajo diferentes sistemas de fertilización y proporción de afectaciones por causa. 2021.....	147

Figura 78. Producción de frutos por árbol en distintas plantaciones y proporción de afectaciones por causa. 2021. ....	147
Figura 79. Rendimiento: nutrición*plantación 2021. ....	148
Figura 80. Distancia Euclídea con las propiedades de suelo estandarizadas (Ward) en el tratamiento químico por cada plantación. 2020-2021. ....	153
Figura 81. Distancia Euclídea con las propiedades de suelo estandarizadas (Ward) en el tratamiento orgánico por cada plantación. 2020-2021. ....	154
Figura 82. Distancia Euclídea con las propiedades de suelo estandarizadas (Ward) en el tratamiento de nutrición realizado por el productor, por cada plantación. 2020-2021. ....	154
Figura 83. Actividad <sup>1</sup> promedio (n = 10) en nidos de zompopos, <i>Atta</i> sp. (Hymenoptera: Formicidae) involucrados en el ensayo de validación de manejo con <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae). CADETH, FHIA. La Masica, Atlántida. Enero de 2021 a enero de 2022. <sup>1</sup> Zompopos entrando y saliendo del nido durante 2 minutos. ....	162

### LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados de análisis de suelo, requerimiento nutricional y recomendación para aplicación de tratamientos. Año 2020 y 2021. ....	158
Anexo 2. Recomendación de dosis en los tratamientos químico y orgánico, para estimar producir 1,000 kg de cacao hectárea. Año 2020 y 2021. ....	159
Anexo 3. Análisis químico a priori de lombricomposta (orgánica) y a posteriori del insumo de abonamiento de la plantación-2. ....	160

## I. INTRODUCCIÓN

Los centros de investigación del Programa de Cacao y Agroforestería de la FHIA son referencia en la región centroamericana y siempre abren sus puertas a técnicos, estudiantes y productores que desean aprender sobre la producción de este y otros cultivos. El esfuerzo que realizamos como 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 al medio ambiente y complementadas con capacitaciones tanto a productores como a técnicos.

El 2021 inició con el seguimiento de manejo especial de las plantaciones agroforestales para remediar los efectos de las tormentas tropicales. Se observó la disminución del rendimiento en la producción de cacao de las parcelas en general causada por los fuertes vientos y el exceso de agua de lluvia. La afectación de la moniliasis y la mazorca negra propició un incremento en la incidencia y severidad de las enfermedades, no solamente en los centros de investigación, sino también en las fincas de los productores. Sin embargo, a pesar de los impases en el ciclo, las actividades del Programa relacionadas a la investigación y transferencia de tecnologías se mantuvieron en general de forma constante.

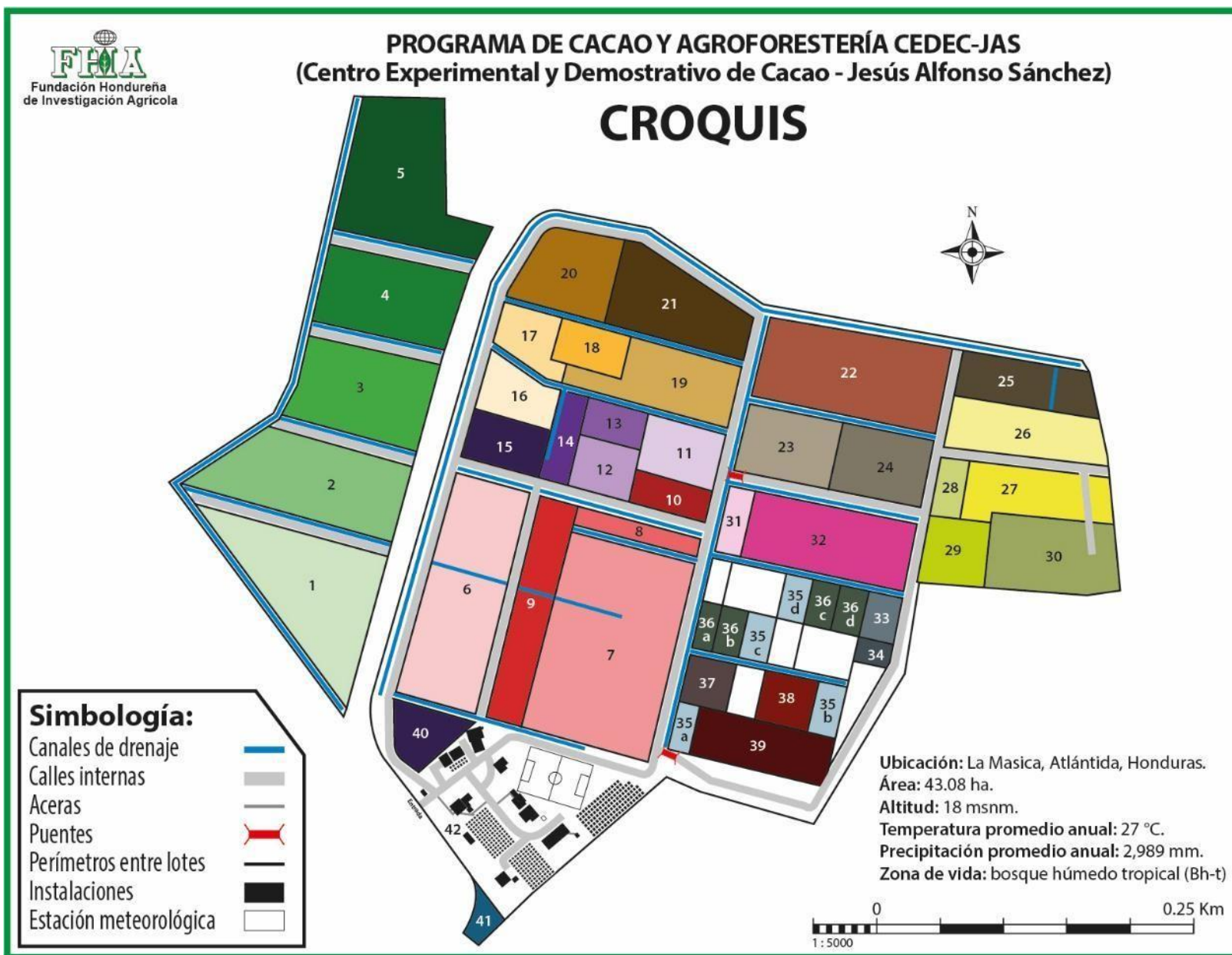
En el área de investigación en cacao se reportan resultados sobre la evaluación de nuevos clones de cacao con características de fineza y aroma. El ensayo insigne que evalúa 18 cultivares con registros de 5 años de cosechas y que aparece en la Sección 3.1 de este informe, demuestra la sostenibilidad de un excelente potencial productivo de varios clones FHIA, desarrollados en el CEDEC-JAS. Los mejores clones ya conforman nuevos arreglos policlonales que están establecidos tanto en nuestra estación como en parcelas de productores independientes en otras zonas de producción. El Programa continúa avanzando en otras líneas de investigación como: determinación de niveles de compatibilidad sexual entre clones promisorios, resistencia a monilia y mazorca negra, análisis de las características físicas y organolépticas y la evaluación de programas de nutrición sobre la productividad 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. Toda esta investigación la desarrolla el Programa principalmente en sus estaciones CEDEC-JAS (Centro Experimental Demostrativo de Cacao-Jesús Alfonso Sánchez) y CADETH (Centro Agroforestal Demostrativo del Trópico Húmedo), ambas ubicadas en La Masica, Atlántida, Honduras, así como también la Sección 38, Guaruma 1 en La Lima, Cortés, Honduras.

El componente de investigación forestal y agroforestal, que se reporta en la Sección IV de este informe, señala que en la estación del CADETH se continúa con los trabajos en prácticas culturales que favorecen la recuperación y el uso sustentable de suelos de ladera a través de sistemas agroforestales. Sobresale en este periodo el trabajo realizado que se presenta, por primera vez, en la Sección 4.1 titulado: **Evaluación productiva y potencial de ingresos económicos de 12 sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona norte de Honduras**. Este trabajo recopiló datos de más de 24 años y permitió realizar un análisis productivo y económico de los productos provenientes del SAF; de igual forma, la metodología empleada en este estudio permitió: a) construir las curvas y tasas de crecimiento de los maderables; b) realizar análisis de correlación entre la cobertura arbórea, área basal del maderable, rendimiento de cacao e incidencia de monilia y mazorca negra y c) realizar un análisis económico y análisis de componentes principales (ACP) con las variables financieras para cada componente agroforestal.

En lo referente a proyectos especiales, atendiendo la orden emanada de la Dirección General, se inició la construcción de una estructura protegida para la producción de 25 mil plantas de cítricos. La producción cítrica, especialmente la de naranja se ha visto fuertemente afectada por la enfermedad *Huanglongbing* o también llamada HLB; la cual es transmitida por un insecto vector. Una de las alternativas, para el manejo de esta enfermedad, es utilizar plantas sanas desarrolladas en ambientes en donde el insecto no tenga contacto con la misma al establecer las plantaciones de cítricos. Esta nueva actividad brindará a los productores de la zona alternativas de acceso a material de siembra limpio de la enfermedad. También, durante el 2021 se inició la compra de cacao en baba a productores independientes quienes reciben asistencia en su finca por técnicos del Programa, como parte de la prueba piloto implementada. Esta actividad permitirá incrementar los volúmenes de cacao beneficiado en el CEDEC-JAS y poder aliviar en cierta forma la demanda insatisfecha de nuestros clientes y mejorar la productividad en las fincas de productores.

Finalmente, a nivel nacional las exportaciones de cacao se mantuvieron muy similares a las del periodo anterior; esto es positivo si consideramos que a finales de 2020 las zonas cacaoteras fueron afectadas fuertemente por las tormentas tropicales Eta y Iota y que su paso coincidió con la etapa de floración y formación de pepinillo que representa la cosecha en el primer pico de producción del año siguiente. De acuerdo a estadísticas del Banco Central de Honduras, el país logró exportar cerca de 1,150 toneladas de cacao. Consideramos que la producción continuará en aumento producto de que muchas de las parcelas establecidas por la FHIA con el auspicio de proyectos entran en edades productivas y, por lo tanto, se debería ver reflejado en el presente periodo. Los precios para cacaos calidad A, a nivel nacional, se mantienen estables para las organizaciones y por encima de los precios internacionales de la bolsa de Nueva York. La empresa CHH (Chocolats Halba Honduras) sigue siendo referencia y representando la mejor alternativa para las organizaciones de productores que comercializan cacao fino y de aroma, con sellos de orgánico y comercio justo. A nivel mundial, se reporta que la producción de cacao estimada por la Organización Internacional del Cacao para el periodo 2020- 2021 (noviembre 2021) fue de 5.226 millones de toneladas, que es 10.4 % mayor a la reportada en el periodo anterior. Igualmente, la molienda a noviembre de 2021 se estimó en 4.959 millones de toneladas, lo que indica una producción ligeramente mayor a lo procesado (ICCO Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XLVIII, No. 4). Los precios internacionales de la bolsa de Nueva York para el periodo fueron bastante similares a los observados en el periodo anterior, con una variación de entre US\$ 2,236.00 y 2,763.00, con un promedio anual de US\$ 2,430.00 por tonelada (<https://tradingeconomics.com/commodity/cocoa>).

Esperamos que el Informe Técnico 2021 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.





### 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, Aroldo Dubón y Alfredo Martínez*

Programa de Cacao y Agroforestería

En el CEDEC-JAS y el CADETH de la FHIA la precipitación anual en el 2021 fue para ambas, menor tanto para el ciclo anterior como el promedio histórico (1986-2020). La temperatura media anual del período fue similar a la registrada el año anterior en CEDEC-JAS y mayor para el CADETH.

En el CEDEC-JAS la precipitación registrada durante el 2021 fue de 2,856.8 mm (Cuadro 1). El valor registrado en el periodo fue 105.4 mm menor al promedio histórico desde 1986. A diferencia de 2020, en este periodo se registró lluvia en todos los meses del año; en donde enero registró la más alta precipitación (677.3 mm) y mayo la más baja (42.8 mm), respectivamente (Figura 1). En este mismo Centro, la temperatura tuvo un promedio mínimo anual de 21.4 °C y máxima de 33.4 °C, con una media anual de 27.4 °C (Cuadro 1). De mayo a octubre se registraron las mayores temperaturas promedio mensual con 36.1 °C, mientras que, entre noviembre y marzo se registraron las menores temperaturas mínimas promedio con 18.3 °C. El promedio de la temperatura media en el año fue de 27.4 °C, similar al registrado en el año 2020 (Figura 3). De igual manera la distribución histórica mensual (Figura 4) refleja que, entre los meses de abril a septiembre, se registran las temperaturas mensuales promedio más altas.

En el CADETH se registró una precipitación de 3,494.2 mm, la cual sobrepasa en 637.4 mm la precipitación registrada en el CEDEC-JAS. Coincidentemente con el CEDEC-JAS, en todos los meses del año se registró precipitación lo que indica una distribución promedio de 291 mm por mes (Figura 1). En CADETH, las lluvias comenzaron a incrementarse en el mes de octubre hasta el mes de enero. Sin embargo, algo curioso en este 2021 lo marcó la clara diferencia en las precipitaciones registradas entre marzo y septiembre para ambas estaciones. En el 2020 para el mismo periodo, la diferencia fue de 108 mm mayor en el CADETH; mientras que, en el 2021, esa diferencia se incrementó a 974.8 mm indicando que las lluvias estuvieron mejor distribuidas y en mayor cantidad a lo largo del año (Figura 1).

En lo referente a temperatura, se observa que la distribución es más homogénea a lo largo del año, con los meses de diciembre a febrero que registraron las temperaturas más bajas, mientras que entre mayo a septiembre se registran las temperaturas promedio más altas. La temperatura media anual fue de 25.1 °C. Por problemas en el termómetro utilizado en la estación, no se presentan registros de temperatura para el mes de enero.

Los niveles de incidencia de mazorca negra y monilia fueron similares a los observados en el 2020, con un leve decremento de 0.95 % para la primera y un incremento de 1.7 % para la segunda.

Cuadro 1. Precipitación, temperatura mínima, máxima y media mensual en el CEDEC-JAS en La Masica, Atlántida, Honduras en 2021.

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura media mensual (°C)		
		Mínima	Máxima	Promedio
Enero	677.3	19.6	30.3	25.0
Febrero	327.2	19.2	31.6	25.4
Marzo	139.8	20.0	30.9	25.5
Abril	80.0	22.1	33.6	27.9
Mayo	42.8	23.0	35.0	29.0
Junio	84.0	23.3	36.2	29.7
Julio	153.0	22.5	35.9	29.2
Agosto	153.4	22.7	35.8	29.3
Septiembre	59.2	22.7	37.5	29.2
Octubre	329.6	21.1	34.0	28.0
Noviembre	612.0	20.6	29.0	24.8
Diciembre	198.5	20.1	31.2	25.7
<b>Total/promedio</b>	<b>2,856.8</b>	<b>21.4</b>	<b>33.4</b>	<b>27.4</b>

Cuadro 2. Precipitación, temperatura mínima, máxima y media mensual en el CADETH en La Masica, Atlántida, Honduras en 2021.

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura media mensual (°C)		
		Mínima	Máxima	Promedio
Enero	424.4	SR	SR	SR
Febrero	266.4	16.3	26.1	21.2
Marzo	309.1	19.8	31.1	25.5
Abril	266.8	20.7	31.6	26.7
Mayo	210.3	22.4	33.7	28.1
Junio	167.0	22.5	33.7	28.1
Julio	353.1	21.9	33.2	27.6
Agosto	238.0	21.4	31.6	26.5
Septiembre	143.0	22.2	33.3	27.8
Octubre	373.0	21.7	31.8	26.8
Noviembre	573.4	29.2	27.6	28.1
Diciembre	169.7	23.4	28.8	26.1
<b>Total/promedio</b>	<b>3,494.2</b>	<b>22.0</b>	<b>31.1</b>	<b>25.1</b>

SR: sin registro

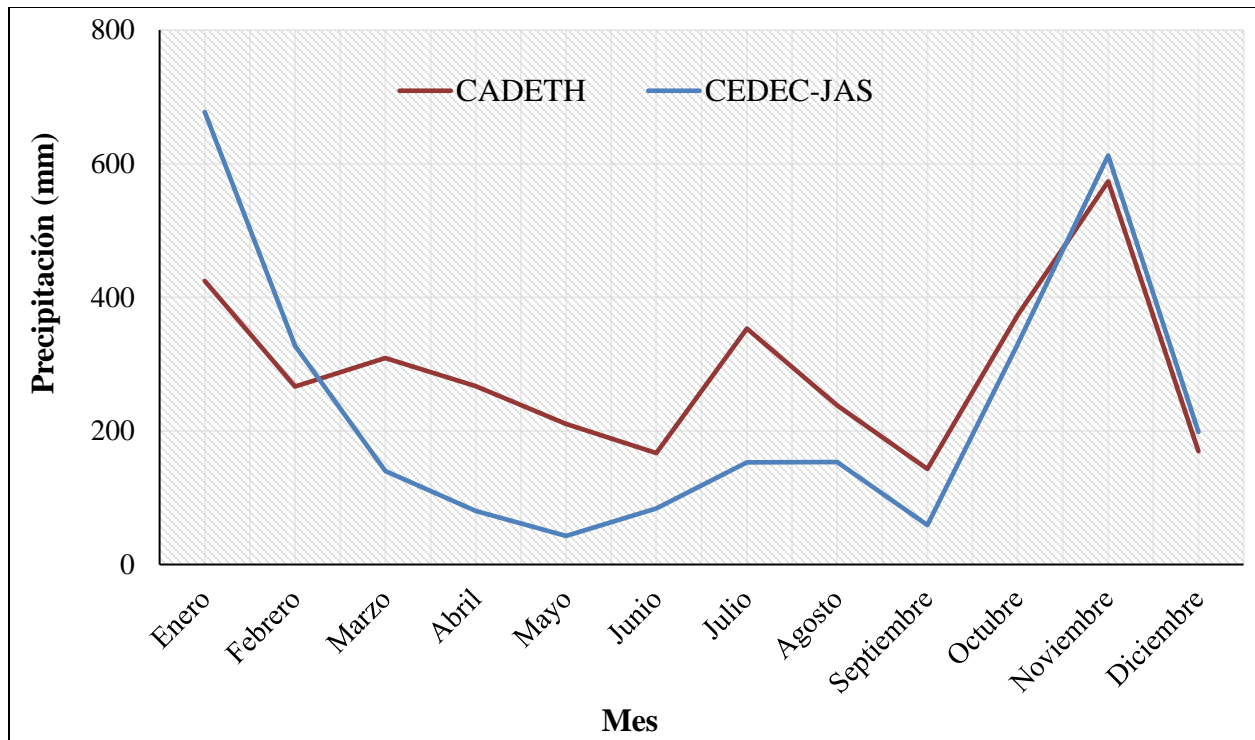


Figura 1. Precipitación mensual en el CEDEC-JAS y CADETH durante el año 2021. La Masica, Atlántida, Honduras.

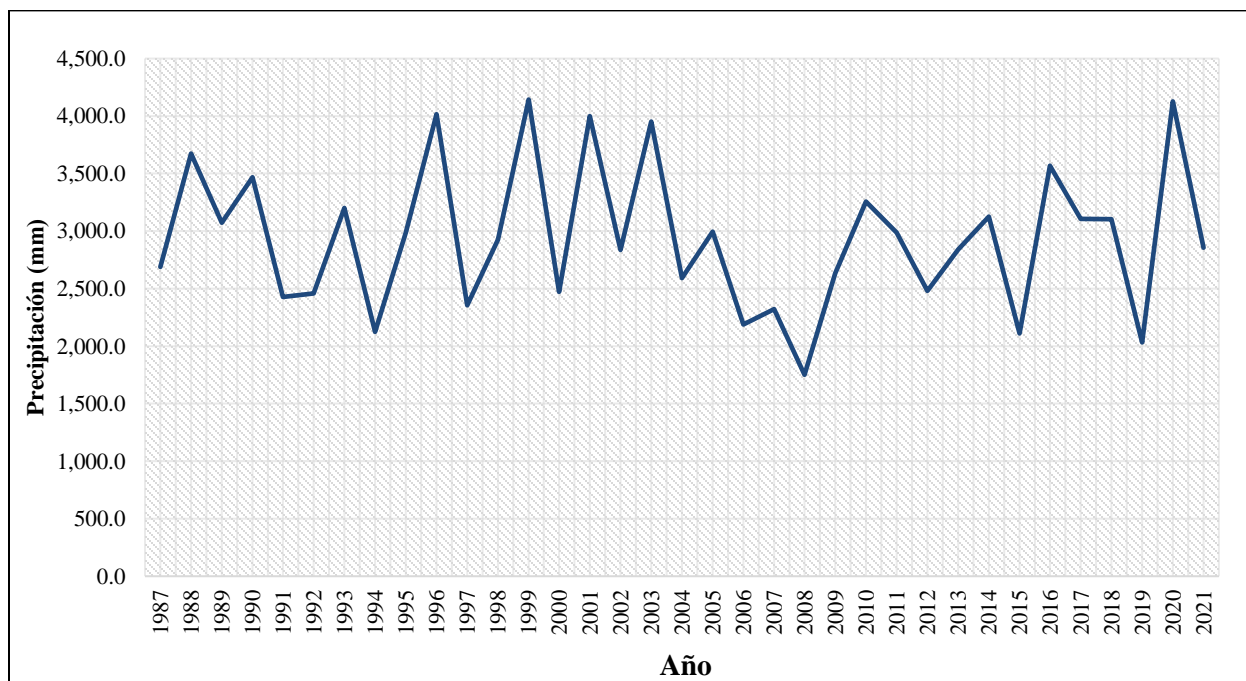


Figura 2. Precipitación anual en el CEDEC-JAS (1987-2021). La Masica, Atlántida, Honduras.

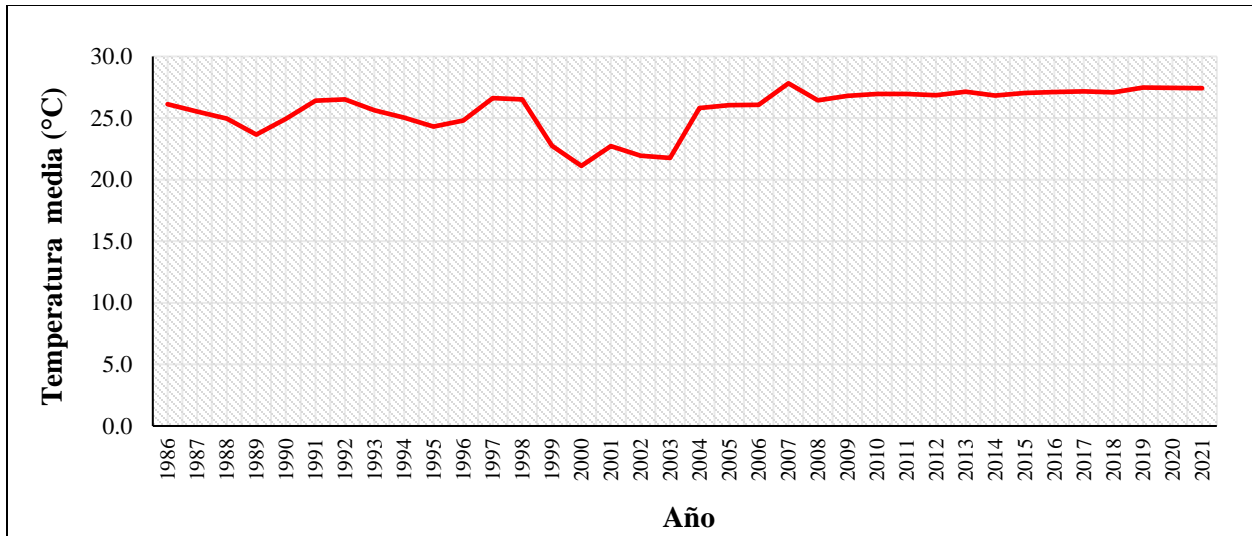


Figura 3. Temperatura media anual registrada en el CEDEC-JAS durante el periodo 1986-2021. La Masica, Atlántida, Honduras.

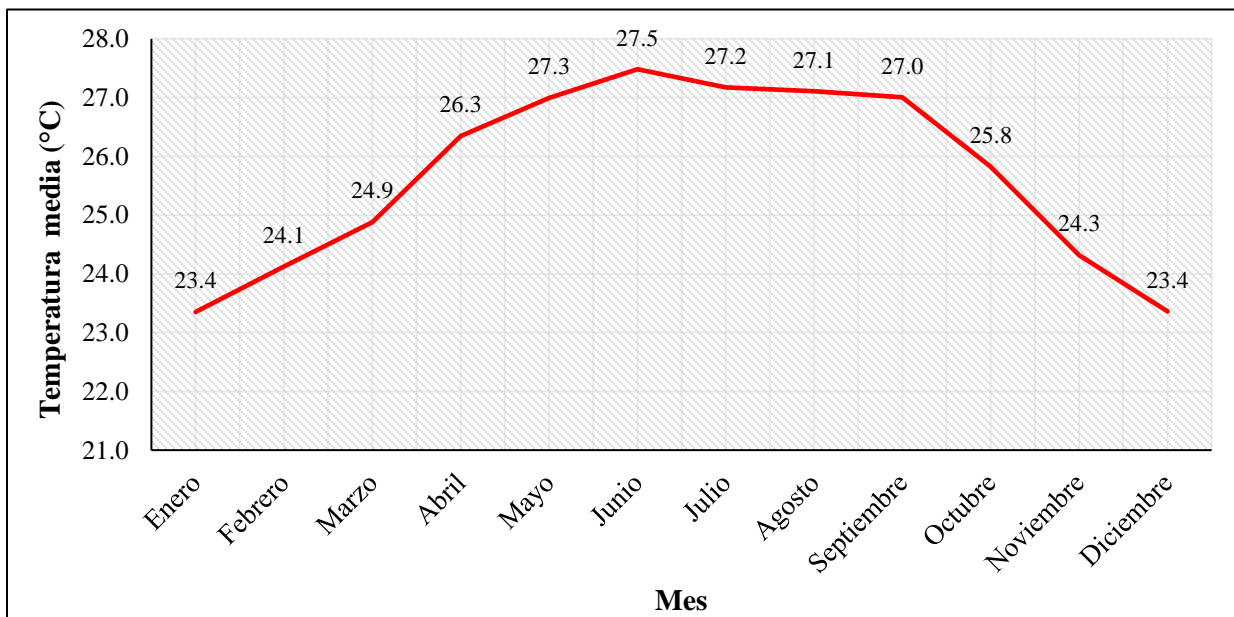


Figura 4. Distribución mensual de la temperatura media mensual registrada en el CEDEC-JAS durante el periodo 1986-2021. La Masica, Atlántida, Honduras.

### 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 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, y recientemente de clones seleccionados y evaluados a partir de progenies seleccionadas en la estación del CEDEC-JAS. La estrategia de evaluación de clones de cacao iniciada en el 2002, está constituida por diversas etapas que se presentan en la Figura 5:

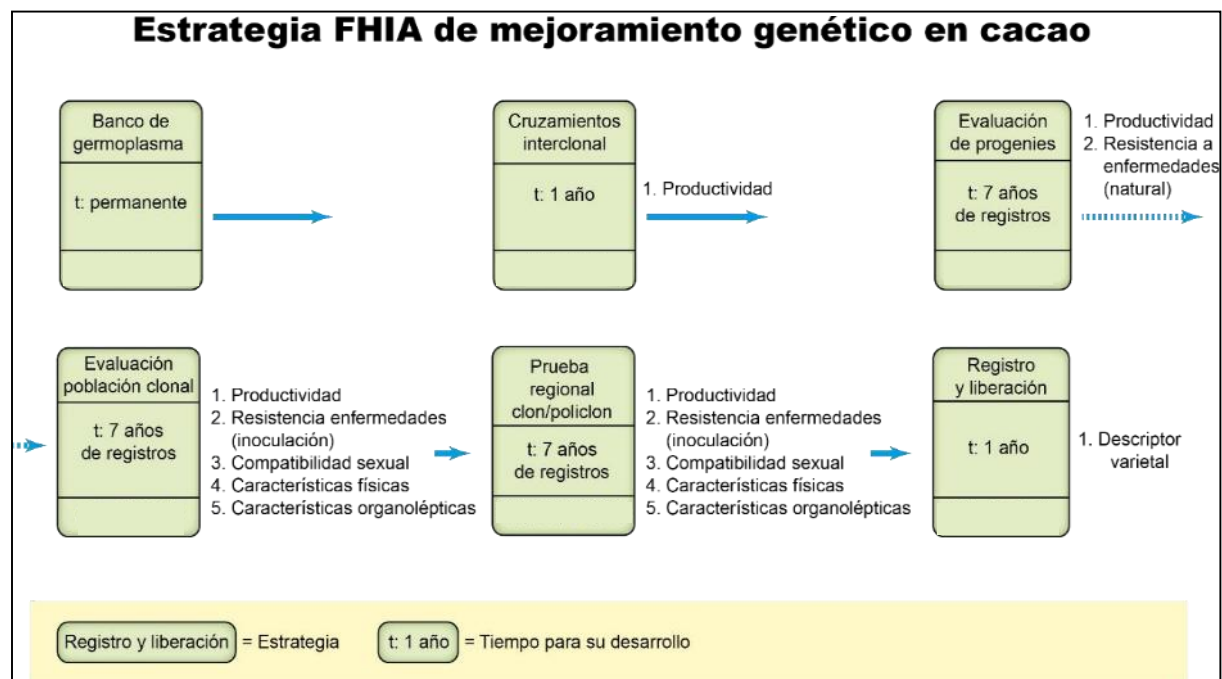


Figura 5. Estrategia de mejoramiento genético en cacao.

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 clones de cacao. 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 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 mancha y se distribuye de la siguiente manera: materiales resistentes con diámetro entre 0.0 y 2.0 cm, moderadamente resistentes para manchas con diámetro entre 2.1 a 4.0 cm, moderadamente susceptibles para manchas entre 4.1 a 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 resistencia.

**Niveles de autocompatibilidad e intercompatibilidad sexual.** Esta característica se evalúa realizando polinizaciones manuales a través de las cuales se determina la compatibilidad (auto e inter) de diferentes clones, mediante los porcentajes de cuajamiento del fruto, los cuales deben ser mayores o iguales a 30 %. La compatibilidad es importante en la selección de clones para la conformación de los arreglos policlonales de siembra en el campo definitivo.

**Características organolépticas de fineza y aroma.** Esta variable es complementaria y brinda información sobre las características de sabor y aroma de los clones seleccionados. 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, de 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*

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 (Fase 6). Bajo la estrategia 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 entre 1999 y 2012 donde se determinó su potencial productivo y resistencia a moniliasis y mazorca negra.

#### **Materiales y métodos**

Dentro del cuarto paso 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 con un segundo ensayo complementario establecido en septiembre de 2014, se evalúan 12 clones que provienen de progenies evaluadas y seleccionadas en un ensayo anterior bajo el mismo esquema de investigación. 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 m<sup>2</sup> 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 del rendimiento comercial de mazorcas sanas por árbol y extrapolado a hectárea con base en una densidad de población de 1,100 árboles. Adicionalmente, se registra la incidencia de mazorcas afectadas por moniliasis y mazorca negra, el índice de semilla y de mazorca. Para el registro de la variable mazorcas sanas se realizaron cosechas en intervalos no mayor a 3 semanas durante todo el año. Del total de mazorcas cosechadas para cada tratamiento, se clasificaron las sanas y las dañadas por enfermedades. El rendimiento del año, así como el promedio de cosecha de los últimos 5 años permite el análisis de las variables de producción e incidencia de enfermedades mediante análisis de varianza conforme al modelo correspondiente. De encontrarse efecto significativo de clones se utiliza la prueba de Duncan para la separación de medias y sus intervalos de confianza ( $p \leq 0.05$ ).

### Resultados y discusión

A continuación, se presentarán los datos al quinto año de cosecha y octavo de edad de la plantación. Para cada clon, se presentarán los valores de producción de mazorcas por árbol y extrapolado a rendimiento de cacao seco por hectárea considerando el índice de mazorca para cada uno. También, se podrá observar la incidencia de enfermedades para este periodo y cómo se distribuyó la cosecha por árbol considerando estos factores. Finalmente, con la información recabada a la fecha, presentaremos una propuesta de policlon compuesto por los mejores clones con base en su producción, la cual se ha mantenido estable a través del tiempo de evaluación.

**Rendimiento comercial.** El rendimiento comercial promedio de los 18 clones en el 2021 fue ligeramente superior al de 2020 y también al promedio de varios años de cosecha. Cinco clones (FHIA-65, FHIA-612, FHIA-741, FHIA-228 y FHIA-130) registraron valores ligeramente menores al ciclo anterior y con un rango entre 2 y 54 kg por hectárea, respectivamente. Los otros 13 clones mostraron valores superiores para el presente ciclo cubriendo un rango entre 2 kg (FHIA-430) y 115 kg (FHIA-225) por hectárea. El promedio general del periodo es 125 kg mayor al promedio de los cinco años; sin embargo, si observamos el intervalo de confianza de la media general para cada clon concluimos que el valor está dentro del rango normal. El intervalo de confianza ( $p \geq 0.95$ ) están incluidos por primera vez en el cuadro de rendimientos (Cuadro 3), estos deben interpretarse como el rango mayor o menor con respecto a la media o promedio de cinco años de cosecha. Por ejemplo, el clon FHIA-310 podría tener un potencial de producción de hasta 2,131 kg o bien, uno mínimo de 1,615 kg por hectárea, dependiendo por supuesto de la edad de la plantación, condiciones de clima y manejo del sistema. Importante es que aplicando el límite inferior con 95 % de confianza, tenemos siete clones con valores mínimos arriba de la tonelada por hectárea, lo cual es muy bueno para el productor. En general, a partir del quinto año de producción, se esperaría una nivelación de la producción sin alteraciones mayores.

La producción de frutos sanos para el presente periodo fue en promedio 29.3 frutos por árbol, con un incremento de 1.5 frutos en relación con la producción obtenida en el 2020. Al aplicar el índice de mazorca para cada clon observamos que los clones FHIA-310 y FHIA-330 son los únicos que registran un rendimiento arriba de dos toneladas por hectárea. Once clones de la lista superan los



1,300 kg/ha.

La Figura 6 y la Figura 7 muestran la distribución de los clones FHIA de acuerdo con el rendimiento promedio de cinco años productivos, tanto en número de frutos sanos por árbol como de cantidad de cacao seco por hectárea. Para el primer parámetro, el rango está entre 37.7 frutos (FHIA-65) y 15.5 frutos por árbol (FHIA-736). Para la determinación del rendimiento de cacao seco por cada clon, se incluye el índice de mazorca, o sea, la cantidad de mazorcas para producir un kg de cacao seco. Por ejemplo, para el clon FHIA-310, el índice de mazorca es de 15.77 y el promedio en cinco años es de 26.9 frutos por árbol; al hacer la conversión da un valor de 1.71 kg de cacao seco por planta y es por eso que en la Figura 7 sobresale como el clon de mayor rendimiento. Sin embargo, incluyendo también el índice de semilla, peso de semilla, y tomando como referencia el criterio de Chocolats Halba que recomienda pesos entre 1.05 y 1.43 g, vemos que este clon es productivo, debido a que su mazorca y peso de semilla de 1.5 g, son altos. El criterio deseable de FHIA para el índice de mazorca es que sea igual o menor a 20, pero valores por encima de este valor deben ser tomados en cuenta al momento de conformar arreglos policlonales, asegurando un criterio productivo y al mismo tiempo reduciendo la variabilidad al momento del beneficiado juntando clones de tamaños más o menos similares.

Cuadro 3. Producción anual, promedio de cinco años e incidencia de enfermedades en 18 clones de cacao desarrollado y evaluado por la FHIA (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021).

Clon FHIA	Frutos/árbol					Sanos (5 años)	MN (2021)	Mon (2021)	Producción (kg/ha)	
	4° 2017	5° 2018	6° 2019	7° 2020	8° 2021				2021	Promedio (LC)
310	22.8	20.4	31.2	27.0	32.9	26.8	0.3	3.1	2,294	1,873 (1,615-2,131)
65	24.4	39.6	53.8	37.5	33.1	37.7	2.4	5.6	1,552	1,769 (1,470-2,067)
612	19.8	28.1	45.1	33.5	28.3	31.0	3.1	7.1	1,594	1,746 (1,388-2,104)
330	29.0	21.0	51.0	35.4	43.9	36.0	2.0	2.9	2,080	1,707 (1,370-2,043)
276	18.8	17.8	34.2	37.0	32.6	28.1	1.4	3.6	1,862	1,604 (1,229-1,979)
533	23.5	24.8	50.6	40.4	40.6	36.0	0.3	3.5	1,735	1,538 (1,244-1,833)
741	20.7	19.1	41.3	27.7	26.2	27.0	0.0	2.8	1,466	1,510 (1,173-1,848)
677	20.7	21.9	44.0	20.6	29.0	27.2	2.6	13.4	1,367	1,286 (971-1,602)
430	19.3	15.6	41.5	17.8	23.7	23.6	0.9	3.4	1,273	1,267 (977-1,556)
515	23.3	18.4	35.5	28.6	30.1	27.2	1.2	4.1	1,323	1,195 (955-1,436)
707	22.8	14.8	35.7	31.9	27.8	26.6	0.4	1.5	1,195	1,141 (943-1,339)
63	18.8	17.1	23.9	23.0	29.3	22.4	0.3	2.7	1,405	1,079 (846-1,312)
225	19.8	18.2	31.6	15.0	34.0	23.7	0.5	4.3	1,518	1,059 (785-1,333)
228	23.2	22.0	33.6	30.7	23.6	26.6	4.2	2.8	936	1,054 (834-1,273)
671	14.3	13.4	34.2	27.3	24.5	22.7	0.6	4.1	1,107	1,029 (792-1,265)
708	7.3	16.2	33.0	28.6	25.8	22.2	0.8	5.0	1,175	1,008 (755-1,260)
130	12.7	19.1	36.6	17.6	20.8	21.4	2.5	8.6	959	987 (768-1,206)
736	9.9	11.1	15.7	20.2	20.5	15.5	0.9	2.3	1,081	822 (658-987)
<b>Media</b>	<b>19.5</b>	<b>19.9</b>	<b>37.4</b>	<b>27.8</b>	<b>29.3</b>	<b>26.8</b>	<b>1.4</b>	<b>4.5</b>	<b>1,440</b>	1,315 ± 660
p-valor	0.001	< 0.001	0.002	0.066	0.072	<0.001	0.009	< 0.001	0.005	< 0.0001
C.V.	32.07	26.85	26.23	41.15	32.7	41.55	111.8	57.2	32.27	41.37
R <sup>2</sup>	0.69	0.73	0.67	0.35	0.38	0.31	0.54	0.65	0.48	0.36

°Edad. MN: Mazorca negra; Mon: Monilia; LC: Límite de confianza = 95 %.

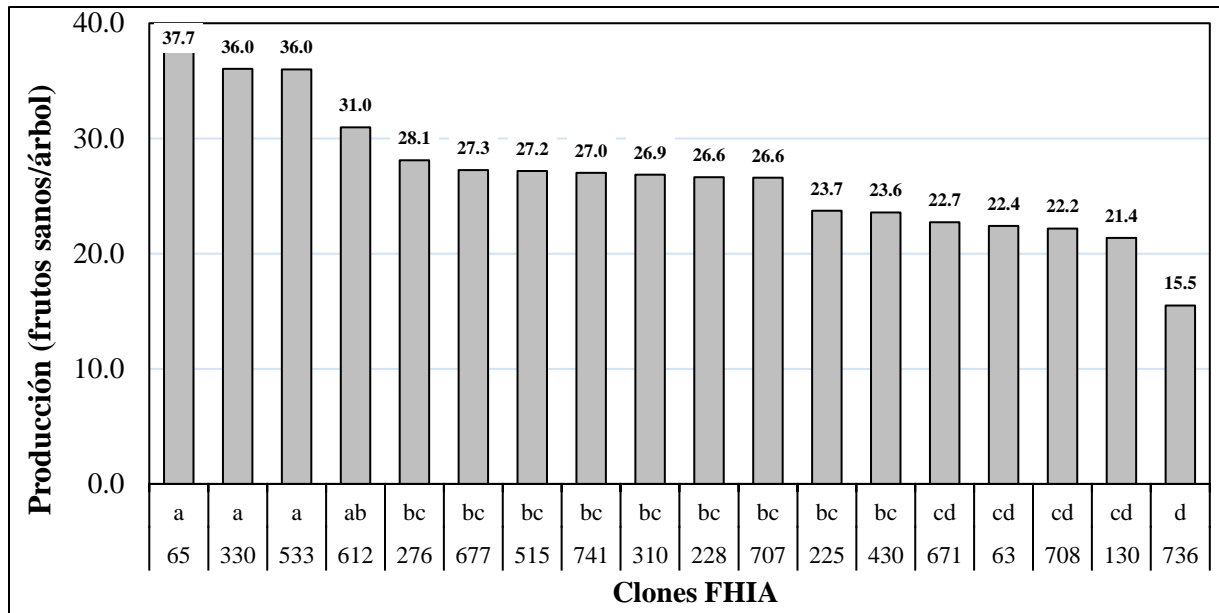


Figura 6. Producción anual promedio del 2017-2021 de frutos sanos por árbol de 18 clones seleccionados y evaluados por la FHIA en el CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras.

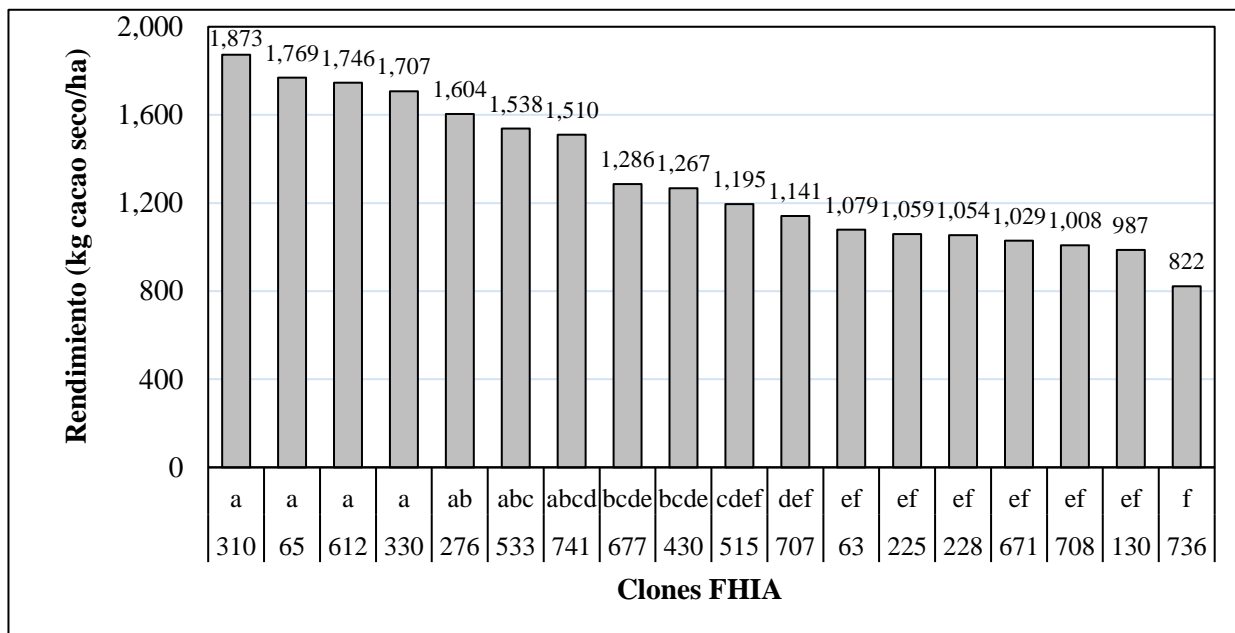


Figura 7. Rendimiento promedio en kg/ha del periodo 2017-2021 de 18 clones desarrollados y evaluados por la FHIA en el CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras.

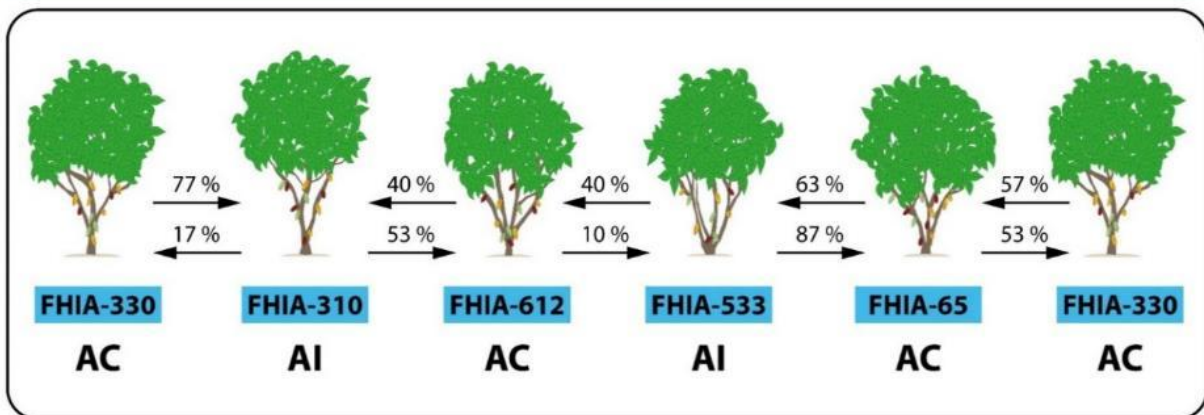
Tratando de ilustrar mejor este concepto de arreglos policlonales, pondríamos como ejemplo una propuesta de arreglo policlonal el conformado por los clones FHIA-330, FHIA-310, FHIA-612, FHIA-533 y FHIA-65. Esta propuesta de arreglo policlonal tiene un potencial de producción de 1,722 kg por hectárea e incluye tres clones autocompatibles (FHIA-330, FHIA-612 y FHIA-65) y

dos clones intercompatibles con un buen porcentaje de intercompatibilidad entre ellos. Los resultados de compatibilidad sexual de los 10 clones con mejor comportamiento productivo indican que 5 de ellos son autocompatibles. El clon FHIA-310 a pesar de ser autoincompatible, tiene buena intercompatibilidad recibiendo polen de otros clones (Madre) o polinizando otros clones (Padre).



## Programa de Cacao y Agroforestería

# Conformación del nuevo policlón FHIA, actualmente recomendado



**Distribución de la producción.** Al hacer la comparación del rendimiento total y proporción de frutos dañados, observamos que en el periodo 2021, hubo un 3.5 % más de aprovechamiento de frutos sanos que en el periodo anterior (Figura 8). Se observa que la monilia continúa siendo la principal enfermedad que afecta la producción con casi 13 % de incidencia y aunque su impacto negativo fue menor al registrado en el periodo anterior, todavía representa un valor considerable por lo que deben continuar de forma más frecuente las aplicaciones de medidas de control, remoción de frutos enfermos, aplicación de fungicidas, manejo de podas de mantenimiento, entre otros. La afectación por mazorca negra fue de casi 4 % y se considera como aceptable.

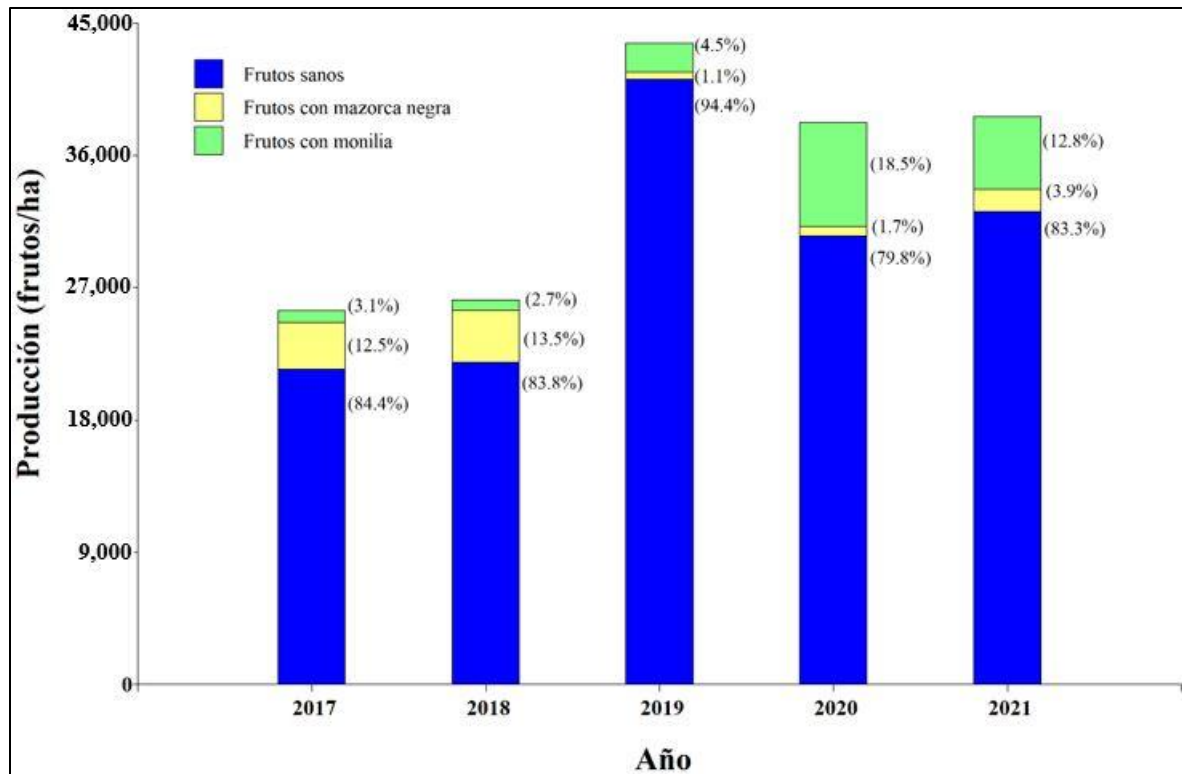


Figura 8. Distribución del rendimiento total por año de 18 cultivares de cacao evaluado por FHIA en el CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras.

La información de producción es complementada con la información de las características físicas y organolépticas de los clones presentadas en las ediciones 2020 y 2021 del Informe Técnico del Programa de Cacao y Agroforestería. Todos los parámetros evaluados por clon, permitirán tomar mejores decisiones referentes a su registro y posterior liberación.

### Conclusiones al quinto año de cosecha

- La producción de frutos sanos/árbol al año, promedio de cinco años, es de 26.8 frutos, que corresponden a 1.18 kg de cacao seco fermentado/árbol y a 1,298 kg/ha, considerando un índice de mazorca general de 22.7 frutos.
- Para los dos primeros años de registro, 2017-2018, la mayor pérdida de frutos fue por mazorca negra (13 %), que disminuyó a un 1.1 % durante 2019 al 2021. En cambio, la moniliasis pasó de un 2.9 % a un 12 % en los últimos tres años.
- Los resultados al quinto año de cosecha y octavo de edad siguen un patrón similar entre clones; por lo que se debe iniciar la evaluación de estos materiales en zonas con condiciones edafoclimáticas diferentes.

### Recomendación

Con la información recabada al quinto de año de producción y viendo 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 cuarto año de registro de producción (séptimo año de establecidos) de 12 cultivares adicionales.

El promedio de producción de frutos sanos por árbol registró un descenso de 1.5 frutos en comparación al ciclo de 2020. El promedio de cuatro años de registro es de 15.8 frutos por árbol que equivalen a un promedio de 810 kg de cacao seco por hectárea utilizando un índice de mazorca de 20.5 (Cuadro 4). En este periodo se calculó el índice de mazorca para cada clon en estudio y este parámetro es utilizado para calcular el rendimiento de cacao seco. El índice de mazorca va desde 14.7 de FHIA-161 a 25.5 para FHIA-100. De igual manera, en este periodo se incluye el intervalo de confianza junto con la producción promedio de los cuatro años. Para el caso, si se estableciera el clon FHIA-21C se tiene un 95 % de confianza que el rendimiento promedio al cuarto año de producción estaría entre 819 y 1,190 kg por hectárea, lo cual es bueno siempre y cuando las condiciones edafoclimáticas y de manejo sean similares a las del CEDEC-JAS. Cinco de los clones evaluados muestran promedios mayores a los 845 kg y con potencial para producir en promedio más de una tonelada de cacao seco por hectárea.

Cuadro 4. Producción de frutos sanos por árbol durante el cuarto año de registro, promedio, registros del 2021 de frutos enfermos y rendimiento de 12 clones de cacao seleccionado. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. Periodo 2018-2021.

Clon FHIA	Frutos/árbol					Producción (kg/ha)				
	Sanos					MN 2021	Mon 2021	I de M	2021	Promedio (IC)
	4° 2018	5° 2019	6° 2020	7° 2021	Media					
21C	19.4	15.7	22.2	22.6	19.9	0.1	3.5	21.0	1,182	1,005 (819-1,190)
32	14.9	22.0	23.0	18.7	19.7	0.6	21.2	23.2	887	937 (800-1,073)
74	13.8	19.0	16.4	19.6	17.2	1.3	3.0	19.7	1,095	896 (750-1,041)
63	9.8	17.3	24.8	21.3	18.3	0.2	4.9	23.2	1,007	868 (659-1,078)
224	11.0	13.4	20.6	14.5	14.9	1.1	9.4	17.3	922	849 (640-1,058)
05	8.4	19.1	16.6	14.3	14.6	0.6	5.9	18.4	856	791 (617-966)
146	12.3	13.7	18.3	23.0	16.8	0.2	6.8	23.7	1,068	790 (662-917)
108	8.8	11.8	18.5	19.4	14.6	0.4	3.1	19.8	1,074	770 (591-950)
245	11.5	14.5	15.6	13.4	13.8	0.9	5.8	18.0	823	755 (603-908)
161	8.6	11.4	13.3	12.0	11.4	1.4	7.2	14.7	902	715 (549-880)
100	11.4	14.0	20.8	16.9	15.8	0.2	4.9	25.5	727	709 (566-852)
255	9.2	12.7	16.7	12.8	12.8	0.3	3.9	21.5	653	639 (518-759)
<b>Media</b>	<b>11.6</b>	<b>15.4</b>	<b>18.9</b>	<b>17.4</b>	<b>15.8</b>	<b>0.6</b>	<b>6.6</b>	<b>20.5</b>	<b>933</b>	<b>810</b>
p-valor	0.007	0.004	0.252	0.001	<0.001	0.055	0.001	0.574	0.032	0.003
C.V.	32.0	23.8	30.2	22.7	34.0	108.5	76.7	17.1	22.3	35.0
R2	0.64	0.67	0.31	0.61	0.27	0.46	0.57	0.62	0.50	0.22

°Edad. MN: mazorca negra. I de M: índice de mazorca. Mom: monilia. IC: Intervalo de confianza = 95 %.

Tomando en cuenta 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 cuarto año de registro solo el clon FHIA 21-C está cumpliendo con este parámetro.

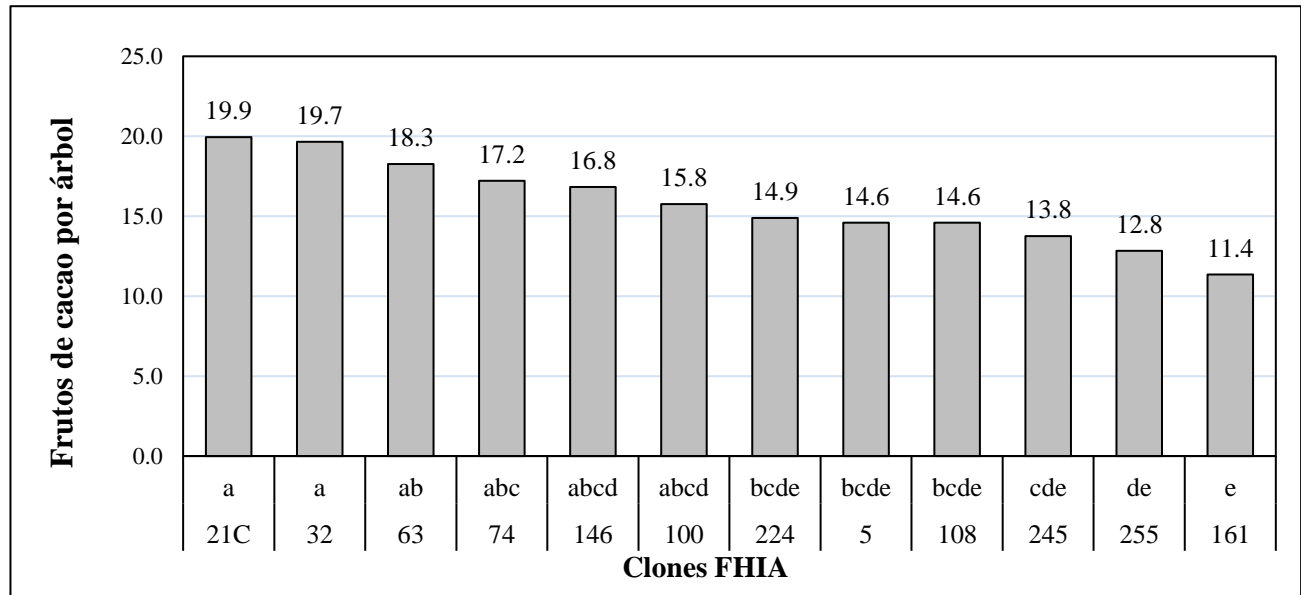


Figura 9. Promedio acumulado de 4 años de cosecha de frutos sanos por árbol en 12 clones de cacao desarrollados y evaluados por la FHIA. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2018-2020.

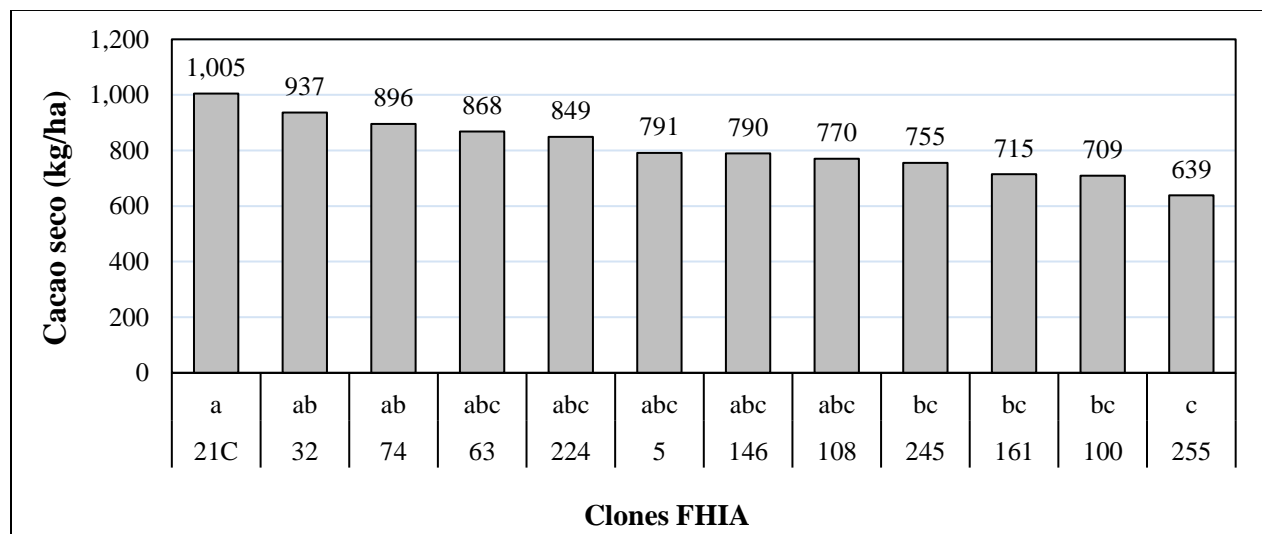


Figura 10. Rendimiento anual promedio de 3 años de cosecha de cacao seco de 12 clones de clones seleccionados y evaluados por la FHIA. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2018-2020.

La afectación de frutos por moniliasis en el 2021 registró un promedio de 6.6 frutos por árbol, 4 % menos que la incidencia registrada en el 2020 (6.3 frutos). La reducción se debe a condiciones climáticas menos favorables para el hongo y a la implementación de medidas de control como aplicaciones de productos y remoción de frutos enfermos frecuentes, especialmente a partir del segundo semestre de 2021. De los clones en evaluación, sobresale de forma sostenible FHIA-32 como el clon con mayor nivel de susceptibilidad ya que en los últimos dos años ha registrado niveles de daño de 38.4 y 21.2 %, respectivamente. Los demás clones registran niveles entre 3.0 y

9.4 %, que se consideran como normales. La incidencia de mazorca negra fue mínima y en los últimos años se mantiene alrededor del 1 %. El promedio de cuatro años de registro de frutos sanos por planta (Figura 9 y Figura 10) muestra que los clones FHIA-21C y FHIA-32 (Figura 12) continúan de forma sostenible con los registros más altos de producción, y en general, el comportamiento de los clones en el 2021 es consistente con los registros del 2019 y 2020.

El análisis del rendimiento promedió 810 kg (Cuadro 4), y mediante un cálculo rápido de incremento entre cada año evaluado, se observa un incremento promedio de 79 kg entre los dos últimos años. El clon FHIA-32 sigue registrando altos promedios, tanto de frutos por planta como de kg/ha de cacao seco, pero también se observa un valor de afectación por moniliasis de 21.2 frutos por planta (Cuadro 4). Es decir, a pesar de ser un clon productivo, también es susceptible al ataque del hongo. Una alternativa podría consistir en recomendar su establecimiento en zonas con condiciones ambientales menos favorables para el desarrollo del hongo como son las de precipitación media anual de menores de 2,000 mm. En el 2021, se avanzó en la determinación del nivel de autocompatibilidad en 10 de los 12 clones. Los resultados indican que siete clones son autoincompatibles y solamente tres clones, FHIA-63, FHIA-245 y FHIA-224 (Figura 12), son autocompatibles. En el 2022, se espera avanzar en la determinación de la intercompatibilidad entre estos clones. Los parámetros físicos como el índice de mazorca y de semilla, fueron calculados y se presentan posteriormente en la Sección 6.5 de este informe.

La Figura 11 muestra como la producción total ha sido afectada por moniliasis y mazorca negra durante los últimos cuatro años. Se observa que, durante el período 2021, de cada 100 mazorcas cosechadas, se perdieron 27 mazorcas por afectación de moniliasis y 2.5 mazorcas por mazorca negra. En general, los promedios tanto de mazorcas sanas como de mazorcas afectadas por enfermedades disminuyeron en comparación al ciclo anterior; sin embargo, es clara la disminución en el rendimiento general de los 12 clones en el presente periodo.

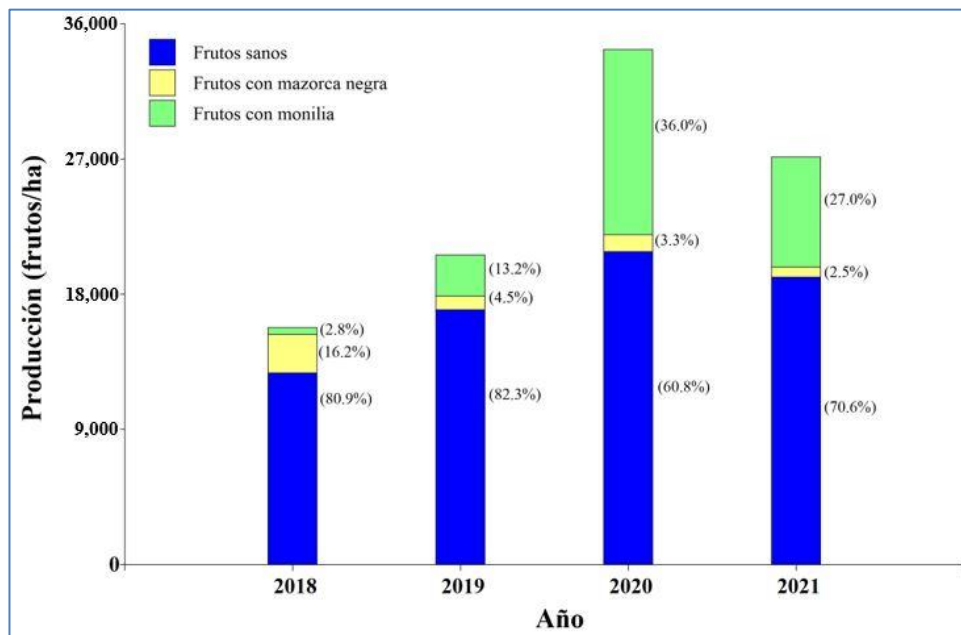


Figura 11. Producción anual de cacao y proporción de frutos dañados de 12 clones desarrollados y evaluados por la FHIA. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2018-2021.



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

### Conclusiones del periodo

- Al cuarto año de registro la producción anual promedio de cuatro años de cosecha fue de 15.8 frutos/árbol que corresponde a 0.8 kg de cacao seco/árbol y 810 kg/ha de cacao seco.
- Los clones FHIA-21C, -32, -63 y -74 no presentan diferencias significativas en cuanto al número de frutos sanos/árbol y ofrecen rendimientos arriba de los 855 kg/ha.
- Con respecto al comportamiento de las enfermedades durante el periodo evaluado, destaca el fuerte incremento de la moniliasis que fue de 13.2 % en el 2019 a 36.6 % en el 2020 y 27.0 % para el 2021. Se observa una reducción de 9 % en este último año, atribuido a condiciones climáticas y de manejo de la enfermedad.
- Durante este año se determinó el número de frutos necesarios por clon para hacer un kilogramo de cacao fermentado y seco al 6.5 % de humedad del grano. Siendo el índice de mazorca promedio de los 12 cultivares 20.5.



### **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

Esta parcela de 0.56 ha se estableció en el 2013. Actualmente tiene una población de 117 árboles de másica y 384 plantas de cacao CCN-51. En el 2021 se realizaron actividades silviculturales en la especie forestal: poda de formación en los árboles de másica, mediciones dasométricas que indican en promedio un diámetro de 24 cm y una altura comercial 4 m, eliminación del total de guama ya que entró en competencia con la másica y generaba exceso de sombra al cultivo de cacao. En cuanto al manejo del cacao las actividades se basaron en: cosecha de cacao en frecuencia quincenal, deschuponado, podas de mantenimiento, control de monilia, control de malezas. Se continúan las aplicaciones de fungicida con base de cobre [Enlazador-X2<sup>®</sup> alternado con Kocide 35WG utilizando una dosis de 1.5 oz/bomba de 13 litros más 1.0 ml de adherente (Inex<sup>®</sup>-A) por litro de agua] para reducir la incidencia de mazorca negra y monilia. Las aplicaciones son complementadas con el control cultural a través de la remoción de frutos enfermos.

La producción del periodo se reporta en la Sección 6.7 de este informe ya que en esta parcela se está ejecutando el ensayo de nutrición en cacao que inició en el 2019. El porcentaje de pérdida por mazorca negra fue de 14.0 % y 1.0 % por moniliasis, producto de condiciones propias de clima como una precipitación superior a los 3,100 mm/año, así como la alta susceptibilidad del CCN-51 para estos patógenos, especialmente mazorca negra.

### **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**

Con el fin de preservar material genético de cacao presuntamente criollo puesto que manifiesten características fenotípicas de este grupo, entre 2009 y 2010 se establecieron cuatro parcelas en diferentes sitios del CADETH que abarca un área total 1.89 ha. Martínez *et al.* (2021), presentaron avances de este banco de germoplasma donde señalan el origen las diferentes colectas, croquis de distribución de una de estas parcelas, validación con de pruebas de identificación moleculares y evaluación organoléptica:

- La evaluación sensorial reportado por Durán y Dubón (2016) indica que estos cacaos tienen atributos especiales y competitivos para la búsqueda de nichos de mercados con precios mejores (Sánchez y Dubón 2010 y 2009).
- La selección del material recolectado se basó especialmente en árboles con frutos con presencia de más de 30 % de granos blancos o crema (Figura 13).
- Se verificó la naturaleza criolla de estos materiales con ADN (López, 2015) en 14 de los 20 materiales establecidos en la parcela. Los resultados indican que de 13 materiales analizados 6

muestran genética 100 % de criollos y se consideran con potencial para ser incluidos en la línea de mejoramiento genético.

### Avance de resultados

Durante el 2021, la producción total del lote 2 se incrementó a 886 mazorcas provenientes de 156 plantas, equivalente a 5.6 mazorcas por árbol. De estas, 483 (54.5 %) fueron mazorcas sanas, 64 afectadas por monilia, 171 por mazorca negra y 168 dañadas por pájaros y ardillas. La producción de estos cacaos criollos es baja y son susceptibles a enfermedades. Se continuará con la evaluación de estos los materiales genéticos para eventualmente seleccionar los mejores.



Figura 13. 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<sup>era</sup> 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.
- Martínez, A., O. Ramírez y F.J. Díaz. 2021. Comportamiento ex-situ de cacao criollo en condiciones del CADETH bajo sombra de regeneración natural. AGF 14-01. Pág. 23-27. In: Informe Técnico 2020, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 1<sup>era</sup> edición. La Lima, Cortés, Honduras. 117 p.
- Sánchez, J.A. y A. Dubón. 2009. Búsqueda de materiales con potencial de calidad para la producción de cacao fino con destino a mercados específicos. CAC 07-01. Pág. 46-47. In Informe Técnico 2008, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 1<sup>era</sup> edición. La Lima, Cortés, Honduras. 115 p.
- Sánchez, J.A. y A. Dubón. 2010. Búsqueda de materiales con potencial de calidad para la producción de cacao fino con destino a mercados específicos. CAC 07-01. Pág. 45-47. In: Informe Técnico 2009, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 1<sup>era</sup> edición. La Lima, Cortés, Honduras. 95 p.

### 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 (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, y bajo el diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas, donde se pretendió evaluar el efecto del riego “tres repeticiones con y sin riego” (parcela principal) y 12 arreglos policlonales (subparcelas) comprendidos entre 4-5 clones por arreglo y ordenados de acuerdo a su intercompatibilidad sexual. En total se utilizaron 28 clones de cacao. Desde el 2020, cuando la planta de cacao llegó a su edad productiva y demandó mayor cantidad de agua, no fue posible seguir con el riego debido al bajo caudal de la fuente de agua, especialmente en verano. Por lo tanto, el diseño experimental a la fecha es de bloques completos al azar con seis repeticiones sin riego. La recolección de datos se realizaba cada 15 días por cada clon: frutos sanos, dañados por monilia, por mazorca negra y plagas (ardillas y pájaros) y el rendimiento del cacao (kg/ha) se proyectó usando el acumulado de la producción de frutos entre el índice de mazorca de cada clon determinado bajo las condiciones del CEDEC-JAS. Desde el 2018, se han encontrado diferencias estadísticas significativas ( $p$ -valor $<0.05$ ) entre los tratamientos/policlones, con respecto a la media anual de la producción de frutos y el rendimiento de cacao seco, donde los arreglos policlonales 7 y 8 conformados por los clones EET no son diferentes estadísticamente; sin embargo, son diferentes al resto y continúan siendo los de mayor producción, con un promedio anual entre 2018-2021 de 9.6 y 9.4 frutos sanos por árbol, equivalentes a 836 y 831 kg/ha, respectivamente. Anualmente, la incidencia a monilia se ha mantenido entre 0.9-1.3%, mazorca negra entre 3.1-6.6% y los daños por plagas en los frutos entre 4.8-26.4%. En general, se ha observado un mayor 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 comercial con cacao, 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 (ubicación, topografía, clima, suelo, entre otros.); sin embargo, en lo referente a la selección de material genético a establecer, se toma como referencia la información desarrollada por la FHIA en sus centros en La Masica, Atlántida. La selección de materiales para establecer en las parcelas de los productores 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, de esta forma 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 solo 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 marginales, característicos de muchas zonas de producción. En este informe se presentan los resultados obtenidos de enero a diciembre de 2021 que comprende desde los 57 a 69 meses de edad del cacao y la comparación de los resultados anuales desde 2018, para conocer la evolución de los clones de cacao. Este informe es la continuación del reportado inicialmente en el 2018 (Ramírez, *et al.*, 2018, 2019 y 2020).

### 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 en 12 arreglos policlonales según su intercompatibilidad sexual. Dicho sitio cuenta con precipitaciones 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 parcelas divididas, con tres repeticiones donde la condición de riego correspondía la parcela grande en los bloques 1, 3 y 6 y los arreglos policlonales las subparcelas. En total existen 72 unidades experimentales. En los primeros 3 años la parcela se mantuvo bajo condiciones generales de riego. Desde el 2020, cuando la planta de cacao llegó a su edad productiva y demandó mayor cantidad de agua, no fue posible seguir con el riego debido al bajo caudal de la fuente de agua, especialmente en verano. Debido a esto, el diseño experimental a la fecha es de bloques completos al azar con seis repeticiones y doce tratamientos (Figura 14).

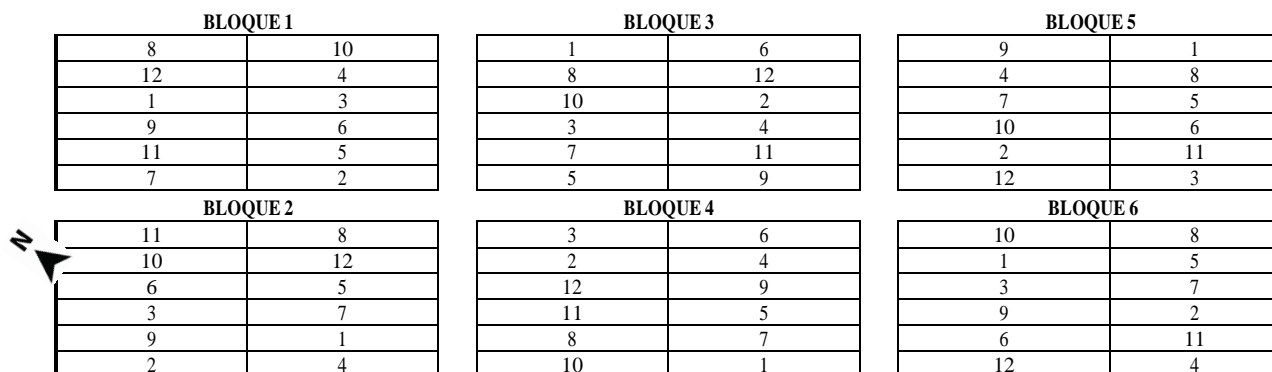


Figura 14. Croquis del experimento. El número dentro de cada cuadrante corresponde al tratamiento/policlon.

Cada tratamiento corresponde a uno de 12 arreglos policlonales (Cuadro 5), conformados por cuatro o cinco clones de cacao y unidades experimentales de 135 m<sup>2</sup> conformadas por 15 plantas (tres o seis plantas por clon).

Cuadro 5. Clones incluidos en cada uno de doce arreglos policlonales o tratamiento 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 15A)
- Final del secado (Figura 15B)



Figura 15. A. Registro de variables durante la cosecha y B. Al terminar el beneficiado.

Las variables se analizaron con el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020), mediante análisis de varianza ( $p$ -valor  $\leq 0.05$ ), límites de confianza al 95 % construidos usando los datos de producción de cacao seco de cada unidad experimental por cada año y prueba de separación de medias de Duncan.

**Comprobación se supuestos estadísticos.** Se realizaron pruebas de los supuestos del análisis de varianza: distribución normal (normalidad) y homogeneidad de varianzas.

**Normalidad.** Se observó un buen ajuste entre los cuantiles teóricos y muestrales en la distribución normal (Figura 16), lo cual se ratificó mediante la prueba de Shapiro-Wilks ( $p$ -valor  $> 0.05$ ).

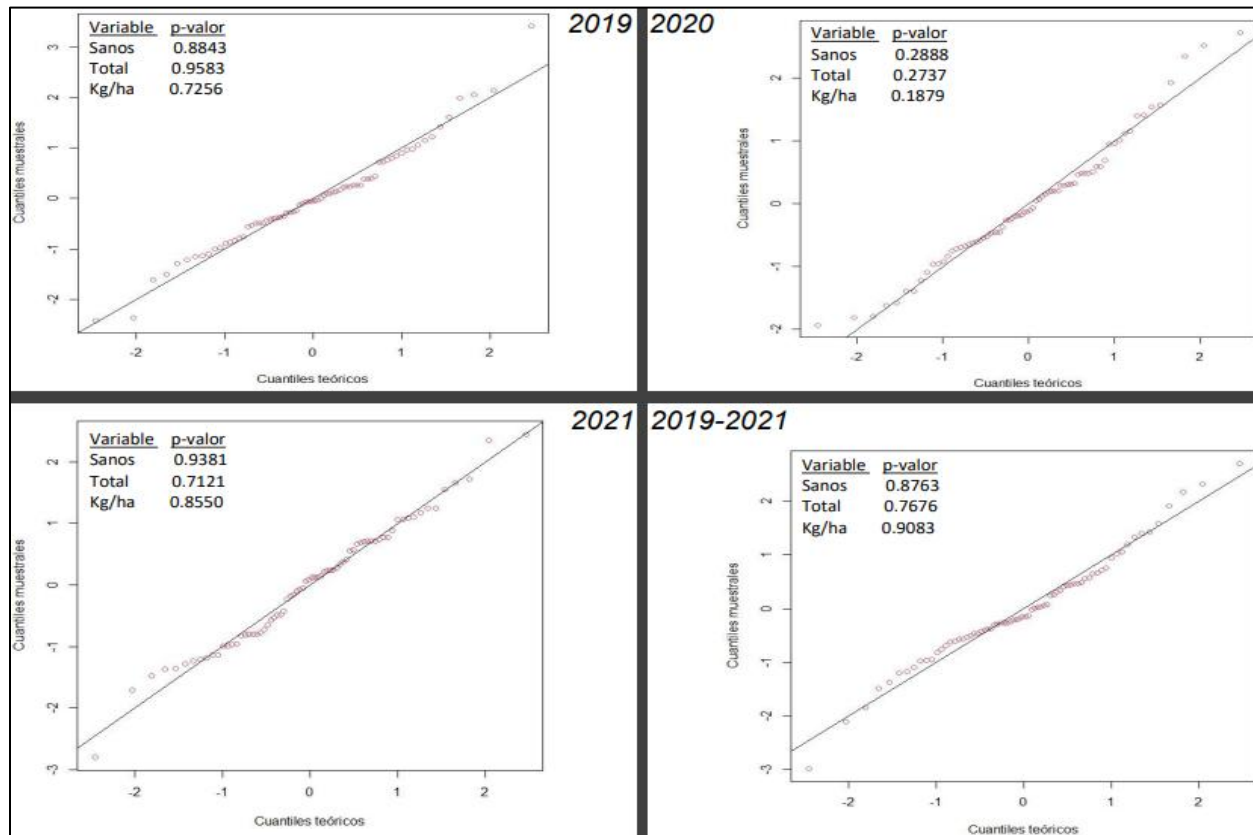


Figura 16. Gráficos QQ-plox y valor de probabilidad de la normalidad en prueba formal Shapiro-Wilks ( $p$ -valor  $> 0.05$ ) sobre los residuos de los datos en las variables de estudio. 2019-2021.

**Varianzas homogéneas.** Se realizó la prueba de Levene ( $p$ -valor  $> 0.05$ ) para comprobar el supuesto de homogeneidad de varianzas. La prueba de homogeneidad de varianzas indica que los residuos absolutos son similares ( $p$ -valor  $> 0.05$ ) en las variables de estudio. En la Figura 17, se presentan los residuos versus los predichos, lo que demuestra una distribución homogénea de las observaciones sin sospechas de varianzas heterogéneas ya que, en las observaciones o puntos en la figura, no manifiestan ningún patrón o forma geométrica.

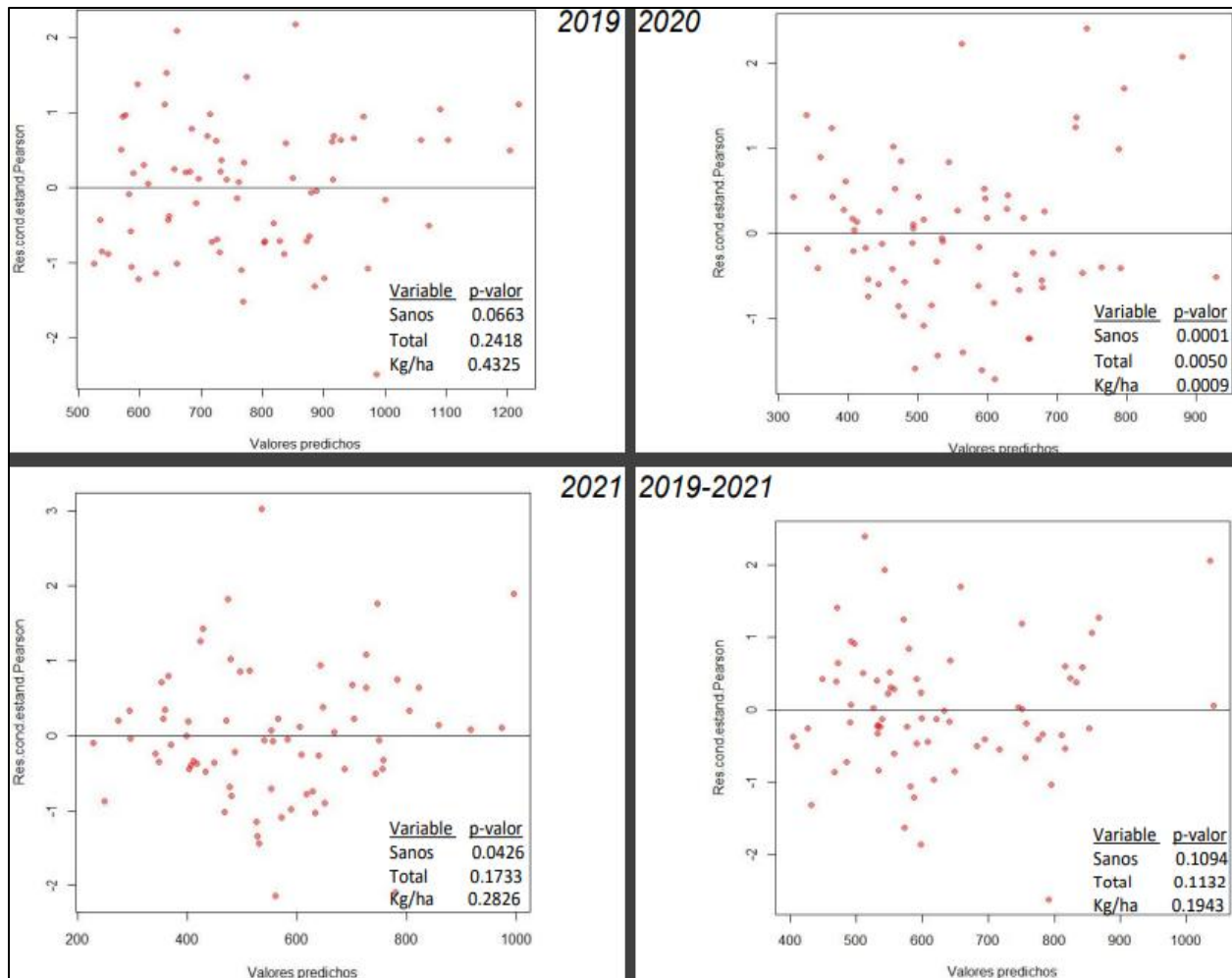


Figura 17. Residuos versus predichos, prueba Levene ( $p\text{-valor} > 0.05$ ) para homogeneidad de varianza de los datos en las principales variables. Año 2019-2021.

- **Independencia.** Se garantizó con la homogeneidad de las unidades experimentales en campo y la aleatorización y distribución de los tratamientos en todos los bloques o repeticiones. No así para los clones que dependen del arreglo policlonal.

La verificación de los tres supuestos antes mencionados permite realizar análisis de varianza y prueba de separación de medias paramétricas para los arreglos policlonales, más no para los clones en forma individual.

**Manejo del experimento.** Se realizaron las actividades en la parcela que incluyó dos podas de mantenimiento, cuatro chapias, seis jornadas de eliminación de chupones y una poda de mantenimiento en las especies madre y caoba del atlántico. En total se utilizaron 55 jornales en el año. En la fertilización se aplicaron 50-28-66 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, complementado con 2 aplicaciones foliares de boro (5 %) y zinc (5 %) en dosis de 25 ml de cada producto en 14 litros de agua. En total se aplicaron 224 litros de solución.

## Resultados y discusión

En general la sobrevivencia de las plantas de cacao se ha mantenido en 96 %. La producción promedio por árbol del 2021 fue similar al de 2020, con 9.80 frutos/planta versus 9.73 el año previo. Sin embargo, hubo un incremento de 5.5 % del total de frutos sanos. Este incremento fue atribuido por la disminución de la incidencia de mazorca negra de 6.6 % a 4.5 % y de los frutos dañados por ardillas y pájaros de 24.6 % a 21.1 %. Las pérdidas por ardillas y aves siguen siendo, como el año anterior, las de mayor importancia en la reducción del rendimiento del cacao (Figura 18).

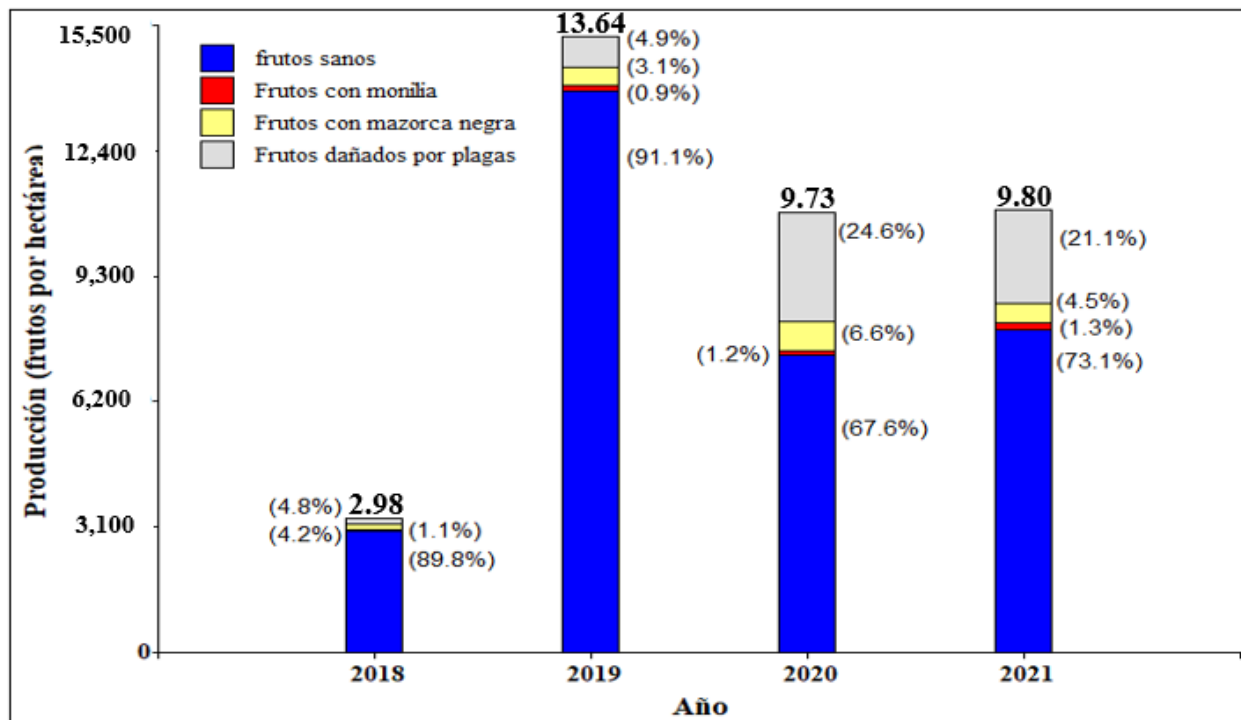


Figura 18. Promedio y distribución de frutos sanos y con diversos daños por plagas y enfermedades por hectárea y por árbol, en la prueba regional. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida. 2018-2021.

Desde el 2019 se ha encontrado diferencias estadísticas significativas ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) entre los arreglos policlonales en cuanto a la producción de frutos totales, frutos sanos y el rendimiento de cacao seco. Únicamente en este 2021 se encontraron diferencias estadísticas significativas en el registro de los frutos enfermos por monilia y mazorca negra entre los policlones (Cuadro 6).



Cuadro 6. Resumen de resultados del análisis de varianza de seis variables de producción de cacao por arreglo policlonal en la prueba regional. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. 2019-2021.

Variables	2019			2020			2021		
	p-valor	R <sup>2</sup>	C.V.	p-valor	R <sup>2</sup>	C.V.	p-valor	R <sup>2</sup>	C.V.
Frutos totales	<b>0.0035</b>	0.52	26	<b>0.0040</b>	0.56	27	<b>0.0097</b>	0.53	39
Frutos sanos	<b>0.0155</b>	0.49	29	0.0755	0.38	38	<b>0.0006</b>	0.59	43
Frutos con moniliasis	0.3656	0.27	132	0.8247	0.35	121	<b>0.0371</b>	0.39	91
Frutos con mazorca negra	0.5222	0.35	193	0.2275	0.48	135	<b>0.0023</b>	0.53	90
Frutos dañados por plagas	<b>0.0130</b>	0.43	73	<b>0.0123</b>	0.56	54	0.4042	0.37	63
Rendimiento de cacao	<b>0.0066</b>	0.53	24	<b>0.0102</b>	0.54	28	<b>0.0285</b>	0.52	36

Valores en negrita muestran diferencias estadísticas significativas (p-valor < 0.05) entre los policlones.

R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación; C.V. (%): coeficiente de variación.

**Producción de frutos.** Los arreglos policlones 7 y 8 conformados por los clones EET y el arreglo policlonal 5 por los clones de FHIA, continúan, como en años previos, siendo los de mayor producción, con un promedio anual del 2018 al 2021 de 9.6, 9.4 y 9.1 frutos sanos por árbol, respectivamente, y en el 2021 con 9.7, 9.9 y 12.3 frutos sanos/árbol. Mientras que, los arreglos policlones 3 y 4 compuestos por los clones trinitarios son los de menor producción con menos de 5 frutos sanos por árbol (Cuadro 7).

Cuadro 7. Producción de frutos de cacao por árbol por arreglo policlonal en 2018 a 2021. Prueba regional del CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras.

Policlón	Frutos por árbol								Rendimiento anual (kg/ha)	
	Sanos					Dañados, 2021			2021	Promedio (IC)
	2° 2018	3° 2019	4° 2020	5° 2021	Media	Mon	MN	Plagas		
7	5.1	15.3	8.4	9.7 ab	9.6	0.2 ab	0.5 abc	1.6	738 a	836 (711-961) a
8	3.6	16.1	8.2	9.9 ab	9.4	0.1 abc	0.5 abc	2.2	760 a	831 (651-1,012) a
12	3.3	12.0	6.4	6.2 bc	7.0	0.1 bc	0.8 a	2.6	588 abc	662 (545-778) ab
1	2.8	13.0	6.5	5.4 c	7.0	0.3 a	0.8 a	2.8	511 abc	637 (491-783) b
11	2.3	13.3	7.2	6.2 bc	7.3	0.1 bc	0.7 ab	2.1	508 abc	628 (514-741) b
2	2.3	12.0	6.0	6.9 bc	6.8	0.1 bc	0.9 a	3.1	623 abc	619 (508-730) b
5	1.9	14.0	8.0	12.3 a	9.1	0.1 bc	0.1 c	1.9	681 ab	612 (508-716) b
10	3.5	10.4	5.7	6.1 bc	6.4	0.1 abc	0.4 abc	1.9	521 abc	577 (507-647) b
9	2.9	10.9	6.8	5.8 c	6.6	0.2 abc	0.1 bc	1.4	449 bc	571 (470-672) b
6	1.9	14.1	7.3	8.3 abc	7.9	0.0 c	0.1 c	2.4	515 abc	552 (421-684) b
4	1.3	8.8	4.1	4.5 c	4.7	0.1 c	0.2 bc	1.8	404 c	511 (404-618) b
3	1.2	9.2	4.4	4.5 c	4.8	0.1 bc	0.2 bc	1.2	383 c	489 (388-590) b
<b>Prom.</b>	<b>2.7</b>	<b>12.4</b>	<b>6.6</b>	<b>7.2</b>	<b>7.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.4</b>	<b>2.1</b>	<b>557</b>	<b>627</b>

<sup>1</sup> 2021. °Edad; Mon: monilia; MN: mazorca negra; IC: intervalo de confianza = 95 %.

Medias con letras iguales en la misma columna no presentaron diferencias estadísticamente significativas (p > 0.05).

Aun y cuando la producción de frutos dañados con monilia y mazorca negra fue baja en 2021, con menos de 0.1 y 0.4 frutos/árbol en promedio del ensayo, respectivamente (Cuadro 7), los policlones 1, 2, y 12 registraron los mayores valores.

**Rendimiento potencial de cacao seco.** El rendimiento fue proyectado con la totalidad de frutos y usando el índice de mazorca determinado para cada clon en condiciones del CEDEC-JAS. El policlón 8 (EET-62, EET-162, EET-62, EET-95 y EET-8) alcanzó el mayor rendimiento promedio en 2021 (760 kg/ha), y el segundo, promedio en los últimos 3 años (2019-2021) con 831 kg/ha y con un intervalo de confianza entre 651 a 1,012 kg/ha. Hasta la fecha dicho policlón es el único que tiene potencial para alcanzar una producción superior a la tonelada. El policlón 7 (EET-48, EET-162, EET-62, EET-95 y EET-96) durante los tres últimos años ha demostrado ser el de mayor rendimiento con promedio de 836 kg/ha y con un intervalo de confianza entre 711-961 kg/ha. Sin embargo, en el 2021 este arreglo registró 738 kg/ha, 22 kg menos que el policlón 8. Al hacer la separación de medias, ambos arreglos se pertenecen al grupo “a”, claramente diferentes al resto de los otros arreglos (Cuadro 7). Los policlones 3 y 4 además de producir la menor cantidad de frutos también presentaron los menores rendimientos en cacao seco. El policlón 5 (clones FHIA) que en promedio ocupó el tercer lugar en producción de frutos/planta, al proyectar los rendimientos a cacao seco por hectárea con el uso de los respectivos índices de mazorcas se reduce hasta el séptimo lugar por el alto índice de mazorca sinónimo de frutos pequeños (Cuadro 7, Figura 19, Figura 20 y Figura 21).

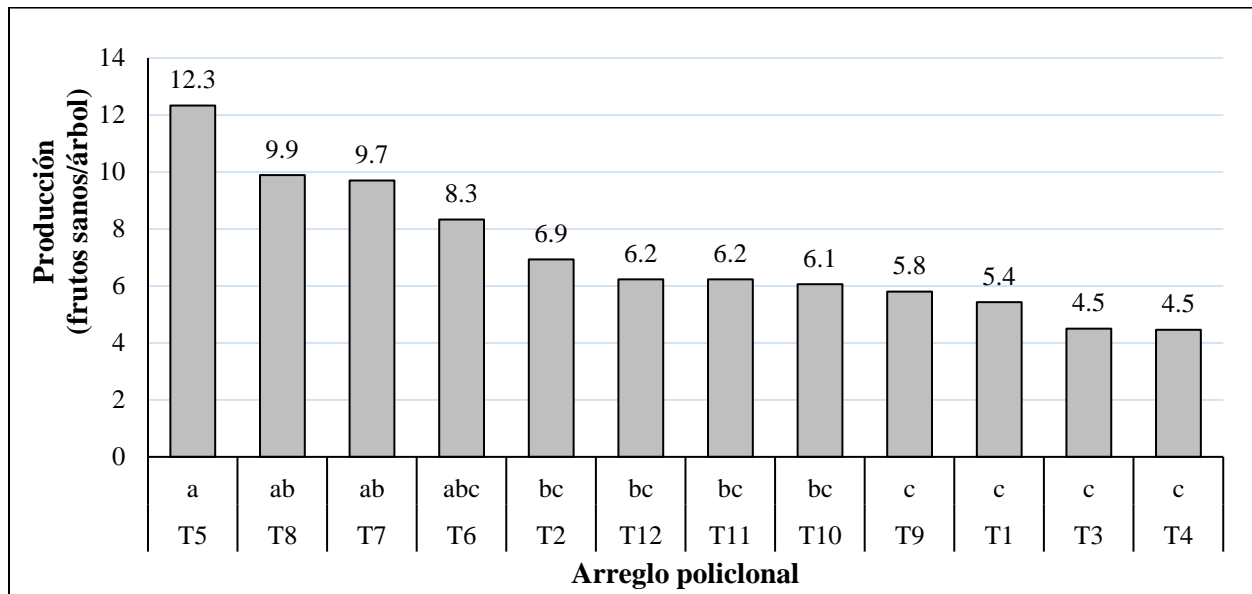


Figura 19. Producción de frutos sanos por árbol, de 12 arreglos policlonales en El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. CADETH, FHIA. 2021.

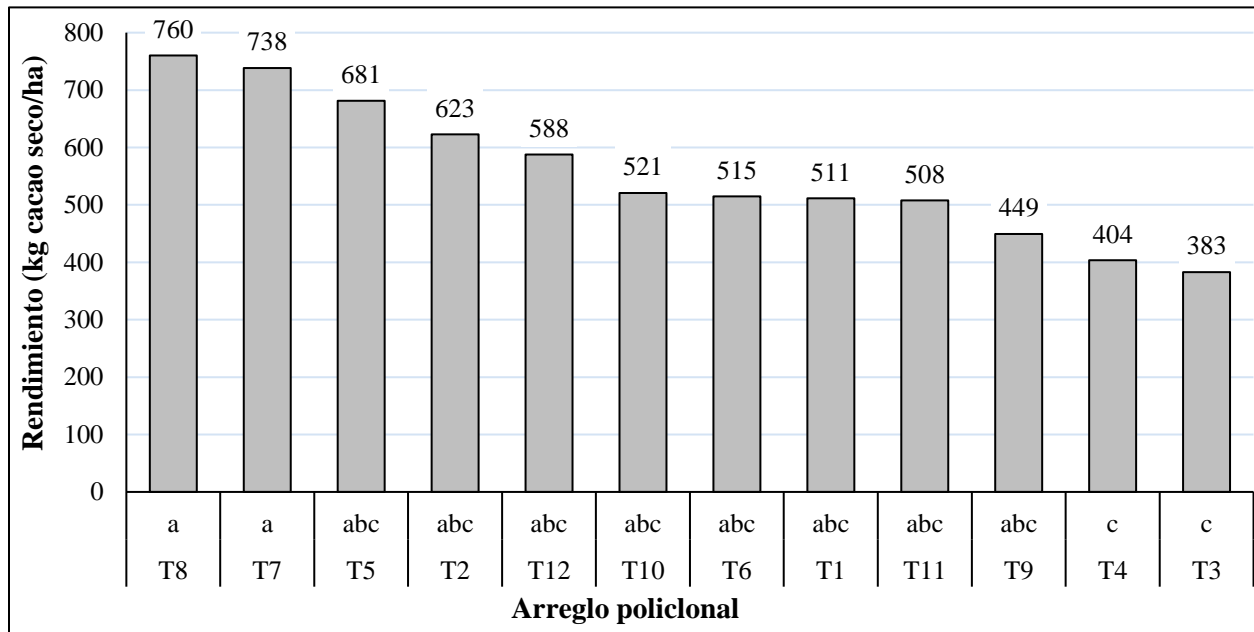


Figura 20. Rendimiento de cacao seco, de 12 arreglos policlonaes. CADETH, El Recreo, Atlántida, Honduras. 2021.

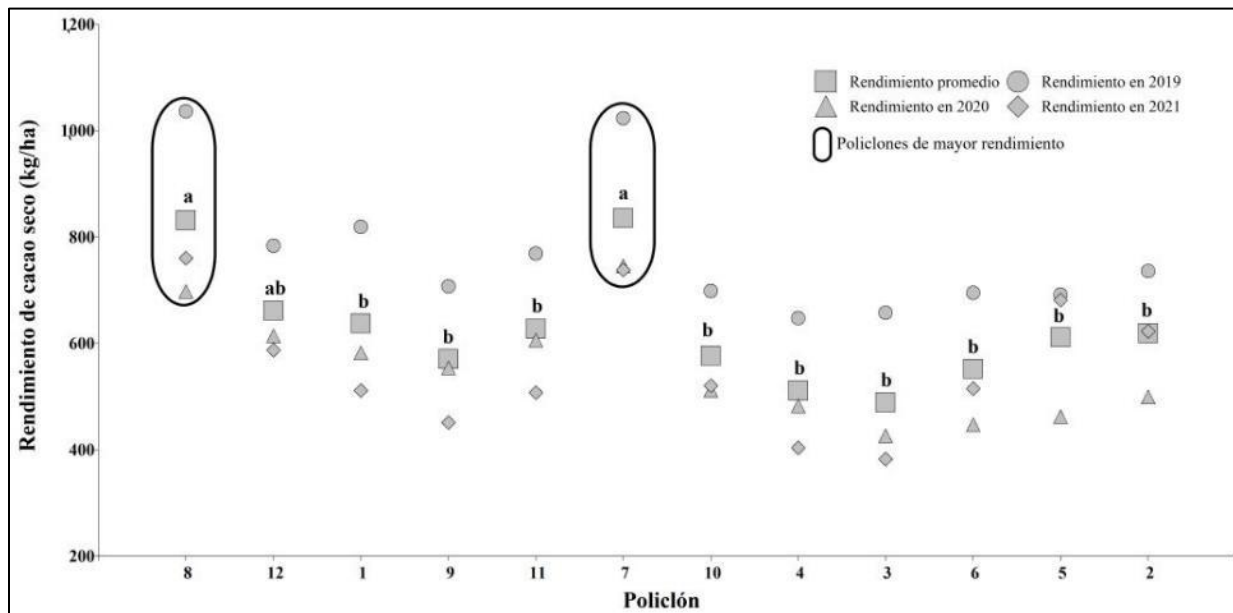


Figura 21. Rendimiento anual de los 12 arreglos policlonaes de cacao desde 2019 hasta el 2021. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021.

**Distribución de frutos por clon.** El análisis para esta variable adolece del supuesto de independencia, puesto que depende de la ubicación del clon en el arreglo policlonal. En 2021 los clones EET-96, EET-162, EET-62, UF-29, FHIA-168 y FHIA-330 fueron los de mejor comportamiento productivo, con: 16.0, 14.9, 14.9, 14.6, 13.6 y 13.3 frutos sanos por árbol, respectivamente. Entre las principales características de estos materiales genéticos está el carácter de autocompatibilidad. Los primeros cuatro clones listados han producido promedios entre 14.2 y 12.2 frutos sanos. Mientras que los clones EET-8, EET-48 y UF-667 este 2021 fueron los de menor

producción con 1.4, 1.4 y 1.7 frutos, respectivamente. Históricamente los clones UF-667 y EET-8 han sido los de menor producción, con un promedio de 2.5 y 2.3 frutos sanos, respectivamente. La incidencia de monilia en los clones más sobresalientes no supera el 3 % y en mazorca negra 6 %. El clon EET-48, además de presentar los menores rendimientos, registró la mayor incidencia de monilia (5 %). El CCN-51 presentó la mayor cantidad de frutos afectados por mazorca negra con 1.7 frutos/árbol (11 %). Los daños por ardillas/pájaros superaron hasta 41 %, o sea, 1.4 frutos/árbol en el clon UF-667 (Figura 22).

**Rendimiento de cacao seco potencial por clon.** Los clones que produjeron la mayor cantidad de frutos fueron los de mayor rendimiento en cacao seco. Clones ecuatorianos como EET-96, EET-162, EET-62 y CCN-51 rindieron 1,256, 1,205, 1,060 y 1,090 kg/ha, respectivamente. En los últimos tres años los primeros tres clones han rendido en promedio 1,302 (1,004-1,601), 1,190 (972-1,408) y 1,029 (739-1,319) kg/ha por año, respectivamente. La variación en el rendimiento de estos clones es de aproximadamente 300 kg/ha según los límites de confianza de la media. Clones como el UF-667, EET-48, FHIA-707, ICS-1 y EET-8 en promedio no superan los 350 kg/ha por año, con límites superiores no mayores de 491 kg/ha por año. (Figura 23 y Figura 24).

El conocer el comportamiento productivo y de resistencia a las enfermedades para cada clon (Cuadro 8) permite diseñar los arreglos policlonales para obtener mejores resultados al sustituir los clones de menor comportamiento productivo por otros más productivos. Por ejemplo, el descarte del clon EET-48 en el policlón 7, ya que está entre los clones menos productivos y más susceptibles a enfermedades, y el EET-8 (policlón 8) que cuenta también con los menores rendimientos. Ambos policlones pueden mejorarse incluyendo al clon UF-29 que ha demostrado estar año con año entre los mejores rendimientos (Figura 24). Adicionalmente este material genético posee la misma base genética de los clones EET de Ecuador y es autocompatible (López *et al.* 2017).

Cuadro 8. Producción de frutos y rendimiento de cacao por clon del 2018 al 2021. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021.

Clon	Frutos por árbol								Rendimiento (kg/ha)	
	Sanos					Dañados, 2021			2021	Promedio (LC)
	2° 2018	3° 2019	4° 2020	5° 2021	Media	Mon	MN	Plagas		
EET-96	5.8	22.6	12.6	16.0	14.2	0.6	1.1	1.6	1,256	1,302 (1,004-1,601)
EET-162	9.6	19.3	10.3	14.9	13.5	0.3	1.0	3.3	1,205	1,190 (972-1,408)
EET-62	4.1	16.2	13.5	14.9	12.2	0.2	0.6	2.5	1,060	1,029 (739-1,319)
CCN-51	4.5	12.2	5.2	9.8	7.9	0.3	1.7	3.9	1,090	966 (784-1,149)
UF-29	9.4	19.3	12.9	14.6	14.0	0.4	0.1	1.4	874	927 (757-1,097)
FHIA-708	2.2	23.5	7.8	12.5	11.5	0.1	0.1	3.4	815	827 (601-1,054)
ICS-39	1.9	10.7	5.2	4.2	5.5	0.2	0.2	1.9	544	719 (578-860)
EET-95	2.6	16.6	6.1	6.6	8.0	0.1	0.1	1.3	446	666 (509-823)
FHIA-168	2.1	14.8	8.4	13.6	9.7	0.1	0.2	2.6	762	643 (506-781)
IMC-67	3.4	11.6	5.6	4.3	6.2	0.2	0.6	1.9	425	638 (457-819)
TSH-565	2.2	8.3	6.9	3.1	5.1	0.1	0.5	1.8	378	610 (491-730)
CAUCASIA-37	2.5	17.5	7.6	5.7	8.3	0.2	0.3	2.5	371	576 (419-733)
FHIA-330	2.0	12.2	8.1	13.3	8.9	0.0	0.0	1.3	674	572 (476-668)
FCS-A2	1.3	10.1	3.6	4.7	4.9	0.1	0.5	2.4	496	545 (414-676)
POUND-12	1.3	17.1	10.7	7.0	9.0	0.3	1.0	4.2	442	545 (433-656)

Clon	Frutos por árbol								Rendimiento (kg/ha)	
	Sanos					Dañados, 2021			2021	Promedio (LC)
	2° 2018	3° 2019	4° 2020	5° 2021	Media	Mon	MN	Plagas		
CAUCASIA-43	1.3	14.4	8.4	4.2	7.1	0.0	0.2	1.6	279	517 (384-649)
ICS-95	1.0	11.9	2.9	10.5	6.6	0.2	0.3	1.4	622	496 (345-648)
CAUCASIA-47	1.0	9.8	7.5	4.7	5.8	0.0	0.5	0.4	256	478 (344-613)
SPA-9	4.1	12.8	6.8	6.2	7.4	0.1	0.6	2.8	398	468 (370-567)
CAUCASIA-39	3.1	12.1	6.6	3.9	6.4	0.1	0.1	1.5	259	454 (352-556)
CAUCASIA-34	1.0	8.8	8	4.1	5.4	0.0	0.4	1.5	275	445 (327-563)
FHIA-738	1.8	9.3	7.1	4.6	5.7	0.1	0.1	1.6	289	402 (279-525)
UF-296	1.5	11.1	4	2.7	4.8	0.0	0.2	1.6	249	400 (275-525)
UF-667	0.2	6.0	1.9	1.7	2.5	0.0	0.3	1.4	273	336 (182-491)
EET-48	1.6	6.8	2.7	1.4	3.1	0.1	0.1	0.4	135	314 (197-431)
FHIA-707	0.5	7.4	5.4	2.0	3.8	0.0	0.0	1.0	139	287 (207-366)
ICS-1	0.6	5.4	2	3.6	2.9	0.1	0.1	1.2	242	224 (176-273)
EET-8	0.9	5.2	1.7	1.4	2.3	0.0	0.0	1.6	156	190 (112-268)
<b>Promedio</b>	<b>2.6</b>	<b>12.6</b>	<b>6.8</b>	<b>7.0</b>	<b>7.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.4</b>	<b>1.9</b>	<b>515</b>	<b>599</b>

°Edad del cacao. Mon: monilia; MN: mazorca negra; LC: límite de confianza = 95 %.

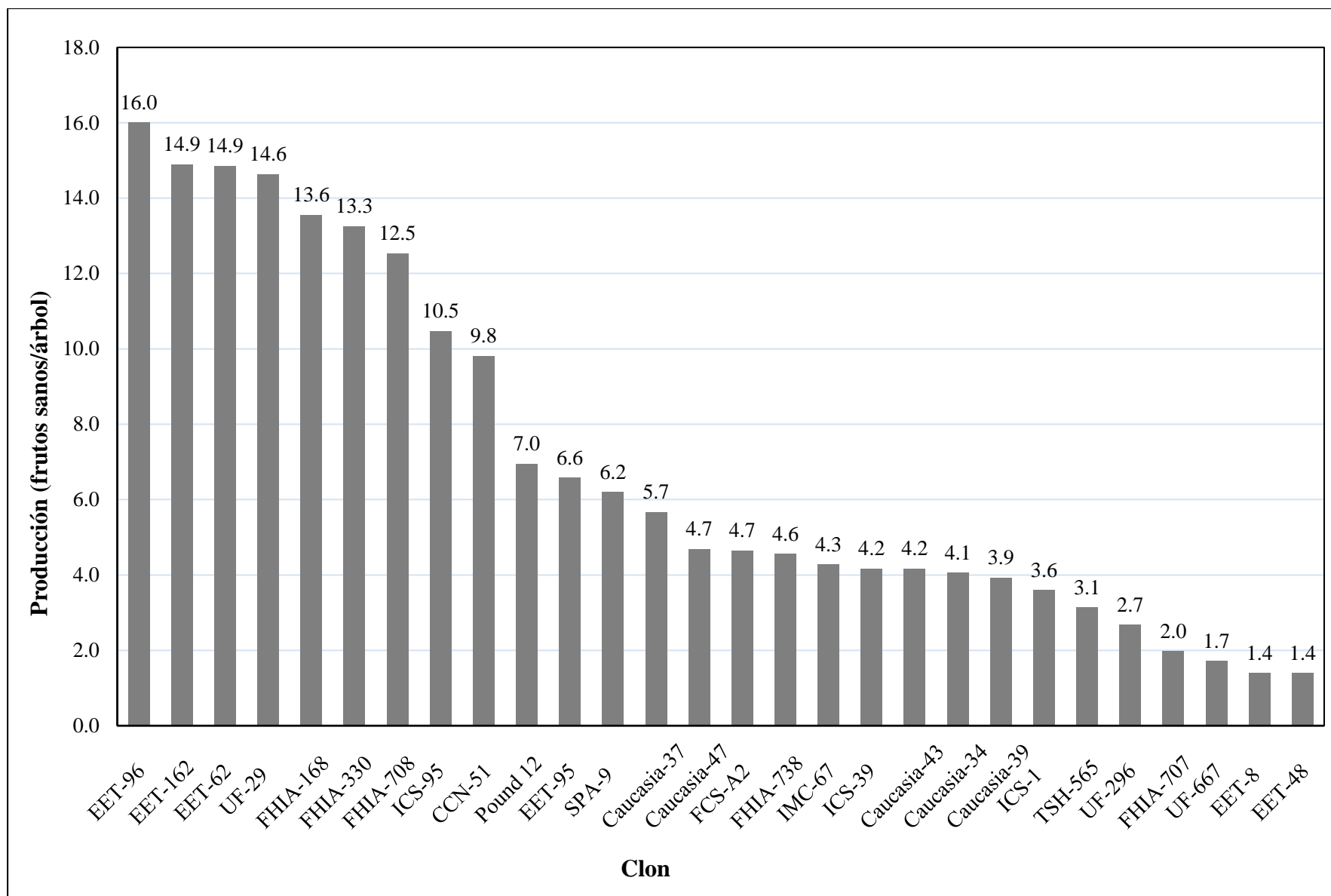


Figura 22. Producción de mazorcas sanas/árbol por clon. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021.

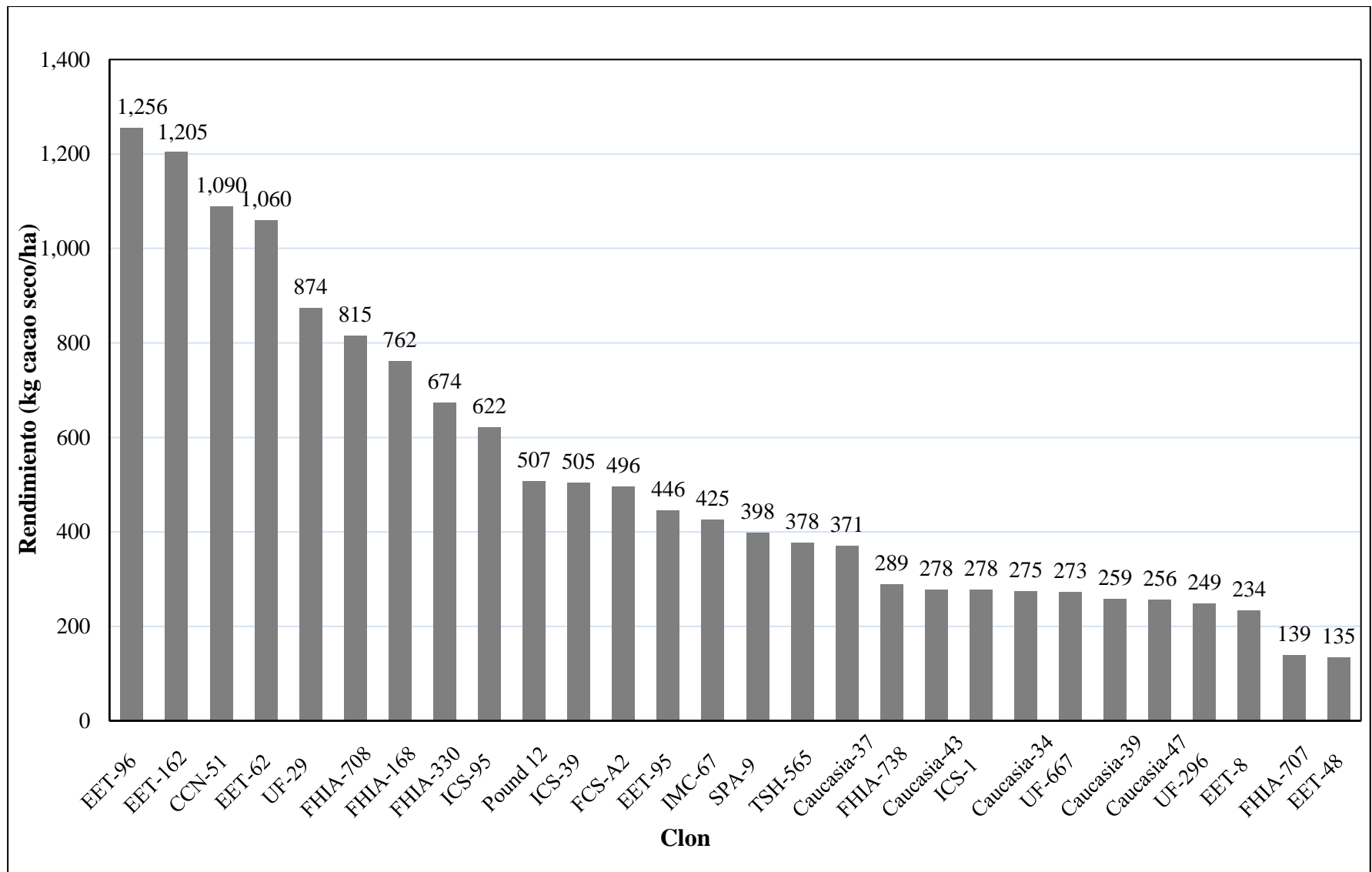


Figura 23. Rendimiento por clon. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras, 2021.

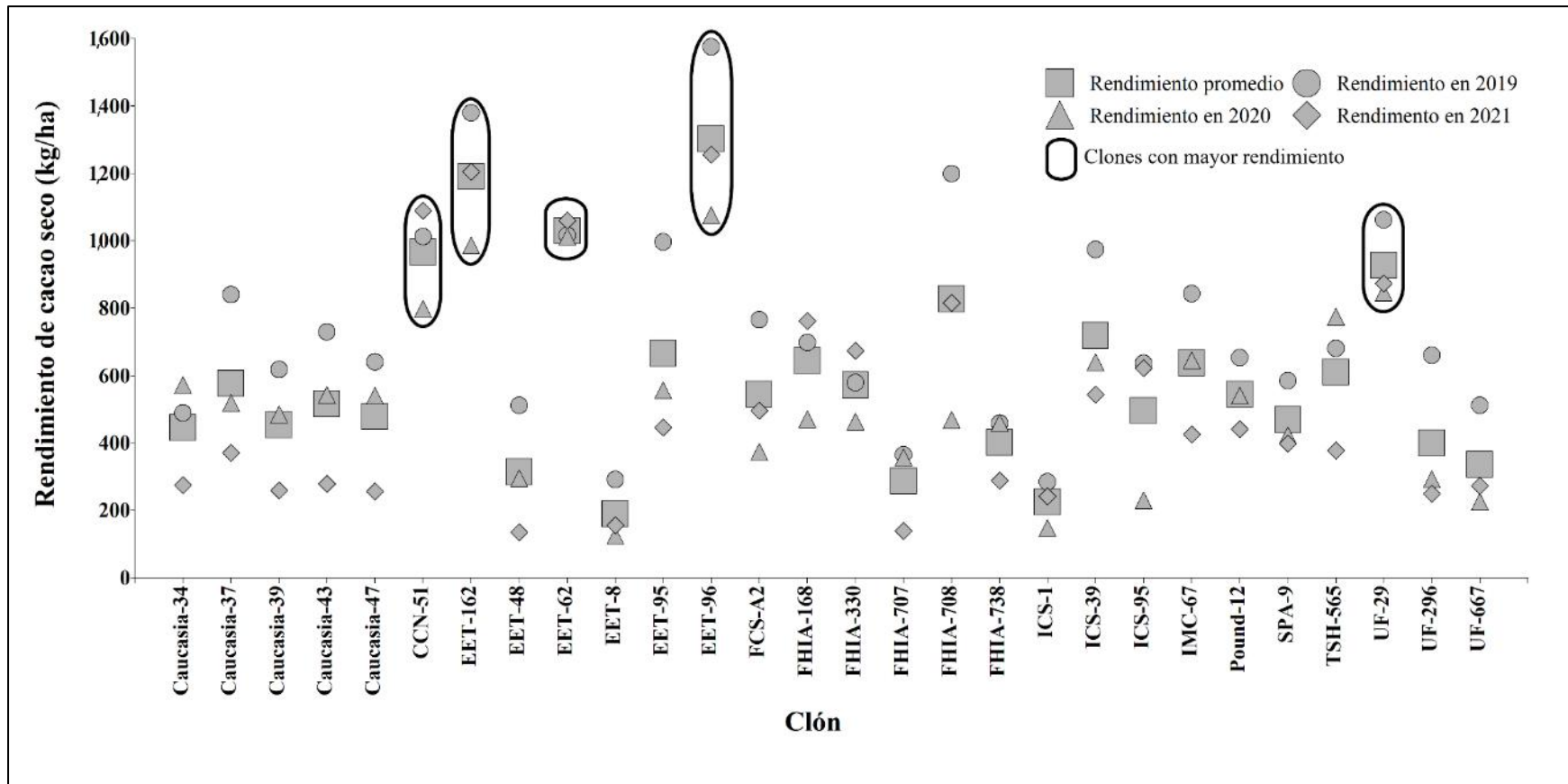


Figura 24. Distribución del rendimiento por año y promedio (kg/ha/clon) entre 2019-2021. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, Honduras, 2021.



## Conclusiones

1. Los arreglos policlonales 7 y 8 conformados por los clones EET son los de mayor producción. La mayoría de los clones que conforman estos arreglos son autocompatibles y muy intercompatibles entre sí.
2. Las mayores pérdidas en producción continúan siendo por ocasionadas por plagas como ardillas y pájaro carpintero, seguido de la enfermedad de mazorca negra.
3. Los clones autocompatibles son los de mayor rendimiento y consistencia en producción año a año.

## Recomendación

A la hora de seleccionar un arreglo policlonal para el establecimiento de plantaciones nuevas, 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

- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, 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>.
- López, M., O. Ramírez y A. Dubón. 2017. Catálogo de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) evaluados y seleccionados por la FHIA. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, FHIA y PROCACAO. La Lima, Cortés, Honduras, C.A. 88 pp.
- 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.
- Martínez A., O. Ramírez y F.J. Díaz. 2020. Prueba regional: evaluación de 28 clones comerciales de cacao bajo las condiciones del CADETH. Pág. 25-36. In: Informe Técnico 2019, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. La Lima, Cortés, Honduras, C.A. 89 p.
- Martínez A., O. Ramírez y F.J. Díaz. 2021. Prueba regional: evaluación de 28 clones comerciales de cacao bajo las condiciones del CADETH. Pág. 28-37. In: Informe Técnico 2020, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. La Lima, Cortés, Honduras, C.A. 107 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 auto-compatibilidad e inter-compatibilidad entre los clones de cacao que se destinarían para el uso comercial, los cuales desde 1990 se han evaluado y seleccionado en el CEDEC-JAS de una amplia colección de más de 300 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, resistentes 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. Posteriormente 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 cruzamientos con 20 plantas por cruzamiento, y la segunda con 693 plantas producto de 43 cruzamientos con 5 a 20 plantas por cruzamiento. El experimento está ubicado en el CEDEC- JAS, La Masica, Atlántida, bajo condiciones de precipitaciones anuales de 2,989 mm, temperaturas de 27 °C, y altitud de 20 msnm. La primera parcela está diseñada bajo modelo agroforestal: caoba del atlántico (*Swietenia macrophylla*), guana (*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 tratamiento (sin repeticiones), y en ellas se registran los frutos sanos y enfermos. El Cuadro 9 describe los cruzamientos con sus progenitores, % de inter-compatibilidad y rendimiento potencial de cacao seco (López *et al.* 2017).

Cuadro 9. Cruzamientos, intercompatibilidad promedio y rendimiento potencial de sus progenitores. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida.

	Madre	Padre	Rendimiento potencial <sup>1</sup> (kg/árbol)		Inter- compatibilidad (%)
			Madre	Padre	
<b>Parcela con sombra de guama (<i>Inga edulis</i>)</b>					
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
<b>Parcela con sombra de ternero (<i>Cordia bicolor</i>)</b>					
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

	Madre	Padre	Rendimiento potencial <sup>1</sup> (kg/árbol)		Inter-compatibilidad (%)
			Madre	Padre	
43	EET-96	EET-48	2.4	2.6	30
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

<sup>1</sup> 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.

Con algunas excepciones se replantaron fallas cuando las plantas que se murieron en los primeros meses del lote de guama con individuos de la misma familia utilizada en el lote “sombra de ternero” o viceversa.

**Manejo de las parcelas.** El 2021 se realizó el mismo manejo agroforestal ejecutado en 2020: control de malezas en forma manual (chapia) cada 3 meses, la fertilización del cacao se realiza en base a recomendación de análisis de suelo (Cuadro 10), práctica de poda en cacao 2 veces al año (junio-julio y enero-febrero), eliminación de tejido dañado (una vez al año) por el gusano barrenador de la caoba (*Hypsiphyla grandella*) con fines de inducir un crecimiento limpio de los fustes y mantener la calidad de la madera.

Cuadro 10. 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> 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	5.55	36.01	1.8	19	42	1,770	397	216.3	65-35-90
	M	M	B	M	B	M	A	---	

A: alto; M: medio; B: bajo. ---: no se analizó

**Variables evaluadas.** El registro de datos en la cosecha se realizó a partir del cuarto año de establecido el cacao. Es importante señalar que, en la etapa de registro solo se dará seguimiento a las plantas que demuestren mayor productividad y resistencia natural a enfermedades. Las variables a registrar 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

El 2021 se corroboró la identidad de los progenitores de las familias/cruzas inter-clonales; además de un reordenamiento en los árboles que para fines de realizar la transición en la nomenclatura se describe cada individuo como “antes y después” (Cuadro 11 y Cuadro 12).

**Lote Guama.** La producción de frutos sanos de las progenies 21, 22 y 141, antes 26, 27 y 10, se mantienen entre los primeros lugares en los registros de 2020 y 2021 (Cuadro 11, Figura 25) con promedio de 53, 52 y 48 frutos, respectivamente. Los primeros dos individuos, 21 y 22, son hermanos completos con progenitores Caucasia-39 x Caucasia-37 (Cuadro 11: craza/familia T9) y el individuo 141 es hermano medio compartiendo la misma madre de la familia, Caucasia-39 (Cuadro 11: familia T53). La progenie #101, antes #16, se encuentra en el cuarto lugar en producción, pero muy por debajo del tercero, 7 frutos menos en promedio, con 41 frutos. En 2020 y 2021 no se reportaron frutos con mazorca negra en ninguno de estos tres árboles. En la progenie #21 solamente se registró monilia en el último año con 2 frutos afectados, el #22 con 2 frutos en cada año, mientras que el #141 y #101 únicamente reportaron frutos con monilia en 2020, con 4 y 1 fruto, respectivamente (Cuadro 11). La baja incidencia a monilia es característico de los clones Caucasia que se encuentran entre los progenitores de gran parte de los árboles evaluados.

Cuadro 11. Producción de frutos sanos por árbol y afectados por enfermedades (Lote Guama) en diferentes familias interclonales de cacao seleccionadas en el CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras. 2020-2021.

Familia		2020			2021			FS prom.
Antes	Ahora	FS	MN	Mon	FS	MN	Mon	
A26T9	A21T9	45	0	0	60	0	2	53
A27T9	A22T9	65	0	2	38	0	2	52
A10T3	A141T53	68	0	4	27	0	0	48
A16T10	A101T10	60	0	1	22	0	0	41
A7T13	A184T13	47	1	3	28	3	5	38
A11T3	A142T3	51	1	3	23	0	2	37
	A183T13				34	0	0	34
A18T10	A104T10	45	0	0	22	0	3	34
A17T10	A102T10	41	1	1	24	0	5	33
	A63T11				32	0	0	32
	A103T10				31	0	2	31
A25T14	A72T14	45	0	0	16	1	1	31
A13T3	A241T6	42	1	2	19	1	1	31
A15T15	A122T15	37	4	1	23	6	0	30
A21T10	A91T10	28	0	4	30	1	2	29
	A113T53				29	3	1	29

Familia		2020			2021			FS prom.
Antes	Ahora	FS	MN	Mon	FS	MN	Mon	
	A144T3				29	0	0	29
A31T3	A15T3	32	0	0	24	0	0	28
	A230T15				28	1	0	28
A9T14	A166T14	32	0	5	23	1	6	28
A14T3	A145T3	33	0	1	19	0	1	26
	A187T5				26	1	1	26
	A189T5				25	1	1	25
A23T3	A262T14	35	2	0	11	0	1	23
	A163T8				23	2	0	23
	A266T4				22	2	4	22
A20T11	A109T11	34	0	1	9	0	0	22
A19T11	A106T11	29	0	0	14	3	1	22
A4T12	A221T12	42	1	4	0	0	0	21
A5T12	A223T12	35	0	1	5	3	0	20
A12T3	A143T3	22	0	0	18	0	2	20
	A23T9				20	1	2	20
<b>Promedio</b>		<b>41.3</b>	<b>0.5</b>	<b>1.6</b>	<b>23.6</b>	<b>0.9</b>	<b>1.4</b>	<b>30.0</b>

FS: frutos sanos; MN: mazorca negra; Mon: monilia; Prom: promedio.

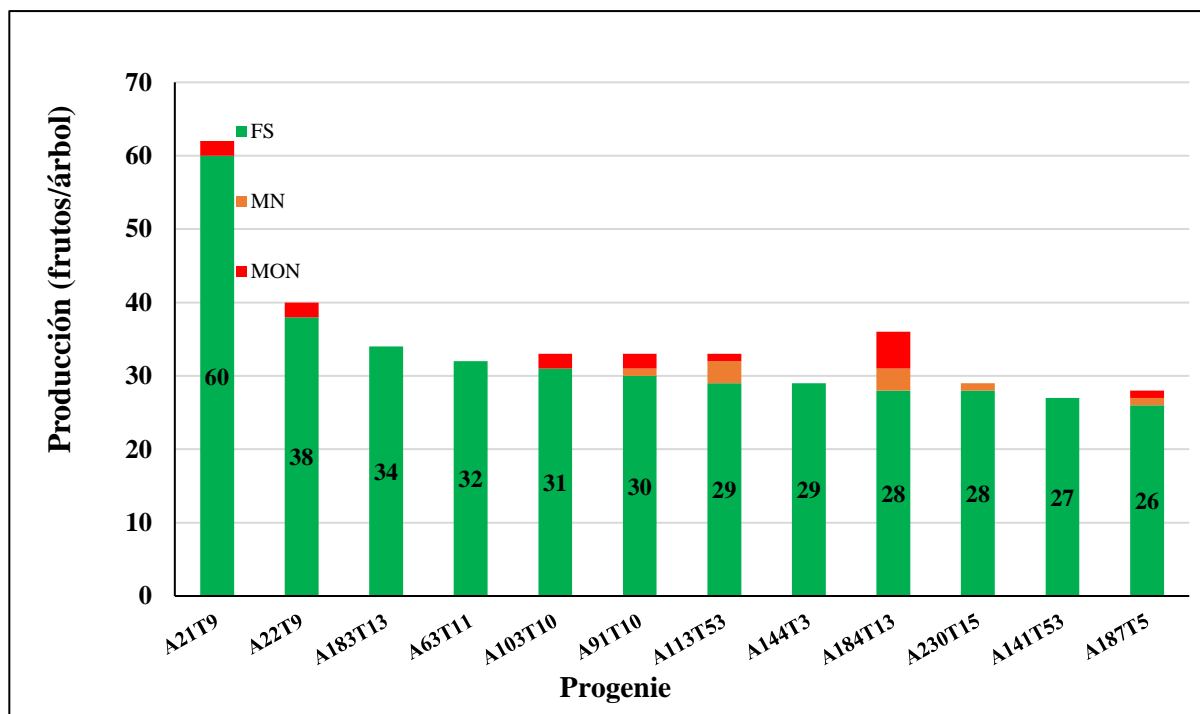


Figura 25. Cantidad de frutos sanos y enfermos de las progenies más productivas en el lote guama. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021.

**Lote Sombra de Ternero.** Los individuos 652 (antes 72) y 319 (antes 36), se han mantenido en los primeros lugares por dos años (Cuadro 12, Figura 26), con una producción de 45 y 34 frutos sanos por árbol por año, respectivamente con progenitores: Caucasia-34 x IMC-67 y TSH-565 x

UF-221, respectivamente. El #544 (TSH-565 x IMC-67) logró igual rendimiento promedio que el #319 con 34 frutos sanos por árbol, para ocupar el primer lugar en con 30 frutos en 2021. Los individuos 652 y 544 son hermanos medios compartiendo un progenitor en común (IMC-67), a la misma vez que este último comparte al progenitor TSH-565 con el árbol 319. Otros árboles como: #286, #342 y #619 también se encuentran entre los de mayor producción (34-36 frutos por árbol).

Cuadro 12. Frutos sanos y enfermos familias interclonales de cacao seleccionadas en el Lote Sombra de Ternero (CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida, Honduras. 2020-2021).

Familia		2020			2021			FS prom.
Antes	Ahora	FS	MN	Mon	FS	MN	Mon	
A72T27	A652T58	63	0	0	27	2	1	45
A30T20	A286T21	58	0	1	13	0	22	36
A64T28	A616T28	55	0	1	13	0	2	34
A37T16	A342T16	39	0	5	29	1	17	34
A36T19	A319T55	41	1	1	26	0	5	34
A58T39	A544T44	37	0	3	30	0	0	34
A65T19	A619T28	37	0	4	30	0	9	34
A25T32	A241T32	45	0	3	20	0	7	33
A57T44	A540T44	44	0	2	18	1	16	31
A47T37	A448T37	33	0	2	28	1	12	31
A42T17	A408T17	42	0	0	17	0	0	30
A70T23	A648T23	35	0	0	24	0	0	30
A66T19	A622T19	38	0	1	19	0	4	29
A45T24	A442T24	39	0	1	17	0	8	28
	A589T24				28	0	0	28
A16T41	A115T38	41	0	5	14	0	5	28
A31T21	A287T21	35	2	5	19	0	12	27
	A279T39				27	0	9	27
	A591T24				27	0	1	27
A41T42	A379T25	42	0	5	9	9	17	26
A32T28	A312T28	39	0	1	10	0	14	25
A61T18	A608T18	35	1	0	13	1	0	24
A51T34	A476T34	26	0	0	22	0	4	24
A46T24	A443T24	36	3	1	11	1	14	24
A24T32	A238T32	33	0	0	12	0	9	23
A34T35	A314T35	32	0	8	13	3	9	23
A56T40	A509T40	29	0	3	16	0	6	23
A69T23	A645T23	38	0	0	6	0	0	22
A68T23	A644T58	32	0	4	12	3	0	22
A12T22	A76T22	29	2	4	15	2	6	22
	A204T26				22	0	0	22
A11T19	A54T24	27	1	7	16	11	9	22
A50T35	A456T35	27	1	2	15	3	3	21
A53T45	A479T45	26	0	0	16	0	4	21
	A692T50				21	0	0	21
A63T35	A614T58	31	0	2	9	0	4	20
	A326T53				20	2	4	20
A62T18	A609T18	36	1	1	3	1	0	20
<b>Promedio</b>		<b>37.5</b>	<b>0.4</b>	<b>2.3</b>	<b>18.1</b>	<b>1.1</b>	<b>6.1</b>	<b>27.0</b>

FS: fruto sanos; MN: mazorca negra; Mon: Monilia; Prom.: promedio

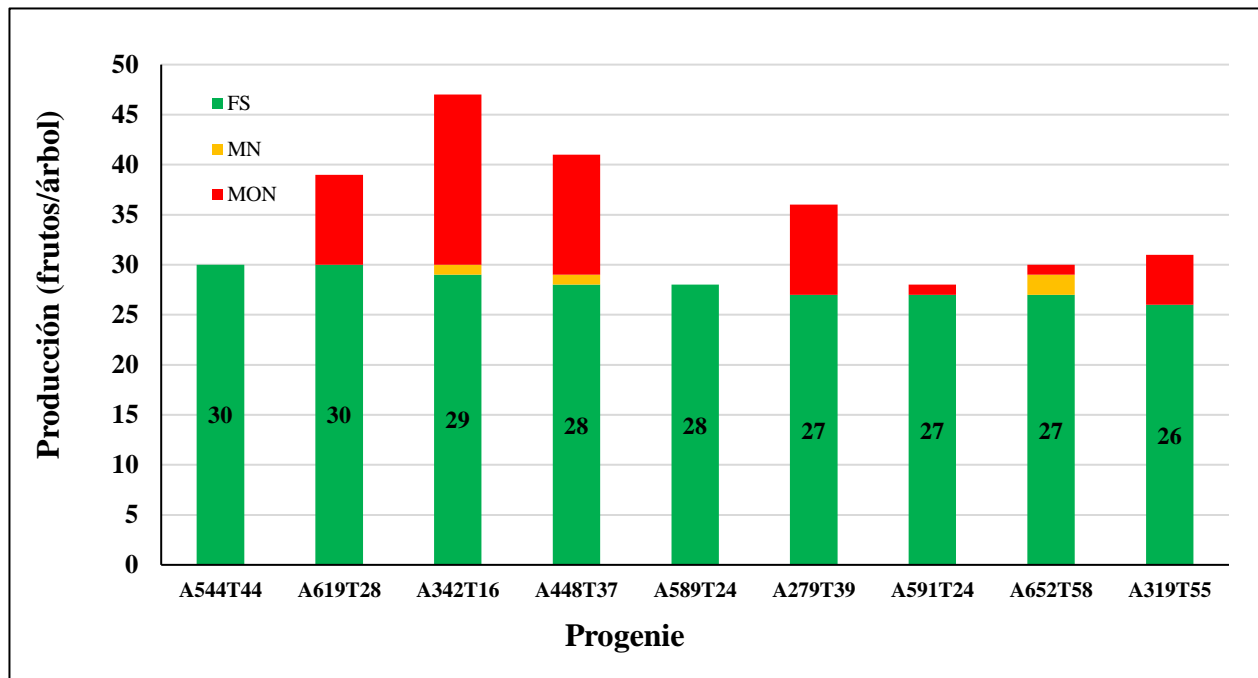


Figura 26. Cantidad de frutos sanos y enfermos por árbol de las progenies más productivas en el lote con sombra de ternero (CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021).

El 2022 se iniciarán las microfermentaciones para determinar el índice de mazorca, o sea la cantidad de frutos para obtener un kilogramo de cacao seco, de cada árbol, así como otras variables y con esto realizar proyecciones de rendimiento de cacao seco en kg/ha tomado como base el acumulado de frutos en cada árbol.

### Conclusión

La producción obtenida en dos años de evaluación de frutos provenientes de árboles-progenie permite considerar esta investigación como valiosa. Por ejemplo, en la parcela de cacao con sombra de guama las progenies #21 y #22, con producción de frutos de más de 50 al año y el índice de mazorca 24 frutos/kg de cacao seco, se puede inferir una producción de por lo menos 2 kg/árbol. En la parcela de cacao acompañada por la especie maderable Sombra de Ternero, la progenie #652 con 45 frutos/año, bajo mismas consideraciones, puede aspirar a al menos 1.5 kg de cacao seco por árbol.

### 3.6. Arreglo policlinal orgánico cacao-plátano. AGF 18-01

*Alfredo Martínez*

Programa de Cacao y Agroforestería

Esta parcela tiene un área total de 1.5 ha, establecida hace dos años y medio (julio de 2018). Se estableció en un inicio con plátano y sombra natural de diferentes especies de bajo valor comercial. El plátano cumplió su tercer ciclo (y último) en el que se cosechó 100 racimos y 300 cormos para semillas que fueron vendidos, una parte a clientes interesados y la otra parte para establecer áreas nuevas dentro de la estación. Adicionalmente, para ajustar el nivel de sombra en la parcela y aumentar su valor, fueron plantados árboles de caoba del atlántico.



El manejo agronómico de esta parcela se realiza bajo la modalidad de nutrición orgánica consistente en la aplicación de gallinaza; por lo tanto, las actividades están basadas en la no aplicación de productos químicos y así poder hacer comparaciones con el resto de parcelas convencionales. Otras actividades de manejo desarrolladas en el año incluyeron: control de malezas, aplicación de gallinaza (170 g/planta), control de Sigatoka negra en el plátano a través de cirugías, deschupado y despunte en el cacao.

De los materiales genéticos establecidos en esta parcela, los más precoces son el UF-667 y TSH-565, no así los otros materiales ICS-39 y ICS-1. En el 2022 se iniciará el registro de cosecha en cada uno de los clones de cacao y el acumulado por policlón.

### **3.7. Evaluación de arreglo policlonal para la producción de cacao fino y de aroma. AGF18-02**

*Alfredo Martínez*

Programa de Cacao y Agroforestería

Esta parcela fue establecida con el arreglo policlonal conformado por los clones TSH-565, ICS-39, ICS-95 y ICS-1.

A pesar de las múltiples enmiendas aplicadas al suelo (cal, gallinaza y lombricompost) para tratar de corregir la pobre calidad del suelo (baja materia orgánica, pH bajo y altos niveles de aluminio (de acuerdo con el análisis químico del suelo), las plantas de cacao muestran un pobre desarrollo en general para su edad. En vista de lo anterior, se prevé dar por terminado este ensayo y remover las plantas de cacao para plantar rambután, cultivo mejor adaptado a estas condiciones de suelo. Por lo tanto, este lote se manejará como comercial y no como investigación.

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

*Aroldo Dubón, Oscar Ramírez y Enrique Maldonado*

Programa de Cacao y Agroforestería

**Resumen.** La autocompatibilidad sexual en clones de cacao determina una característica muy deseable en vista de lo poco común que ocurre en clones de cacao. Este ensayo que evalúa 20 clones autocompatibles, fue establecido bajo un diseño agroforestal en un área de 0.3 ha en el CEDEC-JAS de la FHIA en el 2020. El crecimiento de las plantas a los dos años de edad es normal y a partir de los 18 meses se ha iniciado la producción precoz de mazorcas en plantas de todos los clones. A partir del 2022 se iniciará el registro formal de la producción en cada uno de los 20 clones.

**Palabras clave:** polinización, compatibilidad, *Theobroma*

#### **Introducción**

Se considera que la compatibilidad sexual es uno de los factores influyentes 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.

### Objetivo

- 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 autocompatibles (Cuadro 13), seleccionados y evaluados en el CEDEC-JAS (Ramírez, Dubón y López, 2019). Los clones están ordenados en hileras de 15 plantas. La parcela cuenta con un área aproximada de 0.27 ha, establecida con sistema de riego por microaspersión y bajo el modelo agroforestal, plátano (*Musa* sp.), madreño (*Gliricidia sepium*), caoba del atlántico (*Swietenia macrophylla*) y cacao (*Theobroma cacao* L.), 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.

Cuadro 13. Clones de cacao autocompatibles en evaluación en campo. CEDEC-JAS, LaMasica, Atlántida. 2019.

Hilera	Clon	Hilera	Clon	Hilera	Clon	Hilera	Clon
1	CDC-1	6	FHIA-65	11	FHIA-330	16	CDC-4
2	FHIA-430	7	FHIA-32	12	FHIA-513	17	CDC-1
3	FHIA-612	8	FHIA-478	13	DFEAR-5	18	CDC-3
4	FHIA-677	9	CR-82	14	DFTA-4	19	FHIA-169
5	FHIA-515	10	CR-27	15	CDC-2	20	FHIA-630

### Variables a evaluar:

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

El registro de datos en el cacao iniciará en 2022.

**Manejo de la parcela.** El 2021, se continuó con las actividades de manejo agroforestal. El cacao recibió poda de formación y fertilización cada seis meses, con la aplicación de 6 oz de 15-15-15 equivalentes a 56 kg/ha de N, de  $P_2O_5$  y de  $K_2O$ . También se realizó la eliminación de chupones cada 2-3 meses. En el maderable se ejecutó únicamente la eliminación de ramas ubicadas entre el dosel del cacao.

A inicios de 2021 la parcela mostró déficit de sombra para el cacao (Figura 27A) por causa de la eliminación temprana del plátano y por el bajo nivel de sombra generado por el madreado. Por lo tanto, se recurrió al establecimiento de maíz en el mes de febrero (Figura 27B) y así brindar el servicio de sombra especialmente en los meses de verano, además de generar ingresos adicionales (Figura 27C).



Figura 27. A. Siembra de maíz, B. Control de malezas y aporque y, C. Maíz como sombra cacao.

El cultivo de maíz recibió el manejo para su buen crecimiento y desarrollo, entre las actividades se destacaron: a) la fertilización cada 15 días con 15 g/planta/aplicación usando un solo tipo de fertilizante, en secuencia: 18-46-0,  $NH_4NO_3$ , 15-15-15 y KCl, lo que suma en total 271, 249 y 306 kg/ha de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ , respectivamente, b) la aplicación de insecticida Decis o Monarca para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en base a monitoreo, usando una dosis de 25-50 ml por bomba de 20 litros de agua. En total se realizaron 3 aplicaciones de insecticidas acompañadas de fertilizante foliar a base de zinc (5 %) y boro (5 %) con dosis de 25 ml de cada producto/bomba.

Para el análisis de la producción de maíz los datos fueron extrapolados a hectárea. La densidad poblacional se estimó en 33,611 plantas, de las cuales solo el 81 % emergió (27,225 plantas). Cada planta produjo en promedio una mazorca. Con una muestra de 10 mazorcas al azar, se registró el número de granos y peso, teniendo como resultado 401.0 granos y 125.6 g por mazorca, respectivamente. Con estos datos se puede inferir una producción de 3.4 t/ha (75 quintales/hectárea) (Figura 28).



Figura 28. conteo y peso de granos.

Con el inicio de las lluvias, el cacao muestra un crecimiento vigoroso (Figura 29) y el madreado ya se había recuperado de los daños ocasionados por las tormentas tropicales Eta y Iota.

A inicios de noviembre se realizó la poda en todo el sistema foliar del madreado, interviniendo de esta manera en su fenología para que en los meses de verano del próximo año se encuentre en crecimiento vegetativo y no en floración.



Figura 29. Crecimiento vigoroso del cacao.

### 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.

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

*Aroldo Dubón*

**Programa de Cacao y Agroforestería**

#### Resumen

Los clones de cacao en este jardín clonal de 2.3 ha fueron establecidos hace 35 años y ya cumplieron los objetivos trazados en su momento. La renovación, iniciada en el 2019, incluye en su mayoría nuevos clones de cacao, tanto internacionales como desarrollados por la FHIA y fueron establecidos cada uno entre los cacaos originalmente plantados, aprovechando la sombra que proveen. Este proceso de renovación, incrementará la disponibilidad de material vegetativo para expansión de áreas de producción, tanto experimentales como comerciales.

**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 año 2000, cuando se comenzó la recomendación de utilizar injertos. En el 2019 el jardín clonal contaba con 32 años, por lo que se consideró propicio su renovación. Para esto se consideró 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 14). El ordenamiento del clon dentro del jardín clonal es aleatorio y no obedece a ningún tipo de arreglo.

Cuadro 14. 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\*

Durante el 2021, se continuó con el manejo del sistema de producción agroforestal: control de malezas, intervenciones para reducir área de copas en cacaos adultos (apertura para entrada de luz), resiembras de fallas en cacao, fertilización y poda de formación en cacao, intervención silvícola (raleos y podas) en la especie forestal conocida como caoba africana de Lagos (*Khaya ivorensis*). También, se realizó el establecimiento de plátano en aquellos sitios específicos donde el cacao necesita de sombra. En general, la plantía de cacao demuestra un crecimiento aceptable y conforme a su edad (Figura 30).



Figura 30. Clon FHIA-430 al inicio de floración.

#### 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 del 2023.

##### **4.1. Estudio de especies forestales latifoliadas bajo la modalidad agroforestal multiestratos con cacao: I. Evaluación productiva y potencial de ingresos económicos de 12 sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona norte de Honduras. CAC 02-01**

*Oscar Ramírez, Aroldo Dubón, Jesús Sánchez y Francisco Javier Díaz*  
Programa de Cacao y Agroforestería

*Luís Orozco y Fernando Casanoves*  
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, (CATIE)

#### **Resumen**

En 1987 el Programa de Cacao y Agroforestería de la FHIA inició la evaluación de SAF asociados con especies maderables de alto valor comercial. Desde 1997 la FHIA recolecta datos de campo de variables de producción agroforestal en 36 sistema agroforestales, de los cuales, para este estudio se seleccionaron los 12 sistemas agroforestales considerados los más promisorios. Inicialmente, cada sistema agroforestal estuvo integrado por tres componentes de sombra más el cacao: se utilizó plátano (*Musa* sp.) y madreño (*Gliricidia sepium*) como sombra temporal y el maderable como sombra permanente. Con datos recopilados durante 24 años, se realizó un análisis productivo y económico de los productos provenientes del sistema agroforestal. Además, se registraron datos dasométricos para evaluar el crecimiento de las especies maderables y explorar los efectos sobre

la productividad y la dinámica de las principales enfermedades del cacao. La metodología permitió:

- construir las curvas y tasas de crecimiento de los maderables: diámetro del tallo a la altura de pecho (DAP), altura total (Ht), volumen comercial (Vc) y biomasa en Vc (Bio). Mediante regresiones lineales, análisis de varianza y prueba DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves) ( $p \leq 0.05$ );
- realizar análisis de correlación entre la cobertura arbórea, área basal del maderable, rendimiento de cacao e, incidencia de monilia y mazorca negra;
- realizar un análisis económico y análisis de componentes principales (ACP) con las variables financieras para cada componente agroforestal. Se encontraron diferencias estadísticas significativas en las variables de crecimiento DAP, Ht, Vc y Bio de las especies maderables, sobralen hasta los 17 años: *Tabebuia donnell-smithii*: 51 cm, 26 m, 2.44 m<sup>3</sup> y 1.20 t; *Nectandra* sp.: 50 cm, 19 m, 1.70 m<sup>3</sup> y 0.90 t; y *Hyeronima alchornoides*: 44 cm, 23 m, 1.61 m<sup>3</sup> y 0.95 t. Todos los maderables tuvieron un crecimiento anual mínimo anual de 1.0 m en Ht y 2.25 cm de DAP y un Vc promedio de 4,4 m<sup>3</sup>/ha. Los rendimientos de cacao fueron negativamente afectados por el componente maderable, disminuyendo a medida que incrementa la cobertura (sombra) y el área basal de los maderables. Los mejores rendimientos de cacao se registraron en asocio con *Dalbergia glomerata*, *Plathymiscium dimorphandrum* y *Macrohasseltia macroterantha* con 1,365, 1,250 y 1,011 kg/ha x año, respectivamente. No se encontró efecto significativo de la cobertura arbórea sobre la incidencia de monilia y mazorca negra. Los ingresos medios anuales del sistema agroforestal fueron variables desde US\$ 1,565.00 hasta 3,973.00), al igual que la distribución del ingreso por componente. Los mejores socios fueron *H. alchornoides* con una distribución del ingreso similar para el cacao y el maderable; *D. glomerata* con un mayor ingreso proveniente del cacao y, finalmente, *Ilex tectonica*, con un mayor ingreso proveniente del maderable. Con cualquiera de estos tres sistemas agroforestales se producen ingresos netos anuales superiores a US\$ 3,800.00/ha. Los SAF cacao-maderables son una alternativa de diversificación productiva atractiva para la zona atlántica de Honduras.

## Introducción

Los SAF se definen como la asociación e interacción entre las plantas leñosas (frutales, maderables, forrajeras, palmáceas, especies de uso múltiple), que pueden ser plantadas o manejadas de regeneración natural, con cultivos agrícolas y/o pecuarios, y de carácter secuencial o simultáneo (Somarriba, 1990; Torquebiau, 2000). Esta manera de producir se ha visualizado como una alternativa para el incremento de la productividad, adaptación, mitigación y resiliencia de los efectos de la variabilidad y el cambio climático, contribuyendo directamente al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), especialmente los encaminados a una producción sana y equilibrada (Ghosh *et al.*, 2019; Bunn *et al.*, 2019). Los SAF con cacao secuestran más carbono, hasta 2.5 veces más en comparación con cacaotales a pleno sol. Este carbono es acumulado en las especies leñosas acompañantes que a su vez aumentan la productividad del SAF, generando productos adicionales como, por ejemplo: la producción de madera, leña, alimentos, medicamentos y fibras. Otros de los beneficios de los SAF orientados a la adaptación son: el aumento de materia orgánica, reciclaje de nutrientes, conservación de la biodiversidad y de las fuentes de agua. Las especies leñosas también amortiguan los eventos climáticos extremos; además, de proporcionar un microclima más estable (Beer *et al.*, 1998; Koko *et al.*, 2013; Cerda *et al.*, 2014; Vaast y Somarriba, 2014; Dubón y Sánchez, 2016; Somarriba *et al.*, 2018; Niether *et al.*, 2020).

La importancia del uso de estos está más relacionada con las condiciones agroecológicas del sitio, la edad y densidad poblacional del cultivo. Entre los SAF más conocidos están los socios entre cultivos perennes (café y cacao) con árboles de leguminosas, frutales y maderables. Aunque la



planta de cacao se considera “amiga de la sombra”, este efecto puede disminuir hasta un 25 % en su producción; no obstante, la reducción del rendimiento es compensada por el aumento de la vida productiva del cultivo; además, que a los árboles maderables se les considera una “cuenta de ahorro” lo que hace a los SAF mejorados hasta 10 veces más rentables (Dubón y Sánchez, 2016; Niether *et al.*, 2020). Día a día las áreas de este cultivo siguen expandiéndose. Para ampliar las áreas con SAF con cacao es necesario dar a conocer y comprobar la rentabilidad y resiliencia financiera de estos SAF en largo plazo. Para lograrlo, es necesario implementar algunas estrategias como: a) que el productor perciba los árboles maderables como cultivo que requiere de manejo para aumentar la calidad y cantidad de bienes y servicios ecosistémicos; b) conocer las interacciones positivas y negativas del SAF; c) brindar el acompañamiento técnico y el proceso de certificación de los árboles para aprovechar los productos maderables de forma legal, con acceso a mejores precios (Somarriba y López, 2018; La Gaceta, 2020). En la presente investigación usando como punto de partida el registro de datos durante 25 años se realiza el análisis productivo y financiero más detallado en los 12 SAF con cacao.

### Objetivo

Evaluar los aspectos productivos y financieros de 12 sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona norte de Honduras. Para el cumplimiento de este estudio se necesitó: a) estimar las curvas y tasas de crecimiento en diámetro, altura, volumen y biomasa de las especies maderables; b) realizar análisis de correlación entre la cobertura arbórea, área basal del maderable, incidencia a enfermedades (monilia y mazorca negra) y el rendimiento del cacao; c) realizar un análisis de mediano-largo plazo del desempeño financiero de cada SAF.

### Materiales y métodos

El estudio se realizó en el CEDEC-JAS, donde se vienen evaluando 36 especies maderables en SAF, de las cuales se seleccionaron 12 según su importancia económica, características productivas y su buen crecimiento junto al cacao (Dubón y Sánchez, 2016). Se utilizaron los registros históricos recopilados durante 24 años, incluidos datos del 2021, de las variables agronómicas y dasométricas. Las especies seleccionadas fueron: marapolán (*Guarea grandifolia*), granadillo rojo (*Dalbergia glomerata*), barba de jolote (*Cojoba arborea*), hormigo (*Plathymiscium dimorphandrum*), san Juan guayapeño (*Tabebuia donnell-smithii*), san Juan areno (*Ilex tectonica*), santa María (*Calophyllum brasiliense*), rosita (*Hieronima alchorneoides*), cincho (*Lonchocarpus* sp.), jigua (*Nectandra* sp.), huesito (*Macrohasseltia macroterantha*) y caoba del atlántico (*Swietenia macrophylla*).

El SAF con *S. macrophylla* también incluyó el laurel negro (*Cordia megalantha*) con una densidad de población similar. A los 24 años, los árboles de laurel negro fueron aprovechados, con DAP promedio de 59.3 cm (Dubón 2020, datos no publicados). Los 57 árboles sobrevivientes de esta especie representaron un área basal de 16.1 m<sup>2</sup>/ha y un Vc de 92.1 m<sup>3</sup>/ha de madera. Estos resultados fueron considerados en los análisis del SAF con *S. macrophylla*. Los SAF con cacao seleccionados estaban conformados por poblaciones entre 15-36 árboles maderables útiles, establecidos según la proyección de ancho se copa, en arreglos espaciales de: 6 × 9, 9 × 9, 8 × 10, 9 × 10 y 10 × 12 m (Dubón y Sánchez, 2006).

Inicialmente cada SAF con cacao estaba integrado por tres componentes de sombra más el cultivo de cacao por semilla de genética híbrida trinitaria. Posteriormente, esta especie fue renovada mediante injertación en campo utilizando las plantas de cacao adulto como portainjerto. Se utilizaron en su mayoría clones como: IMC-67, UF-613, UF-667, UF-650, ICS-1, ICS-6, ICS-39,

ICS-60, ICS-95, TSH-565, CAP-34, EET-62, EET-162, EET-400. Se utilizó plátano (*Musa* sp.) y madreño (*Gliricidia sepium*) como sombra temporal y la especie maderable como sombra permanente. Se registraron los productos generados por cada componente del SAF: frutos y cormos de plátano del 1° al 3° año. El 100 % de los frutos en cada parcela en estudio fueron cosechados en los dos primeros años. En el tercer año solo se dejó el 50 % de la población de plátano cosechando los frutos más cuatro cormos por planta a lo largo del año. También se realizó la cosecha de cuatro estacones de madreño por planta de 4° al 9° año. En el cacao se registraron todas las cosechas. Los frutos sanos cosechados sirvieron de base para determinar el rendimiento en grano seco, el cual se estimó al dividir el total de frutos cosechados en cada año entre el índice de mazorca (IM). Se realizó, además, el registro de los frutos con monilia (Mon) y mazorca negra (Mne) para estimar la incidencia como porcentaje de la producción total, de estas dos enfermedades por SAF con cacao. Además, en cada árbol maderable se registraron las variables: diámetro a la altura de pecho (DAP), altura total (Ht), altura comercial hasta la bifurcación del tronco del árbol (Hc, m) y el diámetro a la altura comercial (Dac) para obtener el factor de forma del tronco (Ff). Con las variables dasométricas antes descritas se calculó el volumen de madera comercial (Vc) acumulada y/o cosechada de manera parcial en árboles con diámetro mayor a 20 cm.

Se estimó la oclusión (Oc) y área de copa (Arc) para calcular la cobertura de sombra en la parcela (Cp). También, se colectaron muestras de madera del tronco a 1.30 m de altura de cuatro árboles por SAF, utilizando un barrenado de incremento para estimar la densidad de la madera (Dm) y con ello la biomasa (Bio) del Vc (Cuadro 15) Una vez construida la base de datos se procedió a su acondicionamiento y curado, con los protocolos propuestos por Casanoves *et al.* (2012).

Cuadro 15. Resumen metodológico para el levantamiento de las variables evaluadas en los sistemas agroforestales, zona norte de Honduras.

Componente	Variable	Instrumento	Método utilizado	Unidad de medida	Registro de datos
Plátano	Fruto	Calculadora	Recuento en la cosecha	Racimo	1°-3° año (1997-1999)
	Cormo			Cormo	3° año (1999)
Madreado	Estacón			Estacón	Año 4°-9° (2000-2008)
Cacao	Frutos sanos y enfermos			Fruto sano Con Mne (%) Con Mon (%)	Cada 14 días (2006-2020)
	IM	Contador manual más balanza	Microfermentación de almendras cont. en frutos, se calculó: # frutos en microfermentación /kg cacao seco 6.5 %. Se utilizó el IM en los 25 años de producción del cacao (López <i>et al.</i> , 2017)	Frutos necesarios para 1 kg de cacao	Año 25 (2021)
Maderable	DAP DAC	Cinta métrica o diamétrica	En DAP se midió a 1.30 m. En Dac hasta la bifurcación. Con cinta métrica se calculó: $\text{circunferencia}/3.1416$ (Ammuor <i>et al.</i> , 2012)	cm	Dap: año 1-25 (1998-2021) Dac: año 25 (2021)
	Ff			Se calculó con unidades en m: $0.7854 [(DAP + Dac) / 2]^2 (Hc)$ $(0.7854) (DAP)^2 (Hc)$ Se empleó este Ff desde el año uno (Ammuor <i>et al.</i> , 2012)	Factor (0-1)

Componente	Variable	Instrumento	Método utilizado	Unidad de medida	Registro de datos
Maderable	Ht	Vara telescópica ó clinómetro más cinta métrica	Desde el pie del árbol, con clinómetro mediante fórmula: (distancia al árbol) (porcentaje de inclinación de Ht o Hc – porcentaje de inclinación a la base del árbol/100 Se calculó Ht entre 1-17 años y al año 25 Con el registro de Hc se determinó un factor en Hc mediante la división Hc/Ht. Con el factor Hc/Ht se determinó las curvas y tasas de crecimiento en Vc desde el año 1-17 ( <u>Ammuor et al., 2012</u> )	m	Ht: año 1-17 y 25 (1998-2014 y 2021) Hc: año 18-24 (2014-2020)
	Hc				
	Oc	App: HabitApp	Visual, fotografía de Arc (último año) ( <u>Farfán et al., 2016</u> ; <u>Somarriba 2002</u> )	%	7 años de lectura (2006, 2008, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2020)
	Arc	Cinta métrica	Formula: $(0.7854) (\text{diámetro de copa})^2$ ( <u>Ammuor et al., 2012</u> )	m <sup>2</sup>	
	Cp		Método de estimación visual: $(\text{Arc})(\text{Oc})$ (cantidad árboles) (área parcela) ( <u>Somarriba, 2002</u> )	%	
	Vc	Software InfoStat	Se calculó con unidades en m: Vc: DAP x Ht x Ff También se calculó el volumen en pie tablar (p.t.), dividiendo el volumen en m <sup>3</sup> /200 p.t. ( <u>Ammuor et al. 2012</u> ; <u>La Gaceta 2020</u> )	m <sup>3</sup> Pie tablar (p.t.)	año 1-24 (1998-2020)
	Dm	Barreno de incremento, cinta métrica, balanza y horno	Se calculó el volumen en cm <sup>3</sup> de la muestra de madera, luego se eliminó la humedad de esta (24 horas en horno) Dm: peso en gramos (g)/ volumen (cm <sup>3</sup> ) ( <u>Ammuor et al. 2012</u> )	g/cm <sup>3</sup>	Año 25 (2021)
Bio		Se estimó mediante: Vc x Dm ( <u>Ammuor et al., 2012</u> )	kg/árbol	Año 25 (2021)	

**Cálculo del área de la población de los componentes del SAF.** Se determinó la población (densidad) en el cacao mediante el inventario de plantas solo en el área de influencia de los árboles maderables seleccionados (distancia entre plantas × cantidad de árboles evaluados por especie maderable). Para la población de plátano se aplicó el criterio utilizado por la FHIA (Dubón y Sánchez, 2016), el cual consiste en el establecimiento de este componente del SAF en igual densidad que el cacao para lograr entre el 40-50 % de sombra en el cacaotal. El madreaje se estableció al doble del distanciamiento del cacao, equivalente a 25 % de su población (Cuadro 16)

Cuadro 16. Cálculo de las poblaciones de cada componente en los SAF con cacao evaluados.

SAF con cacao	Distancia del maderable (m)	# de árboles evaluados	Área en estudio (m <sup>2</sup> )	Extrapolación de población/ha			
				Cacao	Plátano	Madreaje	Maderable
<i>M. macroterantha</i>	6 x 9	30	1,620	1,037	1,037	259	185
<i>I. tectonica</i>	9 x 9	30	2,430	1,111	1,111	278	123
<i>Nectandra sp.</i>	9 x 9	24	1,944	1,049	1,049	262	123
<i>T. donnell-smithii</i>	8 x 12	15	1,440	1,097	1,097	274	104
<i>C. brasiliense</i>	9 x 9	30	2,430	988	988	247	123
<i>C. arborea</i>	9 x 10	30	2,700	944	944	236	111
<i>Lonchocarpus sp.</i>	9 x 9	25	2,025	1,185	1,185	296	123
<i>P. dimorphandrum</i>	9 x 9	30	2,430	938	938	235	123
<i>G. grandifolia</i>	9 x 9	30	2,430	1,111	1,111	278	123
<i>H. alchorneoides</i>	10 x 12	36	4,320	1,056	1,056	264	83
<i>D. glomerata</i>	9 x 10	30	2,700	1,007	1,007	252	111
<i>S. macrophylla</i> más	10 x 12	35	4,200	1,114	1,114	279	83+83
<i>C. megalantha</i>							
Promedio		29	2,556	1,053	1,053	263	118

**Manejo de los SAF.** El manejo agronómico del cacao fue similar en todos los SAF. En términos generales se realizó control de malezas cada 3 meses; en la medida que incrementaba la sombra en la parcela, disminuía la demanda en mano de obra en esta actividad. En promedio el cacao recibió una poda de formación a los seis años y una poda de mantenimiento a partir del séptimo año hasta el año 24, realizada entre los meses de febrero y agosto. La poda iba acompañada con la fertilización, con la aplicación de aproximadamente 12 onzas por planta de la mezcla física en proporción de 60-20-20 de: 15-15-15, nitrato de amonio y cloruro de potasio equivalente a 53 g de N, 31 g de P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y 72 g de K (K<sub>2</sub>O). Se eliminaron los chupones (rebrotos no deseados) cada tres meses. El control de las enfermedades en el cacao se realizó de manera cultural mediante la eliminación de frutos enfermos cada 14 días. En el cultivo de plátano se realizaron todas las actividades que conlleva su buena gestión; al final de la segunda cosecha se eliminó el 50 % de la población original ya que la demanda de sombra del cacao iba disminuyendo. El madreaje no exigió mayor nivel de manejo, más que la eliminación de las ramillas raquílicas con crecimiento mal orientado (horizontal o hacia abajo). Las especies maderables recibieron poda de formación desde sus inicios hasta los 12 años, con uno a dos jornales/ha x año para realizar esta actividad. El raleo de los maderables se realizó de manera selectiva o sistemática, cuando por observación se notaba exceso de sombra en la parcela. Especies como *D. glomerata* y *C. brasiliense* tuvieron mayor demanda de mano de obra (poda, deshije y tutorado) en los primeros cinco años, tanto por su hábito de crecimiento “inclinado” como por la formación de troncos múltiples. La especie *C. arborea* presentó ramificación secundaria desde el primer tercio de altura del árbol lo que requirió

podas desde los primeros años para realzar la copa del árbol. Por el contrario, especies como: *I. tectonica*, *T. donnell-smithii*, *P. dimorphandrum*, *Lonchocarpus* sp., *H. alchornoides* y *M. macroterantha* formaban normalmente un único tallo sin demandar mayores cuidados. Finalmente, especies como *G. grandifolia* y *S. macrophylla*, a pesar de presentar tallo único, se vieron afectados por el ataque de la larva de *Hypsiphyla grandella* que dañó el meristemo apical por lo que fue necesario la poda y posterior selección del rebrote más vigoroso para la formación de un tronco principal.

**Análisis de datos.** Para el análisis de datos se empleó el software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2019). En las especies maderables se construyeron las curvas de crecimiento y estimaron las tasas de crecimiento anual en DAP, Ht, Vc y Bio, con el uso de registros históricos de las mediciones dasométricas anuales hasta los 16-18 años, de acuerdo con la especie. Para cada una de las variables de crecimiento se realizó un análisis de regresión lineal en función del tiempo, con años como variable independiente y se seleccionaron los modelos de regresión simples o polinómicos con mejor ajuste según el AIC criterio de información de Akaike y BIC criterio de información Bayesiano. Con el modelo seleccionado se estimó el crecimiento de los árboles con la fórmula:  $Y = \beta_0 + \beta_1(x) + \beta_2(x)^2 + \beta_3(x)^3$ , donde Y es la variable de respuesta en crecimiento;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  los coeficientes de los efectos fijos y X la variable independiente. También se realizó un análisis de varianza para detectar diferencias entre las curvas de crecimiento registradas por especies, complementado la prueba de comparación de medias DGC (Di Rienzo *et al.*, 2002). El análisis de correlación (Pearson), se realizó con los datos extrapolados a hectárea. Entre las variables dasométricas y agronómicas se incluyó: cobertura arbórea y área basal del maderable), rendimiento, incidencia de monilia y mazorca negra. Para las correlaciones se utilizaron los registros de siete años (2006, 2008, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2020) ya que solo en estos años fue posible registrar las variables necesarias para estimar la cobertura (Arc y Oc) de los árboles. Sin embargo, los promedios de rendimiento e incidencia a enfermedades corresponden a los recopilados durante 16 años, es decir, desde inicios de la edad productiva *estable* del cacao (ocho años) (Dubón y Sánchez, 2011b y 2016).

Finalmente, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con las variables financieras: costos, ingreso bruto (I.B.) e ingreso neto (I.N.), limitados a precios de los últimos cinco años (Dubón *et al.*, 2018; La Gaceta, 2020), para cada uno de los componentes agroforestales cacao, plátano, madreño y maderable, más la variable I.N. del SAF con cacao. Aunque en el cacao la producción se estabiliza a los siete años (Dubón y Sánchez, 2016) este cultivo inició su producción a los tres años; por lo tanto, en el análisis financiero se incluyeron los rendimientos desde esa edad. Para cada especie se utilizó los precios de la madera establecidos y regulados por el Instituto de Conservación Forestal (ICF), según el acuerdo-001-2020 publicado en el diario oficial La Gaceta de Honduras, en diciembre de 2020 (Cuadro 17). Para el cacao se utilizó el promedio de precios mantenidos entre los años 2016-2018 por la empresa de Chocolates Halba de Suiza (US\$ 3.63/kg de cacao seco) en vista de que, a este país se exporta la mayor cantidad del cacao hondureño (Dubón *et al.*, 2018). Para los precios del fruto y cormo de plátano se utilizó el precio promedio en el mercado local (US \$3.30 por racimo de plátano y US\$ 0.20 /cormo). Para el madreño se estimó un precio de US\$ 0.25 por cada estación. Entre los principales costos se destacaron la planta de cacao (US\$ 1.45), planta maderable (US\$ 0.62), cormos de plátano (US\$ 0.206) y estación de madreño (US\$ 0.28). Se promedió un costo por quintal de fertilizante en US\$ 24.81. Se consideró un precio de mano de obra en US\$ 8.27. La cosecha de la madera implicó un costo de US\$ 0.25/pt., más un costo de 1.0 % en declaración de ingresos ante la municipalidad/cantón. También, se

incluyó entre los costos considerados la certificación de los árboles, estimados en alrededor de US\$ 827.13 por hectárea. Del costo total del SAF se consideró un 5.0 % por imprevistos con el fin de solventar costos que surgieron y que no fueron declarados en el análisis financiero.

Cada SAF presentó una densidad poblacional de cacao diferente, entre 938 a 1,185 plantas/ha, y de los árboles maderables, 83 a 185 árboles/ha. Por lo tanto, se realizó un análisis de correlación entre las densidades poblacionales del cacao y el rendimiento y las densidades poblacionales de los maderables, 83 a 185 árboles/ha, y el rendimiento en volumen comercial, para determinar el efecto de la densidad poblacional sobre los rendimientos en ambos componentes agroforestales y de esta manera determinar si los SAF pueden ser comparables.

## Resultados

A continuación, se muestran los resultados en las variables agroforestales usadas para la estimación de las curvas de crecimiento, análisis de correlación y los precios de la madera para el análisis de componentes principales en la economía de los SAF con cacao (Cuadro 17).

Cuadro 17. Variables dasométricas y agronómicas complementarias y precios de madera. 2021.

SAF con cacao	Factor Hc/Ht (0-1)	Ff (0-1)	Dm (g/cm <sup>3</sup> o t/m <sup>3</sup> )	Arc (m <sup>2</sup> )	Oc (%)	Precio de p.t. (US\$)	Mon (%)	Mne (%)	IM (frutos/kg)
<i>H. alchorneoides</i>	0.58	0.77	0.593	76.3	73	1.70	3.36	4.66	14.4
<i>D. glomerata</i>	0.32	0.86	0.601	33.7	47	1.45	7.75	3.69	14.4
<i>P. dimorphandrum</i>	0.40	0.86	0.583	39.4	64	1.45	8.80	7.51	16.1
<i>I. tectonica</i>	0.55	0.75	0.461	41.7	78	1.61	5.36	8.01	18.9
<i>S. macrophylla</i>	0.57	0.71	0.537	39.8	77	2.39	12.03	5.46	17.0
<i>Nectandra</i> sp.	0.59	0.79	0.525	82.9	75	1.45	7.24	6.97	17.6
<i>T. donnell-smithii</i>	0.50	0.87	0.493	51.7	47	1.45	10.30	7.26	15.9
<i>M. macroterantha</i>	0.34	0.72	0.616	32.3	73	1.69	3.22	9.25	17.9
<i>C. brasiliense</i>	0.35	0.76	0.552	50.1	73	1.65	5.63	8.51	20.5
<i>Lonchocarpus</i> sp.	0.41	0.76	0.800	83.1	75	1.45	9.67	7.41	19.0
<i>G. grandifolia</i>	0.43	0.85	0.528	64.8	86	1.86	9.21	6.38	19.2
<i>C. arborea</i>	0.28	0.78	0.569	72.5	83	1.79	7.95	5.26	17.6
Promedio	0.44	0.79	0.572	55.7	71	1.66	7.54	6.70	17.4

t: pie tablar; US\$: dólar estadounidense; Hc: altura comercial; Ht: altura total; Ff: factor de forma; Dm: densidad de madera; Arc: área de copa; Oc: oclusión; Mon: monilia; Mne: mazorca negra; IM: índice de mazorca; Cambio del dólar: L. 24.18.

El factor Hc/Ht estimado para la Hc fluctuó entre 0.28 (*C. arborea*) y 0.59 (*Nectandra* sp.), en relación con la Ht que siempre representó el valor de 1.0. *S. macrophylla* fue la especie con mayor conicidad del tronco (0.71) mientras que *T. donnell-smithii* se aproximó más a una forma cilíndrica con el mayor Ff (0.87). *Lonchocarpus* sp., presentó la más alta Dm (0.80 g/cm<sup>3</sup>), en contraposición, *I. tectonica* registró la menor (0.461 g/cm<sup>3</sup>). El Arc osciló entre 83.1 a 33.7 m<sup>2</sup> para las especies *Lonchocarpus* sp., y *D. glomerata*, respectivamente. Las especies *T. donnell-smithii* y *D. glomerata* presentaron un valor medio de Oc de 47 %, el menor de todas las especies. En los SAF con cacao con *S. macrophylla* se registró la mayor incidencia a Mon y en el SAF con cacao con *M.*

*macroterantha*, la menor incidencia, con 12.03 y 3.22 %, respectivamente. En las parcelas con *M. macroterantha*, a pesar de que presentó la menor incidencia a Mon, fue el SAF con la mayor incidencia registrada (9.25 %). El rango de índice de mazorca (IM) en los SAF con cacao osciló entre 14.4-20.5 frutos por kilogramo de cacao seco; los SAF con cacao con *H. alchorneoides* y *D. glomerata* fueron los de menor índice (14.4) y *C. brasiliense* el de mayor IM (20.5).

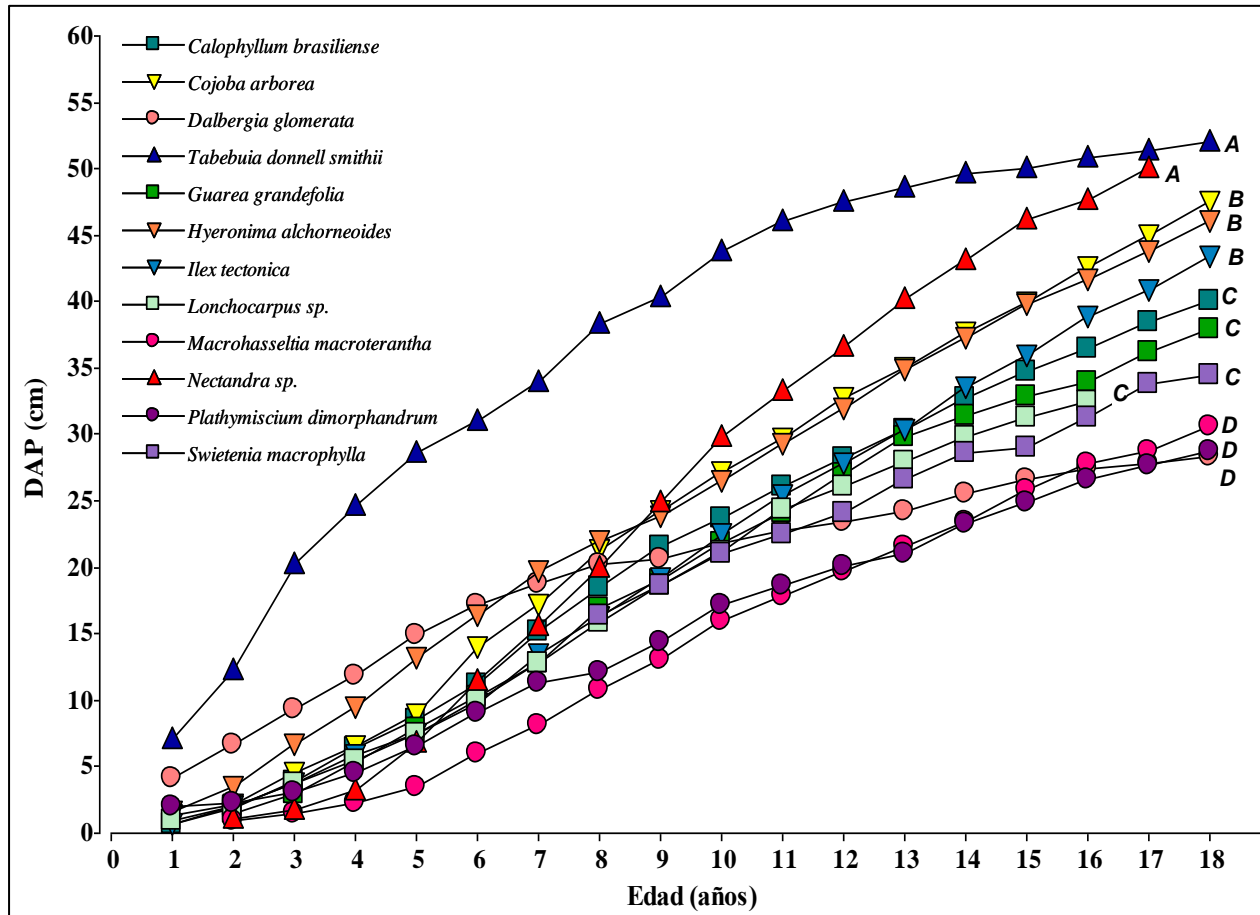


Figura 31. Curvas de crecimiento en DAP de 12 especies maderables en sistemas agroforestales con cacao. Nota: Letras iguales muestran especies con el mismo DAP en el último año de evaluación (prueba DGC,  $p > 0.05$ ).

**Curvas, tasas de crecimiento y modelos de regresión en DAP.** Los análisis de varianza y curvas de crecimiento de las especies maderables realizadas hasta los 17-18 años, demuestran que hay diferencias en el DAP entre las especies maderables ( $p$ -valor  $\leq 0.05$ ). La prueba de media DGC agrupa las mismas en cuatro categorías. Hasta los 17 años las especies con mayor crecimiento diamétrico fueron *T. donnell-smithii* y *Nectandra* sp., con 51.3 y 50.0 cm lo representa un crecimiento medio anual (IMA) de 3.0 y 2.9 cm, respectivamente. Entre las especies de menor crecimiento se encontraron *M. macroterantha*, *D. glomerata* y *P. dimorphandrum* con IMA de 28.7 (1.7), 27.9 (1.6) y 27.7 (1.6) cm, respectivamente. Todas las especies a los 13 años lograron el diámetro mínimo de corte mayor o igual a 20 cm que, según experiencias de la FHIA ya pueden ser aprovechables. Sin embargo, a partir de esa edad las especies crecieron a un ritmo pronunciado, excepto *T. donnell-smithii* que ya alcanzaba un diámetro de 48.5 cm y que hasta los 17 años solo alcanzó un incremento diamétrico de hasta 51.4 cm (Figura 31).



En el Cuadro 18 se muestran los coeficientes de regresión (valores de  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ) para estimar el DAP de las especies maderables entre 1-18 años, con la fórmula  $Y = \beta_0 + \beta_1(x) + \beta_2(x)^2 + \beta_3(x)^3$ , donde Y es el DAP esperado, x la edad (años) que es multiplicado por su expresión: lineal, cuadrática y cúbica.

Cuadro 18. Modelos con mejor ajuste para la estimación del DAP (cm) para cada especie maderable, según los criterios AIC Y BIC. CEDEC-JAS, La Masica, Honduras. 2022

Especie maderable en SAF	$\beta_0$	E.E.	$\beta_1$	E.E.	$\beta_2$	E.E.	$\beta_3$	E.E.	R <sup>2</sup>
<i>C. brasiliense</i>	-1.92809	±0.78690	1.69104	±0.34900	0.14253	±0.04209	3.40202	±0.00146	0.9979
<i>C. arborea</i>	-1.94154	±1.07267	1.86927	±0.47574	0.16058	±0.05737	-0.00637	±0.00199	0.9971
<i>D. glomerata</i>	-0.07945	±0.54110	3.92881	±0.23998	-0.22399	±0.02894	0.00525	±0.00100	0.9968
<i>T. donnell-smithii</i>	0.81548	±0.96787	6.83968	±0.42926	-0.30384	±0.05176	0.00453	±0.00179	0.9972
<i>G. grandifolia</i>	-2.33224	±0.96601	1.37061	±0.38173	0.17251	±0.04263	-0.00703	±0.00141	0.9985
<i>H. alchorneoides</i>	-2.31596	±0.37278	3.22479	±0.09034	-0.02966	±0.00462			0.9990
<i>I. tectonica</i>	-0.49720	±0.46697	0.81454	±0.20711	0.20961	±0.02498	-0.00670	±0.00087	0.9993
<i>Lonchocarpus sp.</i>	0.45116	±0.34893	0.18735	±0.17237	0.31576	±0.02319	-0.01272	±0.00090	0.9995
<i>M. macroterantha</i>	-0.26088	±0.94108	-0.10157	±0.37188	0.24385	±0.04153	-0.00803	±0.00137	0.9979
<i>Nectandra sp.</i>	-0.99071	±1.57361	-0.55139	±0.65117	0.55993	±0.07641	-0.02084	±0.00266	0.9983
<i>P. dimorphandrum</i>	0.35086	±0.64266	0.78888	±0.28503	0.12786	±0.03437	-0.00471	±0.00119	0.9971
<i>S. macrophylla</i>	-1.99432	±2.75767	2.53555	±0.44151	-0.02771	±0.01688			0.9946

$\beta_0$ : ordenada al origen;  $\beta_1$ -  $\beta_3$ : coeficientes de regresión; E.E.: error estándar; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

**Curvas, tasas de crecimiento y modelos de regresión en altura total.** El resultado del análisis de varianza de la Ht de los árboles, realizado a los 17-18 años, indica que hay diferencias estadísticas significativa entre las especies maderables (p-valor  $\leq 0.05$ ). La prueba DGC reúne las especies en cuatro grupos. A los 17 años las especies *T. donnell-smithii* y *H. alchorneoides* fueron las de mayor crecimiento, con 25.91 y 22.87 m, que corresponde a una tasa de crecimiento anual de 1.52 y 1.34 m, respectivamente. En el grupo de las especies con menor crecimiento se incluyeron *C. arborea*, *D. glomerata* y *P. dimorphandrum* que registraron Ht e (IMA) de 17.77 (1.04), 17.56 (1.03) y 17.29 (1.01) m, respectivamente. Todas las especies lograron en promedio un crecimiento anual en altura mayor a 1.0 m (Figura 32).

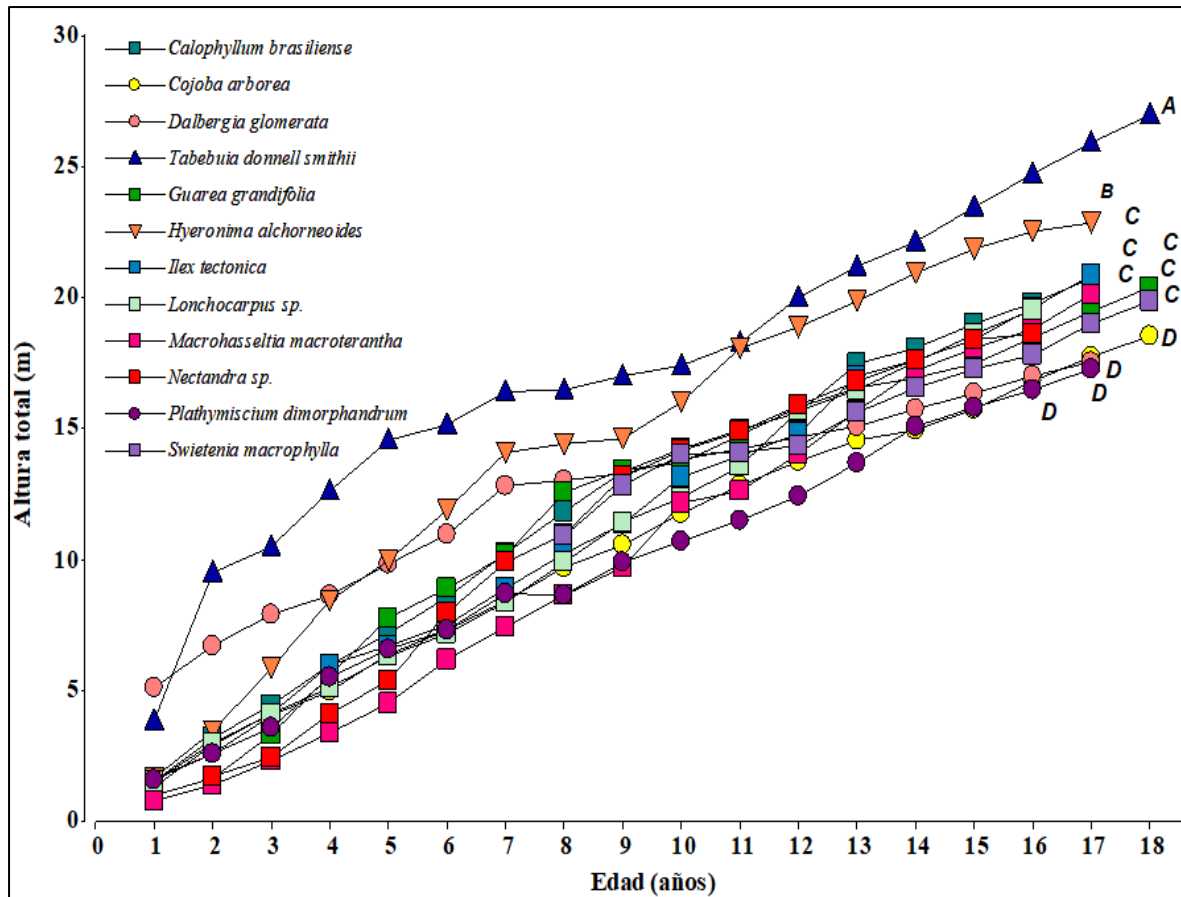


Figura 32. Curvas de crecimiento en altura total de 12 maderables en SAF. Nota: Letras iguales muestran especies con misma altura en el último año de evaluación (prueba DGC,  $p > 0.05$ ).

A continuación, se presentan los coeficientes de regresión (valores de  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ) para estimar la Ht entre 1-18 años, en las especies maderables, con la fórmula  $Y = \beta_0 + \beta_1(x) + \beta_2(x)^2 + \beta_3(x)^3$ , donde Y es la Ht esperada, x la edad en años que es multiplicada por su expresión: lineal, cuadrática y cúbica (Cuadro 19).

Cuadro 19. Modelos con mejor ajuste para la estimación de la altura total (m) por cada especie maderable en SAF, según los criterios AIC y BIC. CEDEC-JAS, La Masica, Honduras. 2021.

Especie maderable en SAF	$\beta_0$	E.E.	$\beta_1$	E.E.	$\beta_2$	E.E.	$\beta_3$	E.E.	R <sup>2</sup>
<i>C. brasiliense</i>	-0.28991±0.24282		1.70478±0.06210		-0.02772±0.00335				0.9980
<i>C. arborea</i>	0.19094±0.15582		1.31082±0.03776		-0.01660±0.00193				0.9988
<i>D. glomerata</i>	3.15580±0.40720		1.92654±0.19033		-0.11729±0.02421		0.00316±0.00089		0.9936
<i>T. donnell-smithii</i>	2.17198±1.01700		3.47239±0.45105		-0.27246±0.05439		0.00883±0.00189		0.9835
<i>G. grandifolia</i>	-1.50143±0.43749		1.99514±0.10602		-0.04551±0.00542				0.9929
<i>H. alchorneoides</i>	-1.26060±0.64950		2.82867±0.30358		-0.13115±0.03861		0.00292±0.00141		0.9950
<i>I. tectonica</i>	0.57217±0.17480		1.20944±0.01706						0.9970
<i>Lonchocarpus sp.</i>	0.98087±0.36109		0.80773±0.17838		0.05644±0.02400		-0.00212±0.00093		0.9982
<i>M. macroterantha</i>	0.11356±0.35705		0.49911±0.16688		0.09952±0.02123		-0.00353±0.00078		0.9984
<i>Nectandra sp.</i>	-1.81187±0.91903		1.38818±0.39913		0.06169±0.04933		-0.00434±0.00181		0.9958
<i>P. dimorphandrum</i>	0.10788±0.45208		1.44835±0.21131		-0.05379±0.02688		0.00171±0.00098		0.9955
<i>S. macrophylla</i>	5.11766±0.55307		0.81346±0.04134						0.9773

$\beta_0$ : ordenada al origen;  $\beta_1$ -  $\beta_3$ : coeficientes de regresión; E.E.: error estándar; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

**Curvas, tasas de crecimiento y modelos de regresión en volumen de madera comercial.** Al igual que en Ht, el resultado del análisis de varianza para la variable Vc realizado a los 17 años, señala diferencias estadísticas significativas (p-valor  $\leq 0.05$ ) para el volumen comercial en pie de los maderables. La prueba de comparación de media DGC separa las especies en cinco categorías según el Vc por árbol/especie (Figura 33). La primera categoría incluye solo la especie *T. donnell-smithii*, la cual presentó la media mayor, con 2.40 m<sup>3</sup>/árbol para un un Vc de 134 m<sup>3</sup>/ha e IMA de 7.9 m<sup>3</sup>. Las especies *Nectandra sp.*, y *H. alchornoides* correspondieron a la segunda categoría, con un Vc similar entre sí: 1.74 y 1.61 m<sup>3</sup>/árbol, equivalente a un Vc de 151 y 100 m<sup>3</sup>/ha y una tasa de acumulación de 8.9 y 5.9 m<sup>3</sup>/ha x año. La especie *I. tectonica* pertenece a la tercera categoría con 1.19 m<sup>3</sup>/árbol y un Vc de 141 m<sup>3</sup>/ha, equivalente a 8.3 m<sup>3</sup>/ha x año con una población a esa fecha de 119 árboles/ha. Las especies incluidas en la cuarta y quinta categoría tuvieron la menor tasa de acumulación de volumen en pie (Vc, menos de 0.74 m<sup>3</sup>/árbol a los 17 años). Especies como *G. gradifolia*, *S. macrophylla*, *C. brasiliense*, *C. arborea* y *Lonchocarpus sp.*, registraron un Vc por árbol alrededor de 0.73, 0.73, 0.66, 0.63 y 0.61 m<sup>3</sup>, correspondiente a 42, 45, 73, 65 y 39 m<sup>3</sup>/ha e IMA de 2.5, 2.6, 4.3, 3.8 y 2.3 m<sup>3</sup>/ha acumulados (Figura 33) en 57, 61, 110, 103 y 64 árboles/ha, respectivamente. Las especies con menor Vc acumulado por árbol fueron: *P. dimorphandrum*, *M. macroterantha* y *D. glometara* con 0.39, 0.33 y 0.30 m<sup>3</sup> representado 43, 20 y 22 m<sup>3</sup>/ha e IMA de 2.6, 1.2 y 1.3 m<sup>3</sup>/ha con cantidad de árboles/ha sobrevivientes hasta esa fecha de: 111, 61 y 74 por hectárea, respectivamente. Como promedio general, el IMA de volumen comercial de los 12 SAF evaluados fue de 4.4 m<sup>3</sup>/ha x año.

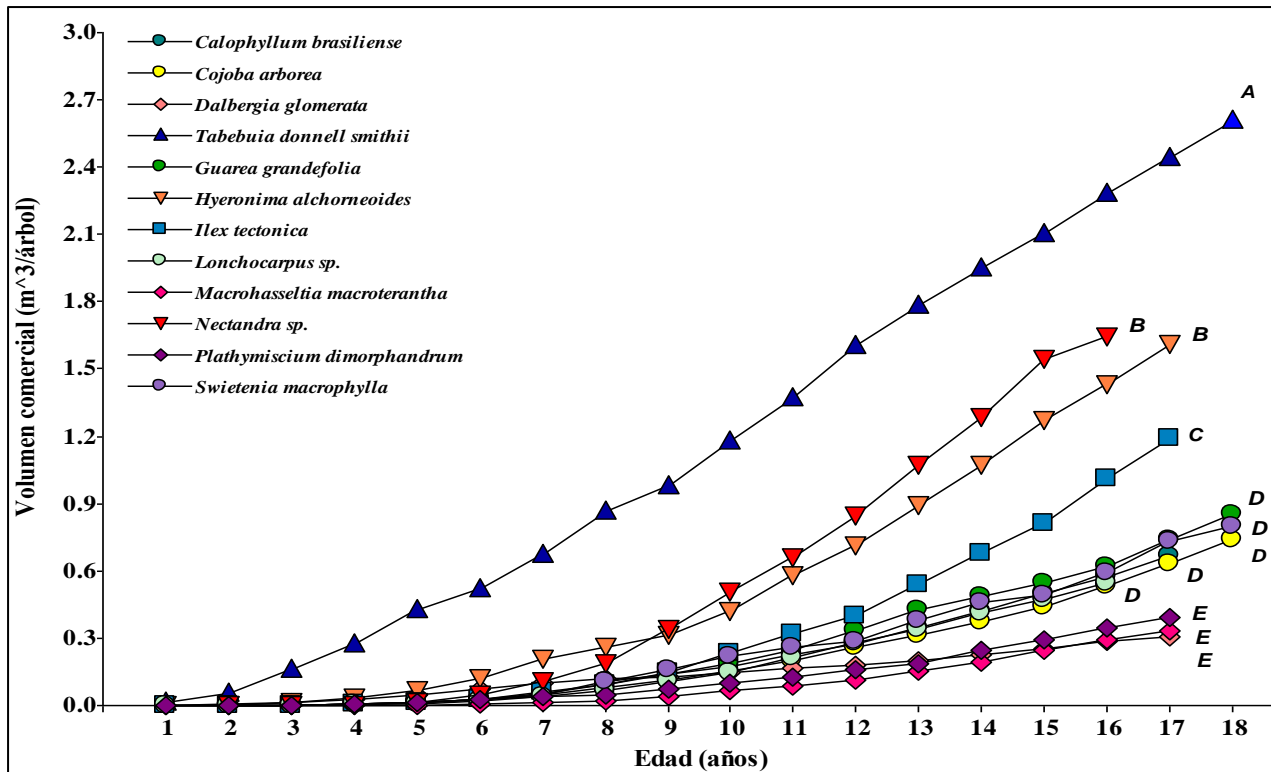


Figura 33. Curva de crecimiento en volumen comercial de 12 especies maderables en SAF. Letras iguales muestran especies con el mismo volumen en el último año de evaluación (prueba DGC,  $p > 0.05$ ).

El Cuadro 20 muestra los coeficientes de regresión (valores de  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ), para estimar el Vc entre 1-18 años por especie en los maderables, con la fórmula  $Y = \beta_0 + \beta_1(x) + \beta_2(x)^2 + \beta_3(x)^3$ , donde Y es el Vc esperado, x la edad en años que es multiplicada por su expresión: lineal, cuadrática y cúbica.

Cuadro 20. Modelos con mejor ajuste para la estimación del volumen comercial ( $m^3/\text{árbol}$ ) por especie maderable en SAF, según los criterios AIC y BIC, CEDEC-JAS, La Masica, 2021.

Especie maderable en SAF	$\beta_0$	E.E.	$\beta_1$	E.E.	$\beta_2$	E.E.	$\beta_3$	E.E.	$R^2$
<i>C. brasiliense</i>	0.01736 ± 0.00508		-0.01675 ± 0.00130		0.00323 ± 0.00007				0.9993
<i>C. arborea</i>	0.00647 ± 0.00695		-0.00799 ± 0.00308		0.00169 ± 0.00037		0.00005 ± 0.00001		0.9994
<i>D. glomerata</i>	-0.01795 ± 0.00599		0.01234 ± 0.00153		0.00038 ± 0.00008				0.9951
<i>T. donnell-smithii</i>	-0.03039 ± 0.02702		0.02505 ± 0.01198		0.01361 ± 0.00144		-0.00038 ± 0.00005		0.9994
<i>G. grandefolia</i>	0.01338 ± 0.01569		-0.01672 ± 0.00356		0.00350 ± 0.00017				0.9973
<i>H. alchorneoides</i>	0.03518 ± 0.02015		-0.03193 ± 0.00515		0.00744 ± 0.00027				0.9982
<i>I. tectonica</i>	0.02213 ± 0.01180		-0.01560 ± 0.00551		0.00167 ± 0.00070		0.00019 ± 0.00002		0.9994
<i>Lonchocarpus sp.</i>	0.02283 ± 0.00892		-0.01978 ± 0.00241		0.00333 ± 0.00013				0.9973
<i>M. macroterantha</i>	0.03797 ± 0.00619		-0.01931 ± 0.00147		0.00218 ± 0.00007				0.9977
<i>Nectandra sp.</i>	0.26379 ± 0.07361		-0.15671 ± 0.03196		0.02253 ± 0.00395		-0.00044 ± 0.00014		0.9972
<i>P. dimorphandrum</i>	0.00536 ± 0.00676		-0.00419 ± 0.00316		0.00096 ± 0.00040		0.00003 ± 0.00001		0.9985
<i>S. macrophylla</i>	0.11107 ± 0.11638		-0.02808 ± 0.01863		0.00369 ± 0.00071				0.9933

$\beta_0$ : ordenada al origen;  $\beta_1$ -  $\beta_3$ : coeficientes de regresión; E.E.: error estándar;  $R^2$ : coeficiente de determinación.

**Curvas, tasas de crecimiento y modelos de regresión en biomasa de volumen comercial.** El análisis de varianza también muestra diferencias estadísticas significativas ( $p$ -valor  $\leq 0.05$ ) para la biomasa entre las especies. La prueba de separación de medias DGC divide las especies en las mismas cinco categorías formadas para la variable  $V_c$  y ordenadas de forma similar, a excepción de la especie *Lonchocarpus sp.*, que, en esta variable, debido a su alta densidad de madera ( $0.80 \text{ g/cm}^3$ ), acompaña a *I. tectonica* en la tercera categoría. La especie *T. donnell-smithii*, al igual que en el  $V_c$ , mantiene el promedio mayor en Bio ( $1.20 \text{ t/árbol}$ ). Las especies con menor  $V_c$  también presentan menor valor de Bio: *P. dimorphandrum*, *M. macroterantha* y *D. glometara*, con: 0.23, 0.21 y  $0.18 \text{ t/árbol}$ , respectivamente (Figura 34).

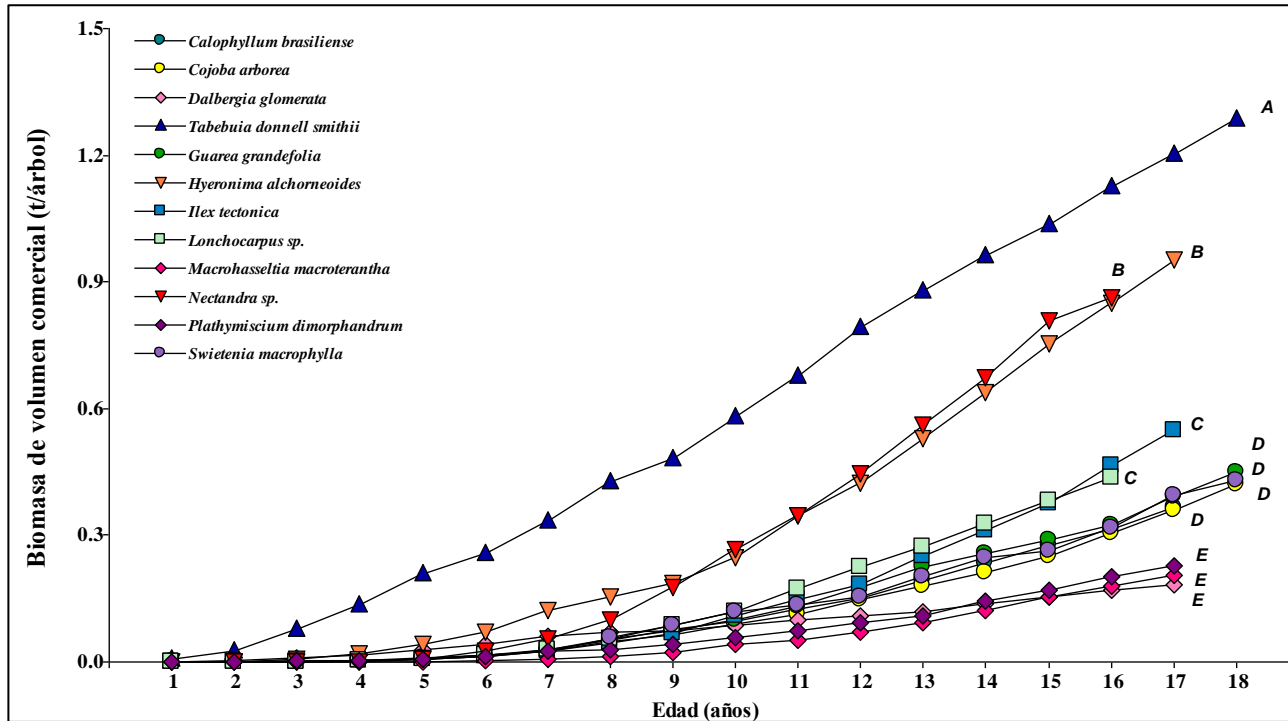


Figura 34. Tasas de crecimiento anual en biomasa del volumen de madera comercial (t/árbol) de 12 especies maderables en SAF. Letras iguales muestran especies con la misma biomasa en el último año de evaluación (prueba DGC,  $p > 0.05$ ).

Con base al volumen comercial en  $m^3/ha$ , la densidad de la madera de cada especie y un valor de fracción de carbono de 0.50 para todas las especies maderables, los SAF con valores de Bio ordenados de mayor a menor fueron: *Nectandra* sp., *T. donnell-smithii*, *I. tectonica*, *H. alchorneoides*, *C. brasiliense*, *C. arborea*, *Lonchocarpus* sp., *P. dimorphandrum*, *S. macrophylla*, *G. grandifolia*, *D. glomerata* y *M. macroterantha*, con valores de: 79.5, 66.2, 65.2, 59.1, 40.4, 36.9, 31.2, 25.3, 24.0, 22.2, 13.5 y 12.6 t de biomasa/ha, respectivamente, y valores de carbono de: 39.7, 33.1, 32.6, 29.5, 20.2, 18.5, 15.6, 12.7, 12.0, 11.1, 6.7, 6.3 t de C/ha, respectivamente. En promedio, los 12 SAF con cacao acumularon una biomasa en el Vc de 39.7 t/ha hasta los 17 años, con un carbono fijado estimado en 19.8 t/ha.

En el Cuadro 21 se presentan los coeficientes de regresión (valores de  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ) para estimar la Bio del Vc entre 1-18 años en las especies maderables, con la fórmula  $Y = \beta_0 + \beta_1(x) + \beta_2(x)^2 + \beta_3(x)^3$ , donde Y es la Bio esperada, x la edad en años que es multiplicada por su expresión: lineal, cuadrática y cúbica.

Cuadro 21. Modelos con mejor ajuste para la estimación de la biomasa (t/árbol) de cada especie maderable, según los criterios AIC y BIC, en SAF, La Masica, Atlántida. 2021.

Especie maderable en SAF	$\beta_0$	E.E.	$\beta_1$	E.E.	$\beta_2$	E.E.	$\beta_3$	E.E.	R <sup>2</sup>
<i>C. brasiliense</i>	0.00959 ± 0.00281		-0.00925 ± 0.00072		0.00178 ± 0.00004				0.9993
<i>C. arborea</i>	0.00369 ± 0.00396		-0.00455 ± 0.00176		0.00097 ± 0.00021		0.00003 ± 0.00001		0.9995
<i>D. glomerata</i>	-0.01079 ± 0.00361		0.00742 ± 0.00092		0.00023 ± 0.00005				0.9951
<i>T. donnell-smithii</i>	-0.01499 ± 0.01332		0.01235 ± 0.00591		0.00671 ± 0.00071		-0.00019 ± 0.00002		0.9994
<i>G. grandefolia</i>	0.00707 ± 0.00828		-0.00883 ± 0.00188		0.00185 ± 0.00009				0.9974
<i>H. alchorneoides</i>	0.02087 ± 0.01195		-0.01894 ± 0.00306		0.00441 ± 0.00017				0.9982
<i>I. tectonica</i>	0.01020 ± 0.00544		-0.00719 ± 0.00254		0.00077 ± 0.00032		0.00009 ± 0.00001		0.9995
<i>Lonchocarpus sp.</i>	0.01827 ± 0.00714		-0.01583 ± 0.00193		0.00267 ± 0.00011				0.9973
<i>M. macroterantha</i>	0.02340 ± 0.00382		-0.01190 ± 0.00091		0.00134 ± 0.00005				0.9978
<i>Nectandra sp.</i>	0.13849 ± 0.03865		-0.08227 ± 0.01678		0.01183 ± 0.00207		-0.00023 ± 0.00008		0.9973
<i>P. dimorphandrum</i>	0.01063 ± 0.00311		-0.00683 ± 0.00080		0.00116 ± 0.00004				0.9978
<i>S. macrophylla</i>	0.06411 ± 0.06099		-0.01601 ± 0.00976		0.00203 ± 0.00037				0.9937

$\beta_0$ : ordenada al origen;  $\beta_1$ -  $\beta_3$ : coeficientes de regresión; E.E.: error estándar; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación

**Correlación entre densidad poblacional y producción agroforestal.** No se encontró correlación significativa entre la densidad poblacional del cacao y el rendimiento (p-valor = 0.2437); es decir, los resultados en rendimiento del cacao no se vieron afectados por la densidad poblacional que cubrió el rango entre 938-1,185 plantas/ha. Por lo tanto, los rendimientos del cacao entre SAF son comparables. La densidad poblacional de los maderables tampoco afectó el rendimiento (p-valor = 0.5582), lo que también permite la comparación de los SAF con cacao.

**Correlación entre variables agroforestales.** Solo en cuatro de los 12 SAF con cacao se encontraron correlaciones negativas significativas (p-valor  $\leq$  0.05), entre la cobertura arbórea y el rendimiento del cacao; es decir, que a la medida que incrementaba la cobertura arbórea disminuía el rendimiento del cultivo. Estas correlaciones se dieron cuando el cacao se asoció con *S. macrophylla*, *P. dimorphandrum*, *C. brasiliense* e *I. tectónica*, con valores de coeficiente de Pearson (R) de: -0.90, -0.85, -0.81 y -0.77, respectivamente. Para el caso de las correlaciones entre la cobertura y la incidencia a enfermedades de monilia y mazorca negra, no se encontraron correlaciones significativas, excepto para el SAF con la especie *Lonchocarpus sp.*, donde incrementaba la incidencia a monilia cuando incrementaba la cobertura (Cuadro 22). Se puede inferir que la no significancia de la correlación de cobertura sobre la incidencia de enfermedades responde al control cultural y/o manejo dado al cacaotal, especialmente por la práctica de eliminación periódica de frutos enfermos.

Cuadro 22. Correlación de Pearson entre cobertura, rendimiento e incidencia de monilia y mazorca negra en los 12 SAF.

SAF-cacao	Cobertura (%)	Rendimiento de cacao			Incidencia de monilia			Incidencia de m. negra		
		R	p-valor	(kg/ha)	R	p-valor	(%)	R	p-valor	(%)
<i>S. macrophylla</i>	34-44	-0.90	0.0058**	547	0.20	0.6594 ns	12.0	0.56	0.1913 ns	5.5
<i>P. dimorphandrum</i>	16-31	-0.85	0.0152*	1,250	0.20	0.6689 ns	8.8	0.68	0.0960 ns	7.5
<i>C. brasiliense</i>	14-34	-0.81	0.0289*	647	-0.75	0.0592 ns	5.6	0.64	0.1214 ns	8.5
<i>I. tectonica</i>	22-37	-0.77	0.0439*	700	0.18	0.6939 ns	5.4	0.15	0.7536 ns	8.0
<i>Lonchocarpus sp.</i>	12-23	-0.66	0.1046 ns	752	0.82	0.0233*	9.7	0.37	0.4147 ns	7.4
<i>M. macroterantha</i>	3-8	-0.54	0.2083 ns	1,011	0.13	0.7807 ns	3.2	-0.46	0.3034 ns	9.3
<i>T. donnell-smithii</i>	10-17	-0.14	0.7676 ns	397	0.64	0.1207 ns	10.3	-0.14	0.7609 ns	7.3
<i>D. glomerata</i>	7-12	-0.04	0.9260 ns	1,367	0.48	0.2750 ns	7.8	0.18	0.6913 ns	3.7
<i>C. arborea</i>	4-33	0.60	0.2079 ns	467	0.25	0.6345 ns	8.0	-0.67	0.1448 ns	5.3
<i>G. grandifolia</i>	11-36	0.44	0.3183 ns	564	-0.59	0.1621 ns	9.2	-0.61	0.1454 ns	6.4
<i>Nectandra sp.</i>	24-41	0.11	0.8102 ns	565	0.72	0.0684 ns	7.2	-0.33	0.4717 ns	7.0
<i>H. alchorneoides</i>	16-31	0.02	0.9706 ns	907	0.71	0.0742 ns	3.4	-0.02	0.9705 ns	4.7

\*\* : correlaciones altamente significativas; \* : correlaciones significativas; ns : correlaciones no significativas.

De manera general, se encontró correlación positiva y altamente significativa ( $p\text{-valor} \leq 0.01$ ) entre las variables dasométricas cobertura y área basal maderable sobre el rendimiento de cacao (Figura 35 y Figura 36). El área basal de los maderables también se correlacionó significativamente y positivamente con la incidencia a mazorca negra (mayor área basal, mayor incidencia de mazorca negra). Adicionalmente se encontró que a la medida que incrementó el rendimiento, disminuyó la incidencia de mazorca negra. Finalmente, se detectó una correlación significativa entre las incidencias de las dos enfermedades, disminuyendo la incidencia de mazorca negra cuando aumenta la incidencia a monilia (Figura 35).

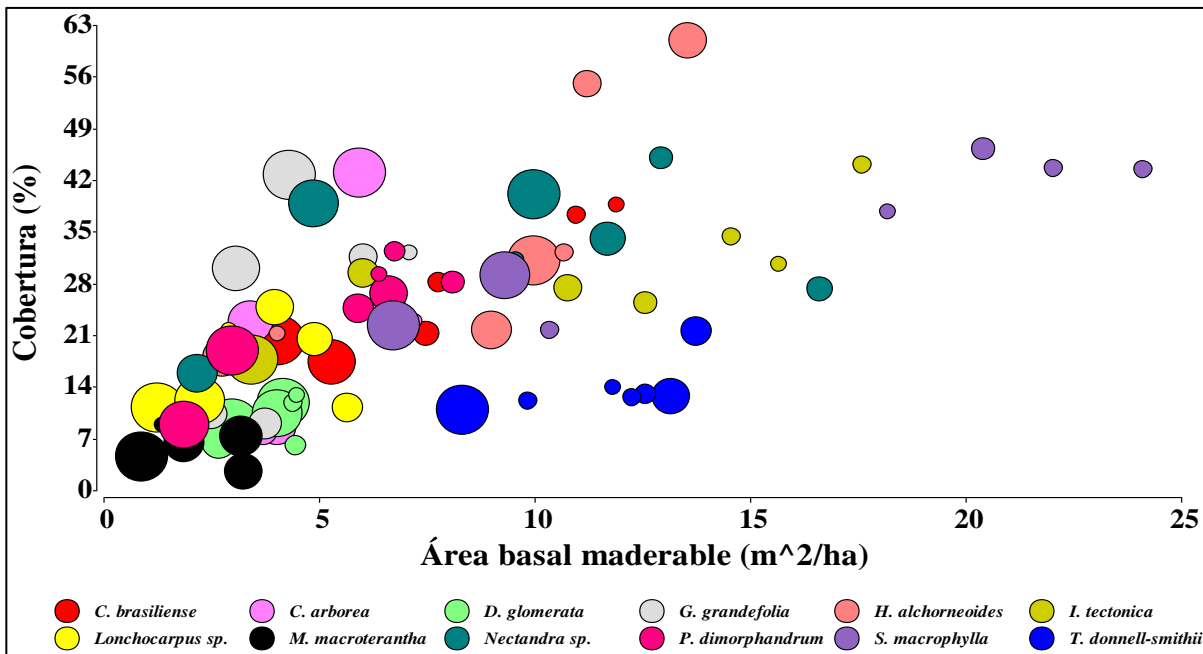


Figura 35. Representación de la correlación entre cobertura (%) y área basal de los maderables ( $m^2/ha$ ) y su influencia sobre el rendimiento del cacao (círculos de mayor tamaño, menor rendimiento del cacao) en SAF, en la zona norte de Honduras.



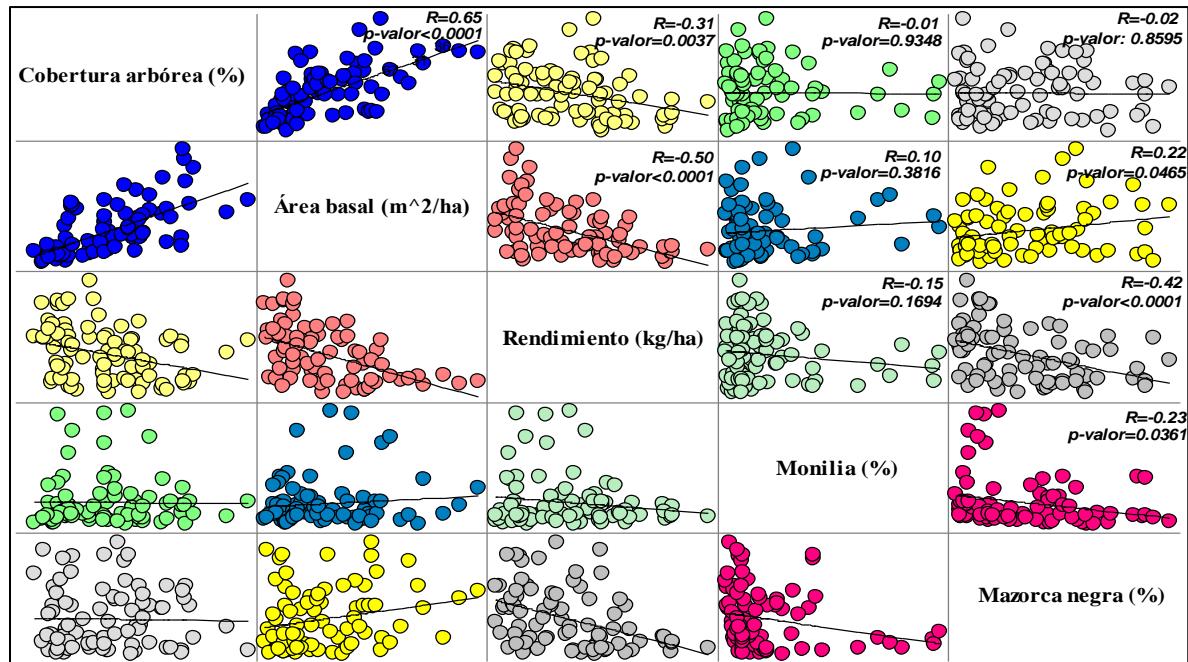


Figura 36. Diagrama de dispersión y la asociación entre las variables.

**Análisis de componentes principales en variables financieras del SAF.** El ACP realizado con las 13 variables financieras estudiadas explica el 94.4 % de la variabilidad de los datos con los tres primeros componentes principales. Se encontró una alta correlación positiva entre las variables financieras dentro del mismo componente agroforestal. El CP1 explica el 54 % de la variabilidad separando los SAF con cacao por ingresos provenientes de la cosecha del plátano (ptn) y maderado (mdrd). Los SAF con mayores ingresos se ubican al lado derecho, sobresalen los asociados de cacao con *Lonchocarpus* sp., *I. tectonica* y *S. macrophylla*. Estos SAF con cacao se caracterizan porque fueron establecidos con mayor población de plátano y maderado. El CP2 explica el 23.1 % de la variabilidad y separa los I.N. e I.B. entre el cacao y el maderable (mdrb), encontrándose una alta correlación negativa, es decir, que a medida que se incrementan los ingresos por cacao en el SAF, disminuyen los ingresos del maderable y viceversa (Figura 37).

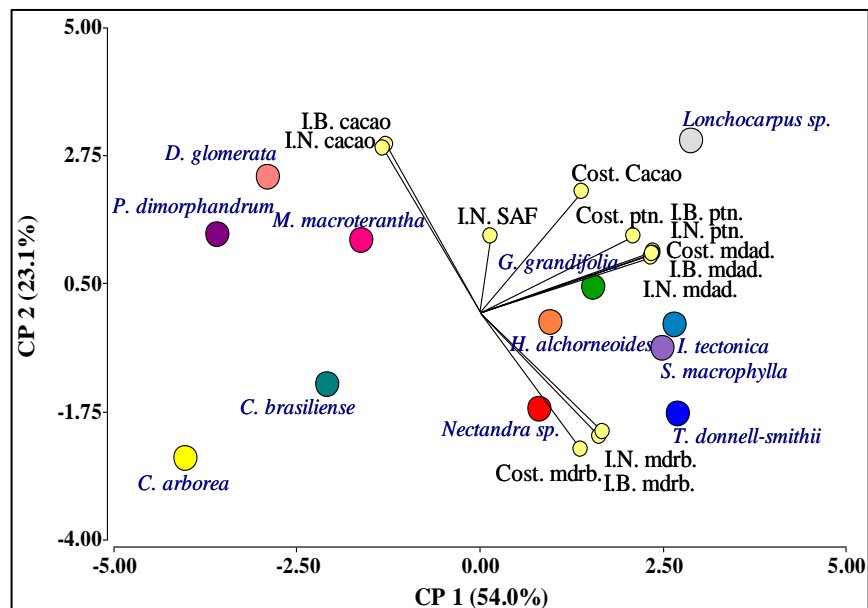


Figura 37. Diagrama de dispersión biespacial de CP1 y CP2, de las variables financieras de SAF.

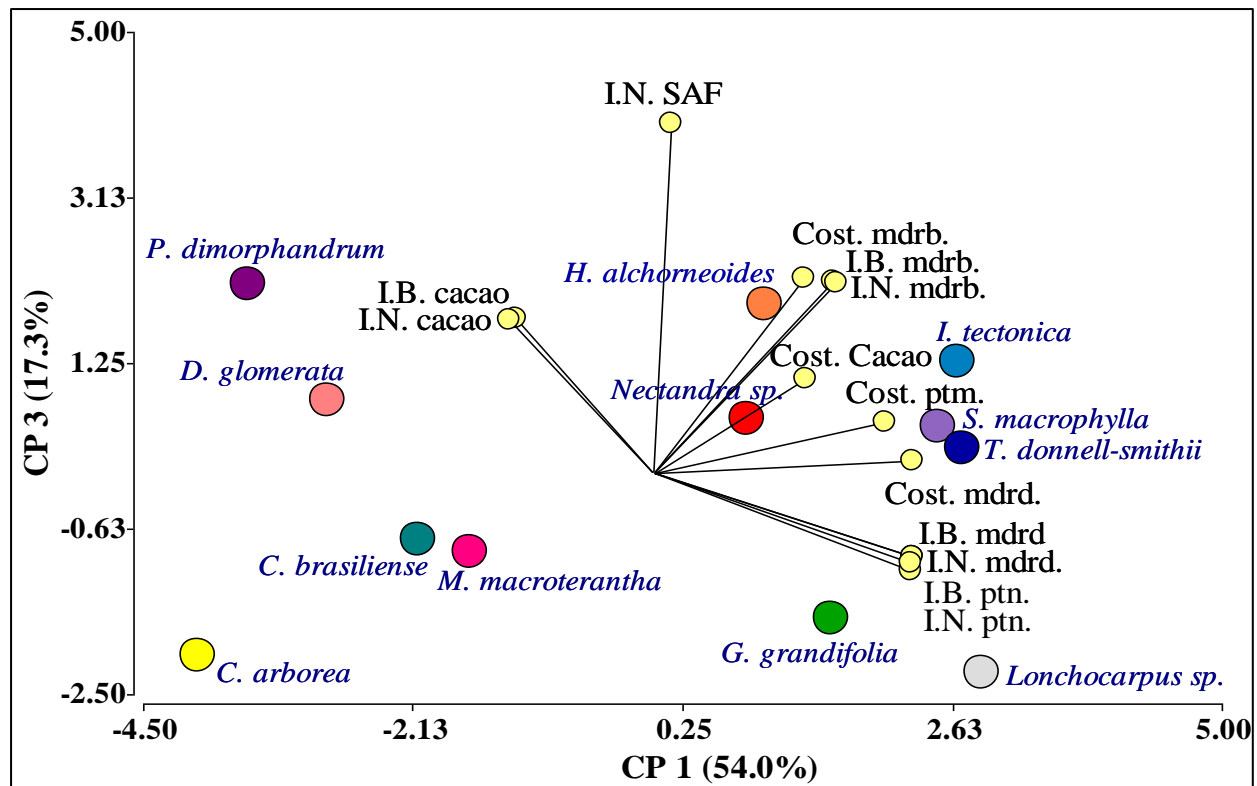


Figura 38. Diagrama de dispersión biespacial de CP1 y CP3, de las variables financieras del SAF sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona norte de Honduras.

En la Figura 38 se observan, en la parte superior, los SAF con mayores ingresos por la venta de cacao y en la parte inferior los de mayor ingreso por la de maderables. El CP3 explica el 17.3 % de la variabilidad y separa los SAF por los I.N. totales; los SAF con cacao con mayores ingresos se visualizan en la parte superior de la Figura 37 y corresponden a la combinación cacao-plátano-maderado con maderables como: *H. Alchorneoides*, *D. glomerata*, *P. dimorphandrum*, *I. tectonica* y *S. macrophylla* (Cuadro 23).

**Análisis financiero de los SAF.** En cinco SAF los ingresos generados hasta los 24 años superaron el valor promedio acumulado de US\$ 90,500.00, equivalentes a más de US\$ 3,770.00 por año. Los I.N. del SAF pueden estar influenciados tanto por el maderable (los asociados *I. tectónica* y *S. Macrophylla* con *C. megalantha*), como por el cacao (los asociados con *D. glomerata* y *P. dimorphandrum*). Sin embargo, dentro de las mejores asociaciones sobresalió cacao con *H. alchorneoides* que generó US\$ 95,355.00 (US\$ 3,973.00 anuales) y presentó la misma importancia económica tanto del cacao como del maderable. Los SAF con menor costo de producción fueron aquellos en los que el cacao fue más influyente en los ingresos (Cuadro 23).

Cuadro 23. Resultados productivos y financieros por hectárea hasta 24 años de sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona norte de Honduras.

SAF con cacao	Rendimiento acumulado					Costos del SAF (US\$/ha)	Ingreso neto acumulado (US\$)						
	Cacao (kg/ha)	Mdrb (p.t.)	Ptn (racimo)	Ptn (cormo)	Mdrd (estacón)		Cacao	%	Mdrb	%	Ptn	Mdrb	SAF
<i>H. alchorneoides</i>	17,876	31,462	2,640	2,112	6,312	34,112	43,470	46	43,483	46	7,059	1,343	95,355
<i>D. glomerata</i>	28,252	5,577	2,518	2,014	6,024	26,459	81,682	86	5,268	6	6,748	1,265	94,964
<i>P. dimorphandrum</i>	26,068	14,080	2,345	1,876	5,592	30,192	72,297	76	15,336	16	6,143	1,148	94,924
<i>I. tectonica</i>	14,321	38,230	2,778	2,222	6,648	33,103	30,267	33	53,014	57	7,533	1,436	92,251
<i>S. macrophylla</i> *	12,035	36,374	2,785	2,228	6,648	36,404	21,548	24	48,836	66	7,631	1,439	90,518
<i>Nectandra sp.</i>	11,737	36,358	2,623	2,098	6,264	35,317	21,194	30	41,617	58	7,062	1,333	71,205
<i>T. donnell-smithii</i>	8,768	41,134	2,743	2,194	6,592	36,744	10,285	15	47,314	71	7,411	1,410	66,420
<i>M. macroterantha</i>	19,916	5,498	2,593	2,074	6,192	26,707	51,223	78	6,386	10	6,923	1,319	65,851
<i>C. brasiliense</i>	13,714	15,714	2,470	1,976	5,904	28,973	29,027	51	20,364	36	6,600	1,234	57,224
<i>Lonchocarpus sp.</i>	16,599	7,659	2,963	2,370	7,080	27,850	37,657	67	8,670	15	8,158	1,557	56,043
<i>G. grandifolia</i>	12,388	14,177	2,778	2,222	6,648	29,680	23,230	44	21,134	40	7,559	1,438	53,361
<i>C. arborea</i>	10,280	9,412	2,360	1,888	5,640	26,541	17,152	46	12,947	34	6,303	1,169	37,571
Promedio	15,996	21,306	2,633	2,106	6,295	30,796	36,586	50	27,953	39	7,094	1,341	72,974

US\$: dólares estadounidenses; pt: pie tablar, Mdrb: maderable; Ptn: plátano, Mdrd: madreado.

\*El SAF con *S. macrophylla* incluye 18,420 p.t. de *Cordia megalantha* y un precio de US\$: 1.55 pt.

Para determinar el Vc en m<sup>3</sup>, se divide el Vc en pt/200.

## Discusión

A los 24 años, los 12 sistemas agroforestales con cacao evaluados tuvieron una densidad poblacional promedio de 1,053 plantas/ha y alcanzaron un rendimiento medio de cacao de 762 kg/ha x año. Estos SAF acumularon un volumen maderable de 21,306 pt/ha, equivalentes a 106.5 m<sup>3</sup> (4.4 m<sup>3</sup>/ha x año), obtenidos a partir de una media de 118 árboles/ha de los cuales se registró el Vc de 80 árboles/ha entre los cosechados de manera parcial, cuando tenían un DAP igual o mayor a 20 cm, y árboles que aún siguen en pie. Desde los 17 años los sistemas agroforestales mantuvieron un incremento medio anual de 4.4 m<sup>3</sup>/ha. Dubón y Sánchez (2011a) indican que en *C. megalantha* y *C. odorata* el tiempo de cosecha de los maderables es variable y para el caso de sistemas agroforestales con cacao, bajo las condiciones de la costa norte de Honduras, los árboles pueden cosecharse a partir de los 17 años. A los 24 años los sistemas agroforestales con cacao con *T. donnell-smithii* lograron el mayor Vc (41,134 pt o 8.6 m<sup>3</sup>/año) y SAF con cacao con *D. glomerata* el menor (5,577 pt o 1.2 m<sup>3</sup>/año). Estos sistemas agroforestales con cacao también mostraron el rendimiento más alto y bajo, con *D. glomerata* el más productivo de cacao (1,367 kg/ha x año) y el *T. donnell-smithii* el menos productivo (398 kg/ha x año). Entre los 12 sistemas agroforestales con cacao evaluados, cinco generaron ingresos por arriba de US\$ 90,500.00, equivalentes a cerca de US\$ 3,770.00/ha x año. En estos sistemas agroforestales de mayor ingreso fue importante conocer la producción y distribución de ingresos por componente agroforestal, lo cual permitió seleccionar los sistemas agroforestales con cacao más apropiado de acuerdo con los objetivos del productor: más producción e ingresos por cacao o por madera, o ingresos más compartidos entre los componentes como en el caso de los SAF con cacao con *H. alchorroides*.

Dubón (2020), siempre bajo las condiciones del CEDEC-JAS, evaluó durante cuatro años (2017-2020), progenies de cacao tolerantes a monilia; obtuvo un rendimiento promedio de 1,254 kg/ha en cacao asociado con *D. glomerata*. Dubón y Sánchez (2011a) finalizaron un estudio de 23 años de evaluación de diferentes SAF con cacao con cedro (*Cedrela odorata*), laurel negro (*Cordia Megalantha*), rambután (*Nephelium lappaceum*) y leguminosas como tratamiento testigo. En dicho estudio el sistema agroforestal con cacao y cedro rindió 704 kg cacao/ha y 189 m<sup>3</sup>/ha equivalente a 37,800 p.t y, la asociación cacao-laurel 538 kg de cacao y 333 m<sup>3</sup>/ha (66,600 pt), mientras que los sistemas agroforestales con sombra de leguminosas obtuvieron en promedio 672 kg de cacao/ha sin producción de madera. Los resultados presentados por estos autores son similares a los reportados en este estudio, donde el cacao asociado con *I. tectonica*, *S. macrophylla* y *Nectandra* sp., rindieron 700, 547 y 565 kg/ha de cacao x año y 38,230, 36,374 y 36,358 pt, respectivamente.

Somarriba y Beer (2011) evaluaron por 11 años sistemas agroforestales con cacao con *Erythrina poeppigiana*, *Gliricidia sepium*, *Cordia alliodora*, *Tabebuia rosea* y *Terminalia ivorensis* en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá, establecidos con 1,111 plantas de cacao/ha y maderables a una densidad poblacional de 278 plantas/ha, raleados al quinto año a 175 árboles/ha en sistemas agroforestales. Según sus resultados, no encontraron efecto de la sombra de los árboles sobre la incidencia de las enfermedades en cacao. La clave fue que en ambos sitios se manejó el dosel de sombra de manera diferencial y al igual que en esta investigación, no se encontró efecto debido al control de enfermedades cada 14 días. Así mismo, los rendimientos del cacao en Costa Rica fueron entre 802-903 kg/ha x año y en Panamá entre 669-767 kg/ha x año. Aunque estos autores estudiaron sistemas agroforestales con otros maderables, los rendimientos en el cacao son similares a los reportados en esta investigación (762 kg/ha x año). En Changuinola, las especies maderables consideradas de rápido crecimiento (*C. alliodora*, *T. rosea* y *T. ivorensis*), presentaron un DAP e IMA a los 11 años de 30 (2.73), 31 (2.82) y 34 (3.09) cm; la Ht e IMA fue de 24 (2.18),

17 (1.54) y 25 (2.27) m y volumen de madera cosechable de 128 (11.63), 93 (8.45) y 172 (15.63) m<sup>3</sup>/ha, respectivamente. Resultados similares se obtuvieron para las especies de rápido crecimiento, los cuales fueron comparables con los resultados obtenidos en esta investigación a los 11 años para *T. donnell smithii*, *Nectandra* sp., y *H. alchornoides*; con valores de DAP e IMA de 46 (4.18), 33 (3.00) y 29 (2.64) cm; Ht e IMA de 18 (1.64), 15 (1.36) y 18 (1.64) m y Vc de 75 (6.81), 81 (7.36) y 72 (6.54) m<sup>3</sup>/ha. Las 12 especies maderables estudiadas promedian una tasa de crecimiento anual en DAP de 2.25 cm. Las especies de menor crecimiento para esta variable son: *M. macroterantha*, *D. glomerata* y *P. dimorphandrum*, con IMA a los 17 años de 1.7, 1.6 y 1.6 cm, respectivamente.

Dubón y Sánchez (2016), indicaron un IMA en DAP mayor a 1.5 cm como una tasa de crecimiento aceptable. Estos mismos autores establecen la altura de los árboles en tres categorías: baja (menor de 10 m), media (11 a 20 m) y alta (mayor a 20 m). A los 17 años, especies como *T. donnell-smithii* y *H. alchornoides*, *I. tectonica*, *C. brasiliense*, *M. macroterantha* y *Lonchocarpus* sp., se agruparon dentro de las especies “altas”. El resto de las especies se clasifican como de altura “media”: *S. macrophylla*, *G. grandifolia*, *Nectandra* sp. *C. arborea*, *D. glometara* y *P. dimorphandrum*. Todas las especies lograron, en promedio, un crecimiento anual mayor a 1.0 m. La altura total alcanzada a los 24-25 años en todos los sistemas agroforestales, fueron superiores a los 20 m, lo que las ubica en la categoría de “altas”.

Niether y colegas (2020) recopilaron los resultados de 52 investigaciones a nivel mundial donde comparan sistemas agroforestales con cacao vs monocultivos de cacao, en términos de rendimiento económico, producción de cacao, incidencia a las enfermedades, potencial de almacenamiento y secuestro de carbono y mitigación del cambio climático. En términos generales, los sistemas agroforestales son superiores en la mayoría de las variables. En su metaanálisis se encontró en promedio 3.4 % de mazorca negra, 37 t de C/ha equivalentes a 2.5 veces más en comparación con cacaotales a pleno sol y un área basal de las especies leñosas acompañantes de 10.2 m<sup>2</sup>/ha. Sin embargo, los rendimientos del cacao en sistemas agroforestales fueron inferiores en un 25 % (600 kg/ha x año), en contraste con cacaotales a pleno sol. Dicho estudio es comparable con los resultados obtenidos en esta investigación donde se obtuvo: 6.7 % de incidencia a mazorca negra, 20 t de C/ha como promedio de los 12 sistemas agroforestales, solamente el acumulado en el Vc de los maderables hasta los 18 años, 7.5 m<sup>2</sup>/ha de área basal de los maderables y un rendimiento del cacao 762 kg/ha x año.

En el estudio de Niether *et al.* (2020), se encontró una relación negativa y significativa entre el área basal y la cobertura de los árboles de sombra y el rendimiento anual del cacao. Cuando al área basal de los árboles acompañantes sobrepasa el umbral de los 10 m<sup>2</sup> y la cobertura está por encima del 45 %, el rendimiento del cacao se ve reducido. Con estos parámetros y la densidad poblacional promedio mantenida hasta los 17 años, los sistemas agroforestales tuvieron que ser aprovechados en su totalidad a los 19 años. Los mayores rendimientos en cacao (1,000-1,350 kg/ha x año) se obtuvieron en sistemas agroforestales con cobertura menor al 31 % y un área basal 6 m<sup>2</sup>/ha, lo que coincide con las recomendaciones de mantener la cobertura entre 25-30 % en la etapa de producción (Carrillo *et al.*, 2012; Dubón y Sánchez, 2016) y el área basal menor de 10 m<sup>2</sup> (Dubón y Sánchez, 2006; Somarriba *et al.*, 2018).

De acuerdo a Somarriba *et al.* (2018) los rendimientos del cacao bajo 55 % de sombra, son de 585 kg/ha, con la acumulación de hasta 65 t de C/ha. Koko *et al.* (2013), compararon siete tipos de

sistemas agroforestales con cacao en Garango, Costa de Marfil. Estos sistemas fueron desde monocultivo de cacao, hasta su asocio con frutales como naranja (*Citrus sinensis*) y aguacate (*Persea americana*) a tres diferentes distancias (10.6, 6.36 y 2.12 m). Como resultado, los sistemas que permitieron mayor cantidad de horas luz en el cacaotal fueron más productivos. Se obtuvo una mayor producción de cacao en monocultivo, seguido de los socios cacao-naranja distanciado a 10.6 m y cacao-aguacate distanciado a 10.6 m con 64.0, 51.0 y 45.8 frutos/árbol x año, cuando la luz recibida fue de 100, 96 y 94 %, respectivamente. Cerda *et al.* (2014) estudiaron 179 sistemas agroforestales, 254 ha en total, distribuidos en cinco países centroamericanos. Encontraron que el área basal en las especies utilizadas como sombra varió entre 4-7 m<sup>2</sup>/ha y el IMA en volumen maderable fue de 0.6 m<sup>3</sup>/ha x año, producto de los maderables que generalmente son de regeneración natural versus 4.4 m<sup>3</sup>/ha x año producidos por los 12 sistemas agroforestales estudiados bajo sistema de plantación. En este mismo estudio, los autores cuantificaron los ingresos de los subproductos del sistema agroforestal (plátano, leña y madera). Como resultado encontraron que, en sistemas agroforestales con cacao bien gestionados, se pueden obtener fácilmente rendimientos de 1,000 kg/ha x año, que pueden generar hasta US\$ 3,200.00/ha x año correspondiente a US\$ 2,150.00 (67 %) aproximadamente, provenientes de los subproductos de los sistemas agroforestales. Resultados similares se obtuvieron con respecto a los ingresos netos promedio por hectárea de los 12 sistemas agroforestales igual a US\$ 3,040.00 (US \$72,974.00 en 24 años) y que el 50 % (US\$ 1,520.00) de los ingresos provienen de los productos de las especies que acompañan el cacao, incrementó aún más los ingresos entre US\$ 3,970.00 y US\$ 3,770.00 cuando se establecen sistemas agroforestales con: *H. alchornaides*, *D. glomerata* *P. dimorphandrum* *I. tectonica* y *S. Macrophylla* (Figura 39).

En Talamanca, Costa Rica, Ryan *et al.* (2009) realizaron un análisis económico en 11 fincas de la región, a partir de los registros de ingresos por cosecha de madera de laurel seleccionados de la regeneración natural y los ingresos por cosecha de cacao. En dicha investigación el volumen de madera en pie con corteza fue de 4.4 m<sup>3</sup>/ha y el volumen comercial de 2.8 m<sup>3</sup>/ha, árboles con 62 cm de diámetro y 35.5 m de altura en promedio de árboles con un promedio de 32 años. El rendimiento de cacao fue de 0.75 kg/árbol, y 243 kg/ha, considerado no muy atractivo debido a la baja densidad de población del cacao, manejo pobre de la plantación y edad avanzada del cacao. En este estudio se obtuvieron resultados similares al comparar el Vc de las cinco especies con mayor rendimiento maderable hasta los 24 años, con un IMA de 7.6 m<sup>3</sup>/ha promedio, es decir, un Vc a los 24 años de 182.4 m<sup>3</sup>/ha o 2.6 m<sup>3</sup>/árbol (520 p.t.), al distribuirlo entre 70 árboles/ha, que es lo que recomienda la FHIA para mantener la cobertura arbórea en el rango ideal (25-30 %) (Carrillo *et al.* 2012; Dubón y Sánchez 2016). En este estudio se estimó la cobertura arbórea mediante el método de estimación visual (Somarriba, 2002), tomando en cuenta las características dasométricas presentadas, en promedio, en los 12 maderables: área de copa (55.7 m<sup>2</sup>) y oclusión (0.71), con un valor medio de 28 % de cobertura. El rendimiento medio del cacao en los cinco sistemas agroforestales fue superior, 623 kg/ha, al rendimiento reportado de 243 kg/ha en los sistemas agroforestales con cacao evaluados por Ryan *et al.* (2009).

Mediante un inventario forestal en 212 fincas se determinó que la población de maderables de regeneración natural en sistemas agroforestales con cacao orgánico del Alto Beni, Bolivia, es baja (Orozco, 2005). Como resultado se encontró una baja densidad (3.5-6.0 árboles/ha) en especies como *Swietenia macrophylla*, *Schyzolobium parahyba*, *Amburana cearensis*, *Centrolobium ochroxylum* y *Cedrela odorata*. En las fincas muestreadas, los árboles recibieron poco manejo y como consecuencia, registraron un volumen comercial de madera bajo, menor de 3 m<sup>3</sup>/ha.



Figura 39. SAF con cacao de los más promisorios según sus ingresos netos que forman parte del estudio: A. *Ilex tectónica* y B. *Dalbergia glomerata*.

Mussak y Laarman (1989), realizaron un estudio con 122 productores y en 4,000 ha en tres subregiones de Ecuador (Ventanas, La Troncal y Babahoyo). La cantidad de árboles, 12 árboles/ha, en los sistemas agroforestales con cultivos perennes como café y cacao están por debajo del potencial que tienen las granjas por la abundancia de tierra y la excelente regeneración natural, pudiéndose establecer fácilmente 21 árboles/ha, sin generar competencia con el cultivo.

Hacer investigaciones sobre los “modelos de regresión o ecuaciones alométricas” relacionadas a la estimación de volumen y densidad de ramas y de raíces de los maderables, para poder realizar estimaciones totales de biomasa y, por ende, estimar el potencial de almacenamiento y secuestro de carbono de los sistemas agroforestales.

Con base a estos resultados se sugiere implementar la validación de los cinco sistemas agroforestales con mejores ingresos en las fincas de productores de la región centroamericana con condiciones climáticas similares a los del CEDEC-JAS, Honduras. Así como calcular el rendimiento de madera aserrada de cada especie forestal con sierra de banda, pues permitiría estimar, con mayor precisión, el volumen comercial, ya que en este estudio se utilizó un rendimiento general estimado por el Instituto de Conservación Forestal (ICF) de 200 pt/m<sup>3</sup> de madera en rollo.

### Conclusiones

- Con la reconstrucción de las curvas de crecimiento, se encontró que a partir de 11 años las variables de crecimiento de los maderables evaluadas tuvieron una tendencia similar, pero se destacan especies como *Tabebuia donnell-smithii*, *Hieronima alchornoides* y *Nectandra* sp.
- Los rendimientos del cacao fueron afectados negativamente a medida que incrementaba la cobertura y el área basal de los maderables. Los mejores rendimientos de cacao se registraron en los sistemas asociados con *Dalbergia glomerata*, *Macrohasseltia macroterantha* y *Plathymiscium dimorphandrum*.
- Los sistemas agroforestales son una alternativa de diversificación productiva atractiva para la zona atlántica de Honduras, lo cual permite establecer los sistemas agroforestales con cacao más apropiados de acuerdo con los objetivos del productor: más producción e ingresos por cacao, por madera, o ingresos más compartidos entre los componentes.

## Recomendación

Utilizar los valores de cobertura arbórea (25-30 %) y área basal (5-10 m<sup>2</sup>/ha), como directrices técnicas para diseñar y manejar las poblaciones de cacao y especies de sombra en los SAF con cacao que se fomentan.

## Literatura citada

- Ammuor, T; Andrade, H; Beer, J; Ibrahim, M; Kent, J; López, A; Ordoñez, Y; Orozco, L; Pezo, D; Quirós, D; Salgado, J; Scheelje, M; Schlönvoigt, A; Venegas, G; Zapata, P. 2012. Producción de madera en sistemas agroforestales en Centroamérica. (en línea). In Detlefsen, G; Somarriba, E. (eds.). 2012. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 224 p. (Serie técnica, Manual técnico no. 109).
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* (38):139-164. DOI:10.1023/A:1005956528316
- Bunn, C; Lundy, M; Wiegel, J; Castro-Llanos, F. 2019. Impacto del cambio climático en la producción de cacao para Centroamérica y El Caribe (en línea). Atlas. Consultado 10 oct. 2020. Disponible en [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Impacto+del+cambio+clim%C3%A1tico+en+la+producci%C3%B3n+de+cacao+para+Centroam%C3%A9rica+y+El+Caribe&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Impacto+del+cambio+clim%C3%A1tico+en+la+producci%C3%B3n+de+cacao+para+Centroam%C3%A9rica+y+El+Caribe&btnG=)
- Casanoves, F; Cifuentes, M; Chacón, M. 2012. Buenas prácticas para la recolección, manejo y análisis de datos. Serie técnica. Informe técnico, no.410.
- Carrillo, FÁ; Molina, JR; Salazar, JCS. 2012. Simulación de arreglos agroforestales de cacao como una estrategia de diagnóstico y planificación para productores (en línea). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 13(2):145-150. Consultado 11 oct. 2020. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5624578>
- Cerda, R; Deheuvels, O; Calvache, D; Niehaus, L; Saenz, Y; Kent, J; Vilchez, S; Villota, A; Martínez, C; Somarriba, E. 2014. Contribution of cocoa agroforestry systems to family income and domestic consumption: Looking toward intensification. *Agroforestry System* 88(6):957-81. DOI: 10.1007/s10457-014-9691-8
- 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. 2006. Economía del uso de especies maderables tropicales latifoliadas como sombra del cacao. Cortés, Honduras, FHIA. 22 p.
- Dubón, A; Sánchez, J. 2011a. Estudio de especies forestales latifoliadas bajo la modalidad agroforestal multiestratos con cacao. *In* Informe técnico 2010 Programa de Cacao y Agroforestería. Cortés, Honduras, FHIA. p. 6-23. (Informe técnico).
- Dubón, A; Sánchez, J. 2011b. Manual de producción de cacao. Cortés, Honduras, FHIA. 208 p.
- Dubón, A; Sánchez, J. 2016. Manual de producción de cacao. 2nd edición. Cortés, Honduras, FHIA. 264 p.
- Dubón, A. 2020. Evaluación de clones promisorios seleccionados de progenies híbridas con



- mayores índices de rendimiento y tolerancia a moniliasis. *In* Programa de Cacao y Agroforestería. Cortés, Honduras, FHIA. p. 11-17. (Informe técnico 2019).
- Dubón, A; Martínez, R; Martínez, A; Durán, E; Ramírez, O; Bardales, M; Tejada, R. 2018 Guía técnica de producción de cacao en SAF (en línea) Consultado 16 ago. 2021. Disponible en [http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao\\_pdfs/Guia\\_Tecnica\\_cacao\\_en\\_SAF.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/Guia_Tecnica_cacao_en_SAF.pdf)
- Farfán, F; Bermúdez, L; González, N. Evaluación de herramientas para valorar el porcentaje de sombra en sistemas agroforestales con café. *Cenicafe* (avances técnicos 472).
- Ghosh, A; Reja, H; Nalia, A; Kanthal, S; Nath, R. 2019. *Climate Smart Agricultura* (online) *Environment and Ecology* 37(4):1221-1124. Consultado 29 ago. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Ananya\\_Ghosh2/publication/335601128\\_Climate\\_Smart\\_Agriculture/links/5d6f5ac345851542789f8d1f/Climate-Smart-Agriculture.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ananya_Ghosh2/publication/335601128_Climate_Smart_Agriculture/links/5d6f5ac345851542789f8d1f/Climate-Smart-Agriculture.pdf)
- Koko, LK; Snoeck, D; Lekadou, TT; Assiri, AA. 2013 Cacao-fruit tree intercropping effects on cocoa yield, plant vigour and light interception in Côte d'Ivoire. *Agroforestry systems* 87(5):1043-1052. DOI: 10.1007/s10457-013-9619-8
- La Gaceta. 2020. Diario oficial de la república de Honduras. Poder legislativo decreto No. 16 2020. Tegucigalpa, Honduras. Consultado 16 ago. 2021. Disponible en <https://legislativa.kubernesistech/gacetas/2020/Diciembre/20201205.pdf>
- López, M; Ramírez, O; Dubón, A. 2017. Catálogo de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.). Evaluados y seleccionados por la FHIA. Cortés, Honduras. 88 p.
- Mussak, MF; Laarman, JG. 1989. Farmer's production of timber in the cacao-coffee region of coastal Ecuador (on line). *Agrofor Syst* 9(2):155-170. Consultado 4 oct. 2020. Disponible en <http://www.sidalc.net/repdoc/A7944I/A7944I.PDF>
- Niether, W; Jacobi, J; Blaser, WJ; Andres, C; Armengot, L. 2020. Cocoa agroforestry systems versus monocultures: a multi-dimensional meta-analysis. *Environmental Research Letters* 15(2020) 104085. DOI: 10.1088/1748-9326/abb053
- Orozco, L. 2005. Enriquecimiento agroforestal de fincas cacaoteras con maderables valiosos en Alto Beni, Bolivia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 94 p.
- Ryan, D; Bright, GA; Somarriba, E. 2009. Damage and yield change in cocoa crops due to harvesting of timber shade trees in Talamanca, Costa Rica. *Agroforestry systems* 77(2):97-106. DOI: 10.1007/s10457-010-9364-1
- Somarriba, E. 1990. Qué es agroforestería (en línea). *El Chasqui*: No. 24:5-13. Consultado 16 ago. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/323884356\\_Que\\_es\\_agroforesteria](https://www.researchgate.net/publication/323884356_Que_es_agroforesteria)
- Somarriba E. 2002. Estimación visual de la sombra en cacaotales y cafetales. *Agroforestería en las Américas* 9(84-94):86-94. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/324212927>
- Somarriba, E; Beer, J 2011. Productivity of *Theobroma cacao* agroforestry systems with timber or legume service shade trees. *Agroforest Syst* 8(2):109-121. DOI: 10.1007/s10457-010-9364-1.
- Somarriba, E; Orozco, L; Cerda, R; López, A. 2018. Analysis and design of the shade canopy of cocoa-based agroforestry systems. *Achieving sustainable cultivation of cocoa* (on line). Consultado 29 ago. 2020. Disponible [http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/8916/Analysis\\_and\\_design\\_of\\_the\\_shade.pdf](http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/8916/Analysis_and_design_of_the_shade.pdf)

?sequence=1&isAllowed=y

Somarriba, E; López, A. 2018. Coffee and Cocoa Agroforestry Systems: Pathways to Deforestation, Reforestation, and Tree Cover Change (on line). Innovation and action for forests. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Consultado 30 ago. 2020. Disponible en <http://201.207.189.89/handle/11554/9035>

Torquebiau, EF. 2000. A renewed perspective on agroforestry concepts and classification. *Sciences de la vie / Life Sciences* 323:1009-1

#### 4.2. 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 disminuía 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 40).

Las actividades realizadas durante este 2021 fueron:

1. Cosecha de cacao.
2. Poda agresiva de los árboles de cacao adultos, para incrementar la entrada de luz solar y deschuponado.
3. Control químico en la caoba del atlántico para el control del barrenador del cogollo.
4. Control manual y químico de malezas.
5. Remarcación de árboles maderables de los activos biológicos.
6. Fertilización química en cacao y maderables y encalado del suelo para incrementar pH.



Figura 40. Vista panorámica de plantación de caoba del atlántico.

**Mortalidad de patrones.** Se ha incrementado desde el 2019, particularmente en la parcela de ibo. Acumulado hasta 2021 se reporta un total de 379 (32.4 %) plantas muertas de las 1,170 plantas en las cuatro parcelas. El lote con mayor mortalidad de plantas es el asocio ibo-cacao con un promedio de 55.8 % de mortalidad. Consideramos, que esta mortalidad está asociada a la edad avanzada de

los patrones al momento de la injertación durante el cambio de copa, 19 años. Por lo anterior y de continuar presentándose plantas muertas, se decidirá en el 2022 renovar estos lotes con plantas provenientes de vivero (Figura 41).



Figura 41. Muerte de patrón de injerto de cambio de copa de cacao.

**Lote barba de jolote.** Esta parcela registró en su segundo año de cosecha y 5 de edad, una producción equivalente a 929 kg/ha de grano en baba o 344 kg de cacao seco por hectárea, asumiendo una densidad de 1,110 plantas/ha, lo que se considera como aceptable bajo las condiciones de topografía y calidad del suelo. Los clones más productivos dentro del arreglo policlonal establecido con TSH-565, ICS-39, ICS-95, ICS-1, UF-296 son TSH-565, UF-296 e ICS-39. La mortalidad de plantas en esta parcela fue del 30 %.

**Lote marapolán.** La mortalidad de plantas de cacao en esta parcela fue del 27 % y se asocia también a la edad de los patrones al momento de la renovación. La producción de cacao durante el 2021 fue de 361 kg/ha de baba equivalente a 133 kg/ha de cacao seco por ha (Figura 42).



Figura 42. Parcela de marapolán/cacao (izquierda). Marcación de árboles de marapolán (derecha).

**Lote ibo.** Esta parcela registra los mayores índices de mortalidad de plantas de cacao (55.8 %). El rendimiento en el 2021 fue equivalente a 1,149 kg/ha de baba y con una conversión de 37 % a seco, equivaldría a 425 kg/ha de cacao seco por hectárea y 0.38 kg por planta (Figura 43).

**Lote granadillo rojo.** Es la parcela con menor mortalidad registrada de plantas de cacao (5 %) y la que registró la mayor producción con 1,057 kg/ha de cacao en baba y 391 kg/ha de cacao seco.

**Lote caoba africana.** Durante este año se registró una mortalidad del 43 % de plantas de cacao y 85 % de los árboles de caoba africana. La alta mortalidad de la especie forestal indica que esta no se adapta a las condiciones de suelo y clima propias de la estación.



Figura 43. Vista panorámica de parcela de ibo.

Cuadro 24. Atributos del cacao en asociados con distintas especies maderables como sombra permanente. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida. 2021.

Especie maderable asociado con cacao	Edad del cacao (años)	Cantidad plantas de cacao		Área de parcela (m <sup>2</sup> )	Rendimiento de cacao <sup>1</sup> (kg/ha)	
		Vivas	Muertas		Baba	Seco <sup>2</sup>
Barba de jolote ( <i>Cojoba arborea</i> )	5	310	94	4,430	929	344
Granadillo rojo ( <i>Dalbergia glomerata</i> )	5	333	75	3,000	1,057	391
Ibo ( <i>Dipterix panamensis</i> )	5	233	130	2,980	1,149	425
Limba (caoba del atlántico) ( <i>Terminalia superba</i> )	2	307	15	3,900	356	131
Marapolán ( <i>Guarea grandifolia</i> )	5	294	80	3,950	361	133

<sup>1</sup>Se utilizó un índice de mazorca promedio para cada policlón calculado en el CEDEC-JAS y densidad/ha de cacao: 1,100/ha; <sup>2</sup>Conversión de húmedo a seco: 37 %.

**Crecimiento de las especies forestales.** El crecimiento anual, debido a la avanzada edad de los árboles es mínimo (Cuadro 25). Todas las especies han alcanzado un tamaño y edad óptima para ser aprovechados.

Cuadro 25. Desarrollo de cinco especies forestales asociadas con cacao como sombra permanente. CADETH, El Recreo, La Masica, Atlántida, 2021.

Especie forestal asociada	Edad (años)	DAP <sup>1</sup> (cm)			Altura (H <sup>2</sup> en m)		
		2020	2021	IMA <sup>3</sup>	2020	2021	IMA
Caoba africana ( <i>Khaya senegalensis</i> ) <sup>4</sup>	18	33.0	33.5	1.8	31.8	31.9	1.7
Barba de jolote ( <i>Cojoba arborea</i> )	24	40.3	41.5	1.8	38.9	38.9	1.6
Granadillo ( <i>Dalbergia glomerata</i> )	24	48.0	48.5	2.0	30.6	30.8	1.2
Ibo ( <i>Dipterix panamensis</i> )	24	40.1	41.0	1.7	31.0	31.4	1.3
Marapolán ( <i>Guarea grandifolia</i> )	24	43.9	42.5	1.9	39.0	39.4	1.6

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

## Conclusiones

- El cambio de copa sobre árboles-patrón presenta alta mortalidad de los injertos.
- Las especies forestales registran pequeños incrementos en diámetro y altura, ya que se trata de árboles adultos, donde su crecimiento no es significativo. Se considera planificar un aprovechamiento para regular sombra y generar algunos ingresos producto de la comercialización.
- La caoba del atlántico que suplantó la limba exhibe buen desarrollo y adaptabilidad.
- Nuevamente indicamos que la especie caoba africana no es recomendable para estas zonas, ya que su mortalidad anualmente continúa en ascenso. Esto posiblemente se debe a la alta precipitación anual en la zona y a la baja fertilidad del suelo.

### 4.3. 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 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 1.3 m, respectivamente (Cuadro 26). Las cosechas de cacao registradas para este año siguen siendo bajas (Cuadro 27) producto de varios factores como: proceso de poda para facilitar el desarrollo del injerto de la renovación de copa, exceso de sombra y sistema radicular agresivo de las especies maderables y materiales genéticos de cacao desconocidos en mezcla. 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. Partiendo de 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. De forma general se puede decir que los árboles maderables establecidos en el sistema agroforestal continúan presentando buenas características de desarrollo en las condiciones del centro y que con los nuevos

materiales genéticos de cacao establecidos en la renovación de copa esperamos que se incremente paulatinamente la producción de cacao.

Cuadro 26. Desarrollo de especies forestales asociadas con cacao como sombra permanente. CADETH, La Masica, Atlántida. 2022.

Especie forestal asociada	DAP <sup>1</sup> (cm)			Altura <sup>2</sup> (m)		
	2020	2021	IMA	2020	2021	IMA
Hormigo ( <i>Plathymiscium dimorphandrum</i> )	37.6	38.0	1.5	33.5	33.6	1.4
Granadillo ( <i>Dalbergia glomerata</i> )	42.0	42.5	1.7	32.9	33.0	1.3

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

<sup>2</sup> Altura total de la planta tomada al ápice del árbol.

Cuadro 27. Rendimiento de cacao en dos socios cacao-maderables. CADETH, La Masica, Atlántida. 2022.

Sistema	Edad (años)	Plantas por parcela	Área de cultivo (m <sup>2</sup> )	Producción(kg/ha)	
				Baba <sup>1</sup>	Seco <sup>2</sup>
Cacao-hormigo ( <i>Plathymiscium dimorphandrum</i> )	24	272	2,118	180	67
Cacao-granadillo rojo ( <i>Dalbergia glomerata</i> )	24	470	3,661	200	74

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

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

*Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz*  
Programa de Cacao y Agroforestería

Las 27 especies forestales establecidas bajo diferentes modalidades en el CADETH se han adaptado muy bien a pesar de la baja fertilidad del suelo, propia de esta zona. Durante el año 2021 se realizaron actividades encaminadas al manejo silvicultural de cada una de las especies como son: la poda de formación y saneamiento, remarcación de números para la identificación de los activos biológicos, actualización del número de árboles, medición de diámetro y altura comercial de las diferentes especies. Las especies de árboles después de 24 años que presentan incrementos diametrales representativos durante el 2021, siguen siendo el laurel negro con 2.3 cm, San Juan de Pozo con 2.1 cm y la limba con 2.2 cm. Para la altura comercial, los mayores incrementos se registraron en la limba con 1.6 cm y laurel negro con 1.5 cm. Bajo esta modalidad de establecimiento las especies de San Juan de Pozo, limba y laurel negro son las que mejor desarrollo presentan en las condiciones de suelo del CADETH. Existen otras especies (ibo, marapolán, San Juan Guayapeño, varillo y cumbillo) que son del bosque latifoliado, pero bajo esta modalidad, su desarrollo es mínimo, presentando incrementos que oscilan entre 1.0 y 1.4 cm de diámetro (Cuadro 28).

La experiencia obtenida en 24 años es importante para mostrar y brindar recomendaciones a los productores para establecer especies forestales bajo esta modalidad, enfatizando 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 44. Lindero de limba (*Terminalia superba*) en el CADETH.



Cuadro 28. Diámetro, altura e incremento medio anual (IMA) a los 24 años, de especies forestales establecidas en linderos en terrenos de ladera de baja fertilidad. CADETH, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021.

Especie forestal	DAP (cm)			Altura (m)		
	2020	2021	IMA	2020	2021	IMA
Belérica ( <i>Terminalia belerica</i> ) <sup>2</sup>	48.0	48.5	2.0	26.1	26.8	1.1
Cumbillo ( <i>Terminalia amazonia</i> )	46.0	47.0	1.9	32.0	32.6	1.3
Framire ( <i>Terminalia ivorensis</i> )	43.0	43.8	1.8	31.0	31.6	1.3
Ibo ( <i>Dipterix panamensis</i> )	34.0	35.0	1.4	25.1	25.7	1.0
Laurel negro ( <i>Cordia, megalantha</i> ) <sup>1</sup>	54.0	55.3	2.3	35.0	36.4	1.5
Limba ( <i>Terminalia superba</i> ) <sup>2</sup>	49.0	52.8	2.2	38.0	39.4	1.6
San Juan de pozo ( <i>Voshycia</i> sp.)	49.0	51.0	2.1	29.0	29.5	1.2
San Juan guayapeño ( <i>Rosodendrum</i> sp.)	33.0	33.5	1.4	24.0	25.8	1.0
Marapolán ( <i>Guarea grandifolia</i> )	34.0	34.7	1.4	25.0	25.9	1.0
Varillo ( <i>Symphonia globulifera</i> )	37.0	37.6	1.5	23.0	23.7	1.0

<sup>1</sup>Promedio de lindero por el acceso a las oficinas y linderos de límites de la propiedad. <sup>2</sup>Edad 23 años.

## Conclusiones

- Limba, San Juan de Pozo y laurel negro, continúan presentando los mejores resultados en su desarrollo, ya que cuentan con mejores incrementos en diámetro.
- Existen otras especies forestales deben ser establecidas de acuerdo con los requerimientos de suelo y clima, ya que no manifiestan incrementos significativos.

### 4.5. 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. Después de transcurridos 25 años, se ha observado que algunas de las especies forestales como ceiba, jigua, redondo y masica han mostrado poca adaptabilidad al medio y exhiben un lento desarrollo. Además, la madera de estas especies es poco conocida y su valor comercial es bajo. Por ejemplo, el redondo a pesar de tener un precio aceptable es una especie que se adapta mejor a condiciones de altitud mayores a los 800 msnm. Debido a eso es más común encontrarla en las zonas altas de Copán, Santa Bárbara, Yoro y la cordillera Nombre de Dios en Atlántida.

Los resultados de las mediciones dasométricas de las especies forestales evaluadas, se presentan en el Cuadro 29. La especie San Juan de Pozo fue la especie que registró mayor incremento anual en diámetro con 2.0 cm y altura de 1.3 m en el 2021. Se ha observado que esta especie, está excepcionalmente bien adaptada a las condiciones de la zona y de la estación. Es común encontrarla entre los árboles del guamil. Su rápido crecimiento y características fenotípicas hacen de esta especie una excelente alternativa para reforestación de zonas degradadas del bosque húmedo tropical.

Durante el 2021, se desarrollaron actividades tales como: control de malezas, poda de formación y saneamiento, mediciones dasométricas de diámetro de tallo y altura total, así como remarcación de árboles para el inventario biológico que se desarrollará en el 2023.

Cuadro 29. 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)		
	2020	2021	IMA	2020	2021	IMA
1. San Juan de Pozo ( <i>Vochysia guatemalensis</i> )	50.0	52.1	2.0	32.0	32.6	1.3
2. Laurel negro ( <i>Cordia megalantha</i> )	43.0	43.7	1.7	27.0	28.0	1.1
3. Ceiba ( <i>Ceiba petandra</i> )	37.0	38.0	1.5	27.0	1.0	1.1
4. Santa María ( <i>Calophyllum brasiliense</i> )	35.0	35.5	1.4	26.0	1.0	1.0
5. Rosita ( <i>Hyeronima alchorneoides</i> )	36.0	37.1	1.4	30.0	1.2	1.2
6. Sangre ( <i>Virola koschnyi</i> )	33.0	34.1	1.3	27.0	1.0	1.1
7. Barba de jolote ( <i>cojoba arbórea</i> )	34.0	35.0	1.4	27.0	1.0	1.1
8. Varillo ( <i>Symphonia globulifera</i> )	32.0	33.0	1.3	26.0	1.0	1.0
9. Ciruelillo ( <i>Hurtea cubensis</i> ) (Figura 45)	27.0	27.5	1.1	23.0	0.9	0.9
10. Granadillo rojo ( <i>Dalbergia glomerata</i> )	26.0	26.6	1.0	26.0	1.0	1.0
11. Cortés ( <i>Tabebuia guayacán</i> )	28.0	28.7	1.1	23.0	0.9	0.9
12. Piojo ( <i>Tapirira guianensis</i> )	27.0	27.5	1.1	25.0	1.0	1.0
13. Jigua ( <i>Nectandra</i> sp.)	24.0	25.0	1.0	22.0	0.8	0.9
14. Redondo ( <i>Magnolia yoroconte</i> )	25.0	25.5	1.0	22.0	0.8	0.9
15. Marapolán ( <i>Guarea grandifolia</i> )	26.0	26.4	1.0	22.0	0.8	0.9
16. Masica ( <i>Brosimum alicastrum</i> )	21.0	21.7	0.8	20.0	0.8	0.8
17. Paleto ( <i>Dialium guianensis</i> )	15.0	15.6	0.6	15.0	0.6	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 45. Árboles de ciruelillo (*Hurtea cubensis*) establecidos en faja.

### Lecciones aprendidas

- Previo al establecimiento de algunas especies forestales, se debe tomar en cuenta los requerimientos nutricionales, de suelo y de clima de cada una de ellas.
- Aún con las condiciones de baja fertilidad del suelo del CADETH, hay especies maderables (San Juan de pozo, laurel negro, varillo y Rosita) que presentan buenos resultados de crecimiento.

#### 4.6. 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 representa un área de una hectárea con 8 años de edad, donde la caoba del atlántico está asociada con plantas de cacao en mezcla de clones. La especie transitoria ya fue eliminada porque brindaba mucha sombra para el cacao. El desarrollo de las plantas de caoba del atlántico, presentan un buen desarrollo tanto en diámetro como en altura, ya que es una especie muy bien adaptada a las condiciones del CADETH. La producción de cacao durante este año 2021 fue de: 3,965 mazorcas de las cuales, 2,275 (70 %) fueron sanas, 555 (14 %) dañadas por pájaros y ardillas, 171 (4.3 %) dañadas por moniliasis y 464 (11.7 %) por mazorca negra. Se estimó una producción de 7.6 mazorcas por árbol, equivalente a 449 kg de baba fresca y 166 kg/ha de cacao seco.



Figura 46. Vista de plantas de cacao y caoba del Atlántico en asocio.

La producción de cacao en baba en el 2020 fue de 699 kg, y en el 2021 de 449 kg, esta reducción consideramos que se debe al comportamiento productivo del cacao que es bianual. La especie maderable, caoba del atlántico, cuenta con buen desarrollo tanto en diámetro como en altura, registrándose a la fecha incrementos en diámetro de 1.8 cm y altura de 0.57 m. Durante el 2021, se realizaron actividades de control de malezas, podas de formación y saneamiento, cosecha de cacao, muestreo de suelos, georreferenciación de la parcela, etc.

### Conclusión

- 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.

#### 4.7. Adaptación y crecimiento de caoba del atlántico (*Swietenia macrophylla*) y cacao (*Theobroma cacao* L.) en el valle de Sula. CAC 10-03

*Francisco Javier Díaz, Alfredo Martínez y Oscar Ramírez*

Programa de Cacao y Agroforestería

##### Introducción

En el año 2010 y hasta el 2014 la FHIA tomó la decisión de establecer parcelas de cacao en diferentes áreas del CEDPRR (Centro Experimental y Demostrativo Phillip Ray Rowe), ubicado en el sector de Guaruma I, La Lima, Cortés. Adicionalmente, entre 2016 y 2018, se estableció en la Sección 38 del mismo, un banco de yemas de clones de cacao para producción de material propagativo y productivo. Sin embargo, producto de diversos problemas de manejo, especialmente riego y las consecuencias de las tormentas tropicales Eta y Iota a finales de 2020, la población de plantas de cacao en los diferentes lotes se redujo a menos del 20 %. Con base en lo anterior, a mediados de 2021 se tomó la decisión de eliminar el cacao y dejar únicamente los árboles de caoba, con lo que se retoma la idea inicial de manejar estos lotes para evaluar diferentes densidades de plantación de la caoba (Cuadro 30). Además, se consideró que la demanda de plantas de cacao injertadas se ha reducido drásticamente en los últimos dos años, por lo que cualquier solicitud puede ser suplida por la estación CEDEC-JAS.

##### Objetivo

Determinar la adaptación y generar información sobre el potencial de crecimiento y calidad de la caoba (*Swietenia macrophylla*) al ambiente edafoclimático prevaleciente en el valle de Sula con diferentes arreglos, densidades de siembra y raleos.

Cuadro 30. Características de las parcelas con caoba (*Swietenia macrophylla*) establecidas en el CEDPRR-FHIA-Guaruma 1, La Lima, Cortés, Honduras.

Sección	Modalidad	Fecha de siembra	Espaciamiento (m)	Densidad (árbol/ha)	Cantidad		Área (ha)
					Inicial	Actual	
38-2B	Caoba pura	Sep., 2010	3.0 x 3.0	1,111	600	436	0.55
38-2C	Caoba	Jun., 2012	3.5 x 3.5	816	310	310	0.37
38-7	Caoba	Jun., 2012	3.5 x 3.5	816	1,120	1,089	1.28
38-3A	Caoba/cacao	Oct., 2012	6.0 x 5.0	333	271	240	0.69
38-3B	Caoba/cacao	Oct., 2012	6.0 x 3.0	555	390	380	0.69
38-2A	Caoba	Oct., 2013	3.5 x 3.5	816	374	323	0.52
29	Caoba	Jun., 2014	4.0 x 4.0	625	486	150	0.77
38-6	Caoba	Ago., 2014	3.5 x 3.5	816	1,122	368	1.38
38-5	Caoba	Sep., 2014	3.5 x 3.5	816	1,122	633	1.38
38-4	Caoba/cacao	Sep., 2014	3.5 x 3.5	816	1,122	449	1.38
38-1A	Caoba/cacao	Oct., 2014	4.0 x 4.0	625	286	243	0.46
38-1B	Caoba/cacao	Oct., 2014	4.0 x 4.0	625	308	237	0.49
32	Caoba	Oct., 2014	3.0 x 3.0	1,111	135	20	0.12
3A	Caoba	Oct., 2014	4.0 x 4.0	625	450	218	0.72
4A	Caoba	Oct., 2014	5.0 x 3.0	666	460	355	0.69
<b>Total</b>					<b>8,556</b>	<b>5,450</b>	<b>11.49</b>

##### Materiales y métodos

El CEDPRR está localizado a 31 msnm, con una precipitación media anual de 1,200 mm y

temperatura media anual de 28 °C y dentro de un ecosistema que va de bosque seco a semi-húmedo tropical de acuerdo a la clasificación de Holdridge.

**Manejo silvícola de la especie.** A mediados de 2021, el manejo de estas parcelas pasó a cargo del Programa de Cacao y Agroforestería. En el presente período se reportan las siguientes actividades:

La caoba en los diferentes lotes fue establecida en su momento en asocio con madreaje (*Glyricidia sepium*); la cual, no había sido objeto de manejo en los últimos dos años por motivos de pandemia Covid-19 principalmente. El desarrollo de ramas en el madreaje fue excesivo y evidente la afectación en el desarrollo de las caobas por ser su crecimiento más agresivo; por lo que la primera actividad fue la de realizar una chapia dentro de los lotes y posteriormente, realizar el manejo del madreaje con el corte de ramas para dejar el eje principal que favorecerá la brotación de nuevas ramas. Producto de esta actividad, se obtuvieron 4,700 brotones o postes que fueron comercializados a un precio de L. 10.00 cada uno.



Figura 47. Poda de formación en árboles de madreaje.

Durante el período fue observada la presencia de rajamiento y formación de tejido corchoso en puntos específicos de troncos y ramas, lo que produjo marchitez en el follaje posterior al punto de daño. El Departamento de Protección Vegetal tomó muestras del tejido afectado para análisis fitopatológico pero los resultados no indicaron presencia de patógenos. Observaciones posteriores permitieron confirmar que el daño es causado por ardillas (*Sciurus vulgaris*) que se alimentan de ramas tiernas en ausencia de otras fuentes de alimento como frutas o semillas (Figura 48). La incidencia de daño es baja y no hay forma de controlar el daño; sin embargo, se logró identificar el agente causal.



Figura 48. Rajamiento en tronco en árboles de caoba producido por ardillas.

**Raleo de árboles.** El Lote 2B establecido en 2010 (3.0 m x 3.0 m) debió recibir un primer raleo selectivo a los 5-6 años posterior al establecimiento. El raleo selectivo consiste en cortar los árboles con crecimiento de fuste torcido, bifurcados y enfermos, en general, todos aquellos que están bajo el dosel superior. En vista de que esta práctica no se realizó en el tiempo recomendado en ninguno de los dos lotes, se procedió en octubre de 2021 a realizar inicialmente la marcación de árboles con dichas características que serán removidos de la parcela en el 2022. Durante el proceso de marcación, se encontraron árboles de caoba africana (*Khaya ivorensis*). En este lote, por ejemplo, se marcaron 136 árboles para ser raleados y de estos, 24 fueron de caoba africana.

El Lote 2B cuenta con 436 árboles (73 % de su población inicial) que promedian 18.6 cm de diámetro del tallo a la altura de pecho o 1.3 m del nivel del suelo (de ahora en adelante: diámetro de tallo), y una altura comercial de 4.8 m para un volumen comercial total de 42.6 m<sup>3</sup> (0.09 m<sup>3</sup>) por árbol. En el desarrollo del diagnóstico para el raleo se seleccionaron 136 árboles con un promedio diámetro de tallo de 15.1 cm y altura comercial de 4.7 m, con un volumen promedio de 0.05 m<sup>3</sup> y un volumen total de 6.9 m<sup>3</sup>. Posterior a realizar el raleo, la población quedaría en 300 árboles (50 % de la población inicial).

El Lote 2C que fue establecido en 2012 cuenta con 309 plantas, con un diámetro de tallo de 15.5 cm y altura comercial de 4.8 m, para un volumen promedio de 0.49 m<sup>3</sup> por árbol y un volumen total de 15 m<sup>3</sup>. En este lote, está pendiente la marcación de árboles para raleo; sin embargo, se pretende para esta actividad evaluar dos criterios de raleo, selectivo y sistemático para aprovechar las condiciones del lote. Esta evaluación de métodos de raleo brindará información de la mejor respuesta en el crecimiento de los árboles.



Figura 49. Medición de diámetro y altura comercial en árbol de caoba del atlántico.

**Análisis de crecimiento a la fecha.** En la medición de diámetro y altura comercial de los árboles (Figura 39) fue evidente que la falta de aplicación de prácticas de manejo como el raleo selectivo a los 5 años, afectó el crecimiento de los árboles. Al comparar los datos de crecimiento de árboles de esta especie en el CEDEC-JAS establecidos a un distanciamiento similar (4.5 x 6.0 m) a la edad de 11 años, estos presentaron un desarrollo del diámetro de tallo de 22.5 cm y 8.0 m de altura comercial, con un promedio de 0.24 m<sup>3</sup> por árbol. La diferencia en el volumen promedio es 0.15 m<sup>3</sup> por árbol (30 pies tablares). Si multiplicamos esta diferencia por el número de árboles en el lote (436 árboles) representaría una diferencia de 13,080 pies tablares. Para el lote 2C que fue establecido en el 2012, los datos de crecimiento en el CEDEC-JAS para nueve años indica valores de diámetro de tallo de 18.5 cm y altura comercial de 7.1 m, lo que da un total un volumen promedio por árbol de 0.15 m<sup>3</sup>. La diferencia entre los dos lugares es de 0.10 m<sup>3</sup> (20 pies tablares) que multiplicado por el total de árboles en ese lote (309 árboles) representa una diferencia de 6,180 pies tablares.

Las condiciones propias de suelo y clima del área de Guaruma I son diferentes a las de La Masica. Por ejemplo, en el área de Guaruma I, la precipitación anual promedio es de 1,200 mm y la temperatura media es de 28 °C, mientras que en La Masica es de 2,900 mm y temperatura media de 27 °C. Por lo tanto, las diferencias en crecimiento entre las dos localidades pueden atribuirse primeramente a estas condiciones.

El manejo brindado a los demás lotes consistió básicamente en chapia. No se reportan mediciones de crecimiento estimándose retomarlas en el 2022 para proceder con la implementación de raleos selectivos.

### Conclusiones

- La falta de aplicación de prácticas de manejo ha producido un efecto negativo en el rendimiento potencial de los árboles de caoba establecidos en CEDPRR en Guaruma I.
- Otros factores como sequías en el 2015 y 2019, sumado a las inundaciones producidas por las tormentas tropicales Eta y Iota si bien no han causado mayor mortalidad de árboles, pudieron perjudicar en alguna medida el crecimiento de estos.
- La precipitación, temperatura y características del suelo predominantes en el CEDPRR en Guaruma I determinan el crecimiento de las especies.
- Importante notar que las tormentas tropicales Eta y Iota no afectaron la plantación, a pesar de haber estado inundada por varias semanas en noviembre 2020. Actualmente la parcela tiene cerca de 25 cm de sedimento traído por las tormentas.

### Recomendaciones

- Realizar la marcación de árboles con características no deseables en los diferentes lotes para implementar el raleo selectivo y así, ajustar las densidades de población de acuerdo a la edad de los árboles.
- Una buena alternativa para áreas incultas y sujetas a inundación en el Valle de Sula.

### Literatura citada

Coto, J.; H. Espinoza; M. López. 2020. Adaptación y crecimiento de caoba (*Swietenia macrophylla*) y cacao (*Theobroma cacao* L.) en el valle de Sula. Pag. 62-67. In: Informe técnico 2020, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación

Agrícola (FHIA). 1era edición. La Lima, Cortés, Honduras.

Coto, J. 2020. Observaciones sobre adaptación y crecimiento de caoba (*Swietenia macrophylla*) en el valle de Sula. (2) Efecto del raleo selectivo en el volumen de madera comercial producido por árboles de caoba (*Swietenia macrophylla*) plantados con alta densidad poblacional. Pág. 67-70. *In:* Informe técnico 2020, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 1era edición. La Lima, Cortés, Honduras.



## V. OTROS SISTEMAS AGROFORESTALES EVALUADOS EN EL CADETH

Entre las actividades que desarrolla el Programa en sus centros experimentales está la evaluación de sistemas agroforestales con diversas especies. Entre los sistemas que se han evaluado se incluye el asocio con frutales como rambután, pulasán, rambután, aguacate, coco, plátano y piña; así como especias como la pimienta negra y canela. Las experiencias ganadas a través de los años han permitido conocer mejor el comportamiento y nivel de adaptación de estos cultivos en las condiciones propias de clima, suelo y fisiografía de laderas que sobresalen en el CADETH, y que son comunes entre los productores de las zonas aledañas y la Costa Atlántica de Honduras.

La valoración de estos sistemas 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. También, 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:

### 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 producida a lo largo del periodo de cosecha son determinados principalmente por los compradores intermediarios, iniciando normalmente con un precio de L. 400.00 por caja de 450 frutas. Cuando la producción alcanza su máximo nivel, dichos compradores bajan el precio por caja hasta L. 120.00.

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. En el 2021 el promedio de producción por árbol fue de 4.1 cajas. En los últimos tres años se han registrado variaciones en la producción anual en las dos parcelas ubicadas en el Centro, en el 2019, 928 cajas, en el 2020, 1,000 cajas y 2021: 1,636 cajas. Esto se debe a que este cultivo es bianual en cuanto a su producción, o sea, un año de buena producción y al siguiente un decremento normal. Otros factores como la fertilidad, edad de la plantación y manejo influyen en la producción. La producción en este lote ascendió a un promedio de 858 cajas/ha. La caja contiene entre 430 a 450 frutos/caja, equivalente a 4.1 cajas/árbol.

El segundo lote consta de un área de: 1.4 ha (157 árboles) y su producción durante este año fue de 628 cajas de rambután, equivalente a unos 251,200 frutos. Los materiales genéticos que más predominan en esta parcela son R-134 y R-162. Durante el 2021 se realizaron las actividades siguientes: control de malezas, poda de formación, fertilización química (KCl, nitrato de amonio y triple 15), cosecha de frutos y comercialización.



Figura 50. A. Embolsado de frutas, B. Cajas llenas y C. Comercialización de frutos.

Los precios obtenidos por venta de fruta fueron más estables en la zona, producto del apareamiento de otro intermediario en la zona, quien ofreció precios más estables a lo largo de la cosecha. El precio más bajo de comercialización fue de L.190.00 y el más alto fue de L. 300.00 por caja. La mayor parte de la cosecha, aproximadamente 70 %, fue vendida a un precio promedio de L. 200.00.

## 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 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. Después de todos estos años, el maderable ha generado una cobertura de sombra considerable y además una competencia radicular con el frutal. Por estas condiciones es necesario realizar el aprovechamiento selectivo del maderable y así abrir el dosel para un mejor desarrollo del lanzón. Durante el 2021, la producción de lanzón fue de 409 kg (900 lb) provenientes de 93 árboles productivos. De acuerdo con los registros, una libra es compuesta por alrededor de 15 frutos, lo que da una producción aproximada de 13,500 frutos o 145 frutos por árbol.

Las actividades realizadas durante este año fueron las siguientes: control de malezas, podas de saneamiento, fertilización química y cosecha de frutos. En general, esta fruta es poco conocida en el país y su comercialización es baja; sin embargo, en los últimos dos años, las cosechas de esta fruta en su mayoría han sido comercializadas a personas de origen asiático, que han llegado a la estación mostrando gran interés por comprarla.



Figura 51. Cosecha de frutos, formación de racimos en el árbol y apariencia de frutos.

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

*Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz*  
Programa de Cacao y Agroforestería

Esta parcela fue establecida hace 12 años y consta de un área de 0.62 ha con caoba africana (*Khaya ivorensis*) en asocio con cacao. Actualmente existen 315 plantas de cacao en su mayoría del clon CCN-51 y 74 árboles de caoba africana con un desarrollo aceptable, un diámetro promedio de 22 cm y altura comercial de 7 m. El manejo que se le continúa brindando a los cultivos permanentes esta incluye el control de malezas y deschuponado del cacao. Las pobres condiciones nutricionales del suelo, pH bajo y baja materia propio de suelos de laderas, influyen negativamente en la producción de cacao. La producción del 2021 fue de aproximadamente 1,000 mazorcas, de las cuales la mitad fueron sanas, el resto de las mazorcas fueron afectadas por monilia (10 %), mazorca negra (25 %) y por ardillas y pájaros (15 %). Durante el 2021 se realizaron actividades de poda de maderables, medición dasométrica y cosecha de cacao. Considerando los datos de cosecha registrados y las condiciones nutricionales del suelo, se procederá a eliminar el cacao y dejar los maderables como cultivo único.



Figura 52. Planta y frutos de cacao CCN-51.

#### 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

Las especies originalmente establecidas en este sistema la pimienta negra y el madreado desaparecieron, quedando solamente la especie forestal rosita y el cacao. De las 422 plantas de cacao establecidas inicialmente, sobreviven 341 después de 8 años de su plantación, perdiéndose el 19 % de las plantas por diferentes motivos. El cacao en esta parcela es proveniente de una mezcla de clones, lo que hace difícil su identificación y se refleja de cierta forma en su baja producción, lo cual se suma también a la pobre calidad del suelo y su topografía. Durante el 2021 se realizó el control de malezas, medición dasométrica, georreferenciación del área y cosecha de cacao. La producción de cacao durante el 2021 fue extremadamente baja (140 mazorcas); por tal sentido se ha tomado la decisión para el 2022 de eliminar las plantas de cacao, ya que no se justifica continuar brindando manejo y atención a esta parcela.

#### 5.5. Parcela comercial de rambután. AGF 08-02

*Alfredo Martínez y Francisco Javier Díaz*  
Programa de Cacao y Agroforestería

Esta parcela se estableció hace 13 años, y cuenta con un área de 0.85 has y un total de 123 árboles, todos injertados y muy productivos, donde se destacan los materiales genéticos R- 134 y R- 156. La cosecha durante el 2021 fue de 492 cajas equivalente a 196,800 frutos de las dos variedades. El rendimiento por árbol se considera bueno y es de 4 cajas conteniendo entre 420 y 450 frutos cada una por árbol.

Durante el 2021 se realizó poda de mantenimiento posterior a la cosecha, tres controles manuales de maleza, una fertilización química y la cosecha de frutos. Los precios de comercialización en esta temporada fueron más estables, producto de la presencia de nuevos intermediarios en la zona. El menor precio de venta para este ciclo fue de L. 200.00 por caja.



Figura 53. Cosecha y selección de frutas de rambután para comercialización.

## 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 parcela fue establecida para evaluar la capacidad productiva de esta especie, en vista que puede representar una alternativa de diversificación y comercialización. Como parte del manejo de la planta producto de la cosecha de ramas de donde saca la canela en raja, del 2020 se implementó una poda severa a la altura media de los árboles para promover el desarrollo de los rebrotes de ramas. Después de 18 meses de desarrollo el crecimiento ha sido satisfactorio, con un crecimiento de 1.8 m de altura y un diámetro de 7 cm. Se estima que una vez que alcance mayor diámetro (12 cm), serán cosechadas nuevamente para la extracción de rajadas de canela.

Durante el 2021 se logró cosechar 185.5 lb (peso húmedo) de canela; la cual, después de aproximadamente 45 días de secado natural quedaron 102 lb secas. También se logró georreferenciar la parcela para obtener el área total de la misma. El crecimiento del maderable (caoba del atlántico) es aceptable con un diámetro de 28 cm, el IMA de 1.7 cm y 15 m de altura a los 16 años de la plantación.

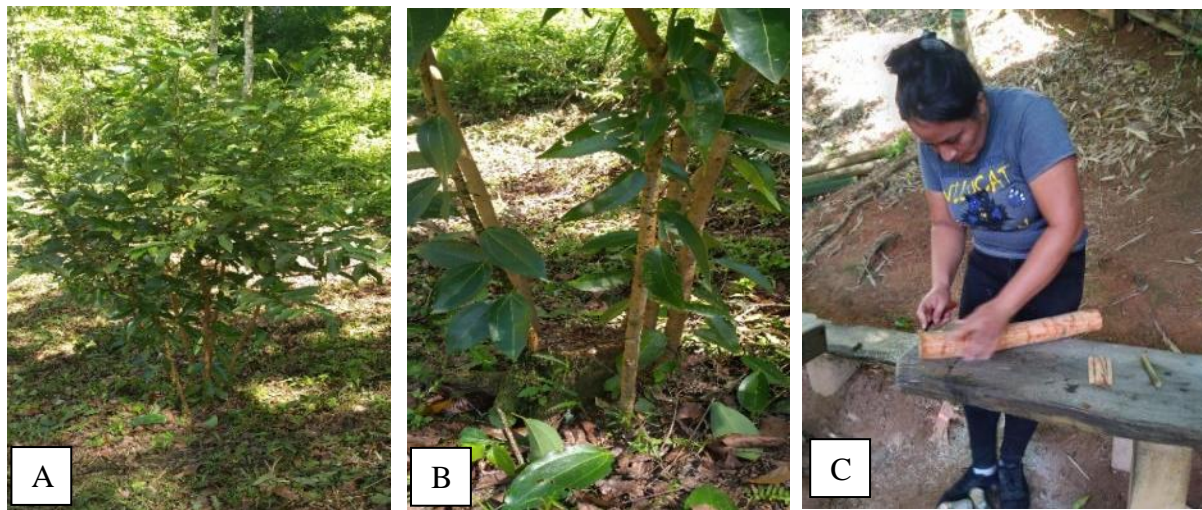


Figura 54. A. Rebrotos de canela, B. Poda de rebrotos, C. Extracción de la canela y D. Piezas de canela en raja de 5 pulgadas.



### **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 maderable fue establecido con un distanciamiento de 7 m x 8 m para una densidad de 178 árboles por ha. El distanciamiento de siembra es definitivamente muy poco, lo que ha dificultado el normal desarrollo de la especie forestal, ya que después de 16 años de haber sido plantado, presentan un entrecruzamiento de copas generando una mayor cantidad de sombra al cultivo de cacao y además una competencia entre los mismos maderables. La producción de cacao es fluctuante, ya que su establecimiento fue a través de mezcla de clones, donde no se conoce ni la identidad genética de las plantas ni la compatibilidad sexual entre ellas. Cabe mencionar que los últimos tres años de cosecha proveniente de 380 plantas se reflejan así: en 2019 produjo 652 lb de baba, en el 2020, 132 lb de baba y nada en el 2021. Esto nos da la pauta que esta parcela de cacao debe ser eliminada, ya que cada año producto del exceso de sombra va disminuyendo su producción. La especie maderable cuenta con un incremento anual en diámetro 35 cm, con un incremento de 2.1 cm y, una altura comercial de 23 m con un incremento anual en altura de 1.4 m. Se planifica realizar durante el 2022 un raleo selectivo de árboles para promover un mejor incremento del desarrollo de los árboles remanentes.

Debido a la alta densidad del maderable y la competencia por luz, la producción del cacao se ha visto afectada, por tal sentido hemos tomado la decisión de eliminar todo el cacao y dejar solamente el maderable en menor densidad por área.

## VI. ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN DE PRÁCTICAS AGROFORESTALES

Las condiciones edafoclimáticas del CADETH presentan características propias que son diferentes a las del CEDEC-JAS y brinda la oportunidad de realizar trabajos de investigación y validación de tecnologías que tendrán mayor aplicación a las condiciones de ladera y suelos de baja fertilidad, comunes en un alto porcentaje de los productores de cacao en el país.

A continuación, se presentan los avances de los estudios actualmente conducidos por el personal técnico asignado a este Centro:

### 6.1. Evaluación de la injertación en el campo definitivo de clones de cacao. AGF 17-02

*Alfredo Martínez*

Programa de Cacao y Agroforestería

Esta práctica de injertación en campo se realizó por primera vez en el CADETH (2017) y pretende recopilar información y experiencias para su aplicación en condiciones de suelo y clima similares a las de este Centro. La técnica de injertación en campo es recomendada en otros países cuando por condiciones de clima, especialmente finalización de la estación lluviosa, se requiere establecer las parcelas plantando los patrones en el suelo y posteriormente, cuando esta planta se haya establecido proceder con la injertación del material genético comercial en arreglo policlonal.

Esta parcela cuenta con un área de 0.5 ha, con una población de 454 plantas de cacao. Los patrones donde se realizó la injertación contaban con una edad de 3 meses y medio, los cuales fueron injertados dos meses después de plantados. Se realizó la injertación en campo utilizando la técnica de injerto de púa con 8 diferentes clones: FHIA-330, FHIA-168 y CCN-51, ICS-95, ICS-1, EET-62, EET-162 y UF-29.

A la fecha todos los clones presentan muy buena adaptación y desarrollo a los cuatro años y primer de registro de cosecha en el 2021. Para el periodo 2021 se registró una producción de 2,434 mazorcas, provenientes de 474 plantas de cacao, equivalente a 5 mazorcas/planta. El rendimiento en esta parcela fue de 454 kg de cacao en baba (168 kg de cacao seco) lo que se considera normal para la edad de la plantación y las condiciones de suelo de la parcela. Existen materiales genéticos más precoces que otros y son los que van adelante con la producción; a medida vaya pasando el tiempo se espera que el resto clones vayan mejorando su producción. Es importante mencionar que, a la fecha, la mortalidad es baja (3 %), pero se continuará con el monitoreo correspondiente para evaluar cada uno de los materiales (Figura 55). Esta parcela se estableció donde ya existían árboles de sombra de diferentes especies de forma natural, que servían de sombra al cacao. A medida ha pasado el tiempo y producto de fenómenos naturales en la zona, el desprendimiento de ramas ha sido evidente y la sombra se ha reducido, por lo que se tomó la decisión en el 2021 de establecer 35 plantas de caoba del atlántico con un distanciamiento de 18 m x 18 m para generar la sombra permanente con una especie de alto valor comercial.

En el 2021 se llevaron a cabo las actividades siguientes: poda de mantenimiento, control manual de malezas, deschuponado del cacao, fertilización (15-15-15 y KCl), control químico del gusano barrenador de la caoba del atlántico y la georreferenciación de la parcela.



Figura 55. Clones de cacao: FHIA 330, UF-29 e ICS-95

### Observaciones al cuarto año

- Esta técnica está funcionando 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 %.

### 6.2. 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 56).



Figura 56. 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 de 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.

### **6.3. 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 del 2015 se establecieron nuevas parcelas de cacao con clones seleccionados por sus características productivas, de resistencia a enfermedades. Se sembraron en arreglos en campo con base a su compatibilidad sexual. El establecimiento de plantaciones de cacao mediante arreglos policlonales con base en la compatibilidad sexual potencializa el éxito en la producción del cultivo. El banco de germoplasma en el CEDEC-JAS, cuenta con una alta diversidad de clones promisorios, los cuales son evaluados en aspectos productivos, resistencia a enfermedades y características organolépticas para posteriormente ser liberados a los productores. En 2015 se realizó la selección de los 40 clones de cacao con mayores rendimientos, a su vez, se inició los trabajos de compatibilidad sexual donde se realizó la mayor cantidad de cruzamientos entre esos clones (701 cruzamientos) para formar la mayor cantidad de arreglos policlonales. En 2017 y 2018 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 por alto rendimiento con más de 45 frutos por árbol al año y con tolerancia a moniliasis (incidencia aproximada 3.4 %), y el segundo compuesto por 26 clones seleccionados por tener más de 30 % de granos con cotiledón de color blanco o crema de las cuales se les evaluó la inter-compatibilidad a los clones de mayor comportamiento productivo (>12 frutos/árbol).

En 2019 se finalizó la matriz de autocompatibilidad de los 18 clones y se avanzó en la intercompatibilidad sexual de los 10 clones más sobresalientes en producción de frutos. En 2020, las polinizaciones se encaminaron a complementar la matriz de intercompatibilidad de los clones de los 18 cultivares. Se sustituyó el clon FHIA-228 por el FHIA-741, ya que este último presentó mejor rendimiento, además de mejores atributos como índice de mazorca e índice de semilla. De las 90 cruza pendientes a realizar ya se completó la autocompatibilidad y se ha avanzado en un 86 % (77 cruzamientos), con 27 cruzamientos en el 2020. Los resultados del periodo indican que 14 cruzamientos entre clones resultaron en alta intercompatibilidad. El 2021, se realizaron alrededor de 55 cruzamientos, donde se completó la matriz de intercompatibilidad entre los clones resultando intercompatibilidad entre los 4 de 5 clones. Se avanzó con 13 cruzamientos en la matriz de intercompatibilidad de los 18 cultivares donde se logró completar la información de 6 de 10 clones, obteniendo los mejores resultados los clones autocompatibles FHIA-65 y FHIA-612. Además, se inició la evaluación, tanto de autocompatibilidad como de intercompatibilidad, entre los clones

de mayor rendimiento del ensayo “12 cultivares” que se seleccionaron de la evaluación de rendimiento y tolerancia a enfermedades entre 385 progenies/árboles con rendimientos promedios de 52 frutos/árbol.

### 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 57 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. En el presente informe se detallan los avances en los estudios de determinación de la intercompatibilidad sexual en clones de los lotes denominados 12 y 18 cultivares además de los resultados finales en la intercompatibilidad de los clones seleccionados del lote conocido como marapolán.

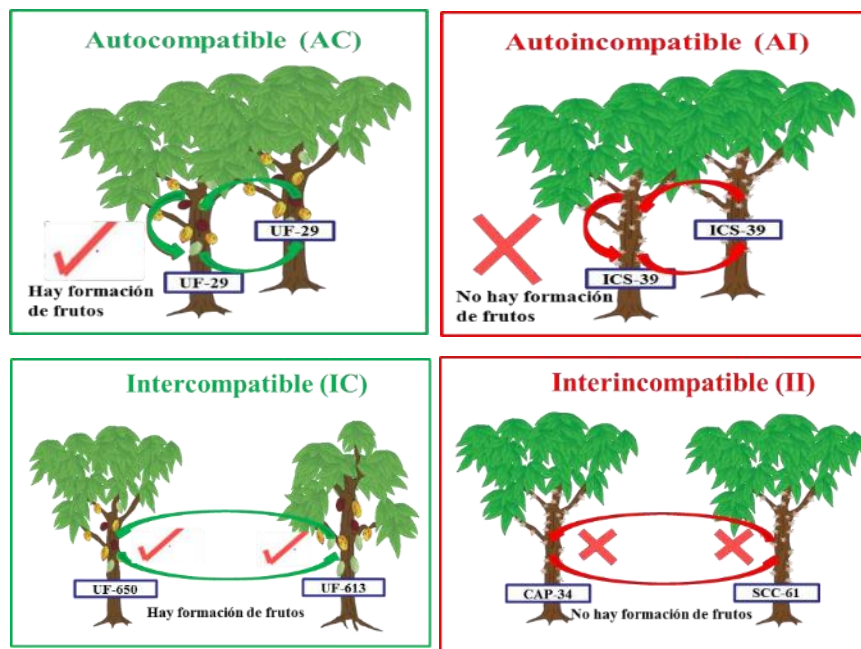


Figura 57. Diagrama explicativo de los términos de compatibilidad con base en el intercambio de polen entre un mismo clon (superior) y distintos clones (inferior) y posibles resultados.

### 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 58 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.



Figura 58. Materiales utilizados en el proceso de pruebas de compatibilidad sexual en cacao.

### 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:

1. Selección del botón floral un día antes de que la flor abra o esté disponible para ser polinizada. Dicho botón se protege con un tubo especial. Se revisa al siguiente día para verificar que la flor está 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.
2. A la flor hembra que será polinizada se le quitan los estambres y solo queda el estigma listo para recibir el polen de la otra flor que servirá como macho, proveniente del árbol de otro clon.



3. Selección de la flor que servirá como macho, la cual se desprende cuidadosamente del otro árbol.
4. Realización de la polinización. Esta se hace frotando las anteras de la flor macho en el pistilo de la flor hembra.
5. Si hay intercompatibilidad sexual entre los clones, se observa posteriormente el crecimiento y desarrollo de frutos en la flor fecundada.



El proceso de polinización asistida se hace usando 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* de 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. Todas estas observaciones y las fechas se van registrando en un formato de campo diseñado para tal fin. 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-430, FHIA-533, FHIA-612, FHIA-677 y FHIA-708.
- **Ensayo marapolán:** FHIA-32, FHIA-513, FHIA-168, FHIA-630, FHIA-483.
- **Ensayo 12 cultivares:** FHIA-25C, FHIA-63, FHIA-32, FHIA-74, FHIA-100 y FHIA-146.

#### Resultados y discusión

**Lote 18 cultivares.** El Cuadro 31, muestra el avance en las evaluaciones de inter-compatibilidad entre los 10 clones con mejor producción de cacao en el ensayo “18 cultivares”. Las celdas sombreadas señalan los cruzamientos hechos en el 2021, donde 13 de estas cruza son inter-compatibles. Se completó los datos de los clones cuando se evaluaron como hembra: FHIA-65, FHIA-430, FHIA-310, FHIA-330 y FHIA-741 con valores promedios de 61, 49, 49, 36 y 34 %, respectivamente. Queda en evidencia la capacidad como receptor de FHIA-65 ya que fue inter-

compatible con todos los clones, y del FHIA-430 que únicamente no fue inter-compatible con FHIA-741, aunque la inter-incompatibilidad no fue absoluta, es decir siempre recibió un 20 % del polen. Adicionalmente estos dos clones son auto-compatibles, también, han presentado resultados aceptables como donadores de polen siendo inter-compatibles con la mayoría de los clones evaluados. También, se completó la información cuando los clones, FHIA-708, FHIA-330, FHIA-612 sirvieron de padre, con promedios de 58, 54, 51 y 19 % de capacidad de aceptación de su polen, respectivamente. En general, se ha avanzado en un 94 % (85/90 cruza) en la matriz de inter-compatibilidad donde se ha completado la información de 6 clones, de los cuales el FHIA-65 ha obtenido 56 % (promedio madre-padre), seguido por FHIA-612 con 50 %, ambos auto-compatibles (Cuadro 31). En las evaluaciones de los clones comerciales internacionales, los clones autocompatibles también lograron los mejores resultados en inter-compatibilidad (Ramírez, 2019).

Cuadro 31. Porcentaje de frutos formados producto de las cruza para evaluar la intercompatibilidad de clones con mayor producción de frutos sanos del lote 18 cultivares. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2017-2021.

		Madre FHIA-										Promedio
		741	310	330	533	612	677	708	276	430	65	
Padre FHIA-	741	AI	0	10	23	23	0	20	27	20	47	19
	310	7	AI	17	80	40	90	13	60	63	60	48
	330	50	77	AC	48	70	43	37	37	73	53	54
	533	53	37	23	AI	10	57	10	3	33	63	32
	612	20	53	73	40	AC	80	23	47	60	60	51
	677	50	57	13	60	57	AC		13	63	60	47
	708	33	43	63	87	62	73	AI	60	17	83	58
	276	43	58	37	0	62			AI	30	90	46
	430	10	65	33	57	61			57	AC	37	46
	65	43	48	57	87	50	65	17	13	80	AC	51
Promedio		34	49	36	54	48	58	20	35	49	61	

Los números rojos por ser menores a 30 % son incompatibles, mientras que las celdas con fondo oscuro son los cruzamientos realizados en 2021. AI: autoincompatible. AC: autocompatible.

**Lote Marapolán.** Se ha completado la matriz de intercompatibilidad (20 cruzamientos) y de autocompatibilidad (5 clones auto-polinizados) de los clones más productivos después de que fueron evaluados registrando sus cosechas entre 5-7 años (Sánchez y Dubón, 2018) del lote de marapolán que inicialmente fueron seleccionados por sus atributos de calidad. Los datos en celdas de color rojo representan el avance en año 2021 donde se realizaron 12 cruzamientos de los cuales el 75 % fueron intercompatibles (9 de 12 cruza). Entre los resultados concluyentes, de los cinco clones evaluados en esta parcela, únicamente FHIA-483 es auto-incompatible, adicionalmente no aceptó polen de ninguno de los clones (7 % en promedio); sin embargo, presentó el mejor comportamiento de aceptación de polen por los demás clones ósea es un “buen padre”.

Se puede inferir que su buen comportamiento productivo de deba a los clones que tuvo como vecino en la parcela (FHIA-585 y FHIA-100) y a su intensidad de floración que incrementó la producción de frutos aun y cuando presente bajos niveles de aceptación de polen. El resto de cruzamientos entre clones autocompatibles (FHIA-32, -513, -168, -630) fueron muy intercompatibles entre sí, con promedios entre 45 a 61 % (Cuadro 32). Por lo tanto, las plantas injertadas con estos materiales pueden establecerse en campo definitivo sin seguir ningún orden ya que la compatibilidad sexual no es limitante.

Cuadro 32. Porcentaje de frutos formados producto de las cruzas para evaluar la intercompatibilidad de clones con mayor producción de frutas sanas del lote Marapolán. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021.

		Madre FHIA-					Promedio
		32	513	168	630	483	
Padre FHIA	32	AC	73	70	40	13	49
	513	75	AC	40	43	13	43
	168	53	70	AC	40	0	41
	630	30	91	57	AC	0	45
	483	50	77	60	57	AI	61
	Promedio	52	78	57	45	7	

Los números rojos por ser menores a 30 % son incompatibles, mientras que las celdas con fondo oscuro son los cruzamientos realizados en el año 2021. AI: autoincompatible. AC: autocompatible.

**Lote 12 cultivares.** Se iniciaron las evaluaciones de auto-compatibilidad e inter-compatibilidad sexual en el lote denominado “12 cultivares” que se seleccionaron por su buen comportamiento productivo, promediando en conjunto 52 frutos sanos/árbol por año (Sánchez y Dubón, 2014). Se determinó el carácter de autocompatibilidad en 10 de 12 clones, donde FHIA-63, FHIA-245 y FHIA-224 fueron auto-compatibles. En el 2022 se continuará determinando este carácter en los clones restantes (FHIA-32 y FHIA-05) (Cuadro 33).

Cuadro 33. Resultados de autocompatibilidad sexual de ensayo 12 cultivares. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021.

Clones	Clasificación
1. FHIA-108	AI
2. FHIA-74	AI
3. FHIA-32	
4. FHIA-161	AI
5. FHIA-63	AC
6. FHIA-245	AC
7. FHIA-05	
8. FHIA-21C	AI
9. FHIA-146	AI
10. FHIA-224	AC
11. FHIA-100	AI
12. FHIA-255	AI

AI: autoincompatible. AC: autocompatible (>29 % de fecundación)

Al igual que en el ensayo “18 cultivares” en este ensayo también se iniciaron las polinizaciones cruzadas para evaluar la inter-compatibilidad únicamente en los clones más productivos evaluados en los primeros 3 años (2018-2020). En los clones FHIA-21C, FHIA-146, FHIA-100 se completó la intercompatibilidad cuando se evaluaron como hembras, mostraron promedios de 65 %, 35 % y 20 %, respectivamente. El clon FHIA-21C recibió polen de todos los clones, contrario a FHIA-100 que únicamente se considera inter-compatibil con el FHIA-32, aceptando 43 % de polen. Aún no se ha concretado por completo la evaluación como padre (Cuadro 34).

Cuadro 34. Porcentaje de frutos formados producto de las cruzas para evaluar la inter-compatibilidad de clones con mayor producción de frutas sanas del ensayo 12 cultivares. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2021.

		Madre FHIA-						Promedio
		21C	63	32	74	100	146	
Padre FHIA-	21C	IA	38		67	20	10	34
	63	53	AC			20	67	47
	32	57	33			43	17	38
	74	70			AI	7	59	45
	100	60	33			AI	23	39
	146	83	33			10	AI	42
	Promedio	65	34		67	20	35	

AI: autoincompatible. AC: autocompatible.

### Conclusiones preliminares

- Se ha observado que los mejores donadores y receptores de polen 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.
- Existe alta inter-compatibilidad sexual entre los clones de los “18 cultivares” donde se pueden realizar diversos arreglos policlonales donde se tome en cuenta otras variables como adaptación, rendimiento, tamaño de grano, tolerancia a enfermedades y calidad organoléptica.
- Los clones del lote de marapolán son autocompatibles y muy intercompatibles entre sí, excepto el FHIA-483 que podría no considerarse en los arreglos, por lo que se formarían arreglos policlonales con 4 clones restantes.

### Recomendación

Para el caso de los 12 cultivares se debe considerar la integración o sustitución de clones según su evolución en rendimiento. Por ejemplo, integrar para el 2022 el FHIA-224, que ha mejorado en su rendimiento además de ser clon auto-compatible.

### 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.

#### 6.4. 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.** Este estudio evalúa el efecto de tres calidades de raíces sobre la mortalidad de plantas y el rendimiento de cacao en el CADETH. Al cuarto año de edad de las plantas, se observa una incidencia de mortalidad que oscila entre 6 y 8 % entre los diferentes tratamientos, pero sin ser estadísticamente diferentes. No se observan de igual forma diferencias estadísticas entre los tratamientos (condición de raíces) ni entre clones. A la fecha, la mortalidad de plantas no se determina por la calidad de la raíz al momento del establecimiento. Se continuará con el registro de variables en espera de observar comportamientos más específicos en vista de que las plantas de cacao continúan su crecimiento y demandarán mayor cantidad de agua y nutrientes.

**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 59). 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.

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 chancho"; 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 (Figura 59).



Figura 59. Deformación de raíces adultas.

#### 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 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 (*Cojoba 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.



Figura 60. Raíces de cacao en distintos estudios según tiempo en el vivero.

### 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 (edad 6 meses)
- Parcela 2. Raíz desformada sin podar doblada/pasada (edad mayor de 7 meses)
- Parcela 3. Raíz desformada podada al ras de la parte inferior de la bolsa (edad mayor de 7 meses).

#### Factor “B”

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

### 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 unidades experimentales establecidas en un área de 4,374 m<sup>2</sup>. La unidad experimental está constituida por 9 plantas distanciadas de 3.0 m, con un área de 54 m<sup>2</sup> (Figura 61).

### Variables por evaluar:

1. Porcentaje de sobrevivencia/mortalidad.
2. Frutos sanos por árbol.
3. Frutos con incidencia de moniliasis por árbol.
4. Frutos con incidencia de mazorca negra por árbol.
5. Frutos con daños de pájaros y ardillas por árbol.





Figura 62. Vista panorámica del ensayo.

**Verificación se 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
- **Normalidad.** Se realizó la prueba de Shapiro-Wilks (Cuadro 35) sobre los residuos de los datos para comprobar de manera formal la normalidad ( $p$ -valor  $> 0.05$ ) en cada variable de estudio).
- **Varianzas homogéneas.** Se realizó la prueba de Levene para comprobar el supuesto de homogeneidad de varianzas indicando que los residuos absolutos son similares ( $p$ -valor  $> 0.05$ ) en las variables de estudio más importantes.

Cuadro 35. Prueba de hipótesis formal para los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza de las variables en estudio. CADETH, El Recreo, La Masica. 2021.

Variable	Shapiro-Wilks	Levene
	(p-valor)	
Cacao seco	0.0603	0.5743
Monilia	0.2810	0.5487
Mazorca negra	0.4023	0.2106
Plagas	0.8779	0.0150
Plantas muertas (%)	0.3423	0.3621
Frutos sanos	0.2485	0.5304

n: 9, número de datos. Valores de Shapiro-Wilks y Levene  $p$ -valor  $> 0.05$  indican normalidad y homogeneidad de varianzas

Acompañado de las pruebas formales de los supuestos se acompañó de pruebas no formales mediante gráficos (Figura 63).

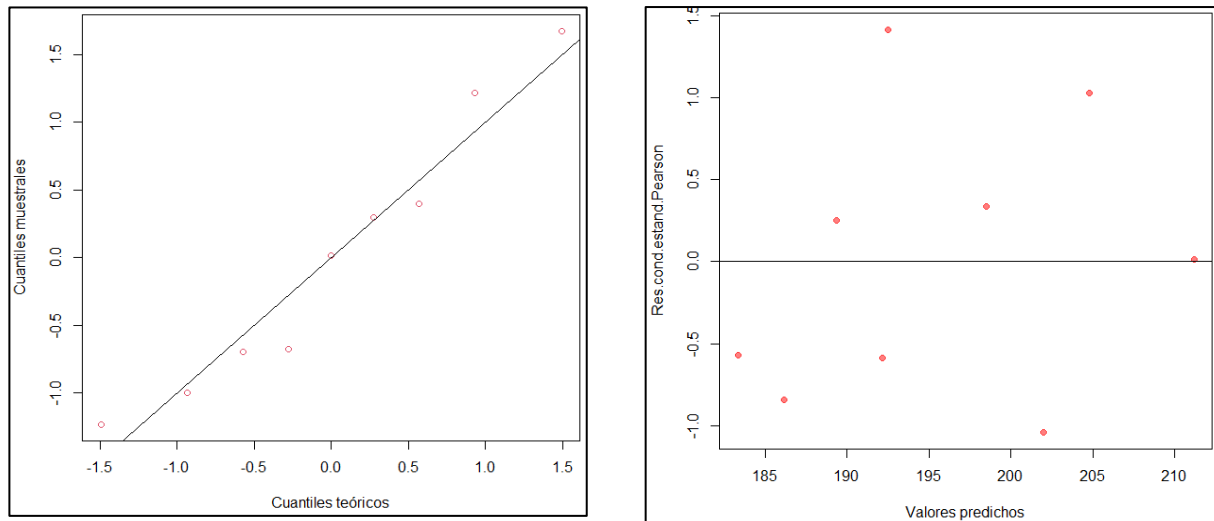


Figura 63. Izquierda QQ-plox, distribución de los cuantiles muestrales y los cuantiles teóricos, y derecha grafico de residuos versus predichos.

### Resultados preliminares y discusión

Las plantas maderables se establecieron en el 2018. Se observa un buen crecimiento, tanto en el diámetro de fuste (6 cm) como en altura total estimada en 2.3 m.

No se encontró efecto de interacción entre los factores de estudio para ninguna variable estudiada, así como también no se encontraron diferencias significativas ( $p\text{-valor} > 0.05$ ) entre las medias de las variables de producción con respecto a la condición de raíz. Sin embargo, es el primer año en que se reportan plantas muertas con incidencias entre 6 y 8 %, coincidiendo con el primer año de producción, edad en que se manifiestan estas pérdidas en fincas de productores.

Los valores de producción por árbol (Cuadro 36) de frutos totales fueron entre 4.5 a 4.9 y los frutos sanos entre 3.4 a 3.5. La incidencia de monilia y mazorca negra no supera el 2 %, menos de 0.09 frutos/árbol) ni el 4 % (hasta 0.21 frutos/árbol) en ninguna de las condiciones de raíz, respectivamente. Los frutos abortados estuvieron entre 0.37 a 0.53 frutos/árbol. En el CADETH las pérdidas por plagas siguen siendo las más importantes. El promedio estuvo en 21.7 % que fue muy similar al registrado en la prueba regional de 28 clones, en vista que esta parcela es vecina.

Para el factor “B” que son los diferentes clones, se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p\text{-valor} < 0.05$ ), excepto la mortalidad de las plantas (%) (Figura 18). El clon CCN-51 presentó la mayor producción de frutos (11.5 frutos totales/árbol); sin embargo, estuvo entre los que mayores pérdidas sufrió por plagas y enfermedades (32 %), solo por debajo del ICS-1 (33 %) que fue el de menor producción de frutos (0.84/árbol). Los daños por plagas fueron los más representativos con 26 % cada clon, que en el caso de CCN-51 representa 2.91 de 11.5, mientras que en ICS-1 solamente representa 0.22 de 0.84 frutos. Aún con las mayores pérdidas de frutos/árbol, el clon CCN-51 obtuvo el mejor rendimiento en cacao seco con 545 kg/ha muy por arriba de los demás clones que cuentan con rendimientos que no superan los 185 kg/ha.

Cuadro 36. 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	
<b>Condición de raíz</b>						
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.
<b>Clon</b>						
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 <sup>2</sup>	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

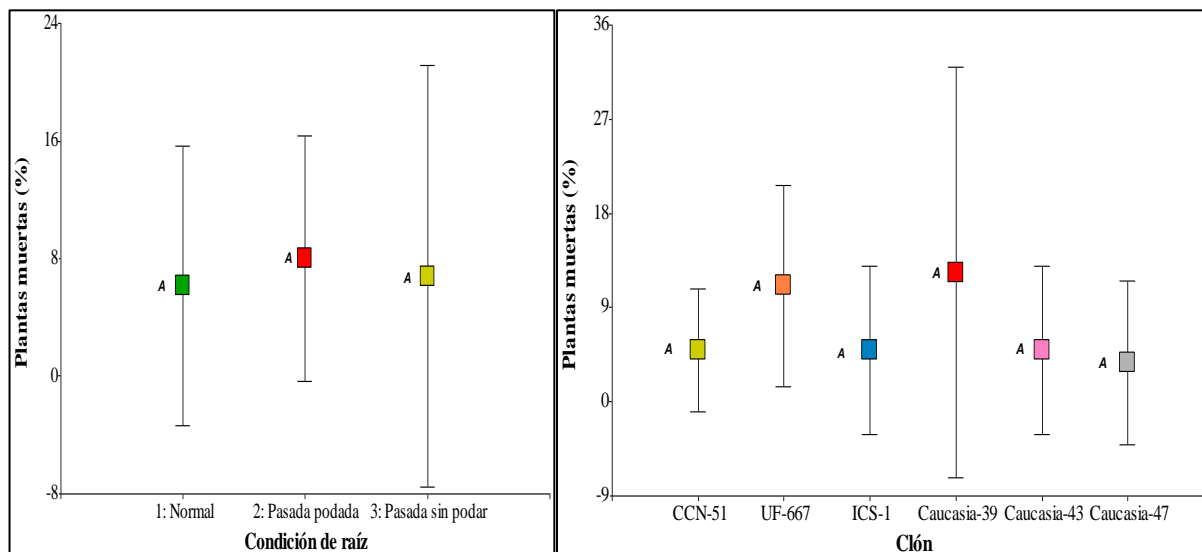


Figura 64. Mortalidad de plantas (%). Izquierda condición de raíz y derecha diferentes clones.

### 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<sup>a</sup> 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.

## 6.5. Caracterización física y organoléptica del grano de clones de cacao sobresalientes evaluados en el CEDEC-JAS. CAC-POS 19-01

*Elvin Ávila*

Departamento de Poscosecha

*Oscar Ramírez*

Programa de Cacao y Agroforestería

### Introducción

La estrategia de mejoramiento genético de cacao implementada se estructura en diferentes fases que incluyen la valoración de productividad, resistencia/tolerancia a las principales enfermedades, nivel de compatibilidad sexual, propiedades físicas de la mazorca y grano, así como características organolépticas. En este informe se presentan los resultados de las características físicas de la mazorca y grano de 12 clones de cacao sobresalientes con rendimiento potencial arriba de una tonelada por hectárea, con edad de 7 años y cuarto de cosecha. Esta información complementada con la de campo, permitirá una mejor selección y posterior liberación de clones de cacao fino y de aroma a productores de la región en el futuro cercano.

### Objetivo

Conocer los atributos físicos del fruto y grano seco de 12 clones sobresalientes de cacao evaluados en el CEDEC-JAS, y de esta manera favorecer los procesos de poscosecha, recomendando policlones con características similares de acuerdo con las variables estudiadas.

### Metodología

El estudio fue realizado con mazorcas de los 12 clones que están en evaluación en el CEDEC-JAS. Se tomaron para este estudio mazorcas de dos cosechas diferentes: 19 de febrero y 18 de marzo de 2021. Para el registro de las variables se tomaron muestras de los clones en las cuatro repeticiones que componen el ensayo de los 12 cultivares. Mazorcas de cada clon (tratamiento) y cada repetición fueron recolectadas en sacos debidamente rotulados y luego se trasladaron al centro de acopio para su clasificación.

### Las variables evaluadas:

- **Peso del fruto:** del total de mazorcas cosechadas en las cuatro repeticiones, se tomó un total de 10 mazorcas al azar por clon y fecha (repetición). Posteriormente, se registró de manera individual el peso en g de cada una de las mazorcas con una balanza de precisión.
- **Longitud:** al igual que para el peso del fruto se usaron las mismas 10 mazorcas. Se midió el largo de mazorca en centímetros sobre una superficie plana con una cinta para sastre.
- **Diámetro de mazorca:** con la cinta para sastre se midió la circunferencia en centímetros para cada mazorca y luego se procedió a calcular el diámetro con la siguiente fórmula:

$$\text{Diámetro del fruto} = \frac{\text{Circunferencia del fruto}}{\pi}$$

- **Porcentaje de cáscara:** este parámetro es determinado por diferencia entre el peso total por fruto por repetición, menos peso de placenta y peso de almendras dividido entre el peso total por fruto; luego, el resultado es expresado en porcentaje.

$$\% \text{ de Cáscara} = \frac{\text{Peso del fruto} - \text{Peso de grano} - \text{Peso de placenta}}{\text{Peso del fruto}} * 100$$

- **Porcentaje de placenta:** se pesó la placenta, separándose de la cáscara y cotiledones.

$$\% \text{ de Placenta} = \frac{\text{Peso de placenta}}{\text{Peso del fruto}} * 100$$

- **Porcentaje cotiledones:** se pesó el total de granos por mazorca del total de la muestra para cada clon y repetición.

$$\% \text{ de cotiledones} = \frac{\text{Peso de cotiledones}}{\text{Peso del fruto}} * 100$$

- **Índice de grano (IG):** se determinó en una muestra de 300 granos al azar del total de grano seco obtenido por clon en las cuatro repeticiones del ensayo de los 12 cultivares.

$$\text{Índice de grano} = \frac{\text{Peso de granos}}{\text{Número de granos}}$$

- **Porcentaje de rendimiento baba-seco:** se calculó a partir del peso en baba y el peso seco de grano posterior al beneficiado, obtenido del total de frutos cosechados en las cuatro repeticiones del ensayo de los 12 cultivares por clon.

$$\text{Porcentaje de rendimiento baba – seco} = \frac{\text{Peso de grano seco}}{\text{Peso de granos en baba}} * 100$$

- **Porcentaje de cascarilla (grano seco):** se obtiene a partir de la toma de una muestra al azar de 100 granos de cacao seco por clon, se procedió a tostar y luego separar la cascarilla manualmente por grano.

$$\text{Porcentaje de cascarilla} = \frac{\text{Peso de cascarilla}}{\text{Peso de granos}} * 100$$

Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico InfoStat, realizando análisis de varianza (ANAVA, p-valor <0.05) considerando cada clon como tratamiento y las fechas de cosecha por clon fueron consideradas como unidades experimentales. Además, se determinaron otros estadísticos como el coeficiente de variación (C.V.) que refleja la variación porcentual en promedio de los datos con respecto a la media general y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que es la fuente de cambio a efecto del tratamiento que es estimada en una escala entre 0-1. También, se realizó análisis de componentes principales (PC) para observar las correlaciones entre las variables de estudio.

Aún, cuando no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las fechas de cosechas, para dar mayor rigor científico se pretende evaluar dos repeticiones más (2 fechas) en la estación de invierno. De esta manera se obtendría la representatividad de todo el año en cuanto al comportamiento de los clones según las variables evaluadas. La evaluación de estas variables fortalece la conformación de arreglos policlonales, que además de ir encaminados a favorecer el cuaje de frutos, también considerarían la agrupación de clones según criterios de calidad.

### Resultados y discusión preliminares

El análisis de componente principal realizado con las 9 variables de caracterización física de los



frutos y almendras en la poscosecha del cacao del ensayo “12 cultivares” explica el 81.1 % de la variabilidad de los datos con los dos primeros componentes principales. Se encontró una correlación positiva entre el peso, diámetro y porcentaje de placenta del fruto y el índice de grano. Asimismo, estas variables están correlacionadas de manera negativa con el índice de fruto (IF) y el porcentaje de cascarilla del grano; es decir; a mayor índice de fruto (más frutos para obtener 1 kg de cacao seco) y porcentaje de cascarilla, menor peso, diámetro y porcentaje de placenta del fruto y, menor índice de grano.

El CP1 explica el 59.2 % de la variabilidad separando los clones con el parámetro deseable en las variables; es decir, con mayores índices de grano, porcentaje de cotiledón y peso del fruto y por ende menor IF (frutos y almendras más grandes) ubicados a la derecha de la figura 1, sobresaliendo los clones FHIA-161, FHIA-224, FHIA-245 y FHIA-05) (Figura 65).

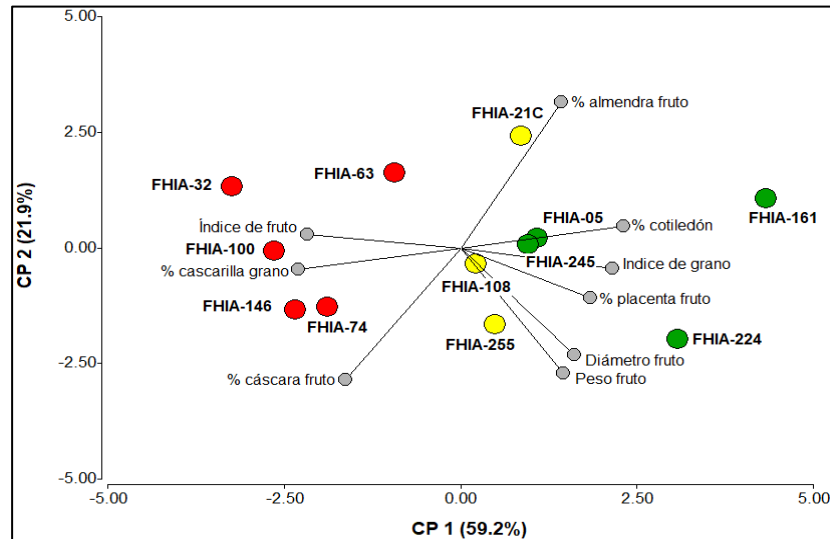


Figura 65. Biplots de CP1 y CP2, de las variables de caracterización de frutos y granos de cacao.

En años anteriores se trabajó en estas variables para los clones del ensayo de los 18 cultivares (Ávila y Ramírez, 2020 y 2021). En esta ocasión para el ensayo de 12 cultivares. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p$ -valor  $<0.05$ ), en el peso, longitud y diámetro de los frutos entre los clones de cacao. Siendo el clon FHIA-224 el de mayor peso (891.93 g) y diámetro (10.18 cm); mientras que el clon FHIA-255, obtuvo la mayor longitud con 19.49 cm. Para las variables de distribución de los componentes del fruto según su peso, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p$ -valor  $>0.05$ ) entre los clones de cacao para las variables: porcentaje de cascara y de almendras. Únicamente en el porcentaje de placenta se encontró diferencias estadísticas ( $p$ -valor  $<0.05$ ), donde los clones FHIA- 255, 224 y 161 presentaron los mayores porcentajes, con 3.39, 3.27 y 3.01 %, respetivamente. En promedio el 79 % del peso está comprendido por la cáscara más la placenta y solamente el 21 % corresponde a las almendras. Se encontraron diferencias estadísticas ( $p$ -valor  $<0.05$ ) entre los clones, con respecto al promedio del IG que esta entre 1.08-1.71 g que se dividen en dos grupos estadísticos de clones claramente diferenciados. El primero por los clones: FHIA-32, -146, -100, -74, -63 y -21C con un promedio de IG de 1.23 g y el segundo grupo por los clones: FHIA-224, -255, -245, -108, -05 y -161 con un promedio de IG de 1.58 g. Mientras que, para las variables rendimiento baba-seco y porcentaje de cascarilla se encontró diferencias estadísticas significativas ( $p$ -valor  $<0.05$ ), siendo FHIA-74 el que determinó mayor rendimiento baba-seco (46 %) y mayor porcentaje de cascarilla (16.53 %). Para la variable IF se ha realizado únicamente una repetición, por lo tanto, no se realizó ANAVA. Se continuará evaluando para presentarlo en el Informe Técnico 2022 de este Programa (Cuadro 37).

Cuadro 37. Características físicas de 12 clones de cacao seleccionados y en evaluación por su alta productividad. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida. 2021.

Clon FHIA	Peso de fruto (g)	Mazorca		Componentes			IG <sup>2</sup> (g)	Rendimiento baba-seco (%)	Cascarilla
		Longitud	Diámetro	Cáscara	Placenta	Almendras			
		(cm)		(%)					
05	676.32	16.76	9.78	75.78	2.44	21.79	1.61	39.26	15.00
21C	655.11	16.47	9.75	69.24	2.09	28.67	1.33	38.80	15.04
32	558.30	19.31	8.84	78.76	1.91	19.34	1.08	39.33	16.52
63	604.52	19.22	9.16	74.53	2.59	22.89	1.29	39.09	15.61
74	726.60	18.86	9.70	81.71	1.70	16.60	1.27	46.31	16.53
100	656.45	19.37	9.29	81.10	1.58	17.33	1.25	41.48	15.84
108	601.27	16.24	9.90	78.96	2.44	18.60	1.57	43.24	15.08
146	688.65	16.90	9.97	81.47	2.06	16.48	1.13	38.20	16.53
161	743.39	18.33	9.89	70.60	3.01	26.40	1.71	34.91	13.09
224	891.93	18.61	10.18	77.73	3.27	19.01	1.50	35.67	13.53
245	691.17	15.51	9.80	76.44	2.22	21.35	1.55	39.98	14.90
255	806.87	19.49	9.94	77.71	3.39	18.91	1.55	33.44	16.08
<b>Promedio</b>	<b>691.72</b>	<b>17.92</b>	<b>9.68</b>	<b>77.00</b>	<b>2.39</b>	<b>20.61</b>	<b>1.40</b>	<b>39.14</b>	<b>15.31</b>
p-valor	<b>0.0290</b>	<b>0.0208</b>	<b>0.0251</b>	0.2677	<b>&lt; 0.0001</b>	0.8912	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.0443</b>	<b>0.0558</b>
C.V.	10.34	5.94	3.05	6.07	5.49	22.73	4.73	7.48	6.30
R <sup>2</sup>	0.79	0.79	0.79	0.65	0.98	0.61	0.95	0.78	0.75

## Conclusiones

En el proceso de selección y evaluación de nuevos clones de cacao se deben considerar parámetros importantes desde el punto de vista físico del fruto y del grano de cacao, conformando arreglos policlonales con clones homogéneos especialmente en índice de grano y de esa manera mantener la calidad organoléptica especialmente durante el proceso de beneficiado del cacao.

## Literatura citada

Ávila, E; Ramírez, O. 2021. Caracterización del rendimiento de mazorca y características físicas y organolépticas del grano de clones de cacao sobresalientes. CAC-POS 19-01. Pág. 84-86. *In*: Informe técnico 2020, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 1era edición. La Lima, Cortés, Honduras.

\_\_\_\_\_. 2020. Caracterización del rendimiento de mazorca y características físicas y organolépticas del grano de clones de cacao sobresalientes. CAC-POS 19-01. Pág. 77-80. *In*: Informe técnico 2019, Programa de Cacao y Agroforestería. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 1era edición. La Lima, Cortés, Honduras.

## 6.6. Evaluación de clones promisorios seleccionados de progenies híbridas con mayores índices de rendimiento y tolerancia a moniliasis: I. Evaluación sensorial del licor de 18 cultivares de cacao FHIA y cinco introducciones de cacao fino. CAC 13-01

*Héctor A. Aguilar*

Departamento de Poscosecha

## Resumen

El estudio inició en el 2020 en el CEDEC-JAS ubicado en La Música Atlántida, con la evaluación de cosecha, fermentación y secado de 18 cultivares. Los licores se obtuvieron de 600 g de grano tostado a 120.0 °C por 25 minutos (tostado medio) de acuerdo con los estándares internacionales (ISCQF-2020). La evaluación sensorial de las muestras se realizó siguiendo los procedimientos de los estándares internacionales para la evaluación de la calidad y sabor del cacao, protocolo para la evaluación sensorial del licor de cacao (ISCQF 2020). Los 18 cultivares fueron evaluados individualmente y en combinación. En el grupo de clones introducidos por Dubón FHIA (IDF) y Carmelo se evaluaron individualmente y 4 clones combinados sin el Carmelo. El panel de cata estuvo conformado por 5 técnicos catadores. El objetivo del estudio fue describir los atributos de sabor y la calidad global mediante la evaluación sensorial cuantitativa de los granos cacao de clones. En las tres catas de cacao de los 18 cultivares se realizaron 11 evaluaciones de clones individuales donde sobresalieron FHIA-310, FHIA-533, FHIA-515, FHIA-225 con notas de frutas cítricas, deshidratadas, frutas rojas y nueces; FHIA-612 con marcado sabor a frutas como mora, fresa y cítricas, flores de campo y nueces como castaña y marañón; FHIA-741 como mucha predominancia a nueces y FHIA-65 con sabor a frutas frescas como maracuyá, mandarina y guanábana. La combinación de dos clones FHIA-330 + FHIA-612, FHIA-612 + FHIA-310 y FHIA.533 + FHIA-612 mostraron sabores muy fuertes a frutas cítricas, flores de campo y nueces seguido de FHIA-65 + FHIA-310 que mostró aromas y sabores a frutas secas y flores cítricas. La cata en grupos de cuatro clones de las cuales, la mejor combinación fue FHIA-330 + FHIA-533 + FHIA-65 + FHIA-612 que dio notas sobresalientes en frutas rojas, flores de azahar y nueces que

se liberaron de forma secuencial, y al terminar con lo cremoso y sabor a nuez de marañón. Las combinaciones de los clones FHIA-330 + FHIA-533 + FHIA-65 + FHIA-310, FHIA-330 + FHIA-533 + FHIA-310 + FHIA-612, FHIA-533 + FHIA-65 + FHIA-310 + FHIA-612 presentaron con dominancia sabores frutales donde sobresale el de mandarina, maracuyá, banano y frutas rojas como fresas y mora. Los materiales introducidos IDF-588, IDF-800 y Carmelo mostraron sabor agradable a chocolate, con notas frutales, flores y nueces. Los clones IDF-544 y IDF-103 presentaron notas frutales y flores con niveles bajos en nuez. En la combinación de los cuatro clones fue dominante el sabor a frutas, flores y nueces. Se puede concluir que los clones evaluados individual o en combinación presentan expresiones de sabor y aroma muy definidas que se clasifican como cacao fino en sabor y aroma.

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

### **Introducción**

El grano fermentado y seco desarrolla precursores químicos que mediante la torrefacción se transforman en el sabor y aroma típico del cacao, Fowler y Pérez (2009). La acidez, amargor y astringencia son sabores básicos del perfil sensorial del licor de cacao. El perfil puede incluir notas aromáticas como floral, frutal, nuez, malta, entre otros, que enriquece las características sensoriales de los cacaos finos de aroma (Ardhana y Fleet, 2003). Cualquier esfuerzo para mejorar la comprensión del vínculo beneficio poscosecha-torrefacción-expresión sensorial, se justifica para tener más control sobre la calidad del sabor en los productos derivados. Además del efecto de la fermentación, el perfil sensorial del cacao puede variar en función de la genética de cada árbol y la variación genética de la población, así como de la interacción genotipo por ambiente (Ribas *et al.*, 2014). La variación del perfil sensorial de los granos de cacao de distintos árboles, poblaciones, orígenes, y zonas productoras, es más bien un caudal de alternativas para la industria chocolatera (FCCI, 2016).

El uso de la información que resulta del análisis sensorial depende del usuario y sus objetivos. Los valores obtenidos del análisis pueden tener una serie de decisiones como ser: crear un perfil de sabores y otras características sensoriales, identificar y tomar pasos para corregir defectos en procesamiento, decidir si la muestra es aceptada para compra o venta, o si es rechazada, establecer un valor en comparación a otras muestras, determinar un precio de compra o venta, determinar ganadores de un concurso, o establecer un estándar o hacer comparación con un estándar, establecer criterios para la selección de características sobresaliente de nuevos materiales y su comparación con lo existente.

### **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 FHIA en el CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida.

### **Materiales y métodos**

El estudio inició en el 2020 en el CEDEC-JAS (Centro Experimental Demostrativo de Cacao–Jesús Alfonso Sánchez) ubicado en La Masica Atlántida con la cosecha, fermentación y secado de 18 cultivares (Cuadro 38) y otros clones seleccionados identificados como introducción Dubón FHIA (IDF) y Carmelo (Cuadro 39). Se tomaron muestras 600 g de grano fermentado y seco para tostarlos

en el Laboratorio de Calidad de Cacao en La Lima, Cortés, a 120 °C por 25 minutos (tostado medio) de acuerdo con los estándares internacionales (ISCQF-2020).

Cuadro 38. Clones de 18 cultivares seleccionados para evaluación sensorial (CEDEC-JAS, La Másica, Atlántida).

FHIA-63	FHIA-310	FHIA-671
FHIA-65	FHIA-330	FHIA-677
FHIA-130	FHIA-430	FHIA-707
FHIA-225	FHIA-515	FHIA-708
FHIA-228	FHIA-533	FHIA-736
FHIA-276	FHIA-612	FHIA-741

Cuadro 39. Selección de clones introducidos Dubón FHIA (IDF) y Carmelo a la colección de germoplasma.

FHIA-103	FHIA-558	FHIA-800	FHIA-544	Carmelo
----------	----------	----------	----------	---------

El grano descascarillado y quebrado, en forma de *nibs* fue molido a 4,000 rpm por 6 minutos en intervalos de 2 minutos para la liberación de volátiles y humedad remanente (Retsch-GM200®), la muestra alcanza una temperatura de 50.0 °C. 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 5.0 °C. La evaluación sensorial de 6 a 8 muestras por sesión fue realizada en el Laboratorio de Calidad de Cacao ubicado en La Másica, Atlántida. Se siguió el procedimiento de los estándares internacionales para la evaluación de la calidad y el sabor del cacao según protocolo para la evaluación sensorial del licor de cacao (ISCQF 2020). Los atributos y sus definiciones son presentados en el Cuadro 40.

Los 18 cultivares fueron evaluados individualmente y en combinación en tres sesiones diferentes. En el grupo de IDF y Carmelo se evaluaron individualmente los clones FHIA-103, FHIA-558, FHIA-800 y FHIA-544 y en combinación, el clon Carmelo se evaluó solo. El equipo de evaluación estuvo conformado por Elvin Ávila, Aroldo Dubón, Oscar Ramírez, Erick Durán y Héctor Aguilar.

Cuadro 40. Términos utilizados para las evaluaciones de sabor con los descriptores, y ejemplos de notas de referencia u origen para la calibración de catadores. Seguine y Sukha (2015).

Atributo	Descripción
Cacao	Describe el sabor típico de los granos bien fermentados, tostados y libres de defectos - barras de chocolate, cacao fermentado/tostado, licor.
Acidez	Ácido cítrico – frutas. Ácido acético - vinagre (se puede oler en la muestra) Ácido láctico - como yogurt, vomito, leche agria o melaza Ácido mineral - gusto metálico
Amargor	Por lo general, se debe a la falta de fermentación; es percibido en la parte posterior de la lengua/garganta - cafeína (café), cerveza, pomelo.
Astringencia	Por lo general, se debe a la falta de fermentación; sensación de sequedad en la boca y/o efecto de fruncimiento de los labios que aumenta la producción de saliva; es percibida entre la lengua y el paladar o en la parte

Atributo	Descripción
	posterior de los dientes delanteros. – cáscaras de frutos secos crudos, piel de plátano, algunos vinos.
Dulce	Describe los licores con un sabor característico a jugo de caña caramelizada sin refinar (panela). - caramelo, azúcar moreno, dulce de batido.
Fruta fresca	Amplia gama de frutas frescas: bayas - pasas, frambuesas no totalmente maduras. Fruta cítrica, esencia de cítricos. Fruta tropical - plátano, maracuyá, naranja; casi siempre se aprecia alguna nota cítrica.
Frutas marrones	Frutas de árbol oscuras - ciruela, cereza oscura. Fruta seca - albaricoque seco, banano, etc., caramelización del azúcar de la fruta, la esencia de una fruta que ha sufrido el proceso de secado con notas de azufre y también de frutos secos. Fruta demasiado madura - comienzo de la sobre fermentación, fruta excesivamente madura como paso hacia la sobre fermentación. Fruta marrón - ciruelas pasas o dátiles.
Frutos secos	Frutos secos - frutos secos sin cáscara. Cáscara/piel de frutos secos – asociado con alguna sensación astringente como las pieles de almendras y cacahuets etc.
Floral	<p>Amplia gama desde pastos/césped/hierbas verdes hasta flores y notas perfumadas:</p> <p>Floral - procedentes del entorno natural, como se percibe al da un paseo por el jardín, verde terroso, herbal y amaderado.</p> <p>Hierba floral -el verde de la hierba recién cortada, hierba muy fresca, hojas jóvenes (verde floral).</p> <p>Verde floral vegetativo (verde oscuro) - verde vegetativo, hoja vieja de cacaoero triturada, notas de color verde oscuro. Judías verdes, pimientos cocinados (verduras de color verde oscuro).</p> <p>Amaderado floral (genérico) - Plantas ya transformadas en aceite esencial seco, bases estructurales, paseos en el bosque antes del invierno, flores secas.</p> <p>Floral setas - setas, carnosos, sabroso, MSG.</p> <p>Floral terroso - bosque después de la lluvia, el olor a humedad que sube del suelo del cacaotal.</p> <p>Floral herbal - Especies secas envejecidas. Común a todas las hierbas secas y vinculado a veces con la astringencia.</p> <p>Floral perfumado - una intensidad que perdura como cuando se añaden fijadores (por ejemplo, vainilla) a un perfume para que persista.</p> <p>Floral flores - Se respira una vez, y en seguida desaparece. Diferencia entre la mayoría de las rosas y una rosa muy fragante como la Mister Lincoln.</p> <p>Floral azahar - es esencialmente floral-flores, pero con sabor específico a azahar.</p>
Madera	<p>Madera clara - fresno, haya, arce, pino blanco, cacaoero cortado.</p> <p>Madera oscura - roble, nogal, teca.</p> <p>Madera resinosa – pino, tea, bálsamo de resinas de árboles oscuros o claros.</p>
Especiado	<p>Especiado a tabaco - El especiado a tabaco es el aroma en la puerta de la tienda de tabaco, no ceniciento ni sucio, sino más bien como el tabaco de pipa, dulce.</p> <p>Especiado picante - especiado, picante, salado.</p>

Atributo	Descripción
Sabores indeseados	<p>Jamón - carnes en lonjas, jamón, fermentación inadecuada.</p> <p>Ahumado - sucede cuando se quema materia vegetal (madera, hierba, corteza de cacao, etc.). Otros sabores extraños - cacao contaminado con gases de diésel.</p> <p>Cuero - no recién curtido en una tienda de cuero, sino más como el cuero con el sudor y la orina, como sillas de montar.</p> <p>Estiércol sobre fermentado - patio de la granja, estiércol.</p> <p>Sobre fermentación pútrida - heces.</p> <p>Carácter sucio – molesto, como los utensilios sucios, a menudo asociado con la calidad astringente; si aumento la astringencia = aumento el sabor sucio, etc. Función de polvo.</p> <p>Corteza de madera - no es bueno, por lo general desagradable, seco y polvoriento, maloliente, no un olor a limpio. Baja fermentación, astringencia, crudo, cuero, sucio; suelen estar asociados también a la cáscara de la madera.</p> <p>Humedad: olor de cuarto no aireado, viejo, húmedo, mohos.</p> <p>Mohoso: característico del crecimiento de moho en frutas y alimentos.</p>

Las muestras fueron evaluadas de forma global en base al atributo y descriptores (Cuadro 41). Los datos obtenidos resultantes de la evaluación de cada muestra se registraron en el formato presentado en el Cuadro 741. 1. La calificación asignada a cada atributo encontrado se realizó de acuerdo con la siguiente escala de intensidad de atributos: 0 = ausente; 1 = solo se encuentran trazas que probablemente no se encuentre si se prueba por segunda vez; 2 = presente en la muestra, pero en baja intensidad; 3 a 5 = caracteriza la muestra claramente; 6 a 8 = característica dominante de la muestra; 9 a 10 = máxima, intensidad fuerte que se sobrepone a otras notas de sabor en la muestra.

Cuadro 41. Atributos (principales y sub-atributos relacionados) para la evaluación del sabor del licor de cacao.

Nombre del evaluador:
Fecha de evaluación:
Hora de evaluación:
Código de la muestra:
Atributo puntuación
(0-10)
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
Grado de tostado
Sabores atípicos (sucio/empolvado, humedad, mohoso, carnosos/animal/cuero, fruta sobre fermentada, podrida, pútrido/estiércol, ahumado, otros)
Descripción de los sabores atípicos
Calidad global
Comentarios sobre el sabor

Después de la evaluación de cada muestra se tabularon los resultados y discutieron los resultados. La puntuación final de la intensidad de cada atributo de sabor fue analizada por 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

**Primera sesión de cata.** Los resultados obtenidos de la primera sesión de cata se muestran en el Cuadro 42. No se hay diferencia significativa en los atributos de calidad entre clones, con excepción de acidez, floral y crudo. En el conjunto de atributos los clones FHIA-533 y FHIA-612 mostraron el mejor balance con alto sabor a cacao, notas a fruta, flores y nueces, baja astringencia y amargor, con acidez cítrica moderada. El licor del cultivar FHIA-330 fue muy marcado el sabor a nueces con buen balance de amargor y acidez muy suave en intensidad y con buen sabor a cacao. El cultivar FHIA-310 mostró notas cítricas y nueces, sabor y aroma a cacao con baja astringencia. El licor del cultivar FHIA-65 presento intensidades de acidez, astringencia y amargor muy plano y poca expresión de atributos aromáticos.

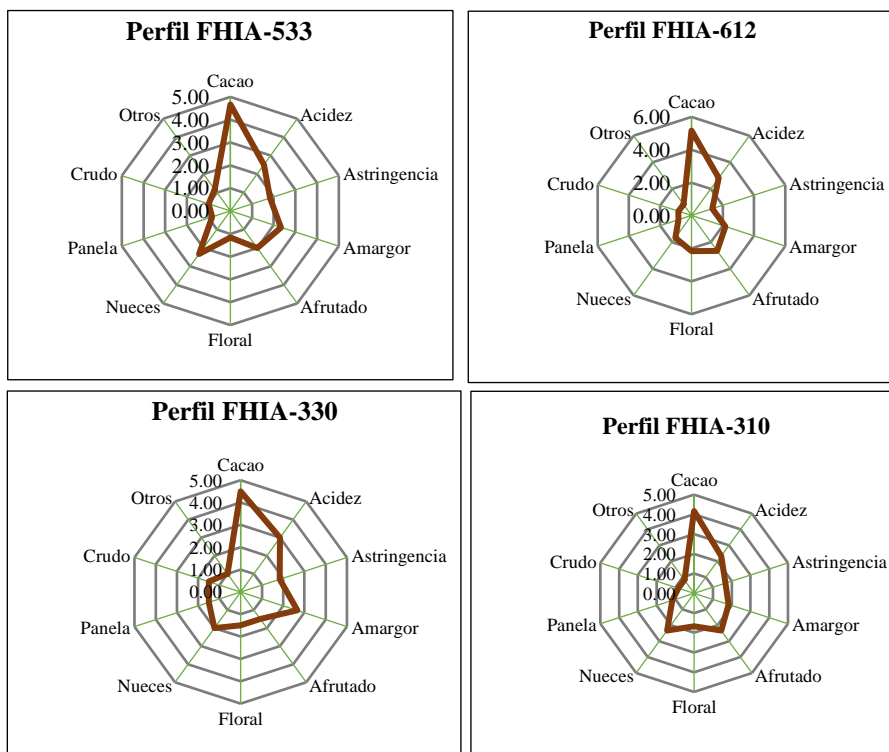
Para los licores combinados FHIA-612 + FHIA-310, presento acidez, astringencia y amargor muy suave pero muy expresivo en cacao notas frutales y florales y sabor a nueces. La combinación FHIA-533 + FHIA-612 mostró atributos de frutas, flores, cremoso, además, baja astringencia, acidez y amargor, el sabor a cacao marcado, pero en resumen muy suave. La combinación de FHIA-330 + FHIA-612 presentó aroma y sabor a frutas tropicales, flores de campo, nueces y alto sabor y aroma chocolate (Cuadro 42, Figura 66).



Cuadro 42. Resultados de la evaluación sensorial de cinco cultivares seleccionados de cacao FHIA de 18 cultivares y tres combinaciones con dos clones. CEDEC-JAS, La Música, Atlántida.

Clon y mezcla	Intensidad de atributos organoléptico (0-10)									
	Cacao	Acidez	Astringencia	Amargor	Fruta	Floral	Nuez	Panela	Crudo	Otros
FHIA-65	4.00	3.00	2.00	2.50	2.17	1.33	1.17	0.50	1.67	1.83
FHIA-310	4.17	2.33	1.67	1.83	2.33	1.67	2.33	1.17	0.83	0.83
FHIA-330	4.50	3.00	1.83	2.67	1.50	1.50	2.00	1.50	1.50	1.00
FHIA-533	4.67	2.50	1.83	2.33	2.00	1.17	2.33	0.83	1.00	1.17
FHIA-612	5.17	2.83	1.33	2.17	2.67	2.17	1.67	0.83	0.83	0.83
F-330 + 612	5.17	2.00	1.33	1.33	3.50	2.33	2.50	1.17	0.00	1.67
F-533 + 612	4.17	1.33	1.33	1.50	2.67	2.00	1.33	0.33	0.50	1.17
F-612 + 310	4.83	1.67	1.00	1.50	3.33	3.00	2.50	1.00	0.67	2.00
<b>Promedio</b>	<b>4.58</b>	<b>2.33</b>	<b>1.54</b>	<b>1.98</b>	<b>2.20</b>	<b>1.90</b>	<b>1.98</b>	<b>0.92</b>	<b>0.88</b>	<b>1.31</b>
p-valor	0.179	0.036	0.220	0.122	0.1883	0.015	0.119	0.072	0.008	0.322
R <sup>2</sup>	0.64	0.61	0.52	0.53	0.48	0.71	0.55	0.78	0.70	0.45
C.V.	13.01	26.45	30.54	31.12	35.26	27.97	32.38	45.52	49.29	53.15
D.C. <sup>1</sup>	si	no	no	no	no	no	no	si	no	no

<sup>1</sup>D.C.: diferencia entre catadores.



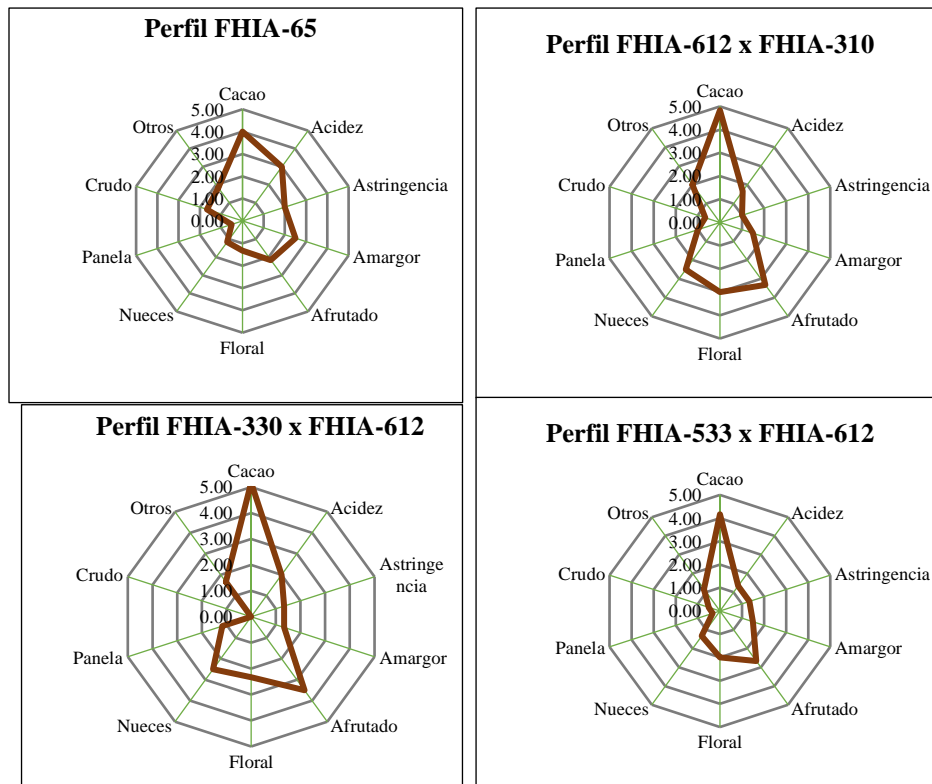


Figura 66. Perfil de sabor y aroma de 5 cultivares individuales y 3 combinaciones de licor de cultivares selectos de cacao.

**Segunda sesión de cata.** No se hay diferencia significativa en los atributos de calidad entre las mezclas clones, con excepción atributos de astringencia y nuez (Cuadro 43). El licor FHIA-330 + FHIA-533 + FHIA-65 + FHIA-612 mostró el mejor balance en atributos de calidad, es decir, alto sabor a cacao, frutas, flores, nueces y baja acidez, astringencia y amargor.

Cuadro 43. Resultados de la segunda sesión de cata, evaluación sensorial de cuatro licores combinados con 4 cultivares y dos licores combinados con dos cultivares de cacao de los 18 cultivares compuestos por clones FHIA. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida.

Mezcla clones FHIA	Intensidad de atributos organoléptico (0-10)									
	Cacao	Acidez	Astringencia	Amargor	Fruta	Floral	Nuez	Panela	Crudo	Otros
65, 310	3.9	1.3	0.4	1.1	2.1	2.3	1.1	0.8	0.0	1.4
65, 612	4.5	1.8	1.1	1.1	1.6	1.9	1.0	0.6	0.3	1.0
330, 533, 65, 310	4.6	1.6	0.6	1.0	2.1	1.8	1.9	1.0	0.0	1.0
330, 533, 65, 612	4.4	1.9	0.5	1.3	1.9	2.1	2.3	1.4	0.0	1.3
330, 533, 310, 612	4.1	1.9	0.9	1.3	2.1	1.4	2.3	1.4	0.1	1.0
533, 65, 310, 612	4.0	2.1	1.1	1.5	1.8	1.5	1.5	1.5	0.4	1.1
<b>Promedio</b>	<b>4.3</b>	<b>1.8</b>	<b>0.8</b>	<b>1.2</b>	<b>2.2</b>	<b>1.8</b>	<b>1.7</b>	<b>1.1</b>	<b>0.1</b>	<b>1.1</b>

p-valor	0.642	0.499	0.034	0.754	0.174	0.057	0.032	0.218	0.211	0.103
R <sup>2</sup>	0.33	0.32	0.6	0.25	0.59	0.7	0.64	0.47	0.57	0.96
C.V.	16.8	35.4	40.2	39.0	22.5	22.7	30.4	48.2	197.8	18.7
D.C. <sup>1</sup>	no	no	no	no	no	si	no	no	si	si

<sup>1</sup> D.C.: diferencia entre catadores.

La combinación FHIA-330 + FHIA-533 + FHIA-65 + FHIA-310 presentó atributos como sabor a frutas deshidratada (fresa, piña, banana), ligeras notas a flores de campo, suave y textura de nuez como castaña o semilla de marañón. La combinación de los clones FHIA-65 + FHIA-310 presentó notas cítricas y flores de campo, con niveles bajos en astringencia, pero muy buen aroma y sabor a cacao (Figura 67).

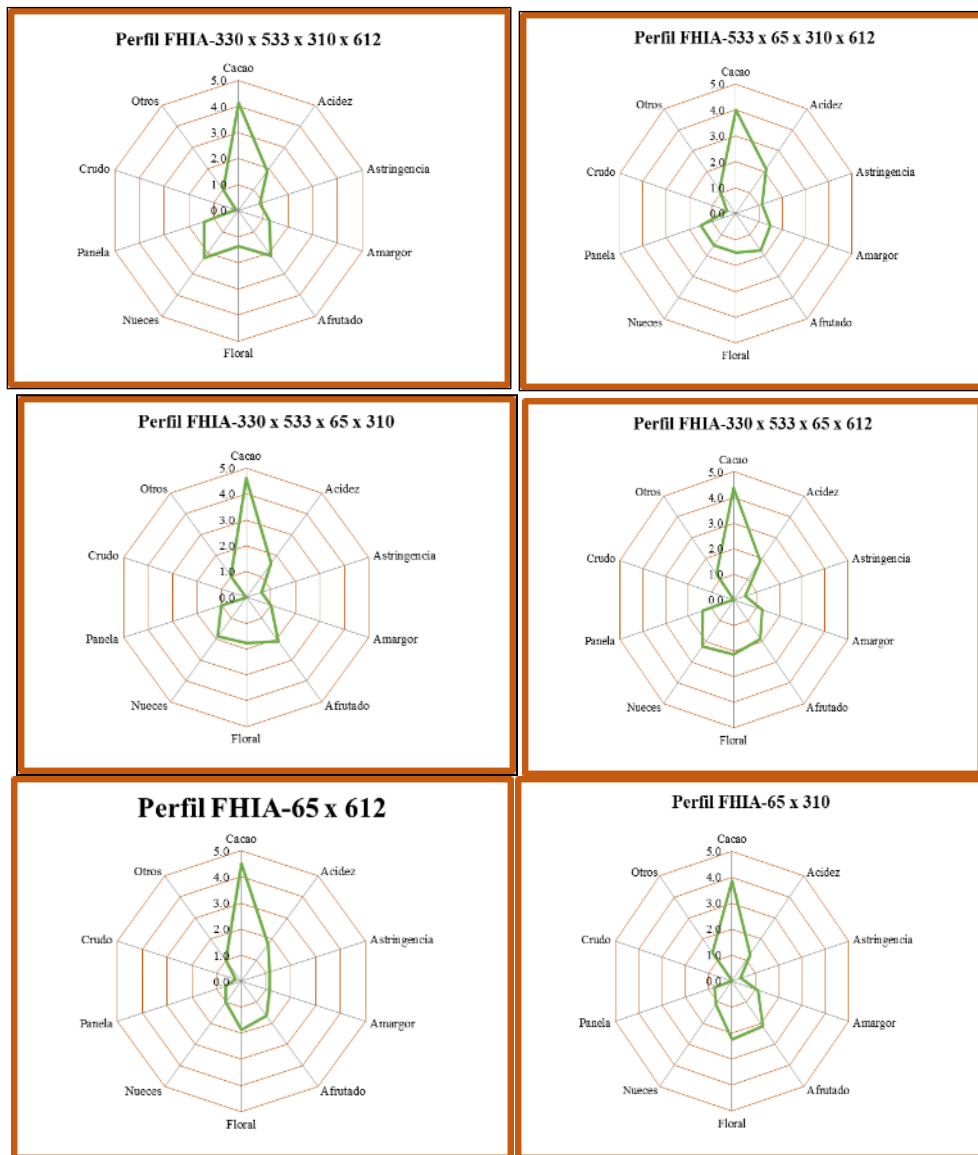


Figura 67. Perfil de sabor y aroma de 4 combinaciones de cuatro cultivares y 2 combinaciones de licor de dos cultivares selectos de cacao.

**Tercera sesión de cata.** Los clones no presentaron diferencias en los atributos de forma individual (Cuadro 44). Sobresale FHIA-515 que presentó un perfil bien balanceado en acidez, amargor y astringencia, con buen sabor a cacao y con notas a flores de bosque, frutas rojas, con textura muy agradable a nueces que se mantiene por largo tiempo. En segundo lugar, el cultivar FHIA-225 presentó perfil con fuerte sabor a cacao, baja astringencia, pero muy buena combinación de acidez y amargo que dio la sensación a frutas frescas cítricas donde predominó el sabor característico de toronja.

Cuadro 44. Resultados de la evaluación sensorial de licores seis cultivares de cacao (18 cultivares FHIA) CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida.

Mezcla clones FHIA	Intensidad de atributos organoléptico (0-10)									
	Cacao	Acidez	Astringencia	Amargor	Fruta	Floral	Nuez	Panela	Crudo	Otros
FHIA-63	4.00	2.25	1.88	2.50	1.13	1.75	1.38	1.00	1.75	1.38
FHIA-515	4.50	2.25	1.63	1.88	2.00	1.88	2.25	1.13	1.00	1.63
FHIA-225	4.00	2.13	1.75	2.13	2.00	1.63	2.25	1.13	1.00	1.13
FHIA-707	4.38	1.80	1.93	2.88	1.25	1.63	2.00	1.13	1.25	1.75
FHIA-736	3.88	1.63	1.50	1.75	1.63	1.63	1.75	1.25	0.75	1.13
FHIA-741	3.88	1.88	1.50	1.88	1.25	1.75	2.00	0.88	0.88	1.50
<b>Promedio</b>	<b>4.10</b>	<b>1.99</b>	<b>1.70</b>	<b>2.17</b>	<b>2.20</b>	<b>1.71</b>	<b>1.94</b>	<b>1.08</b>	<b>1.10</b>	<b>1.42</b>
p-valor	0.500	0.476	0.824	0.180	0.175	0.981	0.457	0.924	0.116	0.330
R <sup>2</sup>	0.48	0.38	0.37	0.45	0.57	0.3	0.4	0.36	0.52	0.73
C.V.	13.64	26.72	33,29	30.38	38.07	32.21	34.6	46.15	44.2	32.43
D.C. <sup>1</sup>	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no

En tercer lugar, está el licor del cultivar FHIA-63 el cual presentó buen sabor a cacao, acidez frutal, baja astringencia, amargo fuerte pero no persistente, con sabor y aroma a flores de azahar de cítricos (Cuadro 44, Figura 68).

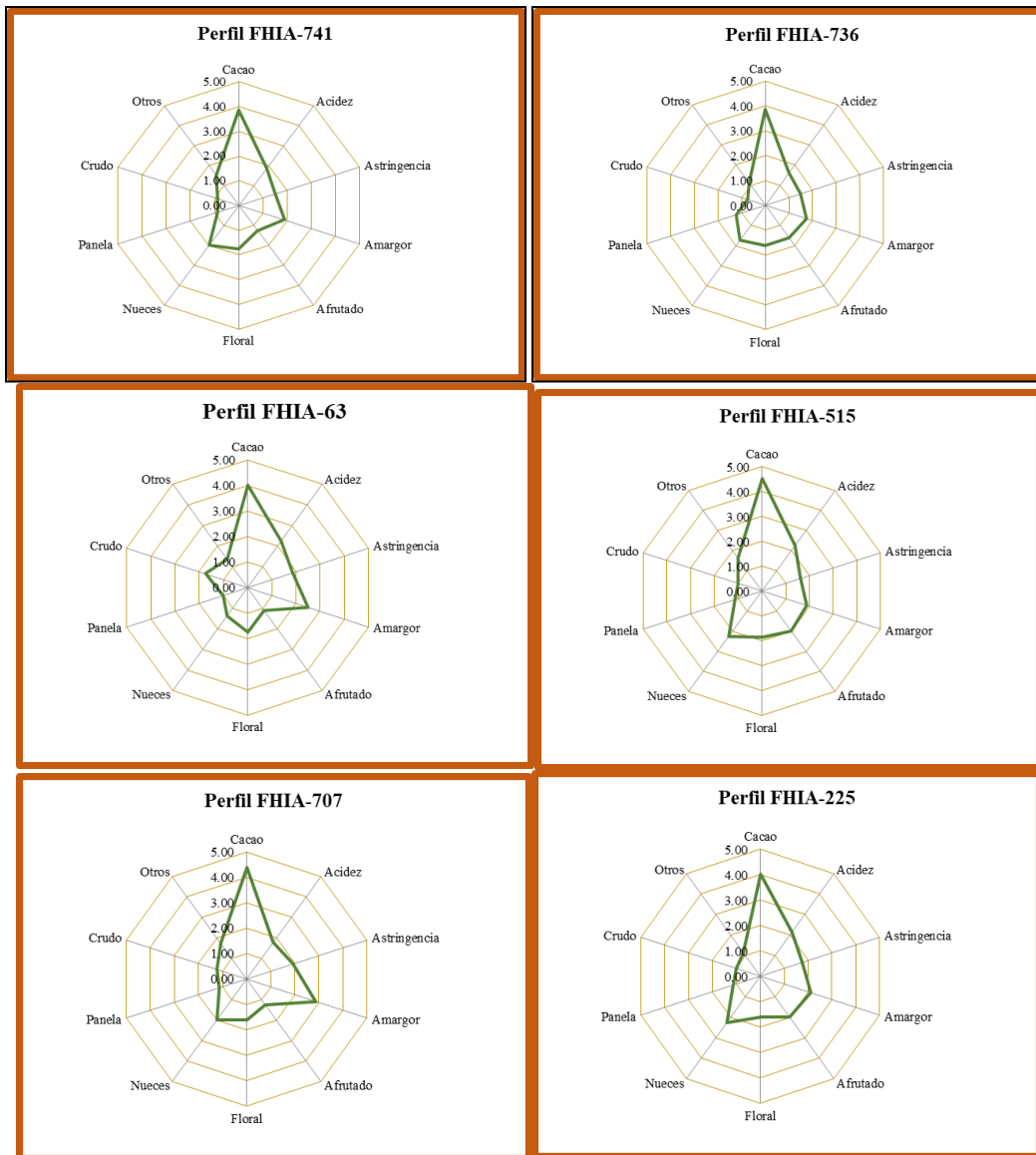


Figura 68. Perfil de sabor y aroma de seis licores cultivares selectos de cacao FHIA (18 cultivares) CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida.

**Evaluación sensorial de seis licores de cacao de la colección IDF (Introducción Dubón FHIA) y Carmelo.** Solo hubo diferencias significativas entre clones en el atributo de nuez. En general, los licores evaluados expresaron buena combinación de sus atributos. El sabor cacao fue predominante en todos los clones excepto en el IDF-544 que presentó nivel bajo en cacao y nuez y IDF-103 bajo en nueces, alto grado de amargor, acidez y astringencia. Los clones IDF-544, IDF-103, IDF 800 y Carmelo presentaron niveles de cacao muy expresivos que se mantuvieron en el paladar muy suave. Los niveles de acidez fueron ligeramente mayores para los clones IDF-800 e IDF-544 los que presentaron notas cítricas. El IDF-558 con equilibrada acidez, astringencia y amargo presentó sabor a frutas deshidratadas como papaya, banano, flores de campo, cremoso muy suave similar a semilla de marañón. El clon IDF-800 muy suave con acidez cítrica, amargo fuerte pero no perseverante y notas a maní tostado con dulce de panela (Cuadro 45, Figura 69). El clon Carmelo presentó sabor

a cacao muy agradable, acidez y amargo suaves pero persistente, con un toque de astringencia volátil al final de la prueba que persiste, notas frutales como nance dulce, banano, y florales de campo más parecido a especias como manzanilla y finalmente da la sensación de nuez como castaña o almendra tostada.

Cuadro 45. Evaluación sensorial de seis licores de cacao en forma individual y en combinación de la colección Introducción Dubón FHIA (IDF) y Carmelo.

Mezcla clones FHIA	Intensidad de atributos organoléptico (0-10)									
	Cacao	Acidez	Astringencia	Amargor	Fruta	Floral	Nuez	Panela	Crudo	Otros
558	5.00	2.38	1.88	1.88	2.88	2.38	3.13	1.38	0.50	1.13
103, 558, 800, 544	5.25	2.25	1.50	2.00	3.00	2.75	3.13	1.38	0.63	0.88
544	4.38	3.00	2.00	2.13	2.25	2.13	1.75	1.25	1.00	1.00
Carmelo	5.13	2.25	2.13	1.88	2.50	2.38	3.75	0.88	0.38	1.00
103	5.38	3.25	2.88	2.75	2.38	2.13	1.75	1.30	1.25	1.75
800	5.25	3.25	2.00	2.38	2.75	2.38	2.75	1.38	0.75	1.00
<b>Promedio</b>	<b>5.06</b>	<b>2.73</b>	<b>2.06</b>	<b>2.17</b>	<b>2.20</b>	<b>2.35</b>	<b>2.71</b>	<b>1.26</b>	<b>0.75</b>	<b>1.13</b>
p-valor	0.385	0.376	0.102	0.160	0.802	0.899	0.006	0.661	0.131	0.079
R <sup>2</sup>	0.48	0.38	0.53	0.49	0.29	0.44	0.65	0.29	0.58	0.7
C.V.	13.36	33.43	29.22	23.08	33.36	34.95	26.25	38.16	60.86	35.68

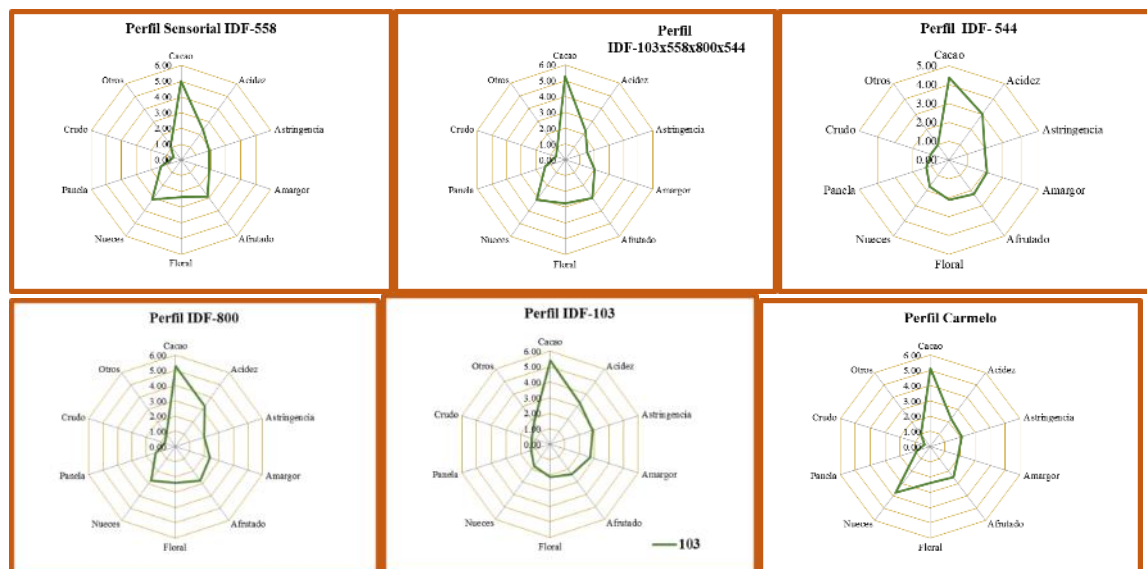


Figura 69. Perfil de sabor y aroma de seis licores nuevos de clones de cacao (IDF y Carmelo) en la estación del CEDEC-JAS, La Másica, Atlántida.

## Conclusiones

- En las tres catas de cacao de los 18 cultivares se realizaron 11 evaluaciones de clones individuales donde sobresalieron FHIA-310, FHIA-533, FHIA-515 y FHIA-225 con notas a frutas cítricas, deshidratadas, frutas rojas y nueces; FHIA-612 con marcado sabor a frutas como mora, fresa y cítricas, flores de campo y nueces como castaña y marañón; FHIA-741 como predominancia a nueces y FHIA-65 con sabor a frutas frescas como maracuyá, mandarina y guanábana.
- La combinación de dos clones FHIA-330 con FHIA-612, FHIA-612 con FHIA-310 y FHIA-533 con FHIA-612 mostraron sabores muy fuertes a frutas cítricas, flores de campo y nueces seguido de FHIA-65 con FHIA-310 que mostró aromas y sabores a frutas secas y flores cítricas.
- Durante la cata, en grupos de cuatro clones, la mejor combinación fue FHIA-330, FHIA-533, FHIA-65 y FHIA-612 que dio notas sobresalientes en frutas rojas, flores de azahar y nueces que se liberaron de forma secuencial y al final con lo cremoso y sabor a nuez de marañón. Las combinaciones de los clones FHIA-330, FHIA-533, FHIA-65 y FHIA-310, FHIA-330, FHIA-533, FHIA-310, FHIA-612 y, FHIA-533, FHIA-65, FHIA-310 y FHIA-612 presentaron con dominancia sabores frutales donde sobresalen el de mandarina, maracuyá, banano y frutas rojas como fresas y mora.
- Los materiales introducidos presentaron buenas características en sabor y aroma, los clones IDF-588, IDF-800 y Carmelo mostraron sabor agradable a chocolate, con notas frutales, flores y nueces. Los clones IDF-544 y IDF-103 presentaron notas frutales y flores con niveles bajos en nuez. La combinación de los cuatro clones presento fue dominante el sabor a frutas, flores y nueces.
- Los clones evaluados, en forma individual o en combinación, presentan expresiones de sabor y aroma muy definidas que se clasifican como cacao fino en sabor y aroma.

**Nota:** de esta selección de clones aún queda pendiente de evaluar 7 clones individuales y combinaciones.

## Literatura citada

- Ardhana, M., Fleet, G. 2003. The microbial ecology of cocoa bean fermentation in Indonesia. *International Journal of Food Microbiology* 86: 87-99.
- Fine Cacao and Chocolate Institute. 2016. FCCI cacao grading protocol and evaluation sheet. Accessed on March 14, 2018. <https://chocolateinstitute.org/education/professional/>.
- Fowler, M. 2009. Cocoa beans: from tree to factory. In S.T. Beckett (Ed.) *Industrial chocolate manufacture and use*. Chichester: Blackwell Publishing Ltd. p 10-47
- ISCQF, 2020. Estándares Internacionales para la Evaluación de la Calidad y el Sabor del Cacao. Protocolo para el Tostado de Granos de Cacao.
- ISCQF, 2020. Estándares Internacionales para la Evaluación de la Calidad y el Sabor del Cacao. Protocolo para la Evaluación Sensorial del Licor de Cacao.
- Pérez, R. 2009. La calidad del cacao. Memoria programa de capacitación a facilitadores y agricultores en la cadena del cacao. Quito- Ecuador. p. 44-45.

Ribas, A., Gratacós, M., Sárraga, C., Guárdia, D., García, J., Castellari, M. 2014. Stability of phenolic compounds in dry fermented sausages added with cocoa and grape seed extracts. *LWT – Food Science and Technology* 57(1): 329-336.

Seguine & Sukha, 2015. Glossary of terms for flavor evaluations (for both liquor and chocolates) with some matching descriptors and samples of some origins/references notes for calibration, cocoa of Excellence.

## 6.7. 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 de 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 plántula 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, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 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, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 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 y Sánchez 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-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, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, rindiendo 830 kg/ha, superior al testigo en 29.6 %. 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 K<sub>2</sub>O (30, 60, 90 g/planta), manteniendo los niveles de N (60 g) y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (30 g) 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 K<sub>2</sub>O 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 K<sub>2</sub>O 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 46, Figura 70); 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 dependiendo de 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. A los tres meses de la aplicación de los tratamientos, en octubre de 2019, se midió por única vez las variables en la floración del cacao en ocho de las nueve parcelas con las que inició el experimento. En 2020, solo se rescató la información de las variables en cosecha en tres parcelas, y de cuatro parcelas en 2021. Las cinco restantes fueron desatendidas producto de la pandemia Covid-19 y a los efectos devastadores de las tormentas tropicales Eta y Iota.

Cuadro 46. 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 y 2021, \*Parcelas en seguimiento en 2021.

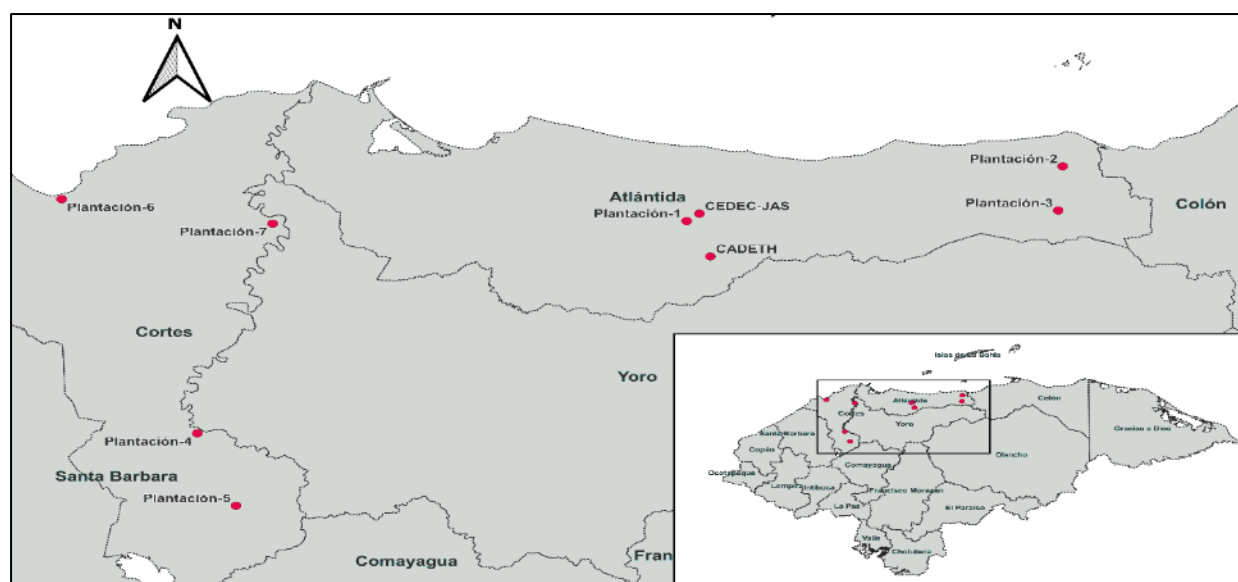


Figura 70. Ubicación geográfica de las parcelas en estudio de nutrición.

Cuadro 47. 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	60	25
Plantación-1	29	5.5	CCN-51, SCC-61, ICS-95, UF-613, IMC-67, CAUCASIA-39	Caoba, madreado	50	1
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
Plantación-4	60	9	ICS-39, ICS-95, ICS-6, UF-613	Madreado, aguacate, cedro, laurel blanco	40	1
Plantación-5	375	8	Policlón del CATIE	Madreado	55	1
Plantación-6	19	5.5	ICS-95, ICS-6, UF-613, CC-132	Aguacate, cedro, laurel blanco	30	1
Plantación-7	17	6	ICS-1, ICS-39, TSH-565, ICS-6, ICS-95	Caoba, madreado	20	1

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

**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, Figura 72). 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. En la plantación de CEDEC-JAS se incluyó un cuarto tratamiento o testigo absoluto sin aplicación de fertilizante (Cuadro 48). Se colocaron cintas color azul, verde y anaranjadas (Figura 71A) 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 48. Tratamientos aplicados para la nutrición de árboles de cacao en plantaciones agroforestales en Honduras.

Tratamientos
1. Fertilización orgánica con lombricomposta (Anexo 3)* (Figura 71D)
2. Fertilización química con fórmulas comerciales* (Figura 71C)
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 FHIA.

**Estimación de elementos químicos de suelo y fertilización del cacao.** Anualmente se ha realizado el muestreo de suelo (Figura 71B) 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 3). 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 2).

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

T2: Químico						T1: Orgánico						T3: Tradicional					
15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
14	29	44	59	74	89	14	29	44	59	74	89	14	29	44	59	74	89
13	28	43	58	73	88	13	28	43	58	73	88	13	28	43	58	73	88
12	27	42	57	72	87	12	27	42	57	72	87	12	27	42	57	72	87
11	26	41	56	71	86	11	26	41	56	71	86	11	26	41	56	71	86
10	25	40	55	70	85	10	25	40	55	70	85	10	25	40	55	70	85
9	24	39	54	69	84	9	24	39	54	69	84	9	24	39	54	69	84
8	23	38	53	68	83	8	23	38	53	68	83	8	23	38	53	68	83
7	22	37	52	67	82	7	22	37	52	67	82	7	22	37	52	67	82
6	21	36	51	66	81	6	21	36	51	66	81	6	21	36	51	66	81
5	20	35	50	65	80	5	20	35	50	65	80	5	20	35	50	65	80
4	19	34	49	64	79	4	19	34	49	64	79	4	19	34	49	64	79
3	18	33	48	63	78	3	18	33	48	63	78	3	18	33	48	63	78
2	17	32	47	62	77	2	17	32	47	62	77	2	17	32	47	62	77
1	16	31	46	61	76	1	16	31	46	61	76	1	16	31	46	61	76

Figura 72. Croquis del ensayo nutricional de cacao en la finca de los 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 73. Croquis del ensayo nutricional en la parcela de cacao del CEDEC-JAS.

**Variables de respuesta.** Se midió de forma exploratoria las variables en floración cantidad de cojinetes, de flores/botones y de pepinillos por metro lineal de rama en una muestra de 5 plantas por tratamiento y 3 metros lineales/planta (Figura 74). El 2020 en CEDEC-JAS, CADETH y plantación-2 se registraron las variables de producción frutos sanos, enfermos (moniliasis y mazorca negra), dañados por plagas (pájaros y ardillas) y el peso del cacao en baba. Para el 2021 la evaluación de estas variables de producción continuó en las parcelas antes descritas incluyendo la plantación-3. 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.



Figura 74. Levantamiento de variables de cantidad de flores, cojinetes florales y pepinillos por metro lineal de ramas productivas (A) y registro de frutos (B).

**Análisis de datos.** Para el análisis de los datos agronómicos se utilizó el promedio de cada variable para después aplicar el análisis de la varianza con una significancia del 5 %, 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 25 % de la distancia euclídea general para conocer la similitud de las propiedades químicas del suelo entre los productores y en el mismo tratamiento entre 2020-2021.

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

**Comprobación de supuestos estadísticos.** Estas pruebas permiten realizar análisis de varianza y prueba de separación de medias paramétricas. En el año 2020 y 2021 se realizaron las pruebas formales para la verificación de estos especialmente a las variables productivas.

- **Independencia.** Se garantizó con la homogeneidad de las unidades experimentales en campo y la aleatorización y distribución de los tratamientos en todos los bloques/plantaciones.
- **Normalidad.** Se realizó la prueba de Shapiro-Wilks sobre los residuos de los datos para comprobar de manera formal la normalidad ( $p$ -valor  $> 0.05$ ) en cada variable de estudio (Cuadro 49).
- **Varianzas homogéneas.** Se realizó la prueba de Levene para comprobar el supuesto de homogeneidad de varianzas indicando que los residuos absolutos son similares ( $p$ -valor  $> 0.05$ ) en las variables de estudio más importantes (Cuadro 50).

Cuadro 49. Prueba de hipótesis Shapiro Wilks para comprobación del supuesto de normalidad de los datos. Ensayo de nutrición en cacao. Proyecto CAHOVA. Año 2020 y 2021

Residuo por variable	"n" 2020 y 2021	p-unilateral año 2020	p-unilateral año 2021
Rduo sanos	9 y 12	0.2765	0.7649
Rduo Monilia	9 y 12	0.0868	0.4789
Rduo Mazorca negra	9 y 12	0.4046	0.2804
Rduo daños por plaga	9 y 12	0.5139	0.8823
Rduo totales	9 y 12	0.2513	0.7102
Rduo rendimiento	9 y 12	0.2760	0.4637

RDUO: Residuo; "n": número de unidades experimentales;  $p$ -valor  $> 0.05$ : normalidad.



En la gráfica de QQ-plox (Figura 75) se observa un buen ajuste entre los cuantiles teóricos y los cuantiles observados de una distribución normal en los datos de rendimiento (kg/ha).

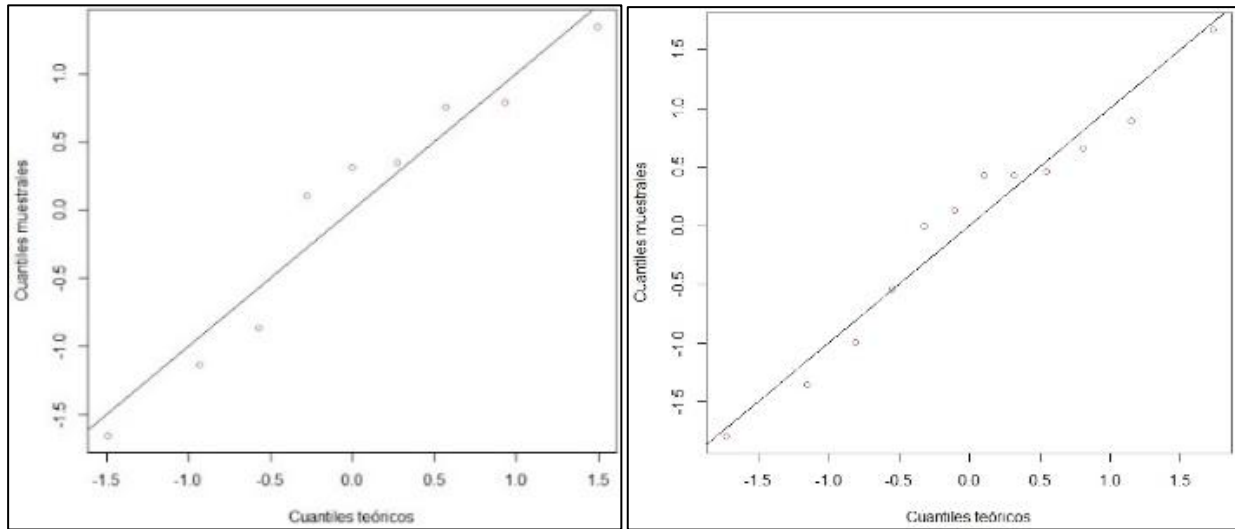


Figura 75. QQ-plox, ddistribución de los cuantiles muestrales y los cuantiles teóricos. Ensayo nutrición en cacao. Proyecto CAHOVA. Año 2020 y 2021

Cuadro 50. Prueba de hipótesis de Levene para comprobar el supuesto de homogeneidad de varianzas. Ensayo nutrición en cacao. Año 2020 y 2021.

Variable	“n” 2020 y 2021	p-valor año 2020	p-valor año 2021
Rabs sanos	9 y 12	0.4611	0.1929
Rabs totales	9 y 12	0.3714	0.1887
Rabs kg/ha	9 y 12	0.7938	0.2562

Rabs: Residuos adsolutos; “n”: número de unidades experimentales; p-valor>0.05: homogenidad de variazas.

En la Figura 76 se presentan los residuos versus los predichos, con lo que se demuestra una distribución homogénea de las observaciones sin sospechas de varianzas heterogéneas en la variable rendimiento de cacao seco en kg/ha, ya que, en las observaciones, como puntos en la figura, no manifiestan ningún patrón o forma geométrica.

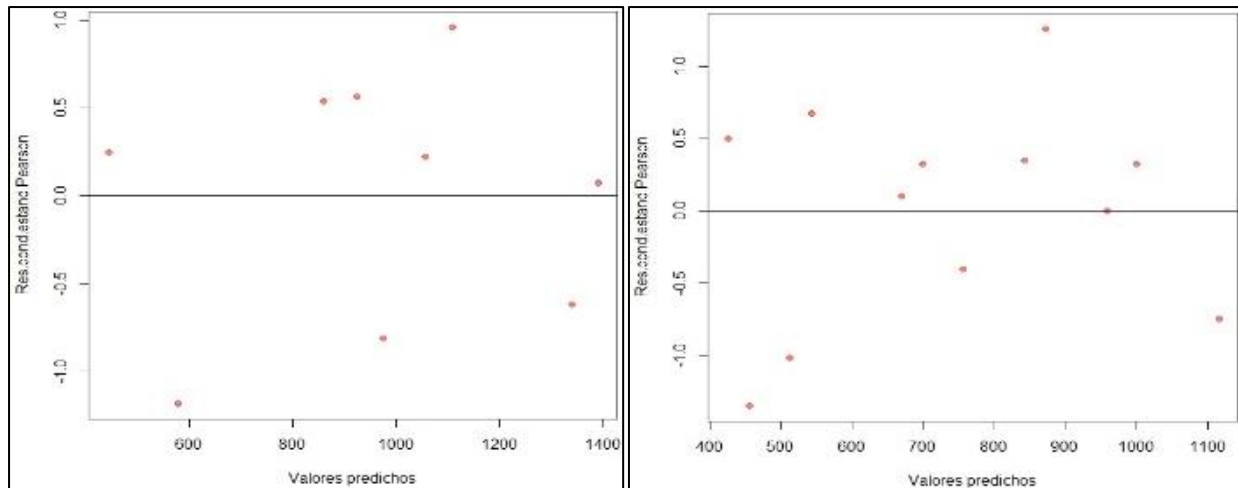


Figura 76. Residuos versus predichos. Ensayo nutrición en cacao. Proyecto CAHOVA. Año 2020 y 2021

## Resultados y discusión

**Ciclo de producción 2021.** No se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) entre las fuentes de nutrición con respecto a la producción de frutos sanos, frutos totales por árbol y el rendimiento de cacao seco, ni en los frutos enfermos y dañados por plagas (Cuadro 51). A pesar de esto se observa que con la fertilización química se logró la mayor producción de frutos sanos, seguido de la nutrición orgánica y la realizada por el productor, con un promedio de 15.6, 13.0 y 10.7 frutos sanos/árbol, equivalentes a 67.2, 69.9 y 61.8 % de la distribución total de frutos/árbol, respectivamente. Los frutos restantes son los dañados por enfermedades y plagas que en orden de importancia sobresalen las pérdidas por monilia lo que representa 2.6 frutos, 13.2 % del total. La incidencia de mazorca negra y daños por plagas son muy similares, lo que suma el 20 % de las pérdidas, equivalente a 4 frutos/árbol (Figura 77, Figura 78).

Con el contraste ortogonal entre los tratamientos (Cuadro 52) 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 = 0.0487), mientras que al comparar el rendimiento entre los tratamientos con base a análisis de laboratorio no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p$ -valor = 0.0899). Los tratamientos con mayor producción de frutos sanos lograron los mayores rendimientos en cacao seco, ordenados de mayor a menor: químico, orgánico y el del productor, con rendimiento de 817, 715 y 627 kg/ha, respectivamente.

Se encontraron diferencias estadísticas entre las plantaciones/bloques con respecto a las medias en todas las variables de estudio ( $p$ -valor  $< 0.05$ ). La producción de frutos sanos en la plantación-3, CADETH, plantación-2 y CEDEC-JAS fue de 17.1, 15.7, 13.0 y 6.5 frutos por árbol, correspondientes a 90.0, 63.3, 71.0 y 39.9 % de la producción total de los frutos, respectivamente. Evidentemente la reducción de frutos sanos en CEDEC-JAS se debe a las pérdidas causadas especialmente por monilia, que en promedio estuvo en 51.5 %, equivalente a 8.4 frutos/árbol. Mientras que el resto de las plantaciones esta enfermedad no sobrepasó el 4 %. Caso contrario fue en CADETH, donde se reportaron mayores pérdidas por mazorca negra con 5.4 frutos/árbol,

equivalente al 21.8 % de frutos totales, versus las demás plantaciones con pérdidas menores a 8.7 %. Con respecto al daño por plaga, la plantación-2 tuvo las mayores pérdidas afectado en promedio a 3.8 frutos/árbol, equivalente al 20.8% de los frutos totales.

En cuanto al rendimiento del cacao seco solamente el CADETH superó la producción de los 1,000 kg/ha en promedio (Cuadro 51). Dicha plantación aun cuando no fue la de mayor producción de frutos estuvo entre las más favorecida por el índice de mazorca con 17.4 frutos/kg de cacao seco.

Cuadro 51. Rendimiento anual de cacao en sistemas agroforestales con diferentes fuentes de nutrientes en cuatro sitios/plantación en Honduras. Año 2021.

Fuente de variación	Frutos por árbol					Cacao seco (kg/ha)
	Sanos	Mon	Mazorca negra	Plagas	Totales	
<b>Nutrición</b>						
Química	15.6	3.0	2.2	2.4	23.2	871
Orgánica	13.0	2.5	1.6	1.5	18.6	715
Del productor	10.7	2.3	2.3	2.0	17.3	627
<b>Promedio</b>	<b>13.1</b>	<b>2.6</b>	<b>2.0</b>	<b>2.0</b>	<b>19.7</b>	<b>738</b>
p-valor	0.0593 n.s.	0.1059 n.s.	0.2913 n.s.	0.173 n.s.	0.0564 ns	0.0512 ns
<b>Plantación</b>						
CADETH	15.7 a	1.0 b	5.4a	2.7 a	24.8 a	1,100 a
Plantación-3	17.1 a	0.4 b	0.0 b	1.3 b	19.0 b	876 a
Plantación-2	13.0 a	0.5 b	1.0 b	3.8 a	18.3	553 b
CEDEC-JAS	6.5 b	8.4 a	1.4 b	0.0 c	16.3	520 b
p-valor	0.006**	<0.001**	<0.001**	0.001**	< 0.013*	0.004 *
R <sup>2</sup>	0.88	0.99	0.96	0.93	0.85	0.90
C.V. (%)	18.1	16.0	29.6	29.7	14.3	14.9

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

\*: Diferencia significativa entre tratamientos de fertilización ( $p \leq 0.05$ ). \*\*: Diferencia significativa entre tratamientos de fertilización ( $p \leq 0.01$ ). P-valor: probabilidad de diferencia entre tratamientos de fertilización.

C.V.: coeficiente de variación. R<sup>2</sup>: 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.

Cuadro 52. Contrastes ortogonales entre los tratamientos de nutrición con respecto al rendimiento del cacao. 2021.

Nutrición	Contraste	E.E.	S.C.	gl	p-valor
Contraste1	-165.50	67.10	73,040.67	1	0.0487
Contraste2	156.50	77.48	48,984.50	1	0.0899
Total			12,2025.17	2	0.0512

Contraste 1: fertilización química y orgánica versus fertilización del productor

Contraste 2: fertilización química versus orgánica

\*: diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ); E.E: error experimental; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad.

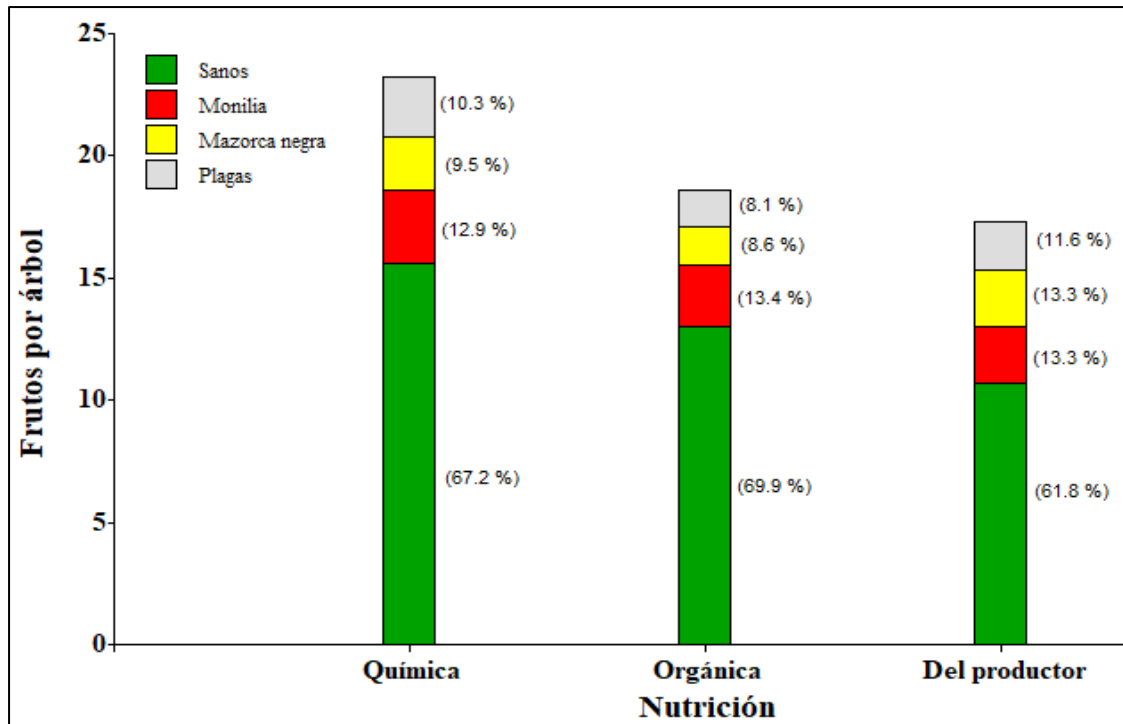


Figura 77. Producción de frutos por árbol bajo diferentes sistemas de fertilización y proporción de afectaciones por causa. 2021.

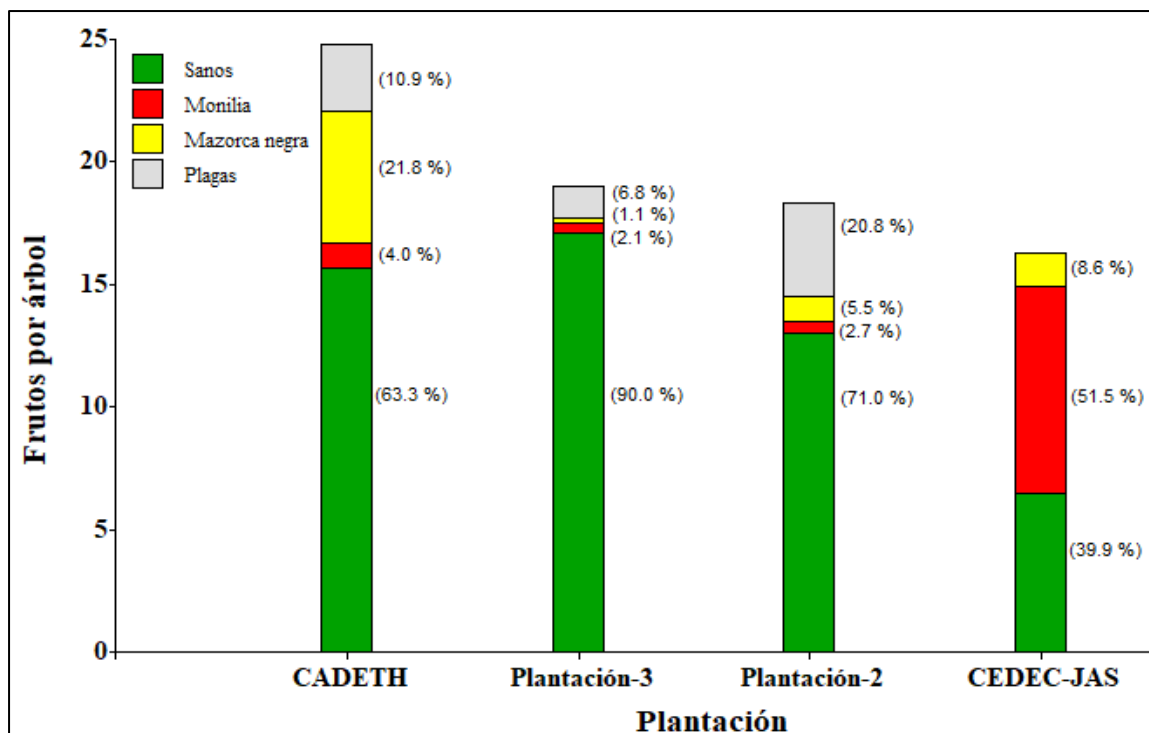


Figura 78. Producción de frutos por árbol en distintas plantaciones y proporción de afectaciones por causa. 2021.

**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 2021 se logró obtener un ingreso marginal neto, promedio de las 4 parcelas de plantaciones experimentales con fertilización química recomendada por el laboratorio, de L. 31,306.58, 28 % mayor al ingreso de la nutrición comercial del productor. La nutrición comercial del productor para el CADETH y CEDEC-JAS se realizó con fertilizantes químicos, en la plantación-2 con materia orgánica y en la plantación-3 sin fertilización. Aún y cuando la nutrición orgánica obtuvo 88 kg más que la producción con la fertilización del productor, el ingreso fue mayor con la fertilización del productor ya que el costo de implementación fue menor, L. 22,613.4 versus L. 24,443.71.

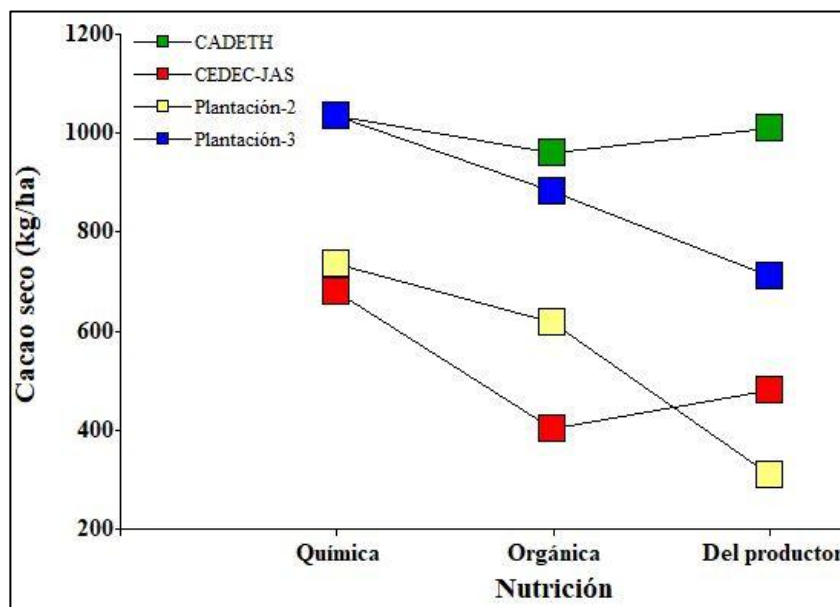


Figura 79. Rendimiento: nutrición\*plantación 2021.

El rendimiento en el CADETH y CEDEC-JAS del tratamiento realizado por el productor fue ligeramente superior al orgánico. Dicho incremento se justifica debido a que se usaron productos químicos en proporciones balanceadas para producir de 800 a 1,000 kg de cacao.

Análisis marginal de producción e ingresos por plantación en año 2020 y 2021 - CADETH. En 2021 para el tratamiento de fertilización química se recomendó la aplicación de 60-40-60 mientras que en el 2020 fue de 94-60-91. Para la fertilización orgánica en el 2021 de 60-10-75 y en 2020 fue de 95-68-81 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O. Se puede suponer que la reducción de la dosis de nutrientes se debe a la ligera modificación positiva en la fertilidad del suelo. En la fertilización tradicional como en años anteriores, cada planta recibió 284 g (10 oz) de la mezcla: 15-15-15, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> y KCl en proporción 3:1:1, equivalentes a la aplicación de 50-28-66 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O. En general al comparar el 2021 versus 2020 (Cuadro 53) hubo una ligera reducción en la producción, tanto en el promedio de frutos totales con 5.1 frutos/árbol como en rendimiento de cacao seco de 111 kg/ha. Sin embargo, dicha reducción es aceptable si se considera el comportamiento de la producción del cacao de un año a otro, que tiene “altas y bajas”. Entre los resultados positivos, se registró un incremento de 5 % en los frutos sanos, paso de 58.3 a 63.3 % y una disminución del índice de mazorca de 19.0 a 17.4, por lo que se requiere menos frutos para incrementar el rendimiento en cacao seco.

- Rentabilidad. Los resultados del primer año de evaluación (2020) de fuentes de fertilización en el CADETH indican un incremento en los rendimientos e ingresos con la implementación de

nutrición orgánica y química con base al análisis de suelo, con diferencias de L. 13,779.00 (34 %) y L. 10,915.00 (27 %), con respecto a la fertilización del productor. El 2021 hubo una reducción en los ingresos netos especialmente en la fertilización químico (menos L. 17,000.00) y orgánico (menos L. 12,000.00). Por otro lado, los ingresos netos del cacao con la práctica de fertilización tradicional del productor se mantuvieron estables con alrededor de L. 41,200.00. Esto generó un incremento en los ingresos favoreciendo la práctica del productor con 10 % más ingresos que el tratamiento orgánico y 2.5 % a la fertilización química (Cuadro 54). Estos resultados son contradictorios a los resultados del 2020, donde los resultados favorecieron en aproximadamente 30 % de ingresos a favor de los tratamientos recomendados del laboratorio.

Cuadro 53. 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 2021.

Fuente de nutrientes	Frutos/árbol en 2021					Rendimiento (kg/ha)		
	Sanos	Monilia	Mazorca negra	Plagas	Total	2020	2021	Promedio
Química	16.2	1.5	6.1	4.0	30.5	1,274	1,034	1,154
Orgánica	15.0	0.5	4.1	1.6	22.8	1,080	959	1,020
Del productor	15.8	1.1	6.1	2.5	29.0	982	1,010	996
<b>Promedio</b>	<b>15.7</b>	<b>1.0</b>	<b>5.5</b>	<b>2.7</b>	<b>27.5</b>	<b>1,112</b>	<b>1,001</b>	<b>1,057</b>

Rendimiento de cacao seco estimado con el índice de mazorca de 17.4, y población de 1,111 plantas/ha.

Cuadro 54. Análisis económico en la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao en CADETH El Recreo, La Masica, Atlántida. 2021.

Concepto	Fertilización		
	Química	Orgánica	Del productor
Rendimiento cacao baba (kg/ha)	2,792	2,589	2,727
Precio de cacao en baba (L./kg)	17.64	22.05	17.64
<b>Ingreso bruto</b> (L./ha)	49,250.88	57,087.45	48,104.28
Costo de insumo (L./ha)	7,048.60	17,548.75	4,832.85
Costo mano de obra (L./ha)	2,000.00	2,400.00	2,000.00
<b>Costo total</b> (L./ha)	9,048.60	19,948.75	6,832.85
<b>Ingreso neto</b> (programa de nutrición (L./ha)	40,202.28	37,138.70	41,271.43
Incremento de ingreso (% versus tradicional)	-2.6 %	-10 %	

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

**Plantación-3.** En esta parcela se registró el primer año de datos de producción. Sin embargo, siempre recibieron los tratamientos de fertilización. El 2020 se recomendó aplicar con insumos químicos: 80-51-90 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, y en 2021, 80-35-100 kg/ha. En la recomendación de la nutrición orgánica siempre con base a análisis de laboratorio se aplicaron en 2020 y 2021: 70-58-58 y 80-35-90 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, respectivamente. El productor encargado de dicha plantación, para fines del estudio decidió no seguir ninguna práctica de nutrición del suelo. Entre los resultados se logró una mayor producción de frutos y rendimiento de cacao seco con la fertilización química, seguida de la orgánica y por último las plantas a fertilidad natural del suelo, produciendo 20.2, 17.2 y 13.9 frutos sanos por árbol, respectivamente. Dicha producción de frutos equivale a rendimientos potenciales de 1,035, 881 y 711 kg/ha (Cuadro 55).

**Rentabilidad.** Los resultados indican un incremento en los ingresos con la implementación de fertilización química, con diferencias de L. 4,652.18 (13 %) comparado con la fertilización de productor “fertilidad natural del suelo”. Mientras que, con la nutrición orgánica, si bien se lograron incrementar los rendimientos del cacao, pero no lo suficiente para generar ingresos netos superiores a la no fertilización que fue de L. 1,611.85 (5 %) más que el tratamiento orgánico (Cuadro 56). Se esperaría que en 2022 después del tercer año sin aplicación de insumos fertilizantes (tratamiento del productor) los rendimientos disminuyan por el agotamiento de las reservas de nutrientes (Dubón y Sánchez, 1998).

Cuadro 55. Producción de frutos por árbol y rendimiento con diferentes fuentes para la nutrición de cacao en la Plantación-3. Berlín, Jutiapa, Atlántida. 2021.

Fuente de nutrientes	Frutos/árbol				Totales	Rendimiento (kg/ha)
	Sanos	Monilia	Mazorca negra	Plagas		
Química	20.2	0.6	0.1	1.3	21.9	1,035
Orgánica	17.2	0.3	0.3	1.2	19.4	881
Del productor	13.9	0.3	0.2	1.5	15.9	711
<b>Promedio</b>	<b>17.1</b>	<b>0.4</b>	<b>0.2</b>	<b>1.3</b>	<b>19.1</b>	<b>876</b>

El rendimiento de cacao seco se estimó con un IM de 18.4 y población de 943 plantas/ha.

Cuadro 56. Análisis económico en la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao en la plantación-3, Berlín, Jutiapa, Atlántida. 2021.

Concepto	Fertilización		
	Química	Orgánica	Del productor
Rendimiento cacao baba (kg/ha)	2,795.00	2,379.00	1,920.00
Precio de grano en baba (L./kg)	17.64	22.05	17.64
<b>Ingreso bruto (L./ha)</b>	<b>49,303.80</b>	<b>52,456.95</b>	<b>33,868.80</b>
Costo de insumo (L./ha)	8,782.82	17,800.00	—
Costo mano de obra (L./ha)	2,000.00	2,400.00	—
<b>Costo total (L./ha)</b>	<b>10,782.82</b>	<b>20,200.00</b>	<b>—</b>
<b>Ingreso neto (programa de nutrición (L./ha))</b>	<b>38,520.98</b>	<b>32,256.95</b>	<b>33,868.80</b>
<b>Incremento de ingreso (% versus tradicional)</b>	<b>13 %</b>	<b>-5 %</b>	

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

**Plantación-2.** En la fertilización química se aplicó 95-68-88 y 95-68-88 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O en 2020 y 2021, respectivamente. Mientras que para el tratamiento orgánico en 2020 y 2021 recibieron 95-68-88 y 80-35-70 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, respectivamente. El productor realizó el abonamiento orgánico con la aplicación de 10 libras por planta en 2020 y 8 lb en 2021 (Anexo 3). Al comparar la producción entre estos años se registra una drástica reducción que en promedio fue de 4.5 frutos totales/planta, es decir, de 22 a 18.3. Por otro lado, las pérdidas por incidencia de plagas y enfermedades pasaron del 1 % al 29 % donde dos terceras partes fueron causadas principalmente por plagas (20.8 %), esto ocasionó una reducción en el rendimiento de cacao seco del 46 %. Sin embargo, la tendencia en producción continúa manteniéndose, produciendo en orden de mayor a menor el tratamiento químico > orgánico > tradicional del productor reportándose 17.3, 14.5 y 7.3 frutos sano/árbol y 735, 617 y 308 kg/ha, respectivamente (Cuadro 57).

- Rentabilidad. Las bajas en el rendimiento son congruentes con los bajos ingresos manifestados en todos los tratamientos. La parcela con fertilización química disminuyó los ingresos de L. 46,884.06 a L. 24,560.32, el orgánico de L. 51,972.84 a L. 20,535.30 y el tratamiento tradicional de productor de L. 30,729.85 a L. 8,024.40. En términos porcentuales la fertilización del productor fue el más afectado, disminuyendo el 74 % de los ingresos netos. Esto conlleva a un mayor incremento porcentual de los ingresos de la fertilización química y orgánica en dosis recomendada del laboratorio con 206 y 156 % que en el 2020 fue de 53 % y 69 %, respectivamente (Cuadro 58).

Cuadro 57. 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. 2021.

Fuente de nutrientes	Frutos/árbol en 2021					Rendimiento (kg/ha)		
	Sanos	Monilia	Mazorca negra	Plagas	Total	2020	2021	Promedio
Química	17.3	0.8	0.8	4.2	23.1	1,188	735	962
Orgánica	14.5	0.6	1.1	3.1	19.3	1,024	617	821
Del productor	7.3	0.2	1.1	3.9	12.5	753	308	531
<b>Promedio</b>	<b>13.0</b>	<b>0.5</b>	<b>1.0</b>	<b>3.7</b>	<b>18.3</b>	<b>988</b>	<b>553</b>	<b>771</b>

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

Cuadro 58. Análisis económico marginal de la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao de finca de Danery Cubas en El Zapote, Jutiapa, Atlántida. 2021.

Concepto	Fertilización		
	Química	Orgánica	Del productor
Rendimiento cacao baba (kg/ha)	1,985.00	1,666.00	832.00
Precio de grano en baba (L./kg)	17.64	22.05	22.05
<b>Ingreso bruto (L./ha)</b>	<b>35,015.40</b>	<b>36,735.30</b>	<b>18,345.60</b>
Costo de insumos (L./ha)	8,455.08	13,800.00	7,921.20
Costo mano de obra (L./ha)	2,000.00	2,400.00	2,400.00
<b>Costo total (L./ha)</b>	<b>10,455.08</b>	<b>16,200.00</b>	<b>10,321.20</b>
<b>Ingreso neto (programa de nutrición (L./ha))</b>	<b>24,560.32</b>	<b>20,535.30</b>	<b>8,024.40</b>
Incremento de ingreso (% versus tradicional)	206	156	

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

**CEDEC-JAS.** En 2021, el Laboratorio Químico Agrícola de la FHIA recomendó suministrar mediante fertilización química y orgánica la cantidad de 70-35-90 (en 2020: 105-60-125) y 85-30-90 (en 2020: 82-68-82) kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, respectivamente. Año a año la fertilización tradicional consistía en la aplicación de 12 onzas por planta de la mezcla física en proporción 60-20-20 de: 15-15-15, nitrato de amonio y cloruro de potasio equivalente a 53 g de N, 31 g de P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y 72 g de K (K<sub>2</sub>O) o 60-34-79 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O. Los resultados demuestran una reducción generalizada del 23 % (7.8 a 6.6 frutos/árbol) en la producción de frutos sanos en el ciclo 2021, con efecto directo en el rendimiento del cacao seco (menos 77 kg/ha en promedio). Los rendimientos logrados en la fertilización química (Cuadro 59) recomendada por el laboratorio



duplicaron a los rendimientos sin fertilización (680 versus 369 kg/ha). En esta parcela no se reportaron daños por plagas durante el periodo. Desde el 2020, los daños más importantes los ha generado la monilia, estimándose el 61.1 % en ese año, mientras que en 2021 la incidencia disminuyó a 30.1 %. La mazorca negra se redujo de 10.5 % a 8.5 %. En gran medida la reducción se observó por el efecto de las aspersiones fitosanitarias con producto a base de cobre (Ramos y Ramírez, 2020), repetidas en 4 fechas en el año. Desde el 2020, se ha sospechado de pérdida de frutos producto del robo de estos, factor difícil de medir pero que afecta directamente los rendimientos de la plantación en general.

- **Rentabilidad.** En el 2020, a pesar de las pérdidas en la producción por causas antes mencionadas, la implementación de programas de nutrición con fertilizantes sintéticos o abonos orgánicos amparados al análisis de suelo lograron registrar un aumento de los rendimientos e ingresos marginales netos entre L. 16,265.00 (85 %) y L.1,228.00 (6 %), en comparación al no fertilizar. En ese año se realizó el análisis económico en el tratamiento sin fertilizar con los precios del cacao convencional. Cuando se fertilizó con el tratamiento del productor (mezclas físicas de productos químicos), hubo una reducción en los ingresos, en comparación del testigo absoluto. El 2021, los ingresos netos en el tratamiento químico se redujeron en 38 % (de L. 35,316.00 a L. 21,942.75); en el orgánico 97.5 % (de L. 20,279.00 a L. 522.65); y con la nutrición tradicional una reducción de 7.8 % (L. 15,835.00 a L. 14,610.18). Caso contrario sucedió con los ingresos netos en el testigo absoluto donde a pesar de existir una ligera reducción en el rendimiento, el precio del cacao en baba favoreció dichos ingresos, ya que la producción luego de un periodo de transición sin uso de fertilizantes químicos es considerada producción orgánica, por lo tanto, el kilogramo en baba pasó de L. 17.64 a 22.05. Este incremento del precio favoreció en 15.2 % los ingresos (L. 19,051.00 a L. 21,961.80). Por lo antes descrito, únicamente el tratamiento químico generó ingresos netos similares a la parcela sin fertilización, infiriéndose que el incremento en producción de 311 kg de cacao seco, pero vendiendo el cacao en baba es el punto de equilibrio en dicha fertilización. En los demás tratamientos no fue rentable la aplicación de insumos, de manera orgánica hubo una reducción del 97 % comparado con el testigo absoluto, y una reducción de 33 % de los ingresos cuando se realizaba la nutrición tradicional (Cuadro 60).

Cuadro 59. Rendimiento en frutos/árbol y kg/ha, en la parcela experimental del CEDEC-JAS. La Masica, Atlántida. 2020-2021.

Fuente de nutrientes	Frutos/árbol en 2021					Rendimiento (kg/ha)		
	Sanos	Monilia	Mazorca negra	Plagas	Total	2020	2021	Promedio
Química	8.7	9.1	1.7	0.0	19.5	916	680	798
Del productor	5.8	7.4	1.7	0.0	14.9	470	480	475
Orgánica	5.1	8.6	0.9	0.0	14.6	454	401	428
Sin fertilizar	4.5	7.9	1.4	0.0	13.8	400	369	385
<b>Promedio</b>	<b>6.0</b>	<b>8.3</b>	<b>1.4</b>	<b>0.0</b>	<b>15.7</b>	<b>560</b>	<b>483</b>	<b>522</b>

El cacao seco se estimó con un IM de 14.2, y población de 1,111 plantas/ha.

Cuadro 60. Análisis económico marginal de la aplicación de diferentes fuentes de nutrición en cacao de finca de CEDEC-JAS. LaMasica, Atlántida. 2021.

Concepto	Fertilización			
	Químico	Orgánico	Productor	Absoluto
Rendimiento cacao baba (kg/ha)	1836	1083	1296	996
Precio de venta de grano en baba (L./kg)	17.64	22.05	17.60	22.05
<b>Ingreso bruto</b> (L./ha)	32,387.04	23,880.15	22,809.60	21,961.80
Costo de insumos (L./ha)	8,444.29	20,957.50	5,799.42	0
Costo de aplicación de fertilizante (L./ha)	2,000.00	2,400.00	2400.00	0
<b>Costo total</b> (L./ha)	10,444.29	23,357.50	8,199.42	0
<b>Ingreso neto</b> (programa de nutrición (L./ha)	21,942.75	522.65	14,610.18	21,961.80
Incremento ingreso (% versus testigo absoluto)	0 %	-97 %	-33 %	

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.** En el análisis de conglomerado en cada tratamiento por plantación según las propiedades químicas del suelo entre 2020-2021 y con los datos estandarizados (Ward) y en la búsqueda de grupos al 25 % de la distancia euclídea general; en el tratamiento químico únicamente se encontró una agrupación (Plantación-3 y CEDEC-JAS en el 2020) con propiedades químicas de suelo similares (Figura 80). Este mismo conglomerado se mantiene en el tratamiento orgánico, pero para el año 2021 (Figura 81), en la fertilización tradicional del productor (Figura 82) no se encontró ninguna similitud entre las parcelas, en la cual tiene sentido ya que las dosis y fuentes de nutrición son muy variables y no están balanceadas para producir cierto rendimiento, como fue calculada las dosis de químicos y orgánicos que se propuso un rendimiento entre 800-1,000 kg/ha.

Analizando los datos a una distancia euclídea entre 50-60 % en los tres tratamientos, observan 2 grandes grupos correspondientes a los años. Donde se observan los mayores niveles de nutrientes en el suelo a inicios del 2021.

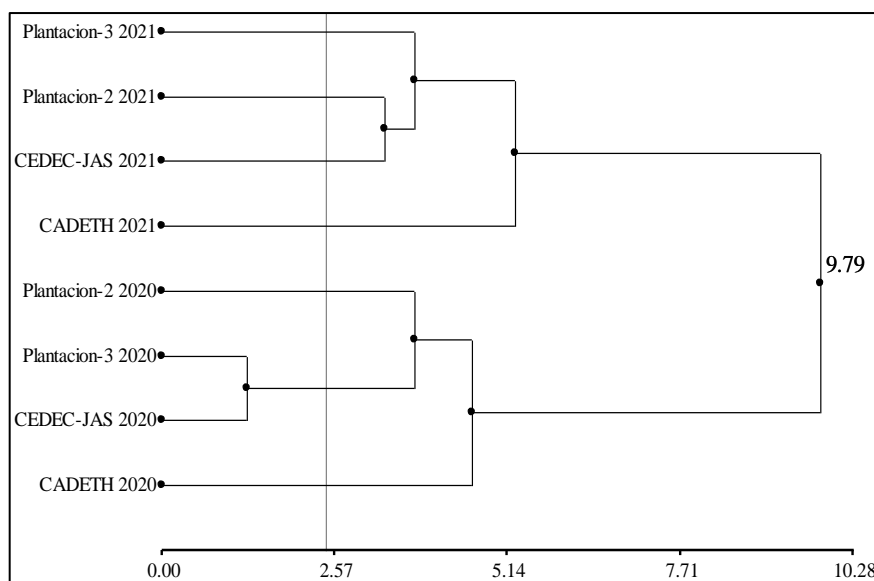


Figura 80. Distancia Euclídea con las propiedades de suelo estandarizadas (Ward) en el tratamiento químico por cada plantación. 2020-2021.

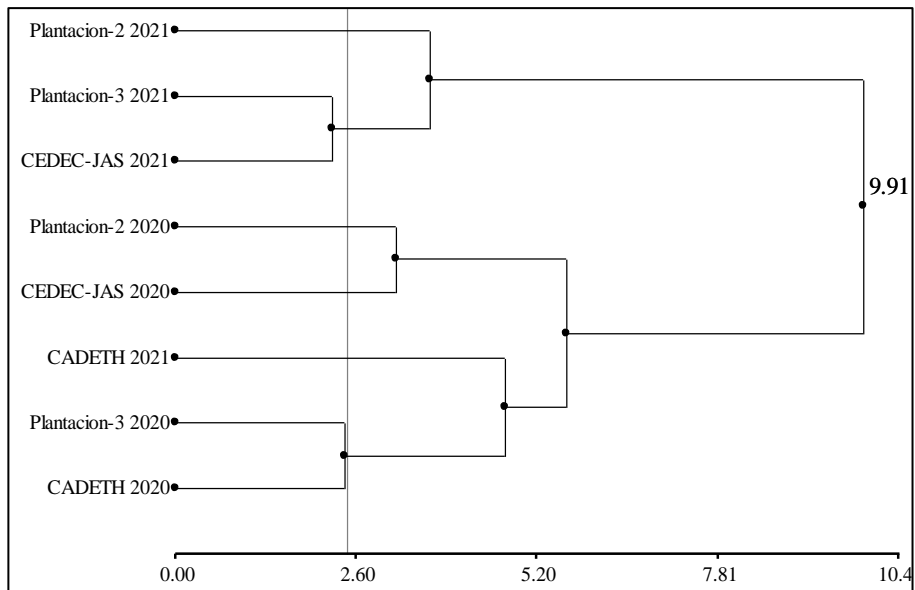


Figura 81. Distancia Euclídea con las propiedades de suelo estandarizadas (Ward) en el tratamiento orgánico por cada plantación. 2020-2021.

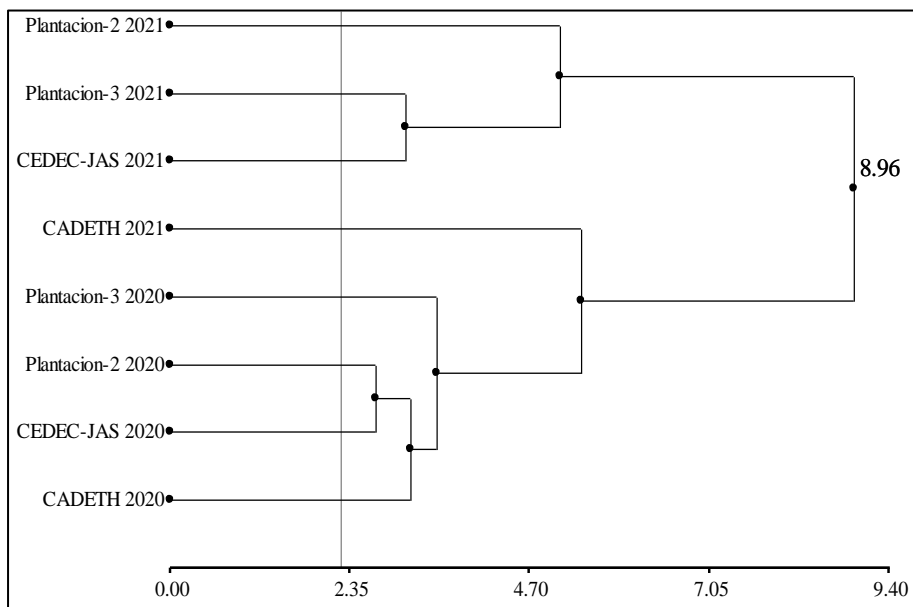


Figura 82. Distancia Euclídea con las propiedades de suelo estandarizadas (Ward) en el tratamiento de nutrición realizado por el productor, por cada plantación. 2020-2021.

## Conclusiones

- Después de dos 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.
- La realización de la nutrición amparada en análisis de suelo aumenta la productividad, tanto entre sistemas de fertilización química como entre sistemas de nutrición orgánica.

## 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																		Requerimiento (kg/ha N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> 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	68-27-109
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	
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	
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. Recomendación de dosis en los tratamientos químico y orgánico, para estimar producir 1,000 kg de cacao 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 <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 3.5 KCl:1.5	KCl: 3.5 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 3.5					12-24-12: 6 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 4 Sulfato de Potasio: 2.5	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 2.8 Sulfato de Potasio: 3.8				
	Orgánico			1.5	1.5					11.02	5.6		
	Del productor					15-15-15: 3.6 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 1.2 KCl: 1.2	15-15-15: 3.6 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 1.2 KCl: 1.2					15-15-15: 3.6 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 1.2 KCl: 1.2	12-24-12: 3.6 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 1.2 KCl: 1.2
CADETH	Químico	12-24-12: 8 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 3.5 KCl: 1.5	KCl: 1.7 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 2.5					12-24-12: 7 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 3 KCl: 1.2	KCl: 1.7 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 2.2				
	Orgánico			2	2					8.3	5.6		
	Del productor					15-15-15: 3 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 1 KCl: 1	15-15-15: 3 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 1 KCl: 1					15-15-15: 3 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 1 KCl: 1	12-24-12: 3 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 1 KCl: 1
Plantación-2	Químico	12-24-12: 8 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 3.5 Sulfomag: 3	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 2.5 sulfomag: 4.5					12-24-12: 6 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 4.5 Sulfato potasio: 2.5	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 3.5 Sulfato potasio: 3.8				
	Orgánico			1.8 lb + 3 oz	1.8 lb + 3 oz					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 <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 3.5 KCl: 1.5	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 2.5 KCl: 2.5					12-24-12: 6 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 4.5 Sulfato de Potasio: 2.8	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 3.5 Sulfato de Potasio: 4.3				
	Orgánico			1.5	1					11.02	5.6		
	Productor					0	0					0	0

Anexo 3. 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

### 6.8. Determinación de eficacia de *Metarhizium anisopliae* para el manejo de zompopos, *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae): número de aplicaciones para alcanzar 50 % de nidos inactivos. CAC-DPV 18-02

*Hernán R. Espinoza*

Departamento de Protección Vegetal

#### Resumen

Los zompopos, *Atta* sp. (Hymenoptera: Formicidae), pueden causar defoliación severa en plantas cultivadas como cacao, cítricos, aguacate y otros. Actualmente, su control se hace usando cebos con insecticidas químicos. Estudios preliminares indican que el hongo *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) es capaz de reducir significativamente las poblaciones de estos insectos. En el CADETH (Centro Agroforestal Demostrativo del Trópico Húmedo) en La Masica, Atlántida, entre enero de 2021 y enero de 2022 se desarrolló este estudio para validar los resultados obtenidos anteriormente. Se utilizó *M. anisopliae* producido en arroz quebrado. El arroz conidiado se molió finamente y la mezcla de conidias con arroz molido se aplicó con una bomba insufladora con una dosis semanal de 100 g por nido. Este tratamiento se comparó contra la aplicación semanal de 10 g por nido de cebo comercial con 0.05 % del insecticida abamectina (Trompa®) y un testigo sin ninguna intervención. En los nidos tratados con *Metarhizium* y cebo comercial se observó una reducción significativa de actividad desde que se inició la aplicación de los tratamientos y se mantuvo hasta el final del estudio. En el último monitoreo, realizado el 20 de enero de 2022, los nidos tratados con *Metarhizium* y cebo comercial tenían 95 % y 99 %, respectivamente, menos actividad que el control. En ambos tratamientos se registraron 8 nidos inactivos de 10.

**Palabras clave:** manejo integrado de plagas, hongos entomopatógenos

#### 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) para el manejo del salivazo de la caña, *Aeneolamia postica* y *Prosapis simulans* (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 (H. Espinoza, datos no publicados). 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. Por otra parte, 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, mientras que los insecticidas químicos tienen un período residual relativamente corto (López y Orduz, 2003). *M. 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, evaluando el efecto de 4 frecuencias de aplicación de *M. anisopliae* para inactivar los nidos de zompopos. Los resultados indican que la mejor frecuencia era la aplicación semanal hasta que se registren más de dos semanas consecutivas sin actividad, lo cual, en el estudio preliminar ocurrió alrededor de 8 semanas consecutivas aplicado en nidos medianos a pequeños (Espinoza, 2020).

### **Objetivo**

El presente estudio se realizó con el objetivo de validar los resultados obtenidos en el estudio preliminar con la aplicación, de 100 g de arroz conidiado molido, por ocho semanas consecutivas o hasta que se registren más de dos semanas sin actividad en 50 % de los nidos tratados.

### **Materiales y métodos**

El estudio se realizó en el CADETH, iniciando el 27 de enero de 2021. En esa fecha se seleccionaron y marcaron 30 nidos activos y se midió su nivel de actividad, contando el número de individuos entrando y saliendo del nido en dos minutos. Este monitoreo se realizó semanalmente, entre las 4:00 y las 6:00 p.m., previo a la aplicación de los tratamientos. Se evaluaron 3 tratamientos: *M. anisopliae*, un testigo comercial (Trompa<sup>®</sup>, ingrediente activo abamectina 0.05 %) y un control sin ninguna intervención. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 10 repeticiones. Los bloques se establecieron en base a la actividad observada, ordenando los nidos de mayor a menor actividad. Los tres nidos con mayor actividad fueron asignados al bloque 1, el segundo grupo de tres al bloque 2 y así sucesivamente, hasta completar los 10 bloques. En cada bloque, los tratamientos se asignaron al azar. La primera aplicación de tratamientos se realizó el 3 de febrero de 2021 y se continuó con aplicaciones semanales hasta alcanzar el objetivo de 50 % de los nidos tratados con *M. anisopliae* y el cebo



comercial con ninguna actividad por más de dos semanas consecutivas. Los datos de actividad fueron sometidos a análisis de varianza y separación de medias utilizando la diferencia mínima significativa de Fisher (Little y Hill, 1976).

El inóculo de *M. anisopliae* fue producido en el CEPACBA, utilizando arroz quebrado como sustrato. Para facilitar su aplicación, el arroz conidiado se molió finamente utilizando un molino casero, manual y se mezcló nuevamente con las conidias. El material utilizado tenía alrededor de  $3.48 \times 10^9$  esporas por gramo con viabilidad entre 80 y 90 %. Este material fue aplicado con una bomba insufladora desarrollada para aplicación de insecticidas en polvo para el control de zomposos (Lhaura®, SGS Colombia S. A.) La calibración del equipo determinó que la bomba libera alrededor de 2.5 g por recorrido completo del émbolo, un bombazo en el argot popular, por lo que en cada nido se utilizaron 40 bombazos por aplicación. Diez gramos de gránulos del testigo comercial se aplicaron en la entrada de cada nido.

## Resultados

El efecto del *Metarhizium* y del insecticida en reducir la actividad de los nidos fue evidente desde el inicio y se mantuvo durante la duración del estudio. Desde el 17 de junio, el promedio de actividad se mantuvo por debajo de 10 zomposos por 2 minutos, visiblemente menos que el observado en el control (Figura 83). Sin embargo, no se logró alcanzar el objetivo de 50 % de los nidos inactivos por más de dos semanas consecutivas. En el último monitoreo, realizado el 20 de enero de 2022, los nidos tratados con *Metarhizium* tenían 95 % menor actividad que el control, mientras que con el cebo comercial la reducción fue de 99 %. En ambos tratamientos se registraron 8 nidos inactivos de 10 (Cuadro 61). Sin embargo, solamente 4 nidos tratados con *Metarhizium* y 3 de los nidos tratados con cebo comercial tenían más de 2 semanas de inactividad.

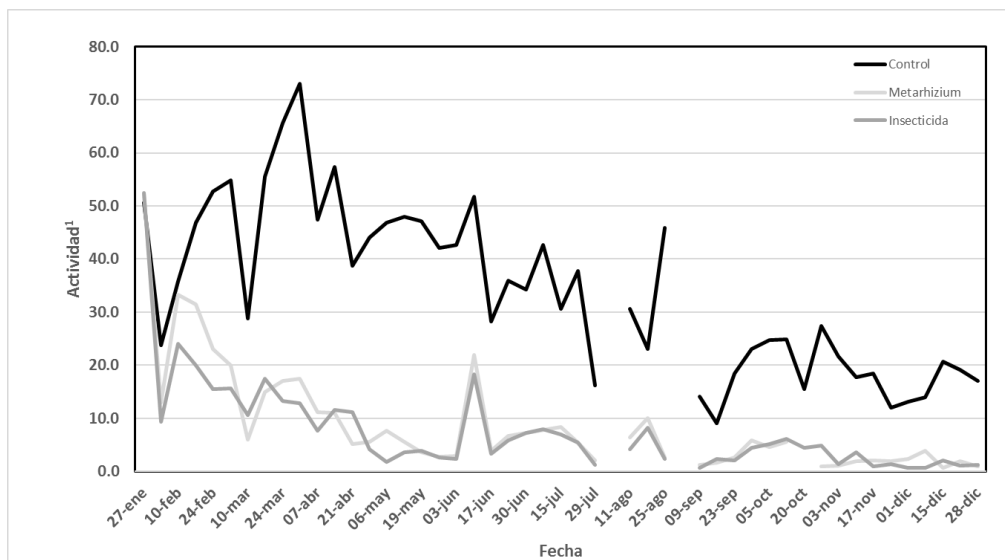


Figura 83. Actividad<sup>1</sup> promedio (n = 10) en nidos de zomposos, *Atta* sp. (Hymenoptera: Formicidae) involucrados en el ensayo de validación de manejo con *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae). CADETH, FHIA. La Masica, Atlántida. Enero de 2021 a enero de 2022. <sup>1</sup>Zomposos entrando y saliendo del nido durante 2 minutos.

Cuadro 61. Evolución de la actividad de zompopos *Atta* sp. (Hymenoptera: Formicidae) y número de nidos activos en los tratamientos de la prueba sobre su manejo con el hongo *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) en diferentes fechas (CADETH, FHIA. La Masica, Atlántida. Enero de 2021 a enero de 2022).

Tratamiento	2021						2022
	27 ene	10 mar	12 may	7 jul	28 oct	21 dic	20 ene
	Actividad y número de nidos activos						
Sin control	51 <sup>1</sup> (10) <sup>2</sup>	29 (10)	48 (10)	43 (10)	27 (0)	19 (10)	17 (10)
<i>Metarhizium</i>	52 (10)	6 (9)	6 (9)	8 (8)	1 (8)	2 (4)	0.8 (2)
Insecticida	52 (10)	11 (9)	4 (6)	8 (10)	5 (4)	1 (1)	0.2 (2)

<sup>1</sup> Actividad: zompopos entrando y saliendo del nido en 2 minutos.

<sup>2</sup> Número de nidos activos de 10.

El análisis estadístico de los datos de actividad que se planeó no se realizó porque después que se inició la aplicación de tratamientos los datos no cumplieron el requisito de homogeneidad de varianzas para la apropiada aplicación del análisis de varianza. Sin embargo, la reducción de actividad en los nidos tratados con *Metarhizium* y el cebo insecticida comerciales es evidente. Además de la reducción en actividad en los nidos tratados con *Metarhizium* y cebo insecticida, los pocos individuos observados son significativamente más pequeños que los observados en los nidos del control, lo que puede deberse a una alimentación deficiente durante su desarrollo larval. No se realizó ninguna medición de tamaño o peso para comparar con los zompopos normales. Otro aspecto importante es que en los nidos tratados no se observa actividad de acarreo de material foliar.

### Discusión

Los datos generados indican que el hongo *Metarhizium anisopliae* ejerce un control de zompopos similar al cebo comercial a base de abamectina. Sin embargo, ninguno de los dos productos fue capaz de eliminar por completo los 10 nidos tratados con cada material después de 52 semanas de tratamientos semanales. Este resultado no es inesperado, pues hay evidencia de la capacidad de supervivencia de estos insectos, especialmente en nidos bien desarrollados, con más de 3 años de establecidos, los cuales cuentan con numerosas cámaras de producción del hongo que les sirve de alimento. Esto les permite sobrevivir y restablecerse después de eventos que limitan su desarrollo. Con frecuencia, nidos que parecen inactivos, al ser excavados se encuentran con actividad mínima de supervivencia (Nagamoto *et al.*, 2004). Los nidos incluidos en este estudio se continuarán monitoreando por un mínimo de ocho semanas después de la suspensión de las aplicaciones para determinar si hay reactivación.

También es importante reconocer que esta cepa de *M. anisopliae* fue seleccionada por su actividad para control de salivazos que atacan la caña de azúcar. Es muy probable que con una cepa seleccionada por su actividad contra hormigas pudiera mejorar la eficiencia observada en este estudio. Por otra parte, aunque durante el estudio se procuró utilizar *Metarhizium* fresco, es probable que en algunos momentos se haya utilizado material con baja viabilidad que pudo afectar negativamente los resultados. Sin embargo, aun con esas limitaciones se logró obtener resultados similares al cebo insecticida comercial.

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda realizar estudios en varios ambientes, realizando un mínimo de ocho aplicaciones semanales continuas, para determinar si hay reactivación de nidos tratados y tiempo requerido y así desarrollar una recomendación de manejo de zompopos con *M. anisopliae* que pueda ser práctica y efectiva para los usuarios.

### Conclusiones

- En 52 semanas de aplicación semanal se alcanzó un 95 % de reducción de la actividad en los nidos tratados con *M. anisopliae*, contra 99 % en el control comercial, en ambos casos relativo a nidos control sin tratamiento.
- En ese período no se alcanzó el objetivo de 50 % de nidos inactivos por 2 o más semanas consecutivas, tanto en los nidos tratados con *M. anisopliae* como los tratados con el cebo comercial a base de abamectina.

### 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. Cedenio. Ch. 52: 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 zompopos, *Atta* spp. (Hymenóptera: Formicidae). Informe Técnico 2019 Programa de Diversificación, FHIA, La Lima. Pp. 34-37.
- Little, T. M. and F. J. Hills. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. A. de Paula Crespo, trad. Trillas, México. 270 pp.
- 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 \(cornell.edu\)](https://www.cornell.edu/biocontrol/metarhizium). Revisada 14 de enero de 2022.



## 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](http://www.fhia.org.hn)



Síguenos en Facebook



FHIAHn

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