

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN *Theobroma cacao* (CACAO) EN ENSAYOS
DE EXCLUSIÓN DE AVES Y MURCIÉLAGOS EN LA PROVINCIA DE MARISCAL
CÁCERES - SAN MARTÍN**

Tesis

**Para optar el título de:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
ALVINO ROSAS ABED GOMER**

**ASESOR:
OSCAR ESMAEL CABEZAS HUAYLLAS**

Tingo María – Perú.

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Km 1.21 carretera Tingo María. Telf. (062) 561136 E.mail: fagro@unas.edu.pe.

**"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 008-2024-FA-UNAS

BACHILLER : ABED GOMER ALVINO ROSAS

TÍTULO : "INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN *Theobroma cacao*
(CACAO) EN ENSAYOS DE EXCLUSIÓN DE AVES Y
MURCIELAGOS EN LA PROVINCIA DE MARISCAL
CÁCERES - SAN MARTÍN"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. ROLANDO RIOS RUIZ
VOCAL : M. Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP
VOCAL : M. Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS

ASESOR : Ing. OSCAR ESMAEL CABEZAS HUAYLLAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 13/03/2024

HORA DE SUSTENTACIÓN : 10:00 A.M.


LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA AUDIVISUAL DE LA F.A

CALIFICATIVO : MUY BUENO


RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 13 DE MARZO DEL 2024


.....
Dr. ROLANDO RIOS RUIZ
PRESIDENTE


.....
M. Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP
VOCAL


.....
M. Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS
VOCAL


.....
Ing. OSCAR ESMAEL CABEZAS HUAYLLAS
ASESOR



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 166 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN <i>Theobroma cacao</i> (CACAO) EN ENSAYOS DE EXCLUSIÓN DE AVES Y MURCIÉLAGOS EN LA PROVINCIA DE MARISCAL CÁCERES - SAN MARTÍN	ALVINO ROSAS ABED GOMER	11 % Once

Tingo María, 22 de mayo de 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Agronomía
Título de tesis	: Incidencia de enfermedades en <i>Theobroma cacao</i> (Cacao) en ensayos de exclusión de aves y murciélagos en la provincia de Mariscal Cáceres - San Martín
Autor	: Alvino Rosas, Abed Gomer
DNI	: 71300708
Correo electrónico	: abed.alvino@unas.edu.pe
Asesor (es)	: Ing. Cabezas Huayllas, Oscar Esmael Dra. Ocampo Ariza, Carolina María (Universidad de Gotinga - Alemania)
Escuela profesional	: Agronomía
Programa de investigación	: Cultivos tropicales
Línea de investigación	: Manejo integrado de pestes
Eje temático de investigación	: Sistema agrícola de producción
Lugar de ejecución	: Mariscal Cáceres – San Martín
Duración del trabajo	: 12 meses
Fecha de inicio	: Setiembre del 2022
Fecha de término	: Setiembre del 2023
Financiamiento	: S/ 8 000,00
FEDU	: No
Propio	: No
Otros	: Si

Tingo María – Perú, enero 2024.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN *Theobroma cacao* (CACAO) EN ENSAYOS DE EXCLUSIÓN DE AVES Y MURCIÉLAGOS EN LA PROVINCIA DE MARISCAL CÁCERES - SAN MARTÍN

Autor	: Bach. Alvino Rosas Abed Gomer
Asesor (es)	: Ing. Cabezas Huayllas, Oscar Esmael Dra. Ocampo Ariza, Carolina María
Programa de investigación	: Cultivos tropicales
Línea de investigación	: Manejo integrado de plagas
Eje temático	: Sistema agrícola de producción
Lugar de ejecución	: Mariscal Cáceres – San Martín
Duración del trabajo	: 12 meses
Financiamiento	: S/ 8 000,00

Tingo María – Perú. 2024

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y la sabiduría para culminar mis estudios y seguir superándome día a día.

A mis queridos padres Eudumilio Alvino Figueredo y Elizabeth Rosas Quito, quienes con esfuerzo y sacrificio me apoyaron en el proceso y culminación de mis estudios, y siguen apoyándome cada día para ser un hombre de bien.

A mis hermanos: Richard, Kelita, Yordan, Breiner y Axel, por brindarme una motivación muy especial en mi vida para seguir superándome cada día.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y en especial a la plana docente de mi querida facultad de Agronomía, cuya invaluable sabiduría me enriqueció y contribuyó a mi formación como profesional.
- Al Ing. Oscar Cabezas Huayllas y Blga. Dra. Carolina Ocampo Ariza, quienes fueron mis asesores y cuyos valiosos aportes científicos y orientaciones fueron fundamentales en la culminación del presente trabajo de investigación.
- A los miembros del jurado de tesis: Dr. Rolando Alfredo Ríos Ruiz, Ing. M. Sc. Giannfranco Egoavil Jump y al Ing. M. Sc. Jaime Joseph Chávez Matías, por su contribución en la mejora y culminación del trabajo.
- Al proyecto Eco-cacao, Blga. M. Sc. Blanca Ivañez Ballesteros y Blgo. M. Sc. Pablo Aycart e Ing. Gabriel Aguilar, por su apoyo técnico y financiero en el presente trabajo de investigación.
- A los señores Angello Rodríguez, Sandro Mori, Lindley Caballero y Luis López por su incondicional apoyo y valor mostrado en el desarrollo del trabajo de campo.
- A los señores Tedy Isuiza, Rosana Torres, Rosario Paima, Rosario del Castillo, Oswaldo del Castillo y Pasiona Caballero, por sus gestos de amabilidad y generosidad.
- A mi colega de estudios Daniel Berrospi Chinchayhuara por su amistad y apoyo en el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Aspectos generales del cultivo de cacao.....	3
2.1.1. Origen y distribución	3
2.1.2. Clasificación taxonómica.....	4
2.1.3. Características botánicas	4
2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos.....	5
2.2. Enfermedades del cacao	6
2.2.1. <i>Moniliophthora perniciosa</i> (Stahel) Aime (Escoba de bruja)	6
2.2.2. <i>Moniliophthora roreri</i> Evans (Moniliasis del cacao)	10
2.2.3. <i>Phytophthora</i> sp. (Pudrición parda).....	12
2.3. Métodos de combate de las enfermedades.....	14
2.4. Grupos genéticos del cacao en la actualidad en el Perú	14
2.4.1. Grupos genéticos de cacao silvestre y cultivares tradicionales nativos del Perú	15
2.4.2. Grupos genéticos de cacao silvestre y cultivares tradicionales no nativos con presencia en el Perú	16
2.4.3. Cultivares Modernos	17
2.5. Cultivar moderno CCN-51	18
2.6. Cultivar moderno ICS-95	21
2.7. Cultivar moderno CYP-99	22
2.8. Estudios relacionados	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	28

3.1. Lugar de ejecución.....	28
3.1.1. Datos climatológicos.....	28
3.1.2. Zona de vida.....	30
3.2. Material y métodos	30
3.2.1. Selección de parcelas y plantas.....	30
3.2.2. Labores agronómicas realizadas	31
3.2.3. Acondicionamiento de las plantas para la exclusión	32
3.2.4. Tratamientos en estudio	32
3.2.5. Diseño estadístico	33
3.2.6. Parámetros evaluados	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1. Del nivel de incidencia de enfermedades bajo condiciones de exclusión y no exclusión de aves y murciélagos.....	37
4.1.1. En frutos enfermos verdes removidos	37
4.1.2. Incidencia de enfermedades en frutos cosechados	42
4.1.3. De la producción en las cooperativas Acopagro y Choba Choba.....	49
4.1.4. Del número de brotes y cojines florales infectados por escoba de bruja ...	52
4.2. Efecto de la exclusión de aves y murciélagos en la productividad del cacao.....	55
4.2.1. Efectos en la floración y frutos pequeños	55
4.2.2. Estimación del rendimiento potencial y real.....	60
4.3. Otros parámetros estudiados.....	63
V. CONCLUSIONES	65
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	66
VII. REFERENCIAS.....	67
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1.	Datos climatológicos registrados para la investigación en las parcelas de Acopagro y Choba Choba, setiembre del 2022 a setiembre 2023.	29
2.	Códigos de ubicación de las parcelas y socios seleccionados de las dos cooperativas para el trabajo de investigación.	31
3.	Descripción de los tratamientos con presencia de cacao clones y nativos en el presente estudio.	33
4.	Descripción de los tratamientos solo con presencia de cacao clones.	33
5.	Resultados del modelo GLMM para el número de frutos enfermos verdes removidos de cacao setiembre 2022 – setiembre 2023.	37
6.	Resultados del modelo GLMM para la incidencia de enfermedades en frutos cosechables en tres clones y cacao nativo setiembre 2022 – setiembre 2023.	43
7.	Producción de frutos en las parcelas de las cooperativas Acopagro y Choba Choba en el periodo setiembre 2022 – setiembre 2023.	49
8.	Resultados del total de brotes emitidos, sanos e infectados por escoba de bruja en tres clones y cacao nativo por planta año.	53
9.	Resultados del promedio de cojines totales, activos e infectados por escoba de bruja en tres clones y cacao nativo.	53
10.	Análisis del modelo GLMM para el porcentaje de flores dañadas en tres clones y cacao nativo en el período setiembre 2022 – setiembre 2023.	56
11.	Evaluación del rendimiento potencial y real de tres clones y cacao nativo bajo condiciones de exclusión de aves y murciélagos.	61
12.	Resultados del número de cojines florales y producción de flores evaluados en la rama de un metro en tres clones y cacao nativo.	63

13.	Datos climatológicos obtenidos de la estación Bellavista para las parcelas de la cooperativa Acopagro en el periodo de setiembre del 2022 a setiembre 2023.....	77
14.	Datos climatológicos obtenidos de la estación Pachiza para las parcelas de cooperativa Choba Choba en el periodo de setiembre del 2022 a setiembre 2023.....	78
15.	Intervalos de producción potencial de frutos por planta/año de cada variedad de cacao en el período setiembre 2022 – setiembre 2023.....	78
16.	Porcentaje de sombra de las parcelas de las cooperativas Acopagro y Choba Choba e incidencia de moniliasis y enfermedad total.....	79
17.	Evaluación del índice de mazorca de los clones CCN-51, ICS-95, CYP-99 y cacao nativo en la cooperativa Acopagro y Choba Choba.....	81
18.	Número de cojines, área, volumen y número de flores producidos en un año en tres clones y cacao nativo.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Distribución de los grupos genéticos que representan poblaciones de cacao silvestre y cultivares tradicionales (Thomas et al. 2023).	18
2.	Cultivar Moderno CCN-51 (Thomas et al., 2023).	20
3.	Cultivar moderno ICS-95 (Thomas et al., 2023).	21
4.	Cultivar moderno CYP-99 (Thomas et al., 2023).	22
5.	Lugar de ejecución del estudio (Ubicación de las localidades).	28
6.	Acondicionamiento de las plantas para el estudio experimental.	32
7.	Diferencias en la cantidad de frutos verdes enfermos entre plantas de cacao libres (Control) y plantas de cacao expuestas a exclusión permanente de aves y murciélagos (Exclusión).	38
8.	Remoción de frutos verdes enfermos bajo condiciones de plantas libres (control) y exclusión permanente de aves y murciélagos (exclusión) (A) de cada enfermedad en tres clones y cacao nativo (B).	41
9.	Frutos maduros de cacao cosechados durante la investigación, categorizados según el daño (A) y porcentaje de daño de las principales enfermedades en los frutos (B).	42
10.	Evaluación de la incidencia de enfermedades en relación con el porcentaje de sombra del área total de la parcela, con enfoque en enfermedad total (A), principal enfermedad, la moniliasis (B) en tres clones y cacao nativo (C). 45	
11.	Producción de frutos en el periodo setiembre 2022 a setiembre 2023 con relación a la precipitación en las cooperativas de Acopagro (A) y Choba Choba (B).	51
12.	Intervalos de infección de escoba de bruja en tres clones y cacao nativo en brotes marcados (A) y cojines florales (B).	55

13.	Análisis del porcentaje de daño por plagas en las flores (A) y frutos pequeños (B) en dos cooperativas estudiadas en el período setiembre 2022 a setiembre 2023.	57
14.	Análisis comparativo del número promedio de pérdidas en frutos por plagas y enfermedades en tres clones y cacao nativo bajo condiciones de exclusión y no exclusión de aves y murciélagos.	62
15.	Relación entre el área de la rama evaluada en la producción de flores en tres clones y cacao nativo.	64
16.	Comportamiento de moniliasis en tres clones y cacao nativo en correlación con la precipitación en el periodo setiembre 2022 a setiembre 2023.	82
17.	Test de residuos del modelo GLMM para el porcentaje de flores dañadas en tres clones y cacao nativo.	82
18.	Test de residuos para el modelo GLMM de número de frutos verdes enfermos removidos.	83
19.	Test de residuos para el modelo GLMM en la incidencia de enfermedades en frutos cosechables.	83
20.	Incidencia de moniliasis por planta en el clon CCN-51 de setiembre 2022 a setiembre 2023 en frutos cosechables.	84
21.	Incidencia de moniliasis por planta en el clon CYP-99 de setiembre 2022 a setiembre 2023 en frutos cosechables.	84
22.	Incidencia de moniliasis por planta en el clon ICS-95 de setiembre 2022 a setiembre 2023 en frutos cosechables.	85
23.	Incidencia de moniliasis por planta en cacao nativo o híbrido local de setiembre 2022 a setiembre 2023 en frutos cosechables.	85
24.	A) Construcción de jaulas de exclusión, B) Jaula de exclusión terminada para inicio del experimento y C) Jaulas después de cuatro meses de inicio. 87	

25. A) Marcado de brotes, B) Marcado de un metro en cacaos nativos, C) Marcado de un metro en cacaos clones, D) Evaluación de frutos cada 15 días, E) Evaluaciones de brotes cada 30 días, F) y G) Evaluación de Índice de mazorca. 87
26. A) Visita del asesor de tesis Ing. Oscar Cabezas, B) Visita de la Blga. Blanca Ivañez, C), D) y E) Visita del presidente de jurado de tesis, Dr. Rolando Ríos Ruiz, F) Acompañamiento de asesora de tesis Dra. Carolina Ocampo. 87
27. A) Moniliasis en CCN-51, B) Moniliasis y escoba de bruja en CYP-99, C) Moniliasis en ICS-95, D) Escoba de bruja en brotes, E) Pudrición parda en cacao nativo, F) y G) Escoba de bruja en cojines florales de clones y nativos, H) Cosecha periódicas cada 15 días en ambas cooperativas. 87
28. A) Fruto verde dañado por *Carmenta foraseminis*, B) Flor infestado por pulgones, C) Flor dañado por larvas de lepidópteros..... 87
29. A) Frutos de cacao nativo parcela C14, B) Frutos de cacao nativo parcela C13, C) Frutos de cacao nativo parcela A11, D) Frutos de cacao nativo parcela A14, E) Planta de cacao nativo o híbrido local. 87
30. Índice de mazorca: A) Recolección de frutos, B) Extracción y pesado de almendra húmeda, C) Proceso de secado, D) Medición de humedad para cada uno de los clones y cacao nativo..... 87

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se ejecutó en la provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín, Perú con el objetivo de evaluar el impacto de la exclusión de aves y murciélagos en la incidencia de enfermedades en los frutos, la floración y productividad de los clones CCN-51, ICS-95, CYP-99 y cacao nativo. Llevamos a cabo un experimento de exclusión durante 12 meses en el campo para impedir el acceso de aves y murciélagos a los árboles de cacao. Se evaluó 16 parcelas productivas orgánicas de cacao, pertenecientes a dos cooperativas: Acopagro y Choba Choba, con diferentes porcentajes de sombra. La investigación revela que la exclusión de aves y murciélagos no influye en la incidencia de frutos verdes enfermos, pero hay una disminución significativa en frutos afectados en experimentos de exclusión, posiblemente influenciada por condiciones ambientales y prácticas experimentales. Los clones no mostraron diferencias estadísticas, pero se destaca la tolerancia del clon ICS-95 a la moniliasis. La incidencia de enfermedades en frutos cosechables se relacionó con el porcentaje de sombra, siendo más alto en áreas con mayor sombra. La incidencia de escoba de bruja en brotes y cojines florales fue menor al 5 %. La exclusión de aves y murciélagos en la producción mostró que la cooperativa Choba Choba experimenta un aumento significativo en el porcentaje de flores y frutos pequeños dañados por insectos plaga. Estos resultados subrayan la complejidad de los factores que influyen en la producción de cacao y la importancia de enfoques integrales para mejorar la sostenibilidad y productividad.

Palabras clave: clones, cooperativas, exclusión, incidencia, porcentaje de sombra

ABSTRACT

The present research work was carried out in the Mariscal Caceres province of the San Martin department [in Peru] with the objective of evaluating the impact of the exclusion of birds and bats on the incidence of diseases for the fruit, floriation, and productivity of the CCN-51, ICS-95, CYP-99, and native cacao varieties. An field experiment was done for the exclusion during twelve months, in order to impede the access that birds and bats had to the cacao trees. Sixteen organic cacao producing plots with different percentages of shade, which belonged to two cooperatives: Acopagro y Choba Choba, were evaluated. The research revealed that the exclusion of birds and bats did not influence the incidence of diseased unripe fruit, but that there was a significant decrease for affected fruit in the exclusion experiments, possibly influenced by the environmental conditions and experimental practices. No statistical differences were revealed between the varieties, but the ICS-95 variety's tolerance to *Moniliophthora roreri* stood out. The incidence of disease for the harvestable fruit was related to the percentage of shade; with it being higher in the areas with greater shade. The incidence of witches' broom disease on sprout and floral cushions was less than 5%. The exclusion of birds and bats in the production revealed that the Choba Choba cooperative experimented a significant increase in the percentage of flowers and small fruit that was damaged by plagues of insects. These results underline the complexity of the factors which influence cacao production, and the importance of integral foci in order to improve the sustainability and productivity.

Keywords: varieties, cooperatives, exclusion, incidence, percentage of shade

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es considerado uno de los principales generadores y proveedores de cacao fino y de aroma, ocupando además el segundo puesto a nivel global en la producción de cacao orgánico (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2021). La producción nacional de cacao ha experimentado un crecimiento sostenido en la última década, registrando un promedio anual de aumento del 12,6 %, lo que adquiere particular relevancia en términos de ingresos para los pequeños cacaoteros del país. En el año 2020, la producción experimentó un incremento del 6,9 % con respecto al año anterior. Dentro de las regiones peruanas, la región San Martín destaca como el principal centro de producción de cacao a nivel nacional, contribuyendo con 48 000 t, lo que representa el 35,6 % de la participación total. Seguida por Junín con una producción de 25 000 t (18,8 %), Ucayali con 17 000 t (12,5 %). Igualmente, Huánuco y Cusco aportan con 13 000 y 10 000 t, respectivamente. En conjunto, estas cinco regiones representan aproximadamente el 84 % de la producción total de cacao en el país (MINAGRI, 2021).

Actualmente el área sembrada en la región San Martín está incrementando de tal manera que es considerado uno de los cultivos bandera (Fernández, 2018). Un cultivo exitoso de cacao se expresa en términos de rendimiento por unidad de área, que depende de muchos factores. Uno de los más importantes es la presencia de las enfermedades, las cuales provocan grandes pérdidas económicas. Por lo tanto, existe una necesidad urgente de medidas que permitan mayores rendimientos. Las enfermedades causan pérdidas directas de cosechas, pudrición de mazorcas, debilitamiento de árboles y eventual muerte. Las enfermedades más importantes en el Perú son la escoba de bruja, la moniliasis y la pudrición parda, que pueden dañar los frutos y reducir significativamente los rendimientos, especialmente en plantaciones mal manejadas (Anzules et al., 2022).

Por otro lado, en los últimos años la investigación se ha centrado en alternativas agroecológicas para la producción de cacao, que reemplacen métodos químicos asociados a pérdida de biodiversidad. Por ejemplo, los servicios ecológicos proporcionados por las aves y murciélagos, ya sea mediante la supresión de plagas de insectos y la dispersión de semillas contribuyen significativamente a la productividad del cacao peruano (Ocampo et al., 2023). Comprender las complejas interacciones entre estos animales, los servicios beneficiosos que brindan y los posibles perjuicios que puedan causar es esencial para la toma de decisiones en el manejo agroforestal sostenible y por ende en el rendimiento del cacao (Maas et al., 2015; Vansynghel et al., 2022).

El presente trabajo de investigación se enmarca en el proyecto “Eco-cacao” liderado por las universidades de Gotinga (Alemania), Wurzburg (Alemania) y Viena (Austria). El proyecto se enfoca en estudiar cómo la intensificación ecológica afecta la provisión de servicios ecosistémicos en cultivos de cacao clones y nativos en la región de San Martín, Perú. Para ello, se evaluará la incidencia de enfermedades en tejidos vegetativos y frutos de cacao y cómo esta incidencia impacta la productividad. Así mismo se evaluará si la incidencia varía debido a la presencia de aves y murciélagos utilizando jaulas o barreras de exclusión que eviten el acceso a los árboles de cacao en sistemas agroforestales.

1.1. Objetivo general:

Evaluar el impacto de la exclusión de aves y murciélagos en la incidencia de enfermedades en los frutos, la floración y la productividad de tres clones y cacao nativo en la provincia de Mariscal Cáceres, San Martín.

1.2. Objetivos específicos:

- Determinar la incidencia de enfermedades en frutos de los clones CCN-51, ICS-95, CYP-99 y cacao nativo en condiciones de exclusión de aves y murciélagos en la provincia de Mariscal Cáceres, San Martín.
- Determinar el efecto de la exclusión en la floración y productividad bajo condiciones de exclusión y no exclusión de aves y murciélagos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales del cultivo de cacao

2.1.1. Origen y distribución

Theobroma cacao (Cacao) es un cultivo económico importante, pero la investigación sobre su historia de domesticación y usos tempranos es limitada. El uso del cacao ha sido identificado por tres evidencias arqueológicas independientes: granos de almidón de cacao, residuos de teobromina absorbidos y ADN antiguo del sitio que se recuperaron de Santa Ana, la Florida en el sureste de Ecuador que data de aproximadamente 5 300 años. Estos descubrimientos constituyen la manifestación más antigua de la presencia de *T. cacao* en las Américas, representando el primer indicio arqueológico inequívoco de su utilización en América del Sur antes de la llegada de los colonizadores. También muestran que la región del alto Amazonas es el centro de cultivo de cacao confirmado más antiguo hasta la fecha (Zarrillo et al., 2018).

Asimismo, Thomas et al. (2012) reporta que la mayor diversidad genética se observó en la cuenca alta del Amazonas desde el sur de Perú hasta la Amazonía ecuatoriana y las regiones fronterizas de Colombia, Perú y Brasil. Donde durante la glaciación, las poblaciones de cacao probablemente se limitaron a distintos refugios creados por la cordillera de los Andes, por lo que probablemente sufrieron diferenciación genética, lo que resultó en una gran diversidad de grupos genéticos dentro de las poblaciones silvestres originales de cacao.

Se han llevado a cabo numerosas expediciones de recolección de germoplasma de *Theobroma cacao* en América Latina, para mejorar la comprensión del origen, la clasificación y la diferenciación poblacional dentro de la especie. Un estudio realizado por Motamayor et al. (2008) en el cual se realizaron análisis genotípicos de 1 241 accesiones de cacao, se encontraron 10 grandes clústers o grupos: Marañón, Curaray, Criollo, Iquitos, Nanay, Contamana, Amelonado, Purús, Nacional y Guayana. Esta nueva forma de clasificación, basada en datos genéticos, brinda una representación mucho más precisa de la diversidad genética disponible para los mejoradores, en contraste con la clasificación habitual que se basaba en categorías generales como Criollo, Forastero y Trinitario.

2.1.2. Clasificación taxonómica

Linneo clasificó por primera vez el género *Theobroma* en la familia de los Tiliaceae en 1753. Luego considero que puede incluirse en la familia Euphorbiaceae, pero actualmente pertenece a la familia Malvaceae.

Según, Species 2000 y ITIS Catalogue of Life (2016):

Reino: Plantae

Filo:Tracheophyta

Clase:Magnoliopsida

Orden:Malvales

Familia:Malvaceae

Género:*Theobroma*

Especie:*Theobroma cacao*

2.1.3. Características botánicas

La planta de cacao pertenece a la familia Malvaceae. Esta planta puede alcanzar de 3 a 6 m de altura bajo condiciones de cultivo, pero puede alcanzar hasta una altura de 5 a 10 m (Cerrón, 2012).

Benito (2000), afirma que pocos vegetales son tan polimórficos como el cacao. Las características clave incluyen: Las raíces pivotantes pueden alcanzar los 2 m en una buena profundidad del suelo y se distinguen del tronco por su color bien definido. Las raíces secundarias son más abundantes en la parte superior de la raíz principal y se extienden hasta 5-6 m. Estas raíces ocupan la zona superior del suelo. Los tallos muestran brotes tempranos ortotrópicos (eje erecto o cuya dirección de crecimiento es perpendicular al suelo) con hojas pecioladas. Después de un año, a 1,5 m de altura se interrumpe el crecimiento apical y aparecen de 3 a 5 yemas laterales, formando ramas primarias (plagiotrópicas, conocidas como horquetas). Las hojas, atenuadas en varios tonos de marrón rojizo, cuelgan de los pecíolos, que más adelante crecen y cambian de verde claro a verde oscuro. Esto indica que es una planta de cacao bien

nutrida. Cada hoja tiene un engrosamiento al final del pecíolo, llamado pulvínulos, que permite que la hoja se mueva en respuesta a la luz y la temperatura ambiente.

Las flores crecen directamente desde el tallo y son delicadas, pequeñas y perfectamente estructuradas. La polinización de las flores se ve afectada por la actividad de diversos insectos y se calcula que únicamente alrededor de una de cada 100 flores experimenta una polinización eficaz que resulta en la formación de frutos (De la Cruz, 2005). La temperatura y la humedad relativa afectan el cuajado de los frutos, pero no el contenido de agua del suelo (Vansynghel et al., 2023). El fruto es generalmente una baya que contiene de 20 a 40 semillas. Los colores del fruto inmaduro varían según la tonalidad, siendo el color verde típico del cacao forastero, mientras que el rojo y el verde están presentes en criollos y trinitarios (Batista, 2009).

2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos

De acuerdo con la investigación de Gómez y colaboradores (2014), las condiciones climáticas y edáficas necesarias para el cacao son:

2.1.4.1. Clima

Se cultiva en altitudes desde aproximadamente el nivel del mar hasta los 1 200 msnm, con una altura óptima de 500 a 800 msnm. La precipitación óptima se sitúa entre 1 500 y 2 500 mm, bien repartida a lo largo del ciclo. También es menos tolerante al déficit hídrico y tendrá déficit en meses inferiores a 100 mm, afectando a la floración y brotación foliar. El cultivo requiere temperaturas medias anuales en el rango de 23 - 30 °C, humedad relativa media anual del 70 - 80 %, ausencia de vientos fuertes sostenidos durante todo el ciclo de producción y árboles alrededor del cultivo que funcionen como cortavientos. La intensidad de la luz cambia según el ciclo de producción, 40-50% para cultivos en crecimiento (menos de 4 años) y 60 - 75 % para plantaciones en producción (más de 4 años).

2.1.4.2. Suelo

El cacao debe cultivarse en suelos de texturas franco, franco limoso, franco arcilloso y franco arenoso a una profundidad de 0,60 a 1,50 m. El suelo debe tener una porosidad del 20 - 60 % con buena retención de humedad. Además, un buen drenaje es fundamental. El pH óptimo está entre 5,5 y 7 con un 3 % de materia orgánica. También requiere suelos de fertilidad media a alta con una saturación de bases del 35 % o superior.

2.2. Enfermedades del cacao

Las enfermedades impactan directamente la capacidad de producción y la calidad de los granos de cacao al provocar infecciones parciales o totales y el gasto asociado a su control es significativamente elevado, especialmente en momentos en los que los precios son bajos.

2.2.1. *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime (Escoba de bruja)

Esta enfermedad se encuentra presente en las plantas de cacao, específicamente afectando a los nuevos brotes, los cojines florales y los frutos en desarrollo, es causado por el hongo *M. perniciosa* y la severidad del daño varía en base a las condiciones climáticas, presión del inóculo, tipo de cacao y la forma en que se maneja la plantación (Motamayor et al., 2002). Su objetivo principal son los tejidos jóvenes que están en constante crecimiento, donde la manifestación de la enfermedad se caracteriza por la formación de brotes deformes y un exceso de ramificación en las ramas laterales. Además, se observa un exceso en la generación de nuevas hojas en el árbol, las cuales adoptan una morfología similar a espadas y presentan una textura notablemente suave, caracterizada por un tono verde claro en lugar del tradicional verde oscuro o verde rojizo (Johnson et al., 2008). En los cojines florales, provoca la aparición de brotes vegetativos y flores anormales, lo que resulta en la producción de mazorcas que tienen una forma similar a la de chirimoyas o zanahorias. Además, esta enfermedad causa manchas necróticas en la corteza de los frutos jóvenes y adultos, así como la descomposición de las almendras (Pillman, 2013).

2.2.1.1. Sintomatología

La planta de cacao manifiesta una diversidad de síntomas que varían según la parte afectada y su etapa de desarrollo. Los síntomas más significativos se encuentran en las escobas que se forman en las ramas, ya que representan la principal fuente de propagación de la enfermedad. En términos de relevancia, los síntomas más comunes se manifiestan en los puntos de crecimiento de las ramas, en los cojines florales y en los frutos (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2012). Según el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA, 2022), el hongo inicia la infección de los tejidos juveniles de cacao cuando los tubos germinativos de las basidiósporas ingresan a través de los estomas o penetran directamente la epidermis o los tricomas. Luego de la penetración, las hifas de las vesículas subestomáticas colonizan los tejidos del huésped de manera intercelular. El período de incubación de los síntomas puede variar significativamente,

oscilando entre 3 y 14 semanas, aunque generalmente se manifiestan en torno a la quinta o sexta semana. Según Parra et al. (2008), el hongo parece inducir un desequilibrio hormonal, lo que resulta en un aumento en el tamaño de las células del huésped, especialmente las de la corteza y la médula, lo que provoca la hinchazón de los tejidos. En los brotes vegetativos, se pierde la dominancia apical, lo que da lugar al desarrollo de numerosas yemas axilares en las ramas laterales y la formación de una estructura similar a una escoba. Según el Centro de Biotecnología Agrícola Internacional (CABI, 2021), indica también que estas hifas intercelulares se dividen en clamidosporas de pared gruesa cuando la escoba se seca. Las escobas que se han secado recientemente no producen basidiocarpo, ya que suelen estar en dormancia durante al menos cuatro meses antes de que se produzcan.

a. Síntomas en yemas vegetativas

El hongo penetra por la base del brote o a través de los nudos y entrenudos de los brotes que están en fase activo de crecimiento. Esta presencia fúngica contribuye al desarrollo de brotes que presentan un crecimiento exagerado. Las hojas muestran una morfología inusual, siendo angostas y de forma similar a una espada, esto estimula la formación de nuevos brotes. Además, en contraste con las hojas sanas que suelen ser de color verde oscuro o incluso rojizas, estas hojas afectadas muestran un tono de verde más claro. Inicialmente, las ramas experimentan un crecimiento vigoroso y desmesurado, con nudos que se vuelven más cortos y hojas que, a excepción del grosor del pecíolo se desarrollan de manera normal (ICA, 2012).

b. Síntomas en cojines florales

Según CABI (2021), los siguientes síntomas pueden observarse en diversas combinaciones dentro del mismo cojín de la planta:

Escoba de una sola flor: La infección directa de una flor provoca su marchitez gradual desde los pétalos hasta la base del pedicelo. En este caso, la flor no muestra un crecimiento excesivo y no presenta abscisión.

Escoba de flores simples: Las flores se desarrollan con pedicelos engrosados, generalmente de color verde y pétalos más grandes. El ovario puede mostrar una ligera hinchazón. Puede haber un gran número de estas flores en un mismo cojín. Estas flores no se desprenden y finalmente se secan en su lugar.

Escoba de flores compuestas: Las flores se forman en pedicelos compuestos (cimen dichasiales) que están agrandados. De lo contrario, los síntomas son similares a los de la escoba de una sola flor.

Fruto de la fresa (Chirimoya): Las escobas de flores simples o compuestas pueden generar ovarios hinchados y no fertilizados que continúan aumentando de tamaño hasta convertirse en frutos deformados, casi esféricos, que rara vez superan los 5 cm de diámetro.

Escoba de cojín vegetativo: De los cojines infectados, pueden surgir brotes hipertrofiados que presentan características morfológicas anómalas similares a las de las escobas vegetativas.

c. Síntomas en frutos

La fruta que está afectada por la enfermedad presenta una serie de características distintivas. En frutas jóvenes, la infección puede ocurrir de manera indirecta y resulta en la formación de frutos hipertrofiados con un pedicelo engrosado y una parte superior ancha que se estrecha hasta formar una punta roma, dándoles una apariencia similar a la de una zanahoria. Aunque las semillas están presentes en estos frutos, a menudo sus cotiledones tienen un aspecto acuoso. La necrosis o muerte de tejido, comienza antes de que la fruta alcance su tamaño completo y se propaga rápidamente por toda su superficie. Cuando los frutos jóvenes infectados experimentan una marchitez fisiológica debido a la infección directa, las áreas afectadas conservan su color natural, incluso después de que los tejidos sanos hayan envejecido y adquirido un tono amarillo. Estas áreas infectadas pueden mantener su hinchazón a medida que el resto de la fruta se deteriora (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2008).

CABI (2021), señala que la necrosis externa se manifiesta en frutos maduros que han sido directamente infectados aproximadamente entre 11 y 13 semanas después de la penetración del hongo. La forma y el grado de esta necrosis dependen de la edad de la fruta en el momento de la infección y del genotipo del árbol. Existen varios síntomas característicos en las frutas infectadas, que pueden presentarse en diversas combinaciones:

Forma de la vaina: Puede ser normal o mostrar hipertrofia y distorsión localizada.

Lesiones: Pueden no alcanzar nunca el color maduro (creando áreas verdes) o bien manifestarse como necrosis de color marrón oscuro o negro con bordes irregulares, con la posibilidad de que varias lesiones aparezcan en una misma vaina.

Tiempo de maduración: Puede ser normal o prematuro hasta 6 semanas.

Mucílago: Puede ser de color marrón o amarillo en estado líquido o sólido.

Cotiledones: Pueden estar parcial o completamente sin desarrollar, con un interior gelatinoso en la testa.

Semillas: Pueden estar separados parcial o completamente unidos entre sí y a la pared de la vaina. Casi todas las semillas de los frutos enfermas con lesiones extensas mueren o no son viables. Las semillas sanas y las que presentan infecciones no letales se pueden encontrar en frutos con lesiones localizadas, que a menudo ocurren en el límite de la etapa susceptible del desarrollo del fruto, alrededor de las 10 - 12 semanas de edad.

2.2.1.2. Epidemiología

La enfermedad se caracteriza por un ciclo que involucra dos fases distintas. En la primera etapa el patógeno invade los tejidos jóvenes en desarrollo, provocando su hipertrofia e hiperplasia, actuando como un parásito intercelular obligado (biótrofo). Con el tiempo el tejido hipertrofiado muere, permitiendo que el hongo se extienda como un saprótrofo. En condiciones óptimas, se forman basidias que contienen basidiosporas infecciosas. La producción de basidiocarpos puede variar, incluso dentro de escobas de tamaño similar de diferentes clones, con una productividad total de escobas vegetativas que varía de 5 a más de 100 basidiocarpos por escoba, manteniendo su capacidad productiva durante más de 2 años (CABI, 2021).

La humedad y el secado son factores ambientales importantes en este ciclo con patrones estacionales de producción de basidiocarpos relacionados con la lluvia. La liberación de basidiosporas se produce principalmente durante la noche en condiciones de elevada humedad y temperaturas óptimas entre 20 y 25 °C, con una humedad relativa del 80%. Estas basidiosporas son vulnerables a la radiación ultravioleta y pueden deshidratarse con facilidad, lo que conlleva la pérdida de su capacidad germinativa. Por lo tanto, la liberación durante la noche asegura una mayor probabilidad de supervivencia (SENASICA, 2022).

A pesar de que la enfermedad no se transmite principalmente por semillas, los frutos de cacao infectadas pueden albergar semillas enfermas, lo que plantea la posibilidad de transmisión por semilla si se plantan, dando lugar a plántulas enfermas y la eventual producción de basidiocarpo cuando el tejido infectado se necrosa. El desarrollo de la enfermedad está influenciado por factores como la parte de inóculo, la edad del tejido en el momento de la inoculación, la susceptibilidad de la fruta y las condiciones ambientales, especialmente la humedad y la cantidad de inóculo. Se han observado relaciones positivas entre la incidencia de la enfermedad y factores como el número de frutos jóvenes, basidiocarpos y períodos de humedad adecuados. La relación entre la infección y el crecimiento de los brotes, la actividad del cojín floral y la sombra no está completamente comprendida y puede variar según la ubicación (CABI, 2021).

2.2.2. *Moniliophthora roreri* Evans (Moniliasis del cacao)

Esta enfermedad infecta solamente a las especies de los géneros *Theobroma* y *Herrania* de la familia Malvaceae (Phillips, 2003). El hongo tuvo su origen en la región occidental de Colombia y Ecuador. En los últimos años, este patógeno ha ampliado su área de distribución en América del Sur, abarcando países como Perú, Venezuela y Bolivia, además de extenderse por toda Mesoamérica hasta llegar a México lo que representa una de las amenazas más significativas en el cultivo de cacao (Ramírez et al., 2011). Hasta el momento, África, Asia y las islas del Caribe siguen estando libres de la presencia de este patógeno invasor (CABI, 2012). Se registran pérdidas de hasta el 60% debido a la moniliasis en diversos países de América (Ramírez et al., 2011).

2.2.2.1. Sintomatología

La enfermedad ataca solamente a los frutos del cacao a cualquier edad, los síntomas de la infección por el hongo varían según la edad del fruto infectado. Los frutos jóvenes (menos de 1 mes) muestran una leve hinchazón clorótica y en ocasiones distorsión, seguida de una necrosis generalizada antes de que alcancen la mitad de su tamaño, las semillas pueden volverse blandas y acuosas. Los frutos de 1 a 3 meses de edad pueden presentar hinchazón, distorsión y manchas necróticas de color marrón oscuro con bordes irregulares que crecen rápidamente, esto puede resultar en una maduración prematura parcial o total. La necrosis se extiende internamente y en mazorcas infectados después de los 3 meses pueden no mostrar síntomas externos o solo necrosis limitada, con áreas de maduración

prematura, en general estas mazorcas son más pesadas que las sanas y pueden mostrar necrosis avanzada en el endocarpio y las semillas. Los frutos infectados se cubren con un crecimiento fúngico blanco que se vuelve cremoso, tostado y luego marrón claro. Con el tiempo se secan y se convierten en momias duras, parcialmente cubiertas con restos del crecimiento fúngico (CABI, 2012). Por ello se enfatiza la importancia de eliminar los órganos afectados por el hongo antes de que se desarrollen los cuerpos fructíferos, con el fin de prevenir la producción y dispersión de esporas y la determinación del momento adecuado para esta eliminación debe adaptarse a las condiciones específicas de cada zona, siendo óptimo realizar la remoción de los órganos enfermos tan pronto como sean identificados (Marín, 2000).

2.2.2.2. Epidemiología

Las esporas se liberan con facilidad de las mazorcas en respuesta a diversos estímulos físicos y son transportadas por la acción del viento. Se ha planteado que la movilización y supervivencia de estas esporas se ven restringidas tanto por su peso como por su sensibilidad a la radiación solar. Los frutos afectados se secan aproximadamente tres meses después, pero persisten unidos al tronco en forma de momias durante un período prolongado. Estas momias constituyen la principal fuente de inóculo y es responsable de la generación de nuevas infecciones durante los intervalos entre los ciclos de producción de cacao (Phillips, 2003). Según CABI (2012), las esporas en el ciclo de vida germinan cuando se encuentran en una fina capa de agua sobre los frutos de cacao, penetrando directamente en ellas. Para completar la mayoría de las infecciones, estas esporas requieren varias horas de humedad. Desde el momento de la infección hasta que aparecen los síntomas externos, transcurre un período de entre 3 y 8 semanas, que principalmente depende de la edad de la vaina. *M. royeri* tiene la capacidad de originar hasta 7 000 millones de esporas que se dispersan por el viento durante un período de nueve meses en un solo fruto.

Una vez que el hongo *M. royeri* se establece en una plantación de cacao, su dispersión y la infección de nuevas vainas ocurren durante todo el año, dependiendo del clima y la respuesta de los árboles en cada región. La alta incidencia de infecciones nuevas se da cuando coinciden el fuerte cuajado de las vainas, el clima cálido y lluvioso y la presencia de frutos momias con esporas maduras. Las esporas transportadas por el aire germinan en vainas húmedas en horas, generalmente durante la noche. La enfermedad se acelera al infectar más vainas jóvenes si continúan los ciclos de floración y cuajado. La precipitación tres a cuatro meses antes está relacionada con el porcentaje de vainas sintomáticas y temperaturas de 20 - 27

°C favorecen la enfermedad (Leandro et al., 2017). En regiones con estación seca la enfermedad disminuye con la reducción de las lluvias. Por otro lado, las vainas infectadas en el suelo también liberan esporas, pero se vuelven inmobilizadas y menos efectivas con el tiempo. *M. royeri* crece en temperaturas de 18 - 30 °C y se adapta a los trópicos húmedos, lo que limita su distribución geográfica a las áreas de producción de cacao, pero existe un riesgo de propagación a nuevas áreas de cultivo de cacao en desarrollo (CABI, 2012).

2.2.3. *Phytophthora* sp. (Pudrición parda)

Se trata de una enfermedad ocasionada por el hongo *Phytophthora* sp., que afecta diversas partes del cacao, incluyendo las raíces, hojas, tallos, frutos y ramas. En el cacao, se han reportado siete especies patógenas: *Phytophthora palmivora*, *Phytophthora megakarya*, *Phytophthora capsici*, *Phytophthora citrophthora*, *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*, *Phytophthora megasperma* y *Phytophthora arecae*. Este género se encuentra distribuido en todo el mundo y las especies predominantes varían según la región geográfica y el huésped involucrado (ICA, 2012). Esta enfermedad es típica de las regiones donde se cultiva cacao y tiene un impacto significativo en la producción a nivel global, causando pérdidas considerables que pueden alcanzar hasta un 30 %. En ciertos países de América y África central, estas pérdidas pueden ser aún más graves, llegando a alcanzar hasta un 80 % (Paulin et al., 2008; Ramírez et al., 2011).

2.2.3.1. Sintomatología

Los síntomas de la enfermedad varían dependiendo de la parte de la planta afectada:

- En las plántulas de vivero, es común la presencia de la especie *Phytophthora palmivora*. Este patógeno provoca la sequedad de las hojas y los tallos, inicialmente dando la impresión de quemaduras. Esto ocurre en ambientes con alta humedad y poca ventilación, especialmente cuando durante el riego se salpican partículas de suelo hacia el follaje (ICA, 2012).
- En los frutos, la infección comienza en la cáscara de la mazorca, dando lugar a manchas decoloradas que posteriormente adquieren un color chocolate o negro. A diferencia de la monilia, estas manchas presentan límites bien definidos. Pueden ubicarse en los extremos o en el centro de la mazorca y avanzar desde el exterior hacia el interior, causando

una pudrición acuosa. En mazorcas mayores de tres meses, la infección se origina en la punta o en el extremo del pedúnculo que conecta la mazorca. A pesar de la infección inicial en la cáscara, los granos de las mazorcas afectadas permanecen sanos durante varios días. El patógeno se manifiesta como una pelusa blanquecina en la superficie de la mazorca, donde posteriormente se desarrolla la masa de zoosporas. Finalmente ocurre la decoloración, la pudrición de las almendras, el ennegrecimiento y momificación de las mazorcas. Los frutos que sufren mayores impactos son aquellos ubicados en la parte inferior de las plantas en proximidad al suelo (Sánchez et al., 2015).

- En las raíces, se produce un proceso de necrosis que se presenta como una mancha de color marrón. Cuando esta afectación abarca todo el perímetro de la raíz, el resto de la raíz se seca interrumpiendo la absorción de nutrientes y agua, lo que lleva a la muerte del árbol (ICA, 2012).

- En los troncos, se caracteriza por la aparición de una zona necrótica de color marrón en la corteza que la rodea. Al raspar la superficie de la corteza afectada, el tejido expuesto cambia de una consistencia acuosa a pegajosa y adopta un color opaco, que va desde el gris parduzco hasta el rojizo claro. La necrosis no se desarrolla más allá de la capa del leño y cuando el hongo afecta toda la circunferencia del tronco, causa la muerte completa del árbol (ICA, 2012).

2.2.3.2. Epidemiología

La epidemiología de esta enfermedad está influenciada por factores ambientales y climáticos. El proceso de infección comienza en condiciones de alta humedad relativa y temperaturas más frescas. Por ejemplo, las temporadas de lluvias son propicias para la liberación y dispersión de las zoosporas. Además, la propagación de la enfermedad se ve favorecida en situaciones específicas: Cuando la lluvia provoca salpicaduras, permitiendo que el patógeno aproveche el inóculo presente en la superficie para afectar a los frutos próximos al suelo. La escorrentía del agua arrastra las zoosporas, lo que facilita la dispersión del patógeno. El viento también puede movilizar las zoosporas que se encuentran atrapadas en pequeñas gotas de agua, contribuyendo así a la transmisión de la enfermedad. El inicio de la enfermedad se produce en condiciones óptimas de humedad, donde las zoosporas que son estructuras móviles de vida corta se liberan. Estas condiciones incluyen la presencia de agua libre y temperaturas dentro del rango de 15 a 38 °C (ICA, 2012).

2.3. Métodos de combate de las enfermedades

El manejo de enfermedades en plantaciones de cacao se lleva a cabo mediante diversas técnicas entre las cuales se incluyen: (1) La aplicación de productos químicos, aunque presenta desventajas debido a su elevado costo y posibles impactos ambientales; (2) Estrategias biológicas, como el empleo de micoparásitos y la inducción de resistencia, que representan alternativas novedosas pero requieren una mayor investigación; (3) Prácticas de manejo fitosanitario como la poda, que influye en la productividad, destacándose la implementación de cultivos mixtos, sistemas agroforestales y medidas de saneamiento en las plantaciones de cacao (Meneses et al., 2019) y (4) Resistencia genética, que busca introducir en las fincas renovaciones en el material genético con características deseables como tolerancia a enfermedades, rendimiento, calidad y producción. Estas estrategias ofrecen alternativas para reducir la incidencia de enfermedades y acrecentar la producción (Arciniegas, 2005).

Según Arévalo et al. (2004), el enfoque del manejo integrado de las enfermedades (MIE) en Perú y otros países involucra la combinación oportuna de varias estrategias, incluyendo la fertilización equilibrada, prácticas de manejo como podas, la eliminación regular de frutos enfermos, el deschuponado, el control de malezas y el uso de agentes de biocontrol del género *Trichoderma*. Asimismo, se ha considerado el uso de productos químicos basados en cobre. Sin embargo, el manejo agronómico llevado a cabo por cada uno de los agricultores también juega un papel decisivo en el aumento o disminución del inóculo de las enfermedades (Ortega, 2006). También se destaca que las diferencias en la frecuencia de enfermedades se atribuyen a la considerable variabilidad genética en el comportamiento de los clones frente a las principales enfermedades. Este fenómeno persiste a pesar de que todos los clones comparten condiciones similares en términos de densidad de siembra y prácticas de manejo, como la remoción de frutos cada 15 días y técnicas de poda fitosanitaria (Padilla, 2014; Ríos, 2004).

2.4. Grupos genéticos del cacao en la actualidad en el Perú

En el ámbito global, se encuentran diversas variedades de cacao, inicialmente limitadas a dos categorías: criollo y forastero. Sin embargo, la combinación de estas dos especies resultó en el trinitario y a través de cruces sucesivos entre ellos, se generaron las múltiples variantes de cacao que son reconocidas y empleadas en la actualidad (Motamayor et al., 2002). Luego en un estudio realizado por Motamayor et al. (2008), donde se emplearon

marcadores moleculares, concretamente 106 microsatélites, en un conjunto de 1241 accesiones con el fin de investigar la diversidad genética del cacao, donde los resultados llevaron a una redefinición de la clasificación del germoplasma de cacao, proponiendo una nueva división en 10 grupos o clúster. Estos grupos eran: Marañón, Curaray, Criollo, Iquitos, Nanay, Contamana, Amelonado, Purús, Nacional y Guiana, por lo que sustituyeron a la anterior división de tres grupos.

En la actualidad un estudio realizado por Thomas et al. (2023), en el que realizaron una caracterización genética utilizando 308 marcadores SNP, que incluyó 3413 muestras propias, así como 323 muestras representativas de los diez grupos genéticos descritos por Motamayor et al. en 2008. Todos los grupos genéticos encontrados por Motamayor, excepto Guianas, están presentes en el Perú, ya sea de forma silvestre o a través de la introducción de material genético híbrido o puro. Como resultado, en la actualidad se dispone de múltiples grupos genéticos de cacao en sus centros de diversidad y domesticación con la gran mayoría de ellos presentes en Perú. Estos grupos genéticos representan una combinación de tres orígenes predominantes: el origen natural, el origen humano (cultivares) y grupos que son una mezcla de ambos. Los resultados de la investigación sobre la clasificación del cacao se presentan en grupos genéticos de cacao silvestre, cultivares tradicionales y cultivares modernos en el Perú.

Los grupos genéticos identificados en la investigación por Thomas et al. (2023) incluyen:

2.4.1. Grupos genéticos de cacao silvestre y cultivares tradicionales nativos del Perú

1. Iquitos: Este grupo tiene una amplia distribución en Loreto y se encuentra también en Ecuador, Colombia y Brasil. Se distribuye en el departamento de Loreto.

2. Loreto: Este grupo genético tiene una distribución similar a Iquitos, sugiriendo un movimiento de material genético entre ellos.

3. Nauta: Este grupo se encuentra en Nauta, la capital de la provincia de Loreto, y su distribución es relativamente confinada.

4. Ticuna: Este grupo está relacionado con el pueblo indígena Ticuna, pero se necesita un muestreo más exhaustivo para comprender su origen.

5. Nanay: Este grupo se encuentra principalmente en Loreto, y también se hallaron muestras en Ucayali y Huánuco, como el Pound 7.

6. Amelonado Catongo: Este grupo es considerado un cultivar tradicional y se cree que tuvo su origen en la zona fronteriza entre Perú, Colombia y Brasil.

7. Marañón: Se relaciona con la cuenca del río Marañón y se encuentra en Loreto, pero se detectaron diferencias en su composición genética.

8. Contamana: El grupo original agrupa mucha más diversidad de la que se pensaba y se identificaron subgrupos como Chuncho y Madre de Dios.

9. Scavina: Un subgrupo netamente peruano de Contamana, pero con una presencia limitada en el estudio.

10. Requena: Este grupo se encuentra restringido al río Ucayali Bajo en el tramo antes de la unión con el río Marañón.

11. Cajamarca - Amazonas: Asociado a los grupos Blanco y Gran Blanco de Piura, podría representar un cultivar antiguo con una larga historia en la región.

12. Blanco de Piura: Relacionado con el grupo Cajamarca-Amazonas, es conocido por sus granos blancos y cualidades sensoriales distintivas.

13. Huallaga: Tiene una distribución amplia y se cree que fue introducido desde Huánuco en diferentes partes del país.

14. Satipo - VRAE: Está relacionado con el grupo Huallaga y representa un grupo genético menos estable.

15. Chuncho: Un cultivar antiguo único en el mundo con una amplia diversidad de variedades y cualidades sensoriales notables.

16. Madre de Dios: Se relaciona con el cacao Chuncho y el cacao Nacional boliviano y es un grupo diverso con frutos pequeños.

17. Purús Perú: Es un grupo genético recientemente descubierto con posibles cualidades de cacao fino de aroma.

2.4.2. Grupos genéticos de cacao silvestre y cultivares tradicionales no nativos con presencia en el Perú

18. Nacional: A pesar de estar relacionado con otros grupos, se encuentra en Tumbes principalmente debido a la influencia ecuatoriana.

19. Curaray: Su presencia en el Perú es débil y está relacionado con materiales introducidos como híbridos.

20. Criollo: Originalmente de Centroamérica y el norte de Colombia y Venezuela, su presencia en el Perú se debe a genotipos de cacao Trinitario introducidos.

21. Purús: Se identificó una presencia notablemente baja de este grupo en el territorio peruano, con la detección de individuos en la región de Madre de Dios que mostraron una afinidad al grupo de no más del 30 %.

2.4.3. Cultivares Modernos

22. Gran Blanco de Piura: Un cultivar moderno altamente productivo con granos blancos y perfiles sensoriales distintivos.

23. CCN-51 cultivar: Notorio en el Perú por su precocidad y alta productividad, aunque su composición genética puede variar.

24. ICS-1 cultivar: Surge a partir de la combinación genética del genotipo ICS-1, que fue importado de Trinidad y Tobago, con variedades de cacao que poseen composiciones genéticas diversas.

25. ICS-6 cultivar: Similar al ICS-1, es un cultivar moderno derivado del genotipo ICS-6.

26. ICS-95 cultivar: Al igual que ICS-1 y 6, es el resultado de la recombinación del genotipo ICS-95 con otros cacaos de diferente composición genética.

27. IMC-67 cultivar: Aunque se usa ampliamente en el Perú, su origen es incierto y el genotipo original colectado por Pound como IMC-67 es progenitor de híbridos.

28. VRAE-15 cultivar: Producido en la región de VRAE, es un híbrido entre ICS-1, IMC-67 y los grupos Scavina y Huallaga-Satipo-VRAE.

29. VRAE-99 cultivar: Similar al VRAE-15, es un híbrido entre ICS-1 y los grupos Scavina y Huallaga Satipo-VRAE.

30. CYP-99 cultivar: El análisis genético lo sitúa como un 84 % cultivar CCN-51 y un 16 % Nanay, como resultado de un proceso de polinización abierta llevado a cabo en el campo del agricultor Yopla en Pucalpillo, San Martín. Sus progenitores son desconocidos.

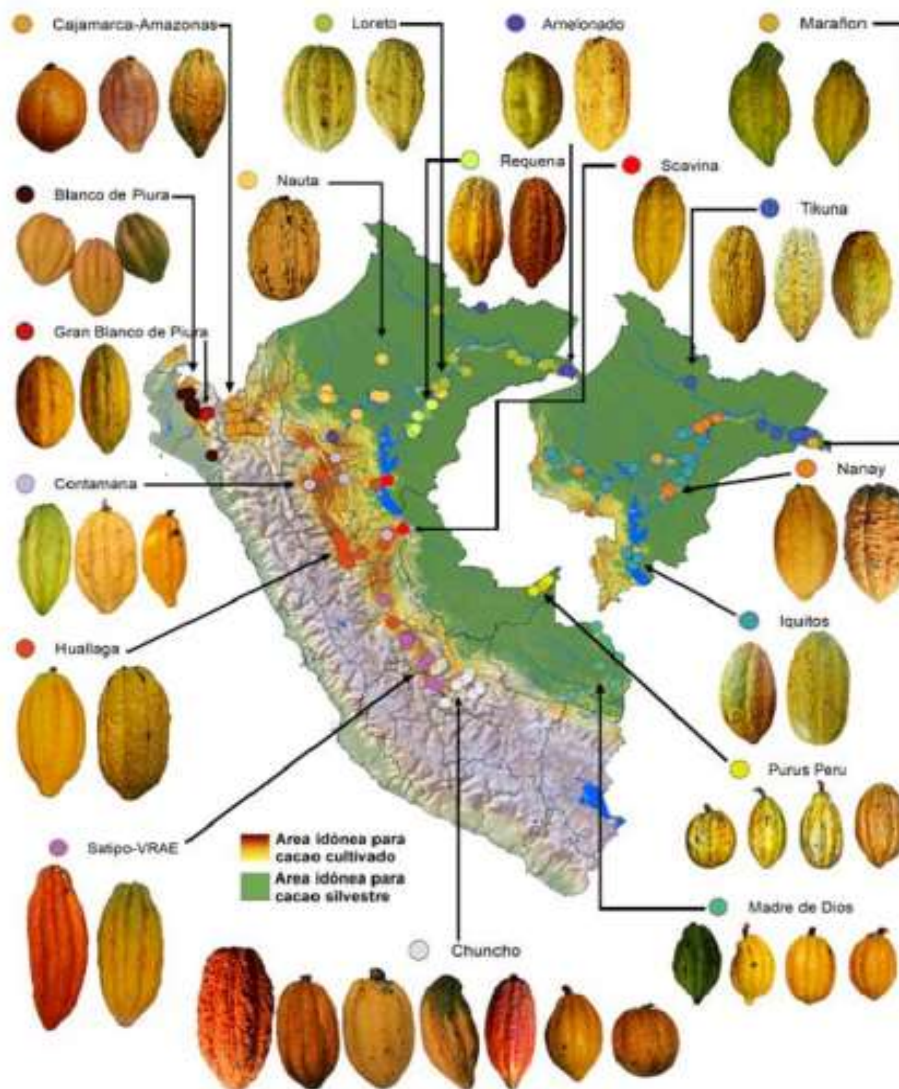


Figura 1. Distribución de los grupos genéticos que representan poblaciones de cacao silvestre y cultivares tradicionales (Thomas et al. 2023).

2.5. Cultivar moderno CCN-51

Se trata de una variedad de cacao que ha sido clonada mediante injertos y tuvo su origen en Ecuador, a través de la hibridación de los clones ICS-95 e IMC-67. Después de una serie de investigaciones, el agrónomo Homero Castro Zurita logró en 1965 el desarrollo del cacao clonal conocido como CCN-51, que toma su nombre de Colección Castro Naranjal (Mijail, 2010). Siguiendo el estudio de Espinosa et al. (2006), se puede describir al CCN-51 como el clon de cacao con las siguientes características sensoriales: posee un sabor que combina dulzura, acidez, astringencia y un nivel moderado de amargura y se reconoce como el clon de cacao de mayor productividad a nivel global.

Según Mijail (2010), se identifican las siguientes atribuciones del cacao CCN-51: se trata de un cultivar de desarrollo temprano que inicia su producción a los 24 meses, sus vainas presentan una morfología elíptica con semillas cilíndricas y púrpura, exhibiendo un color rojizo morado en estado tierno y una tonalidad rojizo-anaranjada en su madurez. Este cultivar exhibe un rendimiento potencial de hasta 48 semillas por mazorca, 21 mazorcas por kilogramo de cacao, 1,4 gramos por almendra, un promedio anual de 57 frutos por árbol y una producción de 2,5 kilogramos de semilla seca por árbol al año. Este cacao es de alta productividad, por lo general es tolerante tanto a *Ceratocystis* sp. (Mal de machete), como a *Moniliophthora perniciosa* (Escoba de bruja) y *Moniliophthora roreri* (Moniliasis), no obstante, presenta susceptibilidad a *Phytophthora* sp. (Pudrición parda) (Mejía y Argüello, 2000, Mejía, 2008, García, 2010; Armando, 2016). Este clon según investigaciones revela que la capacidad de tolerancia a la escoba de bruja se atribuye a diversos mecanismos. La primera línea defensiva está constituida por metabolitos y proteínas generados a partir de tricomas abundantes en su filoplano. Además, se destacan las respuestas anatómicas de resistencia que actúan como barreras contra la invasión del patógeno (Almeida et al., 2017).

El clon CCN-51 y el clon ICS-95 exhiben una disposición divergente debido a las diferencias en el ángulo de inserción de sus ramas principales con respecto al eje perpendicular al suelo (Tronco). En el caso del CCN-51, las ramas presentan ángulos que oscilan entre 55° y 60°, dando lugar a un dosel estrecho con un follaje denso. Por otro lado, en el ICS-95 los ángulos de inserción varían de 25° a 35°, resultando en un dosel más amplio con una menor densidad de follaje. Esta diferencia es de suma importancia para la producción, ya que asegura la captación eficiente de radiación en el dosel, contribuyendo al equilibrio entre el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta (Leiva et al., 2019). Al mismo tiempo, este clon demuestra su capacidad de adaptación en prácticamente todas las regiones tropicales, incluso en altitudes de hasta 1 000 msnm (MINAGRI, 2016). Esta variedad es autocompatible en su capacidad de fructificación, ya que no depende de la polinización cruzada. Además, destaca por su notable contenido de grasa, alcanzando un 54 %, lo que lo convierte en un producto altamente demandado en la industria. Sin embargo, se diferencia del cacao fino de aroma al presentar un sabor con notas ácidas y astringentes (Huera, 2018).

Conforme al estudio realizado por Huera (2018), el clon CCN-51 se identifica por su excepcional nivel de producción, llegando, en algunas plantaciones debidamente modernizadas, a sobrepasar los 2 300 kilogramos por hectárea. Además, presenta un índice de

mazorcas de 17,6 por kilo de cacao seco, un índice de semilla de 1,45 gramos por semilla seca y un promedio de 45 semillas por mazorca. Asimismo, García (2010) menciona que el CCN-51 tiene un índice de mazorca de 16, peso seco de semilla de 1,4 g y 44 semillas por fruto. Por otro lado, a pesar de sus características altamente productivas y resistencia a enfermedades, el CCN-51 produce un cacao de baja calidad aromática y de sabores. Así mismo, se suele considerar como una planta de vida corta, que después de 10 años baja su productividad. Con base en el informe del catálogo de cultivares del Perú del año 2012, se pudo constatar que el clon CCN-51 abarcaba un 51,54 % de la superficie total consignada al cultivo de cacao en el país (MINAGRI, 2018).

En los últimos años Thomas et al. (2023) señala lo que comúnmente se denomina CCN-51 en el Perú, en muchas ocasiones ya no corresponde al genotipo original. En cambio, se ha convertido en un cultivar moderno a lo largo del tiempo, ya que ha acumulado segmentos del genoma de diversos grupos genéticos diferentes, como resultado de la reproducción sexual por parte de los agricultores. Pero que, a pesar de esta evolución genética, la huella genética del cultivar CCN-51 sigue siendo lo suficientemente distintiva como para ser considerada como un grupo genético independiente. Además, mencionan que existen árboles locales que se denominan CCN-51 y que aparentemente son el resultado de cruces entre IMC-67 e ICS-1.



Figura 2. Cultivar Moderno CCN-51 (Thomas et al., 2023).

2.6. Cultivar moderno ICS-95

Proveniente de Trinidad y Tobago, esta variedad fue desarrollada por la Imperial College Selection. Presenta una estructura vertical, es autocompatible y se caracteriza por sus mazorcas de color rojo y forma alargada con semillas de tonalidad violeta. En términos de productividad, esta variedad se compara favorablemente con el clon CCN-51. Puede llegar a producir 35 semillas por mazorca, 22 mazorcas por kilogramo de cacao, 1,3 gramos por almendra, un promedio anual de 60 frutos por árbol y 3,2 kilogramos de semillas secas fermentadas por árbol al año. Este cultivar es resistente a *Moniliophthora roreri* (Moniliasis), tolerante a *Moniliophthora perniciosa* (Escoba de bruja), moderadamente resistente a *Phytophthora* sp. (Pudrición parda), pero susceptible a *Ceratocystis* sp. (Mal de machete) y *Rosellinia* sp. (Pie negro) (García, 2010). Se sugiere una altitud que oscile entre 100 – 1 200 msnm para esta variedad (Mejía y Argüello, 2000; Mejía, 2008). Por otro lado, Thomas et al. (2023) señalan que este cultivar moderno se ha desarrollado a partir de la recombinación del genotipo ICS-95 que era un cruce entre los grupos cultivar Criollo y Amelonado. Esta recombinación no ocurrió por selección directa, sino que fue el resultado de la reproducción sexual entre cacaos con diferentes composiciones genéticas, llevada a cabo por los agricultores.



Figura 3. Cultivar moderno ICS-95 (Thomas et al., 2023).

2.7. Cultivar moderno CYP-99

Recientemente la Colección Yopla Pucalpillo (CYP) ha ganado relevancia en las plantaciones ubicadas en las regiones de San Martín, Huánuco y Ucayali. Su creciente popularidad se debe principalmente a su capacidad para madurar tempranamente, lograr una alta productividad y ofrecer una calidad sensorial que resulta particularmente interesante. En el análisis genético ha revelado que el 84 % de su composición genética corresponde al cultivar CCN-51, mientras que el 16 % restante se atribuye al grupo genético Nanay. Este cultivar se originó a partir de la polinización abierta que ocurrió en los campos del agricultor Yopla en Pucalpillo, San Martín. Sin embargo, aún no se ha logrado determinar con precisión cuáles fueron los progenitores exactos que contribuyeron a su formación, lo que plantea interrogantes sobre su historia genética (Thomas et al., 2023).



Figura 4. Cultivar moderno CYP-99 (Thomas et al., 2023).

2.8. Estudios relacionados

Una investigación realizada por Maas et al. (2013) en Indonesia se centró en los murciélagos y aves que influyen en el rendimiento de los cultivos en sistemas agroforestales de cacao. Este estudio fue pionero, ya que por primera vez se implementó un experimento de exclusión que controló el acceso de aves y murciélagos durante el día y la noche, además de una exclusión total en un sistema de agrosilvicultura de cacao. A lo largo de un período extenso de 15 meses, se evaluaron diversas variables como las poblaciones de insectos, el desarrollo de

las frutas y el rendimiento del cultivo. Los resultados del estudio revelaron que la exclusión de aves y murciélagos condujo a un aumento significativo en la población de insectos herbívoros, a pesar de la presencia simultánea de depredadores intermedios, como hormigas y arañas. Este incremento en los herbívoros tuvo un impacto negativo en el desarrollo de las frutas, lo que finalmente se tradujo en una disminución sustancial del rendimiento del cultivo, llegando hasta un 31 % de reducción en la producción. Este efecto se observó tanto a nivel local en función de la cobertura de sombra, como a nivel de paisaje, dependiendo de la distancia a la zona primaria del bosque. Por otro lado, se discuten limitaciones comunes y opciones para mejorar la planificación y ejecución de estudios de exclusión, promoviendo enfoques más comparables y transferibles (Maas et al., 2019).

Asimismo, Maas et al. (2015) investigaron los servicios de depredación de aves y murciélagos en bosques tropicales y paisajes agroforestales con el fin de comprender las interacciones entre murciélagos y aves en la supresión de plagas de artrópodos y los servicios ecosistémicos. Los resultados muestran diferencias en la comunidad de aves y murciélagos al pasar de bosques a hábitats forestales que incluyen áreas agrícolas. Contrariamente a las creencias anteriores, ambos reducen la densidad y la biomasa de artrópodos de manera similar en regiones templadas. La influencia relativa de aves y murciélagos varía según la temporada, la ubicación y las prácticas de manejo. Ambos pueden suprimir brotes de artrópodos tropicales, aunque no siempre benefician el crecimiento de las plantas. Además, se enfatiza la importancia de conservar la cobertura vegetal nativa alrededor de las plantaciones de cacao para promover la biodiversidad y la productividad (Maas et al., 2018).

Por otro lado, Cassano et al. (2016) realizaron un experimento en plantaciones de cacao con sombra en el noreste de Brasil, donde se excluyó a murciélagos y aves para evaluar su impacto en los artrópodos y el daño a las hojas de cacao. La exclusión de aves aumentó el daño a las hojas, mientras que la exclusión de murciélagos aumentó la abundancia de artrópodos. La exclusión simultánea de aves y murciélagos aumentó la abundancia relativa de arañas y redujo el daño a las hojas. Los niveles de sombra no influyeron significativamente en los efectos observados. Estos resultados sugieren que la conservación de murciélagos y aves en paisajes agroforestales es fundamental para el control de plagas.

Gras et al. (2016) en su investigación examina cómo las hormigas, los pájaros y los murciélagos influyen en el rendimiento del cacao con gradientes de sombra en sistemas agroforestales en Indonesia descubriendo que, en los tratamientos de control el rendimiento fue

mayor con una cobertura de dosel del 30 al 40 %. La exclusión de hormigas redujo significativamente el rendimiento de 600 a 300 kg/ha/año a una cobertura de dosel del 15 %. La exclusión de aves perjudicó el rendimiento de 400 a 250 kg/ha/año al 60 % de cobertura y lo mejoró de 600 a 900 kg/ha/año al 15 % de sombra, mientras que los murciélagos no tuvieron efecto. Además, La proximidad del bosque aumentó el rendimiento independientemente del acceso de depredadores.

En un estudio de campo realizado en los bosques templados de los Estados Unidos, se investigó el impacto de los murciélagos insectívoros en la densidad de insectos y la defoliación de árboles. Para ello, se excluyeron murciélagos de 20 parcelas forestales durante tres veranos, mientras se mantenían parcelas de control sin exclusión. En las parcelas sin murciélagos, la densidad de insectos fue tres veces mayor y la defoliación de las plántulas fue cinco veces mayor en comparación con las parcelas de control y los murciélagos tenían un impacto en la defoliación tres veces más en los robles que los nogales (Beilke y O'keefe, 2022).

En agrobosques de cacao en África central y occidental, para evaluar el papel de aves y murciélagos en la supresión de plagas Ferreira et al. (2023) realizaron un experimento de exclusión durante 12 meses, bajo una alta sombra del 90 %, los árboles de cacao de los cuales se excluyeron vertebrados voladores mostraron una disminución significativa, con 3,9 veces menos flores y 3,2 veces menos mazorcas grandes en comparación con los árboles de control. Los beneficios de las aves y murciélagos se observan con niveles de sombra superiores al 50 %, especialmente en términos de mitigación del cambio climático. En contraste, cuando la sombra era baja alrededor del 10 %, se observó un patrón opuesto: los árboles excluidos presentaban 5,2 veces más flores y 3,7 veces más vainas grandes en comparación con los árboles de control, lo que se tradujo en un ahorro estimado promedio de \$ 796 por hectárea. Los hallazgos resaltan la importancia de gestionar la sombra en los agrobosques de cacao para maximizar los servicios de supresión de plagas proporcionados por aves y murciélagos.

Un estudio en agrobosques de cacao en Perú evaluó la diversidad de aves y murciélagos en relación con la distancia y la estación en paisajes de bosque seco tropical. Se observó que la abundancia de aves insectívoras y la riqueza de especies aumentaron con la distancia al bosque durante la temporada seca. Para los murciélagos se encontraron más especies en agrobosques ubicados más lejos del bosque, independientemente de la estación. Estos hallazgos destacan el valor de los agrobosques de cacao como hábitats alternativos para

aves insectívoras y murciélagos en paisajes de bosque seco tropical, especialmente durante la temporada seca (Ocampo et al., 2022).

En un experimento en el noroeste de Perú (Piura), se excluyeron insectos voladores, hormigas, aves y murciélagos de los árboles de cacao para evaluar su contribución a la productividad del cacao. Se observó que el cuajado de frutos disminuyó de 1,7 % a 0,3 % cuando se excluyeron insectos voladores y aumentó en áreas con una cobertura de sombra intermedia (40 %) en comparación con alta sombra (más del 80 %). Los rendimientos de cacao se duplicaron (con un incremento del 114 %) cuando tanto las aves como los murciélagos tenían acceso a los árboles, alcanzando $331,2 \pm 62,9$ kg por hectárea. En comparación, bajo la exclusión total de vertebrados los rendimientos fueron significativamente menores, con $153,6 \pm 27,7$ kg por hectárea, posiblemente debido al aumento en la población de artrópodos que se alimentan de polinizadores o herbívoros de flores. Aunque las hormigas se asociaron con la pérdida de frutos, también se observaron aumentos de rendimiento en agroforestales cercanos al bosque (Vansynghel et al., 2022).

Además, otra investigación en el biocontrol realizado por aves y murciélagos en cultivos de cacao en Perú aumentó el rendimiento en un 118 %, lo que se tradujo en beneficios económicos de aproximadamente \$ 959 por hectárea por año para los agricultores. Además, aves y murciélagos redujeron la depredación por hormigas y otros artrópodos, pero contribuyeron al control de plagas como pulgones y cochinillas. La depredación de artrópodos por aves y murciélagos, en lugar de la mesopredación por artrópodos, fue el principal impulsor del aumento del rendimiento del cacao (Van Bael et al., 2007). Para mantener estos beneficios y reducir los perjuicios de otros taxones en los agrobosques de cacao, se recomienda la preservación de árboles de sombra y bosques adyacentes en los paisajes agroforestales (Ocampo et al., 2023).

Morón (2018) en evaluaciones de enfermedades en una plantación de CCN-51 en Tingo María encontró incidencias de las tres enfermedades principales en frutos cosechados, alcanzando un 15,11 %, removiéndose en promedio 5,7 frutos verdes enfermos por planta, también encontró que la pudrición parda alcanza el mayor porcentaje con 5,43 %, seguido por la escoba de bruja y la monilia con un 3,11 % y 2,90 %, respectivamente. Asimismo, reportó daños de hasta un 38,7 % por *Carmentia*. Alomia et al. (2021) indican un promedio de infestación del 68,59 % por *Carmentia*, destacando la mayor susceptibilidad del clon CCN-51 e ICS-95 a la polilla, mientras que las variedades criollas muestran una mayor tolerancia.

En otras investigaciones, se ha informado que el clon CCN-51 e ICS-95 exhiben una menor incidencia de escoba de bruja, con promedios de 0 y 0,65 en cojines (Carvajal, 2020). Además, en evaluaciones de 20 plantas de cacao (accesiones) solo cuatro de ellas no presentaron incidencia de escoba de bruja en frutos, cojines florales y brotes (Fernández, 2018), mostrando diferencias en la reacción entre plantas frente al hongo. Igualmente se destacan agentes de control biológico como *Trichoderma* sp., que muestran considerables porcentajes de inhibición en el desarrollo de *M. pernicioso*. Este hongo, siendo un simbiote natural del cacao, despliega actividad micoparásita mediante la producción de diversos metabolitos y tiene la capacidad de competir con el patógeno por recursos y espacio, lo que resulta en la inducción de un cierto grado de resistencia en la planta (Tirado et al., 2016).

Cuellar (2021) en Colombia reporta incidencias de enfermedades en frutos de cacao del 11 % en el departamento de Huila. En ICS-95, Flores (2011) en la provincia de Tocache reporta una incidencia de solo 1.04% y evidenció rendimientos de 2 728,9 kg/ha para el CCN-51 y 1 147,5 kg/ha para el ICS-95.

En estudios sobre la diseminación de la moniliasis se menciona que puede incrementar debido al aumento de un posible vector, como el chinche *Antiteuchus* spp. y *Halys* sp. (Gómez y Ramos, 2005), aunque no existen datos experimentales que respalden esta afirmación. Estos chinches viven en colonias, tanto las ninfas como los adultos evitan la exposición excesiva a la radiación solar (Castillo et al., 2020) por lo que buscan principalmente refugiarse en la base del pedúnculo de los frutos, aunque se pueden encontrar en cojines florales, hojas, tallos y brotes tiernos; succionando la savia del pedúnculo del fruto y la base de la mazorca (Reyes y Capriles, 2000; Mendoza, 2022) introduciendo toxinas en el proceso y como consecuencia de esta alimentación contribuyendo a la propagación de enfermedades (Valarezo et al., 2012). Además, se han reportado que, al succionar la savia del pedúnculo de los frutos de cacao afecta negativamente la longitud, peso del fruto y peso de las almendras, dando lugar a pérdidas que pueden alcanzar hasta el 22,24 % en el rendimiento en la región San Martín (Quintos, 2018).

Las condiciones ambientales como la mayor precipitación podrían crear un ambiente más húmedo y propicio para el desarrollo de insectos que se alimentan de flores, influyendo en la dinámica de poblaciones, tasa de reproducción y sobrevivencia (Baltazar, 2016; Vásquez, 2011). Por el contrario, una menor precipitación podría limitar la disponibilidad de agua en el entorno, lo que podría tener un efecto negativo en la población de insectos

(Vásquez et al. 2020). De esta manera se observaron pérdidas de frutos en el rango del 31 % al 41 % debido a enfermedades fungosas, coincidiendo con la concentración de la precipitación en el primer cuatrimestre del año (Remache et al., 2020),

Solís et al. (2015), registró porcentajes de incidencia de moniliasis de hasta el 40 % en México y también identificó familias de híbridos con bajos niveles de incidencia de la enfermedad y altos rendimientos de grano por unidad de superficie. Chuquibala (2019) reporta un porcentaje de incidencia de moniliasis en variedades nativas del 20,32 %. La resistencia en los cacaos nativos exhibe una notable variabilidad, como se evidenció en evaluaciones realizadas por Tackacs (2014) en cacaos criollos, donde la incidencia de *Moniliophthora perniciosa* en varas yemeras alcanzó un promedio de 35,13 unidades, en cojines registró un promedio de 20.67 unidades.

El interés creciente en variedades nativas de cacao ha mejorado la visibilidad del producto peruano en el ámbito internacional. Aunque este cacao mostró susceptibilidad, su alta calidad compensa este aspecto (Armando, 2016). Sus atributos organolépticos, con notas de panela, caramelo, chocolate, cítricos, malta y nuez, lo distinguen como un cacao fino de aroma. Estos cacaotales no solo son apreciados por sus características sensoriales, sino también por su contribución a la conservación de la biodiversidad. Debido a la abundante diversidad vegetal que proporcionan hábitats, nichos y alimentos para diversas especies de plantas y animales (Viena, 2020).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en parcelas de cacao de la Cooperativa Agraria Cacaotera Acopagro Ltda. (ACOPAGRO) con coordenadas UTM: Este 313391,03; Norte 9205990,08 y altitud de 271 msnm y la Cooperativa Agraria Cacaotera Choba Choba Ltda. (CoopACCC) con coordenadas: Este 279867,32; Norte 9200661,46 y altitud de 370 msnm, ubicados en el distrito de Juanjuí, provincia Mariscal Cáceres, región San Martín. Durante el periodo setiembre 2022 a setiembre del 2023.



Figura 5. Lugar de ejecución del estudio (Ubicación de las localidades).

3.1.1. Datos climatológicos

Los datos climatológicos que incluyen las temperaturas máximas y mínimas se recopilaban a través de los registradores de datos (data loggers, iButton DS1921G), colocados en cada una de las plantas evaluadas de las 16 parcelas en investigación. Asimismo, los datos de precipitación y humedad relativa para las parcelas de la Cooperativa Acopagro se obtuvieron de la estación climatológica Bellavista (Anexo, Tabla 13) y para las parcelas de la Cooperativa Choba Choba, se tomaron de la estación climatológica Pachiza (Anexo, Tabla 14; <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>). Este proceso de recolección de datos se llevó a cabo desde septiembre de 2022 hasta septiembre de 2023, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos climatológicos registrados para la investigación en las parcelas de Acopagro y Choba Choba, setiembre del 2022 a setiembre 2023.

Fecha	T° Min (°C)		T° Max (°C)		T° Media (°C)		Precipitación (mm)		Humedad Relativa (%)	
	Acopagro	Choba Choba	Acopagro	Choba Choba	Acopagro	Choba Choba	Acopagro	Choba Choba	Acopagro	Choba Choba
15/09/2022	18,77	20,00	36,80	38,00	25,44	26,61	0,00	17,00	72,5	82,4
30/09/2022	19,07	20,12	37,60	41,77	27,12	26,83	73,30	80,00	70,3	79,4
15/10/2022	19,13	20,13	35,20	41,32	25,70	25,83	44,10	124,20	75,2	81,0
31/10/2022	21,25	20,19	35,50	39,13	27,57	26,35	12,50	135,80	73,2	82,5
15/11/2022	19,90	19,69	35,91	38,13	26,63	24,94	10,80	54,00	72,9	83,7
30/11/2022	20,67	20,57	38,70	39,07	26,32	25,94	46,40	106,20	72,6	83,0
15/12/2022	20,07	20,47	35,23	37,87	25,66	25,27	27,60	71,20	74,4	83,3
31/12/2022	21,06	20,66	37,00	35,09	26,96	25,43	9,60	79,20	72,0	83,8
15/01/2023	20,77	21,00	36,67	34,63	26,00	25,12	35,30	172,80	72,1	83,6
31/01/2023	20,50	21,09	35,09	33,69	25,88	24,93	51,70	93,60	72,2	80,5
15/02/2023	21,30	20,97	34,30	32,33	25,74	24,58	20,20	90,30	75,9	78,7
28/02/2023	21,00	21,50	35,19	33,65	26,15	25,20	62,10	158,80	73,0	79,4
15/03/2023	21,40	21,43	33,70	32,93	25,70	24,80	91,90	175,20	72,6	79,7
31/03/2023	21,19	21,50	31,97	32,19	24,95	24,72	314,60	230,80	77,0	80,9
15/04/2023	21,17	21,07	34,27	32,80	25,12	24,62	86,50	156,90	76,5	80,0
30/04/2023	21,33	21,40	33,50	31,97	25,53	24,77	33,50	36,00	76,9	79,1
15/05/2023	21,13	21,67	36,50	33,40	25,90	25,07	22,00	62,80	74,5	80,0
31/05/2023	21,50	21,78	33,81	32,31	25,45	24,83	13,50	96,90	75,5	79,8
15/06/2023	20,20	21,33	34,03	33,33	25,09	24,79	18,70	29,00	74,2	80,2
30/06/2023	18,53	20,07	36,33	33,27	24,61	24,05	38,10	42,80	74,5	79,4
15/07/2023	19,87	21,13	37,17	35,00	26,06	25,10	0,00	23,70	72,0	79,1
31/07/2023	20,03	20,91	38,19	34,03	25,82	24,65	14,90	51,80	73,5	78,6
15/08/2023	19,37	20,40	36,17	34,63	25,90	24,77	58,80	58,80	72,3	78,4
31/08/2023	20,27	20,72	35,65	40,06	27,09	25,57	55,00	55,00	72,0	79,2
15/09/2023	20,20	20,00	36,00	39,92	26,63	25,61	50,00	87,60	73,8	77,5
30/09/2023	21,40	20,00	37,20	37,20	27,19	26,49	12,00	40,60	72,1	77,1
Promedio	20,43	20,76	35,70	35,68	26,01	25,26	46,27	89,65	73,6	80,4

Fuente: Temperaturas mínimas, máximas y medias tomadas del data loggers puestos en cada planta. La humedad relativa y precipitación fueron tomadas de las estaciones Bellavista y Pachiza.

3.1.2. Zona de vida

Según la clasificación climática de Warren Thornthwaite - SENAMHI (2020), las parcelas pertenecientes a la cooperativa Acopagro se encuentran en una región con un clima semiseco, cálido y húmedo que persiste a lo largo de todo el año. Este tipo de clima abarca solo el 1 % del territorio nacional y se localiza en áreas limitadas de Amazonas, San Martín, Huánuco, Pasco y Junín. En esta zona, las temperaturas máximas oscilan entre 29 °C y 33 °C, mientras que las temperaturas mínimas se sitúan entre 19 °C y 23 °C a lo largo del año. Además, los niveles acumulados de lluvia anual varían entre 900 mm y 1 200 mm.

Las parcelas de la cooperativa Choba Choba se sitúan en una zona con un clima lluvioso, cálido y húmedo a lo largo de todo el año. Este tipo de clima abarca aproximadamente el 20 % del territorio nacional y se distribuye en las regiones de Loreto, Ucayali y Madre de Dios, con presencia también en áreas reducidas de Amazonas, San Martín, Huánuco, Pasco y Junín. En esta región, las temperaturas alcanzan máximas entre 31 °C y 33 °C, mientras que las mínimas varían de 21 °C a 23 °C a lo largo del año. Adicionalmente, se registra una acumulación anual de lluvias que oscila entre 2 000 mm y 3 500 mm.

3.2. Material y métodos

3.2.1. Selección de parcelas y plantas

Se llevó a cabo la evaluación de 16 parcelas productivas de cacao, el tamaño de las parcelas comprendía entre 0,5 a 2,48 ha, con densidades de siembra comparables (3 x 3 m) que variaban en la diversidad de árboles de sombra (árboles forestales y leguminosas), cobertura de sombra (20,4 - 90,3 %), edad (6 a 25 años), manejo (de acuerdo con las labores agronómicas de cada cooperativa) y distancias geográficas (distancia entre parcelas de al menos 500 m). Las parcelas son manejadas por agricultores que practican la agricultura orgánica, sin utilizar insecticidas, herbicidas ni otros productos químicos. En cada una de estas, se seleccionaron ocho plantas experimentales, siendo cuatro plantas que corresponden a los clones CCN-51 o ICS-95 o CYP-99 y cuatro plantas nativas (se considera “nativos” a todas aquellas plantas que han sido propagadas por semilla botánica de origen desconocido o híbrido local). En caso de que en la parcela no existiera cacao nativo se seleccionó cuatro plantas adicionales de alguno de los clones (CCN-51, ICS-95 o CYP-99). En total se seleccionaron 128 plantas que correspondieron a ocho socios de la Cooperativa Agraria Cacaotera Choba Choba y ocho a la Cooperativa Agraria cacaotera Acopagro, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Códigos de ubicación de las parcelas y socios seleccionados de las dos cooperativas para el trabajo de investigación.

Código parcela	Cooperativa	Localidad	Nombre del propietario	Número de jaulas			
				CCN-51	ICS-95	CYP-99	Nativo
A07	Acopagro	Dos unidos	Dante Luis Cerron	1	0	0	1
A08	Acopagro	Ledoy	Jose Rodriguez Saavedra	1	1	0	0
A09	Acopagro	Pajarillo	Milena Tuesta Lopez	2	0	0	0
A10	Acopagro	Pajarillo	Aner Perez Ruiz	1	1	0	0
A11	Acopagro	Ledoy	Manuel Panduro Perez	1	0	0	1
A12	Acopagro	Pajarillo	Wilfredo Perez Cruz	1	0	0	1
A13	Acopagro	Dos unidos	Finey Mori	1	0	0	1
A14	Acopagro	Ledoy	Auberto Saldaña Gonzales	1	0	0	1
C06	Choba Choba	Santa Rosa	Jose Caballero Del Aguila	2	0	0	0
C07	Choba Choba	Santa Rosa	Oswaldo Del Castillo Vasquez	1	0	0	1
C08	Choba Choba	Los Llanos	Felipe Barrantes Campo	1	1	0	0
C09	Choba Choba	Los Llanos	Isabell Pisco Fonseca	0	0	2	0
C11	Choba Choba	Santa Rosa	Rosario Caballero Pizarro	0	0	1	1
C12	Choba Choba	Pizarro	Laura Peña Trujillo	1	0	0	1
C13	Choba Choba	Los Llanos	Fre Desvinda Pisco Fonseca	0	1	0	1
C14	Choba Choba	Pucallpillo	Lindley Caballero Mendoza	0	0	1	1
Total de jaulas de exclusión (32)				14	4	4	10

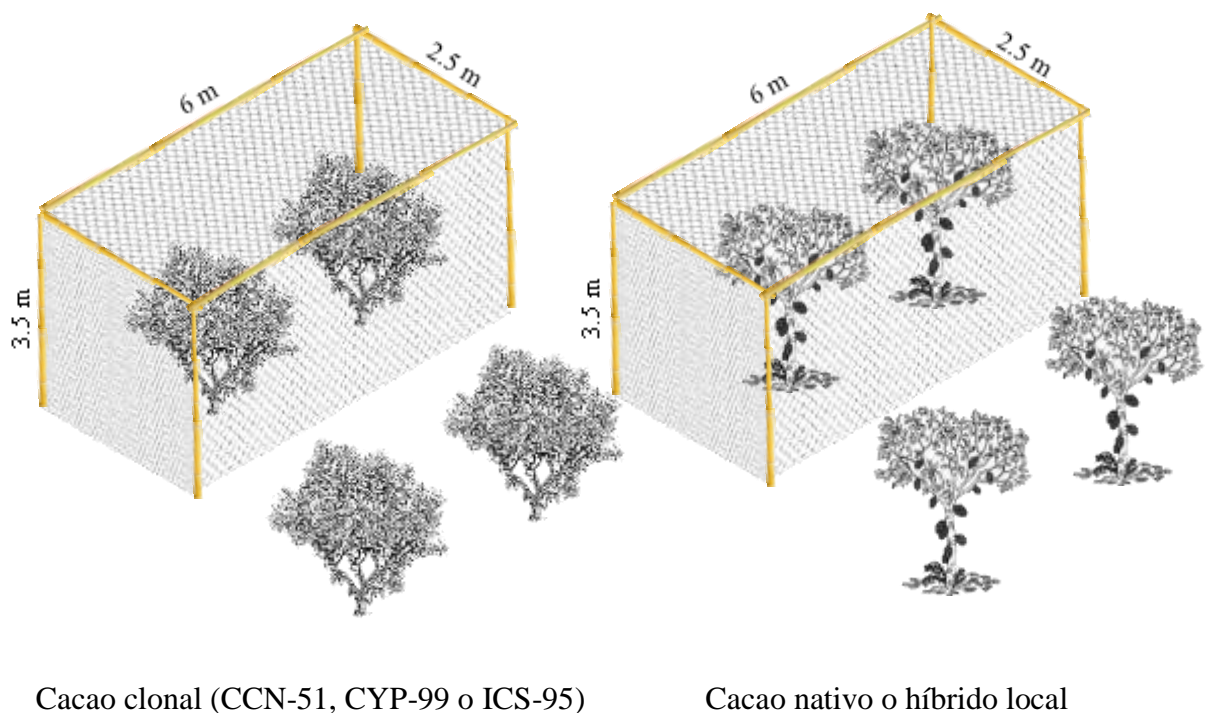
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Labores agronómicas realizadas

Al inicio de la investigación se llevó a cabo la poda de las plantas experimentales como parte del proceso de acondicionamiento, esta poda se efectuó de manera simultánea con la poda general y el control de malezas, siendo realizada por los agricultores en los meses de agosto, setiembre y octubre de 2022. Además, se llevó a cabo un desramillado y la apertura de calles en diciembre de 2022 y enero de 2023. Durante el transcurso del experimento se realizaron dos abonamientos. En la cooperativa Acopagro, se aplicó abono líquido al suelo, siendo el primer abonamiento llevado a cabo antes de la poda general en octubre de 2022 y el segundo en marzo de 2023. Por otro lado, en la cooperativa Choba Choba, se utilizó abono sólido (mezcla de guano de isla, abono de pescado, compost, etc). El primer abonamiento en esta cooperativa también se efectuó antes de la poda general y el segundo tuvo lugar en marzo de 2023. En cuanto al manejo fitosanitario para controlar enfermedades, ambas cooperativas llevan a cabo cosechas periódicas cada 15 días. Durante este proceso se realiza la recolección de frutos enfermos que no solo contribuye al control sino también aprovecha los frutos enfermos para generar abono mediante el compostaje.

3.2.3. Acondicionamiento de las plantas para la exclusión

Cada parcela en estudio constó de ocho plantas, en cuatro de ellas se construyó un armazón de bambú de tipo jaula con dimensiones de 6 m de largo, 2,5 m de ancho y 3,5 m de alto (Figura 6). Estas estructuras fueron posteriormente recubiertas con redes de pesca elaboradas con hilo de monofilamento invisible (0.40 mm) de uso comercial, con un tamaño de malla de 3 cm. Esta estrategia se diseñó con el propósito de impedir el acceso de animales vertebrados a las plantas de cacao, mientras permitía la colonización por artrópodos, posibles insectos plagas y enfermedades. De las cuatro plantas con jaulas dos pertenecían a un clonal y las otras dos eran plantas nativas. Las cuatro plantas restantes se utilizaron como un grupo de control en cada parcela. También, cada tratamiento de exclusión tenía dos árboles de cacao con una altura entre 2 a 3,5 m.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Acondicionamiento de las plantas para el estudio experimental.

3.2.4. Tratamientos en estudio

Se tuvo cuatro tratamientos, con dos repeticiones cada una (cada repetición es una planta), evaluándose 56 plantas de CCN-51, 16 plantas de ICS-95 y 40 plantas nativas en las dos cooperativas, solo habiendo 16 plantas de CYP-99 en la cooperativa Choba Choba,

haciendo un total de 128 plantas y 32 jaulas. En cada parcela se hizo la elección de acuerdo con la Tabla 3 y 4.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos con presencia de cacaos clones y nativos en el presente estudio.

Parcela	Tratamiento	Descripción	N° de repeticiones
X	T1	Planta clonal con exclusión	2
	T2	Planta clonal sin exclusión	2
	T3	Planta nativa con exclusión	2
	T4	Planta nativa sin exclusión	2

En caso de que no se encuentre plantas nativas en la parcela los tratamientos quedaron de la siguiente manera:

Tabla 4. Descripción de los tratamientos solo con presencia de cacaos clones.

Parcela	Tratamiento	Descripción	N° de repeticiones
X	T1	Planta clonal CCN-51 con exclusión	2
	T2	Planta clonal CCN-51 sin exclusión	2
	T3	Planta clonal ICS-95 con exclusión	2
	T4	Planta clonal ICS-95 sin exclusión	2

3.2.5. Diseño estadístico

Mediante software R 4.3.2; se utilizó una regresión lineal generalizada de efectos mixtos (GLMM por sus siglas en inglés) para evaluar cómo la incidencia de enfermedades varía entre: (a) Los experimentos de exclusión y sus controles, (b) Clones de cacao, (c) Porcentaje de sombra, (d) Cooperativa. El GLMM como modelo estadístico, tolera la variabilidad del tamaño muestral, por lo que incluyó la identidad de cada una de las parcelas experimentales como efecto aleatorio, para dar cuenta de la estructura anidada del diseño experimental (ocho plantas de cacao dentro de una misma parcela). Así mismo, el modelo incluyó las posibles interacciones entre las variables predictoras, para evaluar si las diferencias en la incidencia de enfermedades entre clones de cacao cambian de acuerdo con la presencia o ausencia de aves y murciélagos (en este caso sin y con exclusión respectivamente).

La fórmula para dicho modelo será la siguiente:

$$Y_i = a + b + c + d + b*a + b*c + d*a + (1|e) + f$$

Donde:

Y_i = Incidencia de la enfermedad o flores o frutos pequeños dañados en la i ésima planta

a = Experimento de exclusión (con o sin exclusión)

b = Clones de cacao

c = Porcentaje de sombra

d = Cooperativa (Acopagro y Choba Choba)

e = Identidad de la parcela de estudio

f = Error

El IRR es una medida de cuánto cambia la tasa de ocurrencia del evento de interés cuando la variable predictora aumenta en una unidad, manteniendo todas las demás variables constantes en el modelo, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IRR} = e^{\beta}$$

Donde:

IRR es el índice de tasa de incidencia (Incidence Rate Ratios)

β es el coeficiente estimado asociado con la variable predictora X .

e es la base del logaritmo natural (aproximadamente 2.71828).

e^{β} es la exponencial del coeficiente, lo que nos da el IRR.

3.2.6. Parámetros evaluados

3.2.6.1. Evaluación de la incidencia de enfermedades en frutos de cacao

La determinación del nivel de incidencia de enfermedades en los frutos de cacao se llevó a cabo mediante un proceso de evaluación que comprendió el recuento total de frutos. Esto incluyó la suma de los frutos que se retiraron, aquellos que se cosecharon y los frutos verdes que se mantuvieron durante la última evaluación. A partir de estos recuentos, se calcularon los porcentajes relativos a la proporción de frutos que se encontraron en estado óptimo y aquellos que manifestaron daños. Se procedió a la recolección de la totalidad de los frutos maduros, incluyendo tanto los que estaban sanos, los afectados por enfermedades y dañados por *Carmenta foraseminis* (mazorquero del cacao) y se procedió a su clasificación en función de la presencia o ausencia de síntomas de enfermedad. Para los frutos con síntomas de

enfermedad, se realizaron agrupaciones en función de la sintomatología específica, identificándolos como portadores de moniliasis, escoba de bruja o pudrición parda. Los frutos verdes que exhibieron indicios de enfermedad o daño por *C. foraseminis* también se retiraron, y se registró el número correspondiente a cada tipo de afección. Además, se efectuó el conteo de los frutos verdes sanos que permanecieron en el árbol, considerando como fruto evaluable aquel que tenía más de un mes de edad. Las evaluaciones se llevaron a cabo en intervalos de 15 días. El porcentaje de incidencia para cada tipo de enfermedad se calculará mediante la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{Frutos totales enfermos}}{\text{Frutos totales evaluados (S + E)}} \times 100$$

Donde:

S = Frutos sanos

E = Frutos enfermos

3.2.6.2. Evaluación de la incidencia de escoba de bruja en yemas vegetativas

La determinación del nivel de incidencia de la enfermedad de la escoba de bruja en las yemas vegetativas o brotes de cacao se realizó a través de un proceso de evaluación que implicó el registro de los brotes emitidos. Para llevar a cabo este proceso, se seleccionó cuatro ramas ubicadas en la parte media de la planta, orientándola de acuerdo con los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste). Este registro abarcó tanto los brotes en buen estado como aquellos que presentaban indicios de infección, lo que permitió calcular el porcentaje de brotes sanos y afectados. Durante cada fecha de evaluación mensual, se procedió a la inspección de las ramas marcadas en todas las plantas de la parcela, registrando el número de brotes sanos y retirando aquellos que estaban enfermos.

3.2.6.3. Evaluación de la incidencia de escoba de bruja en cojines florales

Para este parámetro, se seleccionó una rama productiva (Clon) y una porción del tallo principal (Nativo) a una extensión de un metro, donde se registró el recuento de cojines en su totalidad, incluyendo los cojines dormantes, activos sanos y cojines dañados (removiéndose si es que los había) durante cada evaluación. Las evaluaciones se realizaron cada 15 días, durante las cuales se registró el número de flores producidas, flores abiertas y botones (> 5 mm). También se registraron las flores que mostraban signos de

herbivoría, ya sea en los pecíolos u otros órganos, evidenciando daños de insectos o pérdida de tejido.

3.2.6.4. Evaluación del índice de semilla y mazorca

Para estimar el índice de mazorca (IM), se seleccionaron diez frutos de cacao del clon en evaluación en una parcela durante la temporada de cosecha. De estos frutos, se extrajeron las almendras y se pesaron en baba. Luego, se realizó la fermentación y el secado de 35 horas de luz solar hasta alcanzar el 7 % de humedad. Posteriormente, se registró el peso seco del total de las semillas para calcular el peso promedio por semilla de cada clon (IS) (Anexo, Tabla 19). La fórmula empleada para determinar el índice de mazorca fue la siguiente:

$$IM = \frac{1\ 000}{\text{Número de semillas} \times \text{peso de semilla seca}}$$

3.2.6.5. Evaluación del porcentaje de sombra

Para evaluar la cobertura del dosel de los árboles de sombra en cada agrobosque de cacao, se utilizaron imágenes recopiladas con un dron DJI Mini 3 Pro con Smart Controller. En cada agrobosque se realizaron vuelos de 30 minutos a una altura estándar de 100 m sobre el suelo, donde se tomaron fotografías de 48 megapíxeles con la cámara posicionada para mirar directamente al suelo. Se garantizó una cobertura completa comparando en el controlador inteligente las coordenadas de las imágenes con las coordenadas GPS de los bordes de los agrobosques, previamente recopiladas con un dispositivo GPS en tierra, tomándose como muestra el perímetro total de la plantación registrado para la investigación, que se encontraba en el rango de 0,5 a 2,48 ha. Una vez capturadas todas las imágenes, el dron regresó a su punto de partida para aterrizar. Para el procesamiento de imágenes y mediciones, se utilizó el software Agisoft Metashape Professional® para combinar todas las imágenes recopiladas en cada plantación y generar un ortomosaico y un DSM (Digital Surface Model o Modelo Digital de Superficie) a partir de ellas. Posteriormente, se utilizaron estos productos en QGIS para evaluar el porcentaje de cobertura del dosel de los árboles de sombra en cada plantación. Según observaciones del manejo, se consideró que los árboles de cacao tenían una altura máxima de 4,5 m. Por lo tanto, se seleccionaron todos los árboles con una altura mayor a 4,5 m y se calculó el número de píxeles y el área cubierta por su dosel. Este valor se restó del área total del cultivo para obtener el porcentaje de cobertura de árboles de sombra.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Del nivel de incidencia de enfermedades bajo condiciones de exclusión y no exclusión de aves y murciélagos

4.1.1. En frutos enfermos verdes removidos

Se consideró que un valor de p inferior a 0,05 es indicativo de significancia estadística, como se detalla en la Tabla 5. Los resultados de la prueba F revelan que, entre los clones de cacao analizados, específicamente el clon CYP-99, el clon ICS-95 y el cacao nativo, no mostraron efectos significativos en la remoción del número de frutos verdes enfermos ($p > 0,05$), al igual que las variables relacionadas con el porcentaje de sombra y la cooperativa. Sin embargo, es importante resaltar que la condición de exclusión sí demostró un efecto significativo, sugiriendo que la cantidad de frutos verdes enfermos fue significativamente mayor fuera que dentro de los experimentos de exclusión ($p = 0,006$).

Tabla 5. Resultados del modelo GLMM para el número de frutos enfermos verdes removidos de cacao setiembre 2022 – setiembre 2023.

Predictores	IRR	CI	p
Intercepto	5,22	1,72 – 15,89	0,004
Clon CYP-99	1,20	0,57 – 2,53	0,625 NS
Clon ICS-95	0,73	0,40 – 1,31	0,288 NS
Cacao Nativo	1,01	0,69 – 1,47	0,958 NS
Porcentaje de sombra	0,29	0,04 – 2,20	0,233 NS
Condición de exclusión	0,68	0,52 – 0,89	0,006 AS
Cooperativa ChobaChoba	1,51	0,72 – 3,17	0,275 NS

IRR: Incidence Rate Ratios (Ratios de tasa de incidencia)

CI: Intervalos de confianza

NS: No significación al 5% de probabilidad

AS: Alta significación estadística al 5 % de probabilidad

Con relación al número de frutos verdes enfermos removidos que agrupa a las principales enfermedades como moniliasis, escoba de bruja y pudrición parda, es importante entender que influyen significativamente en la producción del cacao, se realiza la comparación del clon CCN-51 con las otras variedades. Los resultados del modelo indican que el número de frutos verdes enfermos removidos fue en promedio de 5,22 para el clon CCN-51 en el área de Acopagro, en condiciones de baja cobertura de sombra y sin exclusión de aves y murciélagos. Un IRR de 1,20 para el Clon CYP-99 indica que en comparación con el clon CCN-

51, se espera 1,20 más frutos verdes enfermos cuando se utiliza este clon, aunque este efecto no es estadísticamente significativo. Por otro lado el IRR de 0,73 para el clon ICS-95 sugiere que se espera 0,27 menos enfermedad en comparación con el CCN-51, sin embargo este efecto tampoco es estadísticamente significativo. Si bien estos clones no alcanzaron la significancia estadística, es importante tener en cuenta que, en términos prácticos podría haber implicaciones en la elección de los clones para una plantación de cacao. Esto podría depender de otros factores y el rendimiento general de los clones. Por ejemplo el ICS-95 está asociado a la resistencia de *Moniliophthora roreri*, tolerante a *Moniliophthora perniciosa* y moderadamente resistente a *Phytophthora* sp. (García, 2010), lo que implica una menor cantidad de frutos enfermos verdes removidos. El porcentaje de sombra no tuvo influencia en el número de frutos verdes enfermos, al igual que los cacaos nativos. También se observa que pertenecer a la cooperativa Choba Choba que tiene un IRR de 1,51 (CI: 0,72 – 3,17), indica que probablemente este asociado con un aumento de 1,51 más en la cantidad de frutos verdes enfermos en comparación con la cooperativa Acopagro, aunque este efecto tampoco alcanza la significancia estadística. Este aumento en la cantidad de frutos verdes enfermos en Choba Choba podría estar relacionado con el tipo de clima que lo rodea, ya que según SENAMHI (2020) presenta un clima lluvioso, cálido y húmedo todo el año con una precipitación acumulada anual de 2 000 a 3 500 mm, en comparación con Acopagro que tiene una precipitación acumulada de 1 200 mm. Por otro lado, la condición de exclusión tiene un IRR de 0,68 (CI: 0,52 – 0,89), lo que sugiere que esta variable está asociada con una disminución de 0,32 menos en la cantidad de frutos verdes enfermos.

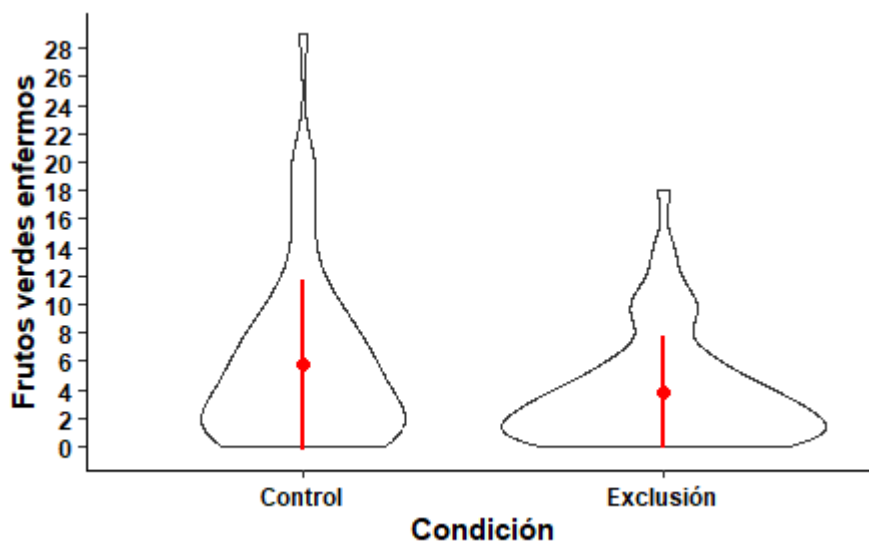


Figura 7. Diferencias en la cantidad de frutos verdes enfermos entre plantas de cacao libres (Control) y plantas de cacao expuestas a exclusión permanente de aves y murciélagos (Exclusión).

En la Figura 7, se presenta un gráfico de violines que permite visualizar la distribución de datos para dos condiciones: control y exclusión. En el caso de la condición control, se observa que el violín exhibe una forma más estrecha y puntiaguda. Esto sugiere que la mayoría de los datos se concentran en un rango de valores entre 2 y 8. A medida que nos acercamos al centro del violín, la densidad de datos aumenta y alcanza su punto máximo alrededor de 6, indicando que la mayoría de las plantas en la condición de control tienen en promedio, alrededor de 6 frutos verdes enfermos al año. A medida que nos alejamos de este valor en cualquier dirección, la densidad de datos disminuye. En contraste, el violín correspondiente a la condición de exclusión muestra una forma más ancha y aplanada. Esto sugiere que la mayoría de los datos se agrupan en un rango de valores que va desde 1 hasta 6, alcanzando su punto máximo alrededor de 4. Esto indica que la mayoría de las plantas en esta condición tienen en promedio, alrededor de 4 frutos verdes enfermos al año. Al igual que en el grupo de control, a medida que nos alejamos del valor 4 en cualquier dirección, la densidad de datos disminuye. Es importante destacar que en el violín de la condición control, se pueden identificar algunos puntos aislados que se encuentran más allá de la forma principal del violín, como por ejemplo, valores alrededor de 28 frutos verdes enfermos. Estos puntos atípicos podrían influir en la densidad de datos en esta condición y pueden deberse a eventos inusuales, o simplemente a la variabilidad natural en los datos.

La significancia en la cantidad de frutos verdes enfermos podría atribuirse en gran medida a las diferencias de las condiciones ambientales en las plantas dentro de las jaulas (Exclusión) y fuera de ellas (Control), llevadas a cabo por las prácticas de manejo experimental de los responsables del cuidado de las jaulas del grupo de exclusión, los que realizaban podas periódicas (3 - 4 meses) con el propósito de evitar que las plantas superaran las mallas, especialmente en los clones ICS-95 y CYP-99 que tienen una arquitectura de dosel similar. Un ejemplo de esto es que el clon ICS-95 y el CCN-51 muestran una configuración diferente debido al ángulo de inserción de sus ramas principales en relación con el eje (tronco) perpendicular al suelo. En el CCN-51, las ramas forman ángulos que oscilan entre 55° y 60°, creando un dosel estrecho con un follaje denso que se adaptó mejor a la condición experimental; mientras que, en el caso de ICS-95, los ángulos de inserción varían de 25° a 35°, generando un dosel más amplio y con una menor densidad de follaje, aspecto que resulta crucial para la producción, ya que garantiza la interceptación de radiación en el dosel y equilibra el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta (Leiva et al., 2019); del mismo modo los cacaos nativos tienden a crecer verticalmente y formar horqueta, lo que conlleva a tener plantas con una

condición de menor humedad al ser podadas, que genera un ambiente menos propicio para el aumento de las enfermedades. También, como resultado de estas prácticas de manejo experimental, la mayoría de plantas de las jaulas se encontraban constantemente en un estado de recuperación, lo que influye en la productividad (Meneses et al., 2019) resultando en una producción de frutos significativamente menor en comparación con el grupo control, lo que también podría reflejarse en una disminución en el número de frutos verdes enfermos.

Otro factor que influye en la producción de frutos, es la reducción del área foliar y herbivoría de flores en las plantas de cacao debido al aumento de los artrópodos hervíboros dentro de las exclusiones. En otros estudios similares se ha descubierto que la exclusión de aves y murciélagos conlleva un aumento en la abundancia de insectos herbívoros e insectos chupadores de plantas (Maas et al., 2013; Beilke y O'keefe, 2022), aunque se da la liberación de un mesodepredador (arañas) que afecta negativamente la actividad de estos herbívoros y reduce el daño a las hojas (Cassano et al., 2016; Gras et al., 2016). La importancia de las aves y los murciélagos en la regulación de la abundancia de estos artrópodos mostró variaciones según la estación, la geografía y el manejo (Maas et al., 2015), lo que resalta la importancia de los agrobosques de cacao como hábitats alternativos para aves insectívoras y murciélagos, especialmente durante la estación seca (Ocampo et al., 2022).

En la Figura 8A se evidencia que tanto en la condición de control como en la de exclusión, la moniliasis prevalece como la enfermedad predominante. Esta enfermedad exhibe el mayor índice de frutos infectados y representa una de las amenazas más significativas en el cultivo de cacao (Ramírez et al., 2011). La moniliasis se distingue por su capacidad de afectar exclusivamente los frutos en cualquier etapa de desarrollo (CABI, 2012). Además, se observa en menor proporción la presencia de pudrición parda y escoba de bruja que afectan la producción de cacao.

En la Figura 8B se observa que el clon CYP-99 tiene el promedio más alto de moniliasis tanto en control como en exclusión con más de 8,5 y 4,5 respectivamente en frutos verdes enfermos. El clon CCN-51 con 5,0 frutos verdes enfermos en control, resultados similares obtenidos en Tingo María por Morón (2018), que removió en promedio 5,7 frutos verdes enfermos por planta en el clon CCN-51, lo que evidencia que estos clones son más susceptibles a esta enfermedad. Además, el clon CCN-51 tiene el promedio más alto de pudrición parda entre todas las variedades, aunque este promedio de frutos dañados es relativamente bajo (Aprox. 0,5 frutos verdes enfermos), es la más alta entre todas las variedades

mencionadas. Esto indica que, aunque no sea muy común cuando ocurre, la pudrición parda afecta de manera más severa a CCN-51 en comparación con las otras variedades y esto es debido a la susceptibilidad de este clon como menciona García (2010). Por otro lado, el clon ICS-95 muestra tolerancia a moniliasis, ya que tiene un promedio de frutos enfermos más bajo en comparación con CYP-99 y CCN-51, con aprox. 2,5 frutos verdes enfermos tanto en control como en exclusión. Además, no presentó ningún caso de escoba de bruja ni pudrición parda. En cuanto a los cacaos nativos muestran frutos verdes enfermos con moniliasis similar a CCN-51, mostrando susceptibilidad, pero también presentaron un menor grado de daño por escoba de bruja y pudrición parda.

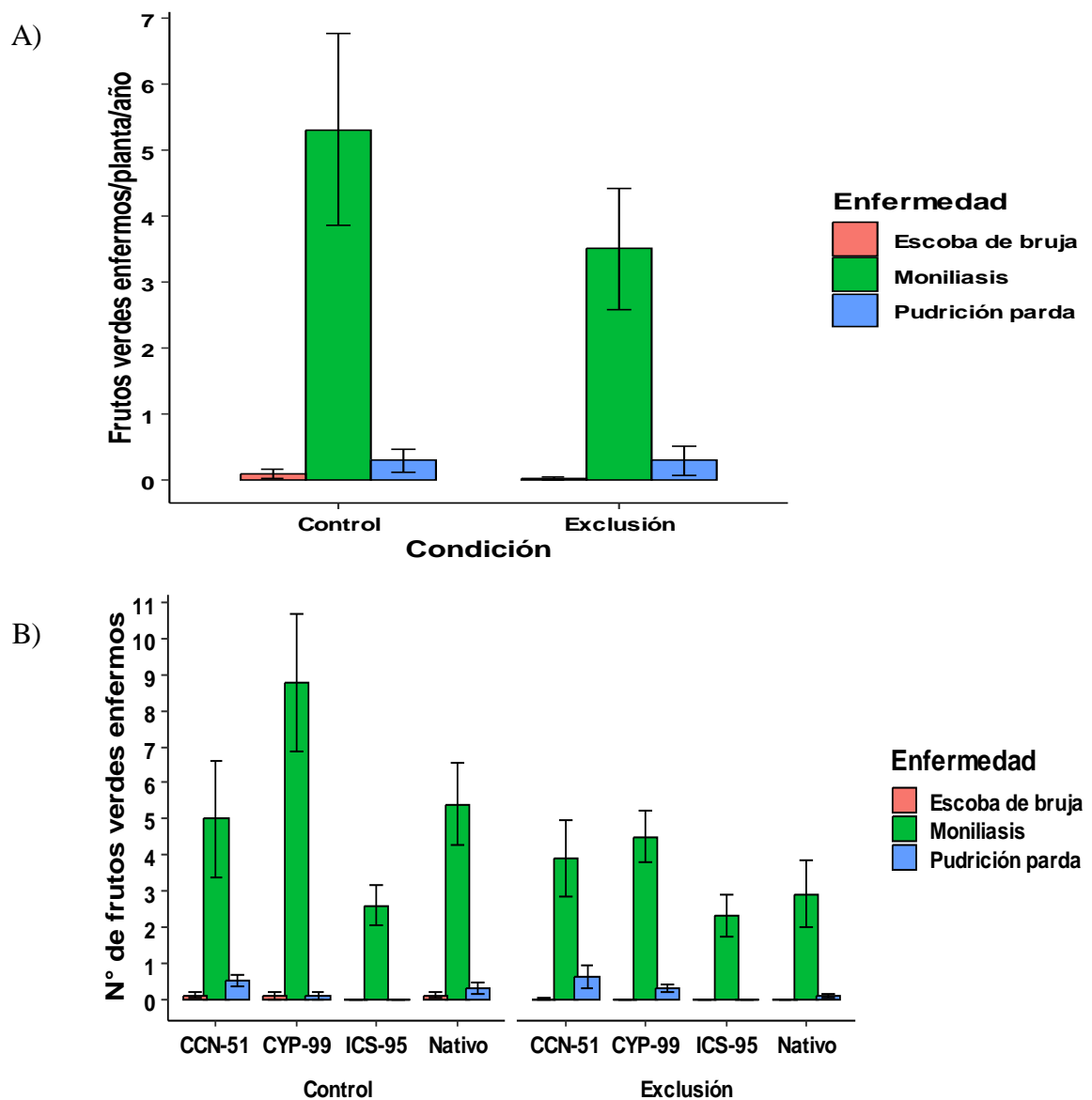


Figura 8. Remoción de frutos verdes enfermos bajo condiciones de plantas libres (control) y exclusión permanente de aves y murciélagos (exclusión) (A) de cada enfermedad en tres clones y cacao nativo (B).

4.1.2. Incidencia de enfermedades en frutos cosechados

En total, se alcanzaron a cosechar 1855 frutos. De este conjunto, 1285 frutos (69,27 %) alcanzaron la madurez sin presentar ningún tipo de daño, evidenciando un estado óptimo. Sin embargo, 335 frutos (18,06 %) se perdieron debido a daños causados por *Carmenta foraseminis*, conocido como mazorquero del cacao. Adicionalmente, 222 frutos (11,97 %) se perdieron como consecuencia de enfermedades como la moniliasis, la escoba de bruja y la pudrición parda. Finalmente, otros 13 frutos (0,7 %) se perdieron debido a la intervención de animales u otras causas (Figura 9A). En estudios realizados en Tingo María, se observaron incidencias de las tres enfermedades en frutos cosechados, alcanzando un 15,11 % (Morón, 2018). De manera similar, en Colombia se ha informado incidencias de hasta el 11 % en el departamento de Huila (Cuellar, 2021).

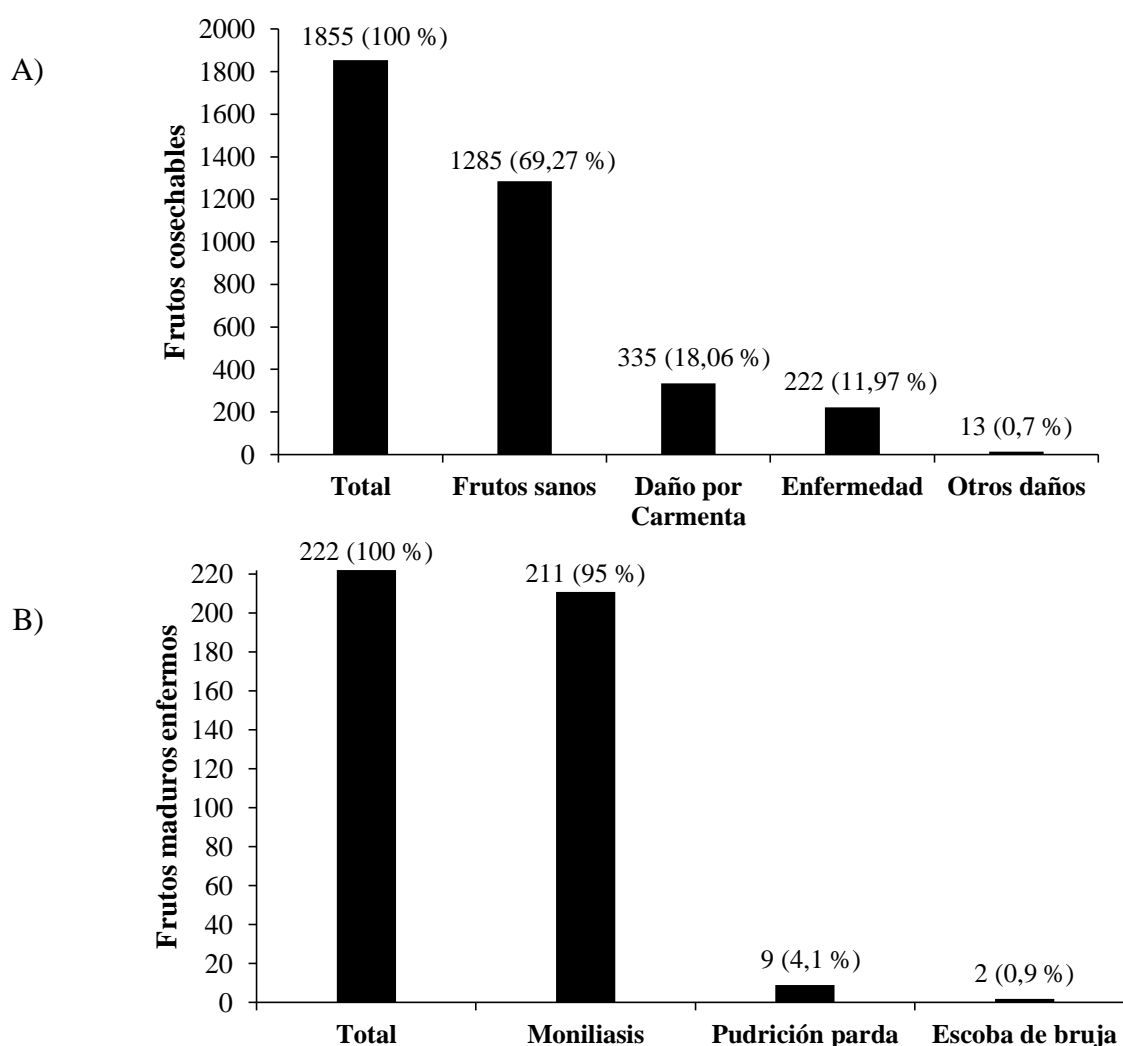


Figura 9. Frutos maduros de cacao cosechados durante la investigación, categorizados según el daño (A) y porcentaje de daño de las principales enfermedades en los frutos (B).

El análisis sobre la incidencia de enfermedades en frutos cosechables con el modelo GLMM (Tabla 6), indica que no se encontraron diferencias significativas en la incidencia de enfermedades en frutos cosechables entre los clones de cacao, como el clon CYP-99, el clon ICS-95 y el cacao nativo, ($p > 0,05$). Así mismo, no se encontraron diferencias entre exclusión y control, o entre las dos cooperativas. Sin embargo, es importante resaltar que el porcentaje de sombra sí demostró un efecto significativo, evidenciando que a mayor porcentaje de sombra existe un aumento notable en la incidencia de enfermedades en frutos cosechables ($p = 0,046$). En estudios adicionales sobre la exclusión de aves y murciélagos en Brasil, se señala que el nivel de sombra en la plantación no tuvo un impacto significativo en la producción de cacao (Cassano et al., 2016). A pesar de que, por lo general la producción de cacao tiende a disminuir con el aumento de la cobertura de sombra en las plantaciones, las investigaciones indican que mantener un porcentaje de sombra en el rango del 30 % al 40 % podría ser ideal para proporcionar ventajas tanto a los agricultores como a la biodiversidad (Gras et al., 2016). Contrariamente, un estudio de exclusión en Camerún informa que los beneficios de las aves y murciélagos se observan con niveles de sombra a nivel de planta superiores al 50 %, especialmente en términos de mitigación del cambio climático (Ferreira et al., 2023). Estas diferencias en los resultados podrían explicarse por las variaciones en las condiciones ambientales de cada ubicación estudiada, así como en la presencia o ausencia de plagas y enfermedades.

Tabla 6. Resultados del modelo GLMM para la incidencia de enfermedades en frutos cosechables en tres clones y cacao nativo setiembre 2022 – setiembre 2023.

Predictores	IRR	CI	p
Intercepto	0,09	0,06 – 0,14	<0,001
Clon CYP-99	1,39	0,91 – 2,11	0,125 NS
Clon ICS-95	0,95	0,65 – 1,40	0,798 NS
Cacao Nativo	1,30	0,99 – 1,72	0,060 NS
Porcentaje de sombra	2,27	1,01 – 5,09	0,046 S
Condición de exclusión	1,06	0,83 – 1,35	0,627 NS
Cooperativa ChobaChoba	1,16	0,87 – 1,54	0,310 NS

IRR: Incidence Rate Ratios (Ratios de tasa de incidencia)

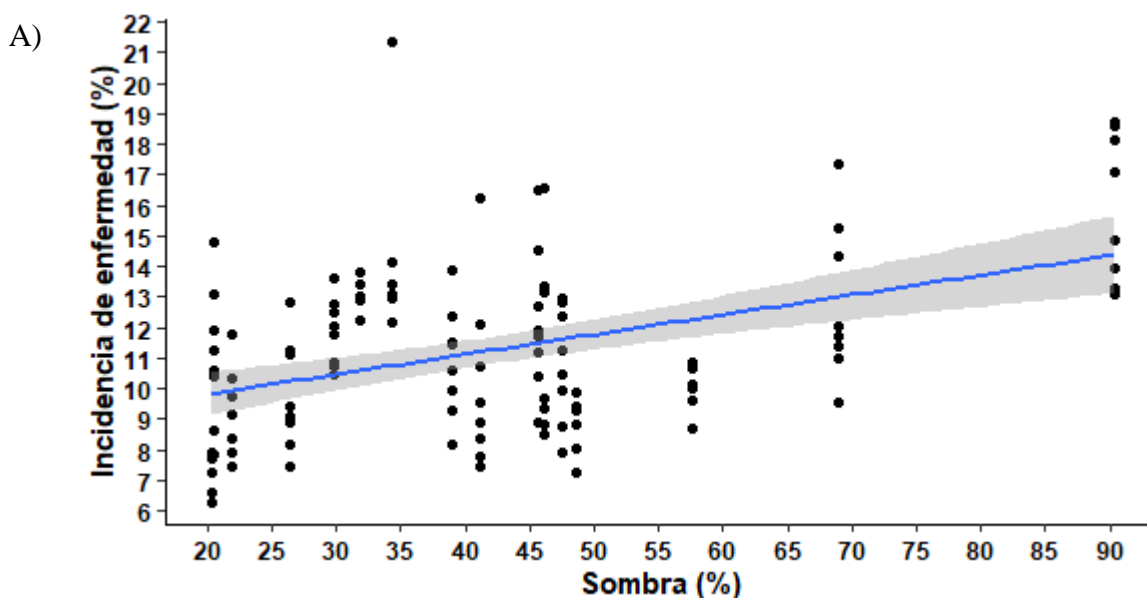
CI: Intervalos de confianza

NS: No significación al 5% de probabilidad

AS: Alta significación estadística al 5 % de probabilidad

Los resultados del modelo indican que la incidencia de enfermedades en frutos cosechables fue en promedio de 9 % para el clon CCN-51 en el área de Acopagro, en condiciones de baja cobertura de árboles de sombra, sin exclusión de aves y murciélagos (intercepto, IRR: 0,09). El clon CYP-99 al igual que en los frutos verdes enfermos presentó 1,39 más frutos dañados y el clon ICS-95 mantiene la tolerancia con un 0,05 menos frutos enfermos en comparación con el clon CCN-51. Por otro lado, el cacao nativo tiene un IRR de 1,30 (IC: 0,99 – 1,72), lo que se traduce en un aumento en la tasa de incidencia de enfermedades hasta 1,3 más frutos dañados en comparación con el CCN-51, esta diferencia en comparación con frutos verdes enfermos se debe posiblemente a que la infección de las enfermedades haya ocurrido cuando los frutos tenían aproximadamente de tres a cuatro meses de edad y los síntomas se expresaron de tres u ocho semanas después (CABI, 2012) para el caso de monilia (principal enfermedad, Figura 9B).

En cuanto a la condición de exclusión indica que la incidencia aumenta en 1,06 más (IC: 0,83 – 1,35) en el grupo de plantas que se encuentran en exclusión permanente de aves y murciélagos en comparación con el grupo de plantas libres. Este aumento en la incidencia de enfermedad en comparación a los frutos verdes enfermos se asocia a un aumento en la cantidad de precipitación en el mes de marzo en ambas cooperativas. Sin embargo, el p-valor no es significativo ($p = 0,627$) y al igual que la cooperativa ChobaChoba que presento 1,16 más frutos enfermos que Acopagro. En cuanto al porcentaje de sombra mostró que la incidencia de enfermedades es 2,27 veces más (IC: 1,01 – 5,09) cuando este tiende a aumentar. Además, el p-valor es significativo ($P = 0,046$).



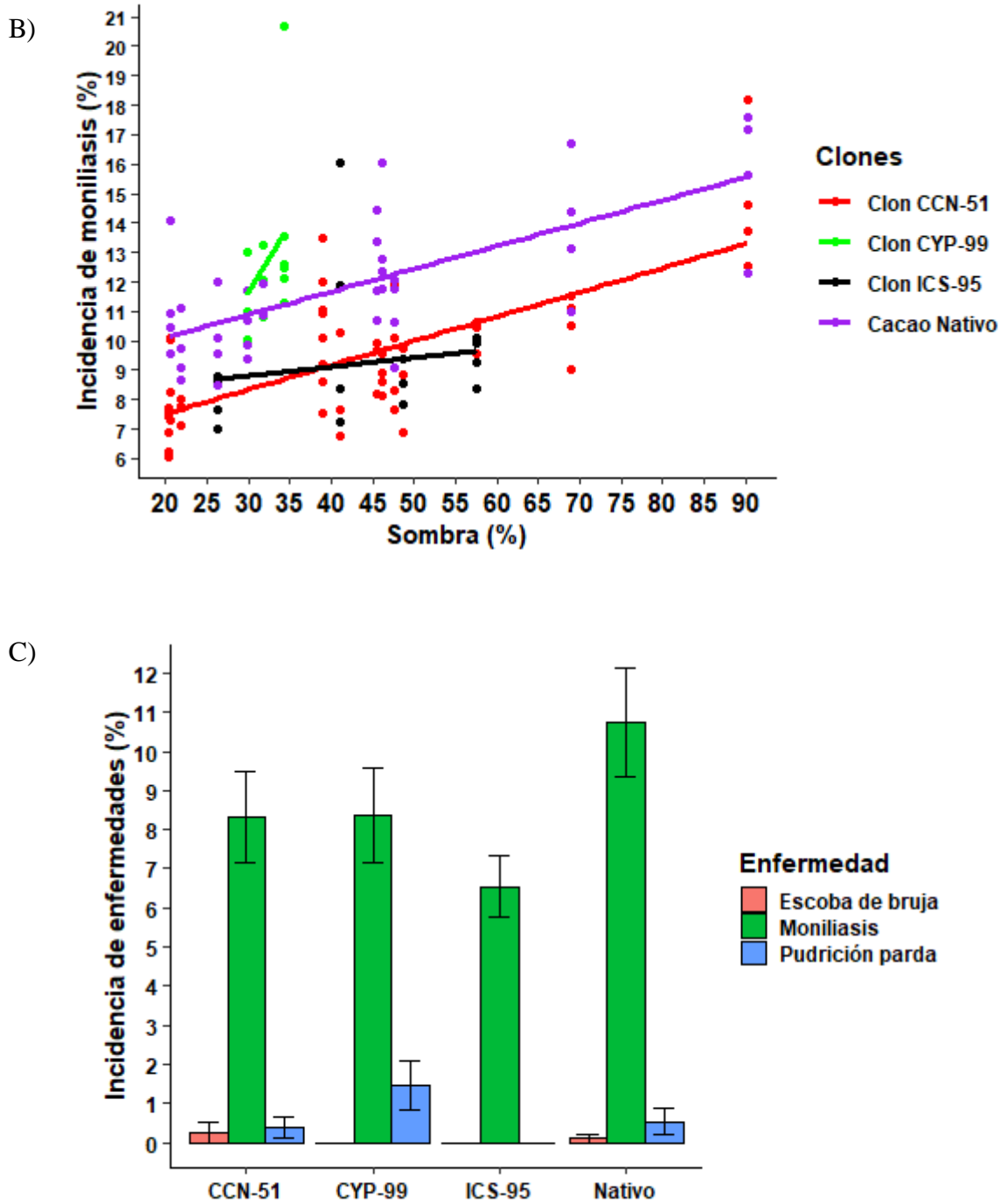


Figura 10. Evaluación de la incidencia de enfermedades en relación con el porcentaje de sombra del área total de la parcela, con enfoque en enfermedad total (A), principal enfermedad, la moniliasis (B) en tres clones y cacao nativo (C).

En la Figura 10A, si observamos una parcela con un porcentaje de sombra del 20 %, según la línea de tendencia se espera que la incidencia sea aproximadamente del 9 %, lo que implica que parcelas con un bajo nivel de sombra tienen incidencias más bajas. A medida que el porcentaje de sombra acrecienta aproximadamente al 90 %, la incidencia aumenta a más del 13,5 %. Esto sugiere que parcelas con un alto nivel de sombra tienden a tener mayor incidencia de enfermedades, debido a la creación de un microclima propicio para la germinación de las unidades infectivas y posterior infección de los frutos.

La incidencia de moniliasis es la que predomina entre las enfermedades (Figura 9B) se evidencia que, a menor porcentaje de sombra la incidencia de moniliasis también es menor en todas las variedades de cacao (Figura 10B). Este fenómeno está directamente vinculado a una menor presencia de humedad en la parcela. A pesar de que en este entorno se produce una mayor dispersión de esporas del hongo, la posibilidad de germinación es mínima debido a las condiciones secas y la menor cantidad de agua en la superficie de los frutos, por lo que resultó en una baja incidencia de la enfermedad. Por el contrario, con un mayor porcentaje de sombra se registra un aumento en la humedad, generando una película fina de agua sobre la superficie de los frutos, aunque la dispersión de esporas se reduce debido a la humedad, estas condiciones propician su germinación, resultando en una mayor infección de los frutos (CABI, 2012). Con relación a este tema Leandro et al. (2017) expone que las conidias de la moniliasis en el cacao necesitan la presencia de agua para germinar, por lo que la incidencia tiende a incrementarse durante las épocas lluviosas (Anexo, Figura 16). Destaca que una humedad relativa superior al 80 % y temperaturas entre 20 y 27 °C son factores cruciales que favorecen infecciones significativas, especialmente durante las fases de floración y fructificación del árbol, por ello se enfatiza la importancia de eliminar los órganos afectados por el hongo antes de que se desarrollen los cuerpos fructíferos, con el fin de prevenir la producción y dispersión de esporas y la determinación del momento adecuado para esta eliminación debe adaptarse a las condiciones específicas de cada zona, siendo óptimo realizar la remoción de los órganos enfermos tan pronto como sean identificados (Marín, 2000).

Asimismo, la incidencia de moniliasis puede incrementar debido al aumento de un posible vector, como el chinche *Antiteuchus* spp. y *Halys* sp. (Gómez y Ramos, 2005), aunque no existen datos experimentales que respalden esta afirmación. Estos chinches viven en colonias, tanto las ninfas como los adultos evitan la exposición excesiva a la radiación solar (Castillo et al., 2020) por lo que buscan principalmente refugiarse en la base del pedúnculo

de las mazorcas, aunque también se pueden encontrar en cojinetes florales, hojas, tallos y brotes tiernos; succionando la savia del pedúnculo del fruto y la base de la mazorca (Reyes y Capriles, 2000; Mendoza, 2022) introduciendo toxinas en el proceso y como consecuencia de esta alimentación contribuyendo a la propagación de enfermedades (Valarezo et al., 2012). Además, se han reportado que, al succionar la savia del pedúnculo de los frutos de cacao afecta negativamente la longitud, peso del fruto y peso de las almendras, dando lugar a pérdidas que pueden alcanzar hasta el 22,24 % en el rendimiento en la región San Martín (Quintos, 2018).

En la Figura 10C, se muestra la incidencia de frutos por clon de cacao, donde el CCN-51, tiene un porcentaje promedio de frutos enfermos de 8,34% por moniliasis, 0,26 % por escoba de bruja y 0,40 % por pudrición parda. Morón (2018) al realizar estudios de este clon en Tingo María, encontró que la pudrición parda alcanza el mayor porcentaje con 5,43 %, seguido por la escoba de bruja y la monilia con un 3,11 % y 2,90 %, respectivamente. Esta variación en la predominancia de la enfermedad se atribuye tanto a la precipitación en Tingo María, que alcanza hasta 3 500 mm, como a la susceptibilidad del clon a la pudrición parda (García, 2010; Armando, 2016). El clon CYP-99 mostró una incidencia de 8,37 % de frutos enfermos por moniliasis, similar al CCN-51. Esto podría deberse a similitudes genéticas en la susceptibilidad a la enfermedad, ya que según la descripción de Thomas et. al (2023) en su catálogo de cacao del Perú, indica que este clon moderno tiene en su genética gran parte del clon CCN-51 (84 %) y solo una parte de Nanay (16 %). No se encontró frutos dañados con escoba, pero si con pudrición parda, con 1,46 % de frutos enfermos. Aunque este clon parece ser más susceptible que el CCN-51, compensa esta vulnerabilidad con su destacada calidad aromática. Sin embargo, es importante señalar que el muestreo realizado en esta investigación fue bastante limitado, abarcando solo tres plantaciones. Para comprender cómo reacciona este clon a las enfermedades en diversas condiciones de manejo, se requieren estudios más detallados y a una escala más amplia. Por otro lado, el clon ICS-95 muestra solo frutos dañados por moniliasis con 6,55 %, al igual que en frutos verdes enfermos este clon mostró una mayor tolerancia a las enfermedades, exhibiendo las incidencias más bajas, resultados similares obtuvo Flores (2011) en la provincia de Tocache con una incidencia de solo 1,04 % para este clon.

En los cacaos nativos o híbridos locales se registraron la incidencia más altas de moniliasis alcanzando un 10,74 %, por escoba de bruja fue relativamente baja con 0,1 % y por pudrición parda con un porcentaje del 0,53 %. Este fenómeno podría atribuirse a factores como la susceptibilidad genética de estas plantas de cacaos a las enfermedades o a

condiciones ambientales desafiantes presentes en las zonas de cultivo (Armando, 2016). Aunque en este estudio la incidencia de moniliasis en los nativos fue la más alta entre todas las variedades, en comparación con otros estudios de híbridos y variedades nativas, se considera baja. Solís et al. (2015), registró porcentajes de incidencia de moniliasis de hasta el 40 % en México y también identificó familias de híbridos con bajos niveles de incidencia de la enfermedad y altos rendimientos de grano por unidad de superficie. Chuquibala (2019) reporta un porcentaje de incidencia de moniliasis en variedades nativas del 20,32 %. Estas diferencias se explican por la notable variabilidad existente entre los híbridos, ya que cada uno presenta su nivel de resistencia o susceptibilidad específico a cada enfermedad. El interés creciente en variedades nativas de cacao ha mejorado la visibilidad del producto peruano en el ámbito internacional. Aunque este cacao es susceptible, su alta calidad compensa este aspecto (Armando, 2016). Sus atributos organolépticos, con notas de panela, caramelo, chocolate, cítricos, malta y nuez, lo distinguen como un cacao fino de aroma. Estos cacaotales no solo son apreciados por sus características gustativas, sino también por su contribución a la conservación de la biodiversidad. Debido a la abundante diversidad vegetal que proporcionan hábitats, nichos y alimentos para diversas especies de plantas y animales (Viena, 2020).

La resistencia genética es importante para minimizar las pérdidas de los agricultores. Sin embargo, el manejo agronómico llevado a cabo por cada uno de ellos juega un papel decisivo en el aumento o disminución del inóculo de las enfermedades (Ortega, 2006). También se destaca que las diferencias en la frecuencia de enfermedades se atribuyen a la considerable variabilidad genética en el comportamiento de los clones frente a las principales enfermedades. Este fenómeno persiste a pesar de que todos los clones comparten condiciones similares en términos de densidad de siembra y prácticas de manejo, como la remoción de frutos cada 15 días y técnicas de poda fitosanitaria (Padilla, 2014; Ríos, 2004).

4.1.3. De la producción en las cooperativas Acopagro y Choba Choba

En la Tabla 7, se puede apreciar que la cantidad de frutos maduros cosechados en ambas cooperativas son similares, registrando 932 en el caso de Acopagro y 923 para Choba Choba. Sin embargo, es relevante señalar que las diferencias surgen en la cantidad de frutos maduros enfermos y las pérdidas asociadas a los frutos verdes, aspectos que se ven influenciados por las variaciones en la cantidad de precipitación.

Tabla 7. Producción de frutos en las parcelas de las cooperativas Acopagro y Choba Choba en el periodo setiembre 2022 – setiembre 2023.

Evaluación	Cooperativa Acopagro					Cooperativa Choba Choba				
	FVE	FMS	FME	TFM	Precipitación A (mm)	FVE	FMS	FME	TFM	Precipitación C (mm)
30-Set-22	9	6	1	7	73,30	25	14	3	35	80,00
15-Oct-22	11	126	7	166	44,10	24	8	1	10	124,20
31-Oct-22	4	30	3	35	12,50	21	6	3	15	135,80
15-Nov-22	0	8	0	12	10,80	5	19	3	26	54,00
30-Nov-22	11	6	1	9	46,40	10	8	0	9	106,20
15-Dic-22	0	0	0	0	27,60	9	10	1	13	71,20
31-Dic-22	5	1	1	2	9,60	2	10	0	10	79,20
15-Ene-23	5	1	1	2	35,30	4	25	2	28	172,80
31-Ene-23	1	3	0	3	51,70	6	19	3	22	93,60
15-Feb-23	5	6	0	6	20,20	0	7	0	10	90,30
28-Feb-23	3	3	0	3	62,10	15	9	2	12	158,80
15-Mar-23	5	3	1	5	91,90	3	1	0	1	175,20
31-Mar-23	17	4	1	5	314,60	8	1	2	6	230,80
15-Abr-23	15	9	1	10	86,50	27	11	2	21	156,90
30-Abr-23	12	20	2	23	33,50	38	37	7	64	36,00
15-May-23	8	23	1	25	22,00	16	25	9	46	62,80
31-May-23	2	25	2	31	13,50	28	45	19	79	96,90
15-Jun-23	21	58	6	66	18,70	26	67	8	91	29,00
30-Jun-23	7	38	5	45	38,10	21	57	20	101	42,80
15-Jul-23	4	26	2	36	0,00	26	62	6	80	23,70
31-Jul-23	20	36	10	66	14,90	28	36	21	87	51,80
15-Ago-23	19	88	13	108	58,80	23	51	8	70	58,80
31-Ago-23	16	42	10	65	55,00	10	17	1	29	55,00
15-Set-23	7	47	11	70	50,00	13	18	1	32	87,60
30-Set-23	7	100	17	132	12,00	6	13	4	26	40,60
Total	214	709	96	932	1203,10	394	576	126	923	2314,00

FVE: Frutos verdes enfermos

FMS: Frutos maduros sanos

FME: Frutos maduros enfermos

TFM: Total de frutos maduros

La distribución de la producción de frutos mostró variaciones significativas entre las dos cooperativas bajo estudio. En particular en la cooperativa Acopagro, el pico de cosecha se observa desde julio hasta la quincena de octubre (Figura 11A), alcanzando un máximo de 166 frutos cosechados. En contraste, en la cooperativa Choba Choba, la temporada de cosecha comienza en mayo y se extiende hasta la quincena de agosto (Figura 11B), con una diferencia de dos meses respecto a Acopagro. Esta diferencia en el inicio de la cosecha en Choba Choba está directamente vinculado a la precipitación abundante experimentada en los meses de enero, febrero y marzo, alcanzando hasta 230,80 mm. Las condiciones climáticas como la temperatura y la humedad relativa favorecen la activación de los cojines florales, impulsando procesos como floración, cuajado y fructificación (Vansynghel et al., 2023). En el caso de Acopagro, los meses de mayor lluvia fueron marzo y abril, con un registro de hasta 314,60 mm. Además, la correlación entre la precipitación y la humedad se relaciona directamente con una mayor posibilidad de infección de los frutos por moniliasis, pero también por pudrición parda en una menor cantidad en este estudio. Se registran pérdidas de hasta el 60 % debido a la moniliasis en diversos países de América, mientras que las pérdidas ocasionadas por *Phytophthora* pueden alcanzar el 80 % o más (Ramírez et al., 2011; Paulin et al., 2008). En el estudio de Remache et al. (2020), se observaron pérdidas de frutos en el rango del 31% al 41 % debido a enfermedades fungosas, coincidiendo con la concentración de la precipitación en el primer cuatrimestre del año. La elevada humedad crea un microclima propicio para la germinación de las esporas del hongo como es señalado por CABI (2012), donde indica que la incidencia significativa de nuevas infecciones ocurre cuando coinciden el fuerte cuajado de las vainas, un clima cálido, lluvioso y la enfermedad se propaga rápidamente al infectar vainas jóvenes si continúan los ciclos de floración y cuajado. La precipitación ocurrida dos a tres meses antes del evento muestra una relación con el porcentaje de vainas sintomáticas, lo que se traduce en un aumento en la pérdida de frutos verdes entre los meses de mayo, junio y julio en ambas cooperativas. Al mismo tiempo, temperaturas en el rango de 22 - 32 °C favorecen el desarrollo de la enfermedad.

En zonas con menor pluviosidad, como el caso de Acopagro, se evidencia una disminución significativa de enfermedades relacionadas con la reducción de lluvias (CABI, 2012), por lo que se realizaron la remoción de 214 frutos verdes y 96 frutos maduros dañados, mientras que en Choba Choba estas cifras aumentaron a 394 y 126, respectivamente. Se contabilizaron 709 frutos sanos en Acopagro, en contraste con los 576 en Choba Choba. Esta diferencia sugiere que las condiciones climáticas y posiblemente otros factores ejercen un impacto en la sanidad de los frutos.

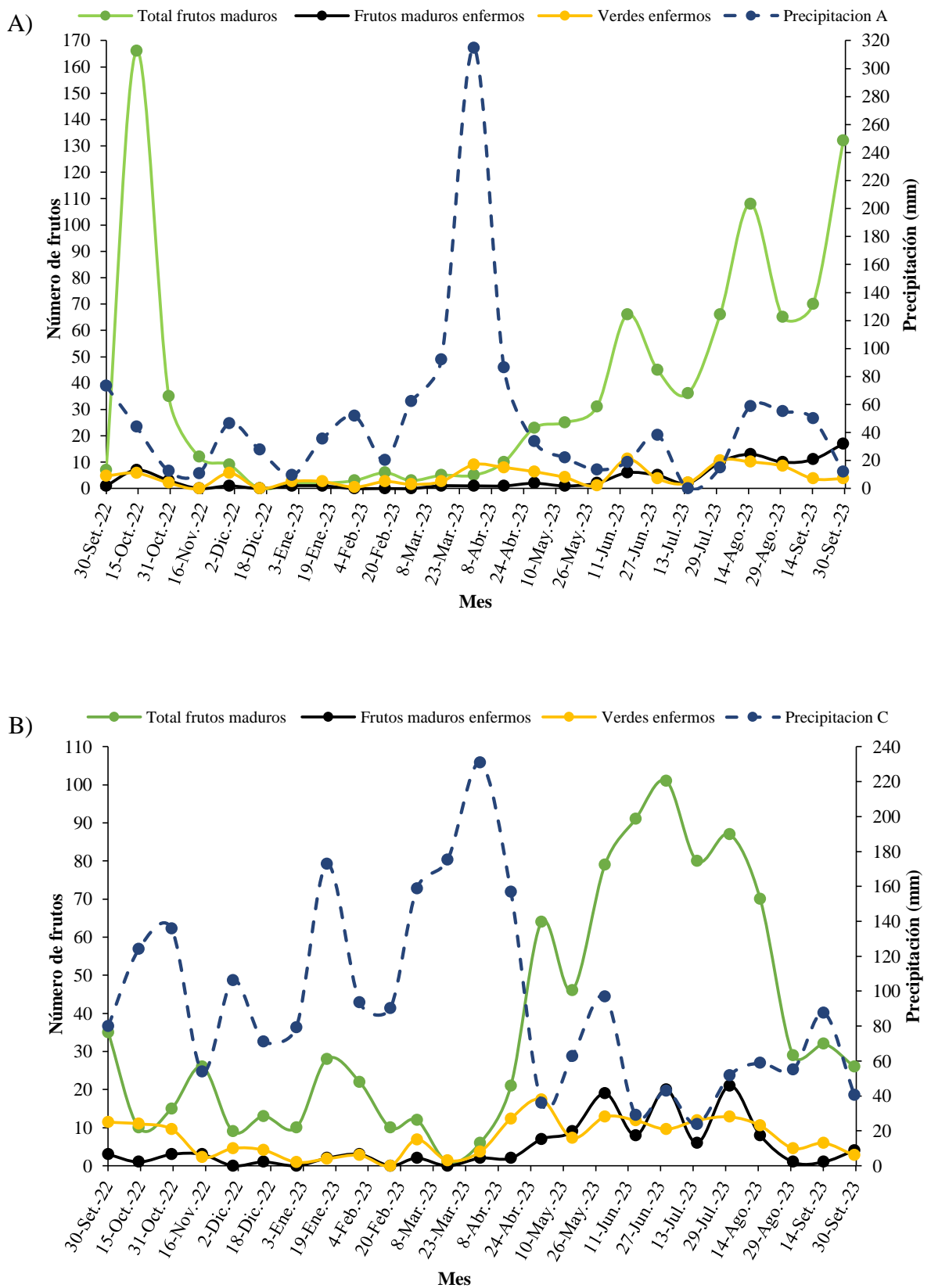


Figura 11. Producción de frutos en el periodo setiembre 2022 a setiembre 2023 con relación a la precipitación en las cooperativas de Acopagro (A) y Choba Choba (B).

4.1.4. Del número de brotes y cojines florales infectados por escoba de bruja

En el curso de esta investigación se identificó un índice bajo de infección por escoba de bruja tanto en los brotes (no mayor a 4,55 %), como en los cojines florales (no mayor a 0,68 %). Estos resultados se atribuyen a la implementación de un manejo técnico efectivo en las parcelas, que incluye prácticas como podas oportunas en las plantas de cacao y en los árboles de sombra, así como la constante eliminación de tejido enfermo que rompe el ciclo de la enfermedad evitando que llegue a la fase de esporulación. Estas medidas son llevadas a cabo de manera consistente tanto en la cooperativa Acopagro como en Choba Choba.

En la Tabla 8 se detalla la infección de escoba de bruja en brotes de tres clones y cacao nativo, donde el CCN-51 y el CYP-99 destacan por tener un porcentaje significativamente bajo de plantas infectadas con 19,6 % y 18,8 % y un alto porcentaje de brotes sanos 98,89 % y 99,49 %. Además, el CYP-99 exhibe una producción ligeramente superior de brotes marcados, con un promedio de $37,1 \pm 9,2$, en comparación con los otros clones. El clon ICS-95 y el cacao nativo son los que presentaron un mayor número de plantas infectadas con el 50 % y el 47,5 % respectivamente, mostrando porcentajes más altos de brotes infectados en las ramas marcadas con 3,17 % y 4,55 % en comparación con los clones CCN-51 y CYP-99, que presentaron 1,11 % y 0,51 % respectivamente. El clon CCN-51 al igual que el clon CYP-99, perteneciente al mismo grupo genético (Thomas et al., 2023), ha sido catalogado como moderadamente resistente a la escoba de bruja (García, 2010). Las investigaciones revelan que la capacidad de tolerancia de este clon se atribuye a diversos mecanismos. La primera línea defensiva está constituida por metabolitos y proteínas generados a partir de tricomas abundantes en su filoplano. Además, se destacan las respuestas anatómicas de resistencia que actúan como barreras contra la invasión del patógeno (Almeida et al., 2017). Por otro lado, el clon ICS-95 ha sido clasificado como tolerante a la escoba de bruja (García, 2010). Sin embargo, es importante señalar que con un manejo deficiente este clon podría experimentar una mayor infección en los brotes (Campana, 2020). Es relevante destacar que en este estudio las observaciones en las plantas de CYP-99 e ICS-95 están limitadas, por lo que estos resultados son aproximaciones y se necesita un estudio a mayor escala para corroborarlos.

La resistencia en los cacaos nativos exhibe una notable variabilidad, como se evidenció en evaluaciones realizadas por Tackacs (2014) en cacaos criollos, la incidencia de *Moniliophthora perniciosa* en varas yemeras alcanzó un promedio de 35,13 unidades, registrando resultados superiores a los encontrados en el presente estudio.

Tabla 8. Resultados del total de brotes emitidos, sanos e infectados por escoba de bruja en tres clones y cacao nativo por planta año.

Categoría	Total de plantas	Plantas sanas		Plantas infectadas		Total de brotes emitidos marcados	Promedio brote emitido marcado	Brotes infectados		Brotes sanos		Intervalos de infección de escobas en brotes por planta									
		N°	%	N°	%			N°	%	N°	%	0	%	1 - 2	%	3 - 4	%	5 - 6	%	11 - 12	%
CCN-51	56	45	80,4%	11	19,6%	1809	32,3 ± 15,4	20	1,11%	1789	98,89%	45	80,4%	8	14,3%	3	5,4%	0	0,0%	0	0,0%
CYP-99	16	13	81,3%	3	18,8%	594	37,1 ± 9,2	3	0,51%	591	99,49%	13	81,3%	3	18,8%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
ICS-95	16	8	50,0%	8	50,0%	442	27,6 ± 13,3	14	3,17%	428	96,83%	8	50,0%	7	43,8%	1	6,3%	0	0,0%	0	0,0%
Nativo	40	21	52,5%	19	47,5%	1187	29,7 ± 13,9	54	4,55%	1133	95,45%	21	52,5%	12	30,0%	3	7,5%	3	7,5%	1	2,5%

Tabla 9. Resultados del promedio de cojines totales, activos e infectados por escoba de bruja en tres clones y cacao nativo.

Categoría	Total de plantas	Plantas sanas		Plantas infectadas		Promedio cojín en un metro	Promedio cojines activos al año	Total cojines infectados		Intervalos de infección de escobas en cojines por planta											
		N°	%	N°	%			N°	%	0	%	1 - 2	%	3 - 4	%	5 - 6	%	9 - 10	%		
CCN-51	56	50	89,3%	6	10,7%	28,3 ± 4,2	182,4 ± 108,2	8	0,08%	50	89,3%	6	10,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
CYP-99	16	12	75,0%	4	25,0%	29,4 ± 2,8	203,5 ± 63,1	5	0,15%	12	75,0%	4	25,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
ICS-95	16	11	68,8%	5	31,3%	28,9 ± 2,8	137,3 ± 59,7	15	0,68%	11	68,8%	3	18,8%	0	0,0%	2	12,5%	0	0,0%	0	0,0%
Nativo	40	25	62,5%	15	37,5%	32,6 ± 9,8	263,3 ± 165,5	40	0,38%	25	62,5%	10	25,0%	3	7,5%	1	2,5%	1	2,5%	1	2,5%

En cuanto a los intervalos de infección en brotes (Figura 12A) los clones CCN-51 y CYP-99 tienen más del 80 % de plantas sanas y las infectadas tienen intervalos de 1 - 2 de un 14,3 % y de 3 - 4 en un 5,4 % para el CCN-51 y solo el 18,8 % en intervalos de 1 - 2 para el CYP-99. En el clon ICS-95 se presenta el 50 % de plantas sin infección, 43,8 % en intervalos de 1 - 2 y el 6,3 % de plantas de 3 - 4 brotes infectados. Asimismo, los cacao nativos presentan el 52,5 % de plantas sin infección, el 30 % en intervalos de 1 - 2, el 15 % en intervalos de 3 - 6 y el 2,5 % de plantas de 11 - 12 brotes infectados al año.

En cuanto a la infección de los cojines florales en la Tabla 9, se presenta que los cacao nativos tienen el mayor porcentaje de plantas infectadas con un 37,5 %, seguido del ICS-95 con 31,3 %, CYP-99 con 25 % y con menor cantidad el clon CCN-51 con 10,7 %, al igual que los brotes los nativos son más susceptibles a la infección en cojines. El promedio de cojines contados por metro de rama es muy similar entre los tres clones con 28 y 29 cojines, difiere con los nativos por poseer más de 32 cojines en promedio por planta. En cuanto a la infección existe un 0,68 % y 0,38 % de cojines infectados en ICS-95 y nativos en comparación de 0,15 % y 0,08 % para el CYP-99 y el CCN-51, mostrándose más resistentes. De los intervalos de infección en cojines (Figura 12B) los clones CCN-51, CYP-99 e ICS-95 poseen más del 68,8 % de plantas sanas y las plantas infectadas solo presentaron de 1 - 2 cojines infectados por escoba al año, mientras que los nativos el 10 % presentó infección de 3 - 6 cojines y el 2,5 % de plantas sufrieron daños de hasta 9 - 10 cojines, siendo los valores más altos de infección en este estudio. No obstante, este valor representa la mitad de lo informado por Tackacs (2014), quien registró un promedio de 20,67 cojines infectados en plantas de cacao criollos.

En otras investigaciones, se ha informado que el clon CCN-51 e ICS-95 exhiben una menor incidencia de la enfermedad, con promedios de 0 y 0,65 en cojines (Carvajal, 2020). Además, en evaluaciones de 20 plantas de cacao (accesiones) solo cuatro de ellas no presentaron incidencia de escoba de bruja en frutos, cojines florales y brotes (Fernández, 2018), mostrando diferencias en la reacción entre plantas frente al hongo. También se destacan agentes de control biológico como *Trichoderma* sp., que muestran considerables porcentajes de inhibición en el desarrollo de *M. perniciosa*. Este hongo, siendo un simbionte natural del cacao, despliega actividad micoparásita mediante la producción de diversos metabolitos y tiene la capacidad de competir con el patógeno por recursos y espacio, lo que resultó en la inducción de un cierto grado de resistencia en la planta (Tirado et al., 2016).

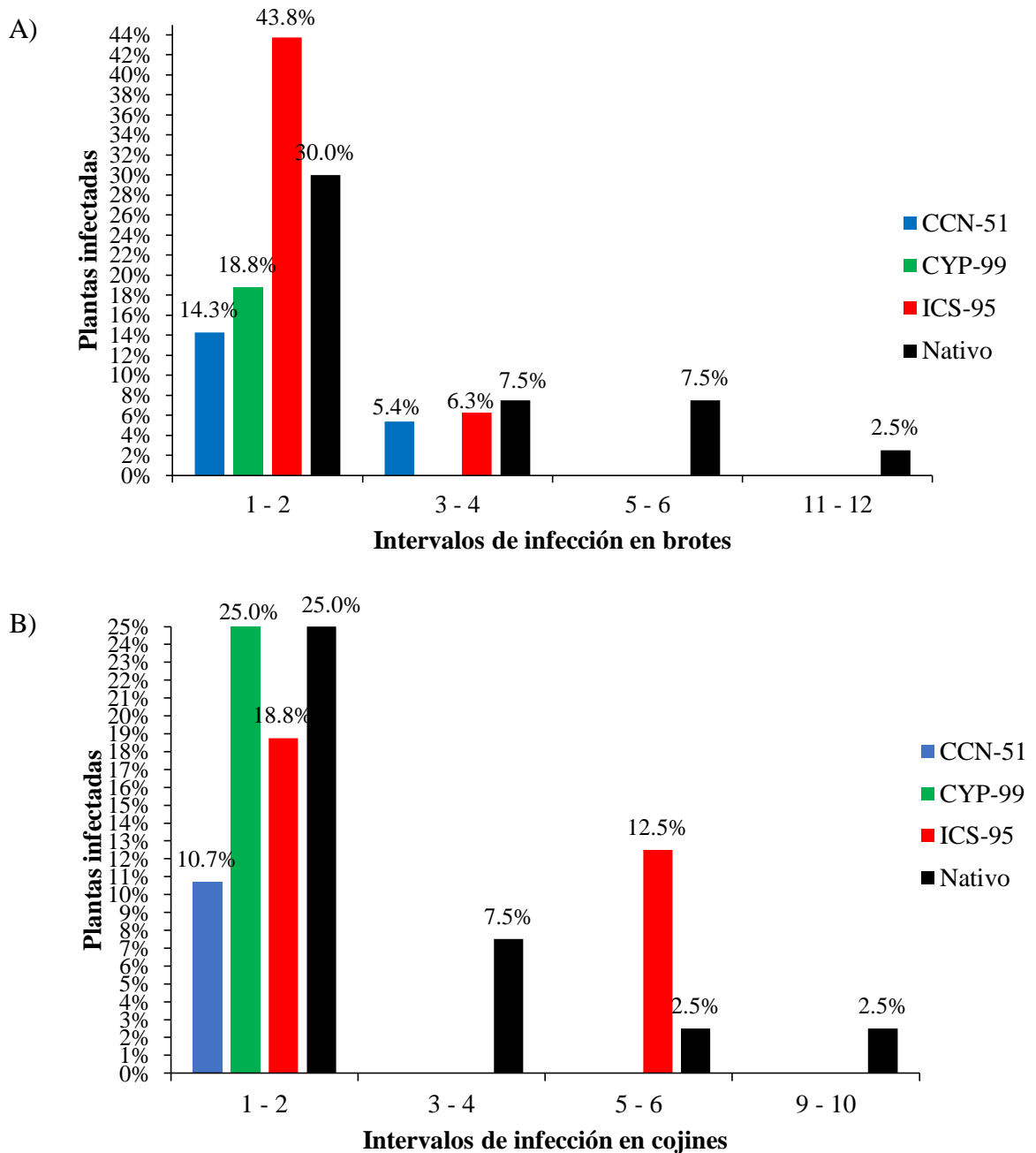


Figura 12. Intervalos de infección de escoba de bruja en tres clones y cacao nativo en brotes marcados (A) y cojines florales (B).

4.2. Efecto de la exclusión de aves y murciélagos en la productividad del cacao

4.2.1. Efectos en la floración y frutos pequeños

En la Tabla 10, se presenta un análisis del porcentaje de flores dañadas en diferentes variedades de cacao. Los resultados mostraron que no se observan diferencias significativas en este parámetro entre los distintos clones de cacao. El porcentaje de sombra y

la condición de exclusión tampoco muestran diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Sin embargo, es importante destacar que la cooperativa Choba Choba es estadísticamente significativo reflejando un aumento en el porcentaje de flores dañadas ($p = 0,036$).

Tabla 10. Análisis del modelo GLMM para el porcentaje de flores dañadas en tres clones y cacao nativo en el período setiembre 2022 – setiembre 2023.

Predictores	IRR	CI	p
Intercepto	0,02	0,01 – 0,04	<0,001
Clon CYP-99	0,70	0,33 – 1,49	0,351 NS
Clon ICS-95	0,64	0,35 – 1,20	0,165 NS
Cacao Nativo	1,04	0,69 – 1,59	0,843 NS
Porcentaje de sombra	1,83	0,42 – 8,00	0,421 NS
Condición de exclusión	0,89	0,65 – 1,22	0,471 NS
Cooperativa ChobaChoba	1,81	1,04 – 3,16	0,036 S

IRR: Incidence Rate Ratios (Ratios de tasa de incidencia)

CI: Intervalos de confianza

NS: No significación al 5% de probabilidad

AS: Alta significación estadística al 5 % de probabilidad

Los resultados del modelo indican que el porcentaje de flores dañadas fue en promedio de 2 % para el clon CCN-51 en el área de Acopagro, en condiciones de baja cobertura de árboles de sombra, sin exclusión de aves y murciélagos (intercepto, IRR: 0,02). El aumento en el porcentaje de sombra está relacionado con un porcentaje más alta de flores dañadas (IRR: 1,83), aunque no alcanza la significación estadística ($p = 0,421$), este aumento en los daños de flores observados podría estar vinculado a un incremento en la presencia de insectos plagas tales como cochinillas, áfidos, larvas de lepidópteros y otros hemípteros (Vansynghel et al., 2022). Este evento parece ser más marcado dentro de las plantas excluidas que en aquellas que se encuentran libres. Según los hallazgos de Ferreira et al. (2023) en un estudio realizado en Camerún, en condiciones de sombra intensa del 90 %, los árboles de cacao que fueron excluidos de vertebrados voladores mostraron una reducción significativa del 3,9 veces en la cantidad de flores. Esto se atribuye a la importancia de la depredación de aves y murciélagos como un servicio ecosistémico potencial que beneficia a los agricultores al controlar las plagas en los sistemas agroforestales de cacao (Ocampo et al., 2023; Van Bael et al., 2007; Maas et al., 2015).

Por otro lado, se observa que la pertenencia a la cooperativa Choba Choba se asocia con un incremento notable del 1,81 más en el porcentaje de flores dañadas, mostrando una significancia estadística ($p = 0,036$) en comparación con la cooperativa Acopagro.

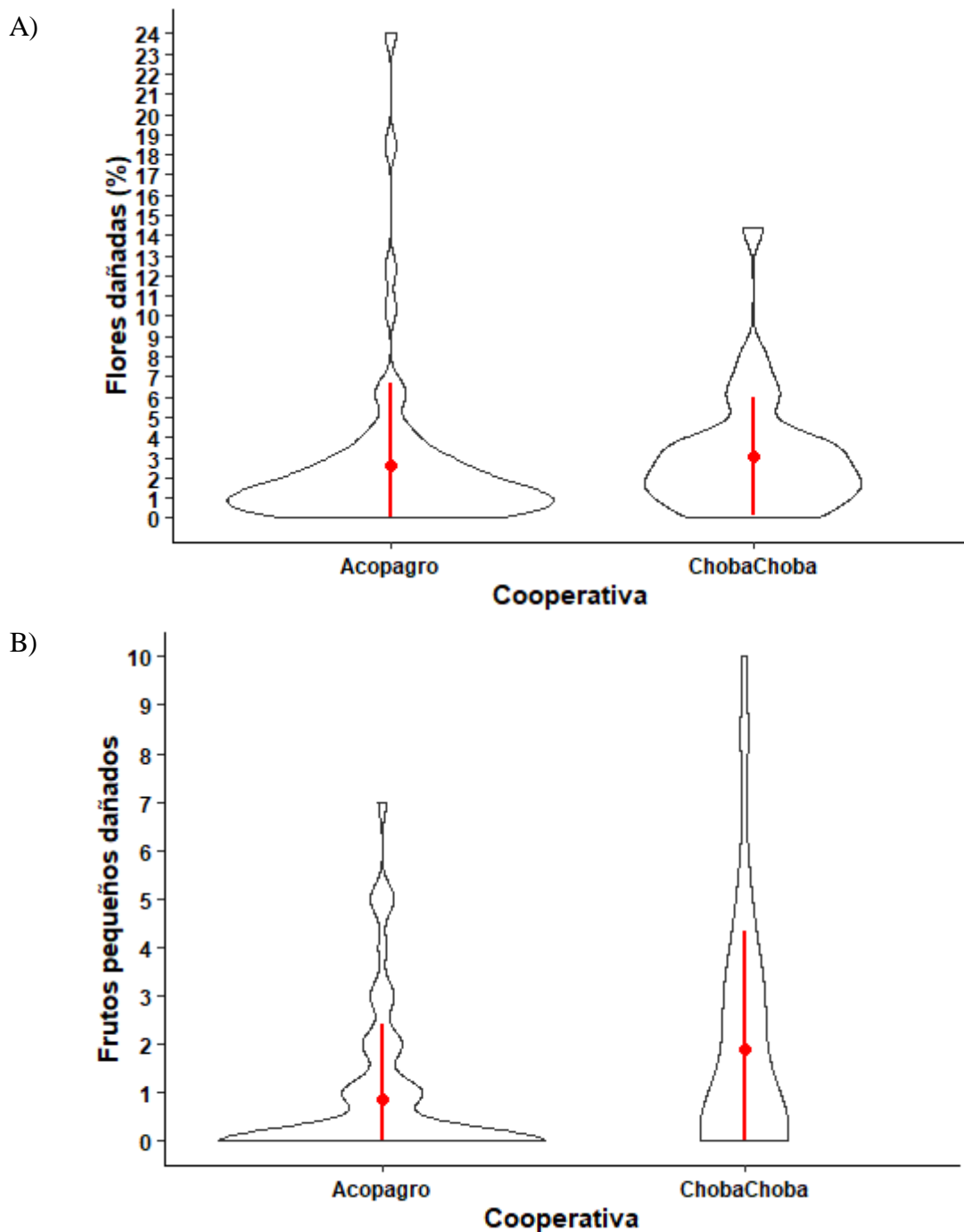


Figura 13. Análisis del porcentaje de daño por plagas en las flores (A) y frutos pequeños (B) en dos cooperativas estudiadas en el período setiembre 2022 a setiembre 2023.

En la Figura 13A, al analizar el caso de Acopagro se destaca la presencia de un violín más amplio y aplanado, indicando un promedio del 2 % de flores dañadas anualmente. Mientras que en la cooperativa Choba Choba se evidencia un promedio ligeramente superior, alcanzando el 3 %. Dentro de este rango, es posible encontrar plantas sin daños, pero también se registran casos con hasta un 10 % de afectación. Además, es importante

señalar que los daños observados en las flores y frutos pequeños son mayormente atribuibles a insectos plagas, siendo las enfermedades responsables de una proporción mínima de dichos daños. De manera similar, al examinar los frutos pequeños dañados (Figura 13B), se encontró un promedio de un fruto pequeño afectado por planta en el caso de Acopagro. No obstante, algunas plantas dentro de esta cooperativa presentan más de cinco frutos dañados anualmente. En contraste, la Cooperativa Choba Choba exhibe un promedio ligeramente superior con dos frutos dañados por planta y se registran casos en los que algunas plantas alcanzan hasta diez frutos pequeños dañados al año.

Las diferencias en los porcentajes de daño a flores y frutos pequeños entre estas dos cooperativas pueden estar vinculadas al entorno que las rodean. En particular, las áreas estudiadas en la cooperativa Choba Choba están cercanas a bosques, lo que posiblemente propicie una mayor diversidad de insectos, que podrían ser responsables de los daños a las flores y los frutos pequeños. Las plantas de cacao, al estar excluidas de vertebrados y ubicarse en proximidad a los bosques, limitaban los beneficios de los servicios ecosistémicos relacionados con la depredación de plagas. Según investigaciones llevadas a cabo por Ocampo et al. (2022), se observó la presencia de aves insectívoras y la diversidad de especies aumentan con la proximidad al bosque durante la temporada de lluvias. Mientras que las parcelas de la otra cooperativa están mayormente rodeadas por monocultivos de arroz y presentan una mayor distancia respecto al bosque, lo que podría resultar en un aumento de murciélagos y especies insectívoras a medida que la distancia al bosque aumenta, independientemente de la estación (Ocampo et al., 2022).

Asimismo, la cercanía del bosque a la cooperativa Choba Choba podría proporcionar un fácil acceso a las plagas a fuentes de alimento adicionales, como néctar de flores y frutos maduros. Además, la mayor precipitación en Choba Choba podría crear un ambiente más húmedo y propicio para el desarrollo de insectos que se alimentan de flores, influyendo en la dinámica de poblaciones, tasa de reproducción y sobrevivencia (Baltazar, 2016; Vásquez, 2011). En Acopagro, la menor precipitación podría limitar la disponibilidad de agua en el entorno, lo que podría tener un efecto negativo en la población de insectos (Vásquez et al. 2020).

En datos adicionales preliminares del proyecto se muestran las cinco especies más abundantes de aves y murciélagos encontradas dentro de las plantaciones evaluadas, con un total de 1 517 individuos de aves distribuidos en 97 especies. Entre las aves más destacadas se encuentra el *Tolmomyias viridiceps*, con un total de 138 individuos registrados. Esta especie se caracteriza por ser insectívora, principalmente se alimenta en la copa superior de los árboles, aunque a veces se puede encontrar a alturas más bajas. Mientras busca presas, se posa erguida y utiliza golpes ascendentes para alcanzar su objetivo. Además, emplea maniobras de búsqueda y vuelo estacionario para capturar insectos de las ramitas o del envés de las hojas. Una vez que captura su presa, desciende a una nueva posición (Ridgely y Tudor, 2009). Seguido de *Pachyramphus polychopterus* con un total de 91 individuos que se caracteriza por ser insectívoro. Esta especie busca alimento en los niveles medios y altos de los árboles, donde atrapa orugas, escarabajos, cicadélidos y arañas del follaje. Además, muestra una considerable ingesta de bayas pequeñas. Su técnica de caza incluye la captura de presas en pleno vuelo (Becarp, 2016). También esta *Chionomesa lactea* (85 individuos, nectarívoro), *Pitangus sulphuratus* (72 individuos, omnívoro) y *Monasa nigrifrons* (69 individuos, insectívoro).

Igualmente, se capturaron 1 672 murciélagos de 36 especies, siendo las más predominantes *Carollia perspicillata* (506 individuos, frugívoros), *Artibeus lituratus* (328 individuos, frugívoros), *Phyllostomus discolor* (168 individuos, omnívoros), *Artibeus planirostris* (158 individuos, frugívoros) y *Uroderma bilobatum* (106 individuos, frugívoros). Los murciélagos hallados comúnmente muestran una dieta frugívora, consumiendo una amplia gama de frutos, con una preferencia al género *Piper*. Estos mamíferos utilizan principalmente el estrato inferior del bosque, donde abundan arbustos y plantas portadoras de semillas que forman parte de su dieta. Además de frutas, ocasionalmente se alimentan de insectos y en ciertas ocasiones también pueden acceder a flores y néctar ubicados en las copas de los árboles (Maguiña et al., 2012).

4.2.2. Estimación del rendimiento potencial y real

Para estimar el rendimiento de los clones y el cacao nativo en nuestro estudio, hemos calculado los índices de mazorca (IM) (Anexo, Tabla 17). Observamos que el clon CYP-99 presenta el IM más bajo con un valor de 14, acompañado de un índice de semillas (IS) notablemente alto de 1,9, seguido del clon CCN-51 que presenta un IM de 16 y un IS de 1,6. En contraste, tanto el cacao nativo como el clon ICS-95 muestran los índices de mazorca más elevados registrando valores de 21 y 24, respectivamente. Además, es importante destacar que comparten índices de semillas más bajos, con un valor de 1,2, en comparación con los otros clones estudiados. Estas variaciones en los índices de mazorca pueden ser atribuibles a factores como la genética de la planta, ya que la variedad o el clon de cacao en sí mismo puede tener una influencia en el tamaño y la forma de las mazorcas. Las condiciones climáticas, como la temperatura, la humedad y la precipitación, así como el nivel de fertilización y las prácticas de manejo agronómico, ejercen una influencia significativa en el crecimiento y el tamaño de los frutos, lo que podría explicar las diferencias observadas en el rendimiento de los clones y el cacao nativo.

Resultados similares reporta García (2010) para el CCN-51 con un IM de 16 e IS de 1,4 y para el ICS-95 reporta IM de 22 e IS de 1,3; mientras que Huera (2018) encontró un IM de 17,64 e IS de 1,45, para el CCN-51. En cuanto al cultivar moderno CYP-99 (Thomas et al., 2023), se reporta por primera vez el IM de 14 e IS de 1,9. Asimismo, para los cacaos nativos o híbridos locales se reporta este índice de mazorca aproximado, debido a la gran variabilidad que existe entre estos, tanto en tamaños y formas de mazorcas (Anexo, Figura 29. A, B, C y D).

Según García (2010), el rendimiento estimado del clon CCN-51 varía significativamente, oscilando entre 937 y 2 812 kg/ha, con un rendimiento real registrado de 2 760 kg/ha. Por otro lado, el clon ICS 95 presenta estimaciones de rendimiento en el rango de 682 a 2 045 kg/ha, con un rendimiento real de 1 867 kg/ha. Asimismo, Flores (2011) evidenció rendimientos en Tocache de 2 728,9 kg/ha para el CCN-51 y 1 147,5 kg/ha para el ICS-95. Sin embargo, los resultados en este estudio revelan valores máximos de 923,41 kg/ha para el CCN-51 y 582,16 kg/ha para el ICS-95. Estas discrepancias probablemente se atribuyan a diversos factores, incluyendo las condiciones climáticas, la naturaleza del suelo, la presión de inóculos de hongos causantes de enfermedades, la presencia de plagas, diferencias en las prácticas de manejo agrícola, así como la variabilidad genética, entre otros.

Tabla 11. Evaluación del rendimiento potencial y real de tres clones y cacao nativo bajo condiciones de exclusión de aves y murciélagos.

Categoría	Condición	N° promedio de frutos/planta/año					Rendimiento potencial				Rendimiento real			
		Verdes con <i>Carmenta</i>	Verdes enfermos	Maduros enfermos	Maduros sanos	Maduros con <i>Carmenta</i>	IM	Frutos sanos + enfermos	kg/p	kg/ha	IM	Maduros sanos	kg/p	kg/ha
Clon CCN-51	Exclusión	2,0	5,1	1,8	13,3	2,3	16	24,4	1,525	1 694,28	16	13,3	0,831	923,41
Clon CCN-51	Control	2,9	6,5	2,0	11,8	3,5	16	26,6	1,664	1 848,70	16	11,8	0,740	822,14
Clon CYP-99	Exclusión	2,3	5,3	0,8	6,2	2,0	14	16,7	1,193	1 325,42	14	6,2	0,443	492,17
Clon CYP-99	Control	4,8	9,0	3,0	9,5	5,4	14	31,6	2,259	2 509,75	14	9,5	0,679	754,37
Clon ICS-95	Exclusión	1,6	2,6	0,9	6,6	2,0	24	13,6	0,565	627,72	24	6,6	0,274	304,41
Clon ICS-95	Control	3,9	2,7	1,3	12,6	4,4	24	24,9	1,036	1 150,99	24	12,6	0,524	582,16
Cacao nativo	Exclusión	2,1	4,3	1,8	10,4	2,3	21	20,9	0,995	1 105,45	21	10,4	0,495	549,95
Cacao nativo	Control	2,8	6,3	3,2	13,6	2,9	21	28,8	1,373	1 525,40	21	13,6	0,648	719,93

IM: índice de mazorca kg/p: Kilogramo por planta kg/ha: Kilogramo por hectárea

Las estimaciones de rendimiento potencial y real (Tabla 11), son más altos en general en la condición de control en comparación con la exclusión para todos los clones y el cacao nativo, esto se debe a la baja producción de frutos que se reduce cerca de la mitad, que se les atribuye a muchos factores abióticos (Estrés por exceso de podas, fertilización, porcentaje de sombra, clima, etc.) y bióticos como los insectos plaga *Carmenta foraseminis*, chinches, enfermedades y entre otros. En nuestro estudio el clon CYP-99 mostró una gran diferencia entre su rendimiento potencial y real en ambas condiciones, teniendo menos en el real debido a la alta susceptibilidad de enfermedades principalmente moniliasis tanto en frutos verdes como maduros (12 frutos) y a la *C. foraseminis* (más de 10), que reduce significativamente su cantidad. El clon CCN-51 tiene un menor rendimiento potencial, pero mayor rendimiento real en comparación con el CYP-99 con 923,41 kg/ha. El clon ICS-95 también mostró una diferencia en el rendimiento potencial y real en ambas condiciones, pero la pérdida de frutos es afectada en mayor número por la plaga *C. foraseminis* (más de 8) tanto en estado verde como maduro llegando a 582,16 kg/ha. Los cacaos nativos tienen un rendimiento potencial de 1 525,40 kg/ha en control y real de 719,9 kg/ha siendo superior al clon ICS-95, teniendo pérdidas de frutos en mayor proporción por enfermedades (más de 9 frutos) (Figura 14).

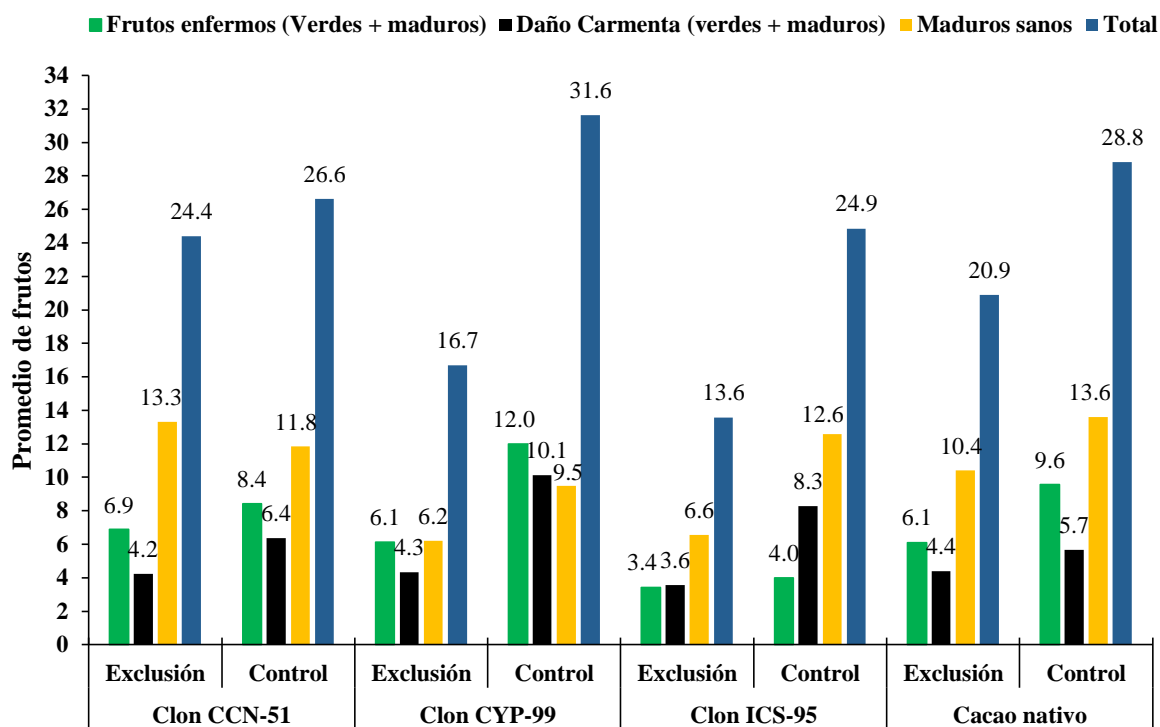


Figura 14. Análisis comparativo del número promedio de pérdidas en frutos por plagas y enfermedades en tres clones y cacao nativo bajo condiciones de exclusión y no exclusión de aves y murciélagos.

En la Figura 14 se evidencia de manera general que las pérdidas debidas a enfermedades son más significativas en los tres clones y en los cacaos nativos, tanto en frutos verdes como maduros, en comparación con los daños ocasionados por *C. foraseminis*. Se enfatiza que las mayores pérdidas por enfermedades se registran en frutos verdes, recalando la necesidad para los agricultores de cacao de priorizar el cuidado y manejo desde las primeras etapas de desarrollo de los frutos, dado que muestran una mayor susceptibilidad en esta fase.

En condiciones de exclusión el clon CCN-51 exhibe la mayor cantidad de frutos maduros sanos, registrando 13,3, seguido por el cacao nativo con 10,4; ICS-95 con 6,6 y finalmente, el CYP-99 con 6,2. En contraste, en el grupo control, los clones CYP-99 e ICS-95 presentan la mayor cantidad de daño causado por *C. foraseminis*, con 10,1 y 8,3 frutos respectivamente. Cabe señalar que Morón (2018) reportó daños de hasta un 38,7% por *Carmenta* en una plantación de CCN-51 en Tingo María. Además, Alomia et al. (2021) indican un promedio mayor de infestación del 68,59 %, destacando la mayor susceptibilidad del clon CCN-51 e ICS-95 a la polilla, mientras que las variedades criollas muestran una mayor tolerancia.

4.3. Otros parámetros estudiados

En el marco de este estudio, también exploramos la posible relación entre el área (cm^2) de la rama de un metro evaluada con el número de cojines florales en distintas variedades de cacao. Los análisis revelaron un coeficiente de correlación cercano a 0,15 (Tabla 12). Este valor sugiere una relación débil entre ambas variables, subrayando la importancia de reconocer que otros factores no contemplados en este estudio podrían influir en la relación entre el área y el número de cojines por metro de rama. Entre los factores no considerados, la cantidad de luz recibida por la planta durante su fase de crecimiento emerge como una variable significativa. Dicha luminosidad puede influir en la formación de cojines, ya que cada uno se origina a partir de la prominencia de una hoja. Así, si las plantas experimentaron sombreado durante sus primeras etapas de desarrollo, es probable que hayan sufrido etiolación, resultando en una menor cantidad de cojines. Además, la cantidad de cojines puede estar vinculada a la genética de la planta, siendo los nativos propensos a tener números superiores en comparación con los clones. Es importante destacar que el área total de cada rama se relaciona en gran medida con la edad de la planta. Es decir, plantas jóvenes (aproximadamente 5 años) pueden poseer la misma cantidad de cojines que una planta adulta (más de 15 años), pero con un área total menor.

Tabla 12. Resultados del número de cojines florales y producción de flores evaluados en la rama de un metro en tres clones y cacao nativo.

Predictor	Número de cojines			Producción de flores		
	IRR	CI	p	IRR	CI	p
Intercepto	26,47	22,45 – 30,49	<0,001	6,67	205,26 – 218,60	0,95
Área	0	0,00 – 0,00	0,09 NS	0,05	0,02 – 0,07	<0,001 AS
Observaciones	128			128		
R ²	0,015			0,115		

Además, se exploró la relación entre el área de la rama y la producción de flores, revelando una asociación significativa que indica que un aumento en el área se traduce en un incremento aproximado de 0,05 flores (Figura 16). Por ejemplo, cuando el área alcanza los 4000 cm^2 , se espera una producción de alrededor de 200 flores, mientras que con un área de 17500 cm^2 , este valor aumenta a aproximadamente 700 flores, incrementando de esta manera la posibilidad de tener mayor cuajado y producción de frutos. Es importante señalar que a pesar

de que el coeficiente de correlación es relativamente bajo, con un 11.5%, sugiere que otros factores pueden incidir en la producción de flores como la precipitación, la fertilidad del suelo, la edad de la planta, etc. Por ende, se hace necesario llevar a cabo investigaciones adicionales que contemplen estas variables para obtener una comprensión más completa de los determinantes de la producción floral.

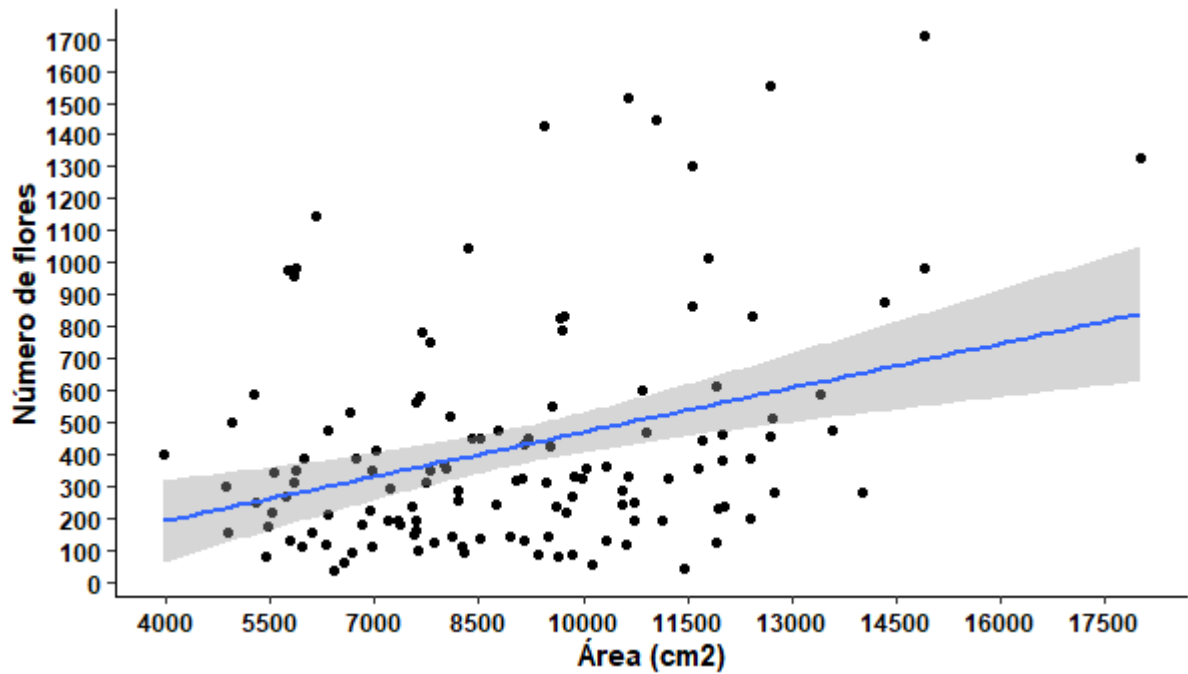


Figura 15. Relación entre el área de la rama evaluada en la producción de flores en tres clones y cacao nativo.

V. CONCLUSIONES

1. Según los resultados de la investigación, la exclusión de aves y murciélagos no influye en la incidencia de enfermedades en frutos verdes enfermos. Sin embargo, se registró una reducción en la cantidad de frutos verdes afectados dentro de los experimentos de exclusión. Esta disminución se atribuye a las condiciones ambientales y las prácticas de manejo experimental implementadas durante el estudio.
2. El estudio demostró que la incidencia de enfermedades en frutos cosechables de cacao está influenciada significativamente por el porcentaje de sombra, siendo más alto en áreas con mayor sombra. No se encontraron diferencias significativas entre clones, cooperativas o la condición de exclusión, pero se resalta la tolerancia del clon ICS-95 a la moniliasis. No obstante, la incidencia de escoba de bruja en brotes y cojines fue menor al 5 %. De esta manera se destaca la importancia del manejo agronómico para mitigar enfermedades y optimizar la producción en la provincia de Mariscal Cáceres, San Martín.
3. La exclusión de aves y murciélagos en la producción de cacao en la cooperativa Choba Choba resultó en un aumento significativo en el porcentaje de flores y frutos pequeños dañados por insectos plaga. Este evento, asociado con mayores índices de sombra, afectó negativamente el rendimiento potencial y real de la cooperativa en comparación con Acopagro. Estos resultados subrayan la complejidad de los factores que influyen en la producción de cacao y la importancia de enfoques integrales para mejorar la sostenibilidad y productividad.
4. Adicionalmente se investigó la relación entre el área de la rama y el número de cojines florales mostrando que no hay efecto. Se encontró una asociación significativa entre el área de la rama y la cantidad de flores producidas. En investigaciones futuras será relevante evaluar la correlación entre la cantidad de flores y la productividad final.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Desarrollar estrategias integradas que involucren la gestión de aves, murciélagos y sombra, para controlar plagas y optimizar la producción en sistemas agroforestales de cacao, con un enfoque sostenible y de bajo impacto ambiental.
2. Considerar los posibles efectos del cambio climático en las interacciones entre aves, murciélagos y enfermedades en los sistemas agroforestales de cacao, considerando adaptaciones y estrategias de mitigación.
3. Investigar más sobre los factores que afectan la producción floral en plantaciones de cacao, centrándose en la interacción compleja entre el área de la rama, edad de la planta, la precipitación, la fertilidad del suelo y posiblemente otros factores ambientales.

VII. REFERENCIAS

- Almeida, D. S. M., Gramacho, K. P., Cardoso, T. H. S., Micheli, F., Alvim, F. C., & Pirovani, C. P. (2017). Cacao phylloplane: the first battlefield against *Moniliophthora perniciosa*, which causes witches' broom disease. *Phytopathology*, *107*(7), 864-871.
- Alomía, J., Alomía, C., y Vega, B. (2021). *Carmenta foraseminis* Eichlin y *Phytophthora palmivora* en frutos de *Theobroma cacao* L. en Satipo, Perú. *Manglar*, *18*(3), 283-288.
- Anzules, T. V., Pazmiño, B. E., Alvarado, H. L., Borjas, V. R., Castro, C. V. & Julca, O. A. (2022). Control of cacao (*Theobroma cacao*) diseases in Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, *33*(1), 1-12.
- Arciniegas, A. M. (2005). *Caracterización de árboles superiores de cacao (Theobroma cacao L.) por el Programa de Mejoramiento Genético del CATIE*. [Tesis de maestría. Universidad de Costa Rica]. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4571>
- Arévalo, G., Zúñiga, C., Arévalo, C., Adriaola, J. (2004). *Manejo integrado del cultivo de cacao y transferencia de tecnología en la amazonía peruana*. Tarapoto. San Martín. Instituto de Cultivos Tropicales (ICT).
- Armando, C. (2016). *Estudio del cacao en el Perú y en el mundo, un análisis de la producción y el comercio*. Lima, Perú: MINAGRI.
- Baltazar, H. (2016). Factores climáticos que influyen en la diversidad de insectos en *Spartium junceum* L. (Fabales: Fabaceae). *Prospectiva Universitaria*, *13*(1), 30-48.
- Batista, L. (2009). *Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Dominicana*. Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF. 250 p.
- Becard, W. W. (2016). *Pachyramphus polychopterus*. <https://www.flickr.com/photos/jobando/27202484585>
- Beilke, E. A., & O'Keefe, J. M. (2023). Bats reduce insect density and defoliation in temperate forests: An exclusion experiment. *Ecology*, *104*(2), e3903. <https://doi.org/10.1002/ecy.3903>
- Benito, S. J. (2000). *Condiciones ecológicas para el cultivo del cacao*. Estación Experimental Porvenir Tarapoto. INIA.

- Campana, O. B. (2020). *Caracterización morfológica de cuatro clones de cacao aromático en un sistema agroforestal*. [Tesis de grado, Universidad Científica del Sur]. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1387>
- Carvajal, R. A. (2020). *Epidemiología de Moniliophthora perniciosa (Stahel) Aime y Phillips-Mora en seis clones de cacao de Santander, Colombia* [Master's tesis]. <http://193.122.196.39:8080/xmlui/handle/10521/4302>
- Cassano, C. R., Silva, R. M., Mariano-Neto, E., Schroth, G. & Faria, D. (2016). Exclusion of bats and birds, but not shade cover, influences arthropod abundance and cocoa leaf consumption in the agroforestry landscape of northeastern Brazil. *Agriculture, ecosystems and environment*, 232, 247-253. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.013>
- Castillo, P., Sernaqué, A., y Purizaga, J. (2020). Registro del chinche del cacao *Antiteuchus tripterus* (Fabricius, 1787) (Hemiptera: Pentatomidae). *Bol. Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay*, 24(1): 15-20.
- Centro de Biociencia Agrícola Internacional (2007). *Crop Protection Compendium. Global module*. 7ma. Edition CAB International.
- Centro de Biociencia Agrícola Internacional (2012). *Moniliophthora roreri (frosty pod rot)* *Crop Protection Compendium*. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.34779>
- Centro de Biociencia Agrícola Internacional (2021). *Moniliophthora perniciosa (witches broom disease of cacao)* *Crop Protection Compendium*. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.16054>
- Cerrón, G. (2012). *Manejo del cultivo de cacao*. OAEPS. Extensión y proyección social. UNALM.
- Chuquibala, C. B. (2019). *Respuesta de diferentes dosis de cepas del género Trichoderma spp. En el control biológico de la moniliasis (Moniliophthora roreri) del cacao nativo fino de aroma, Bagua-Amazonas-2018*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza]. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1920>
- Colonia, L. (2012). *Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de cacao*. Cusco, Perú. <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/010-e-cacao.pdf>
- Cuellar, A. J. (2021). *Efecto de los híbridos “rojo” y “amarillo” y clones TSH-565 y ICS-95 de cacao (Theobroma cacao) en el ataque de plagas y enfermedades en fincas*

cacaoteras de los municipios de Tarqui y Suaza, departamento del Huila. [Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Colombia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/40774>

De la Cruz, J., Vargas, M., Del Ángel, O. (2005). *Cacao: Operaciones pos-cosecha*. Food and Agriculture Organization (FAO).

Espinosa, J., Mite, F., Cedeño, S., Barriga, S., & Andino, J. (2006). GIS-based site-specific management of cocoa. *Better Crops*, 90(1), 36-39.

Fernández, C. L. (2018). *Epidemiología de escoba de bruja (Moniliophthora perniciosa) en accesiones de cacao (Theobroma cacao L.) silvestre colectadas en la cuenca del alto amazonas*. [Tesis de grado, Universidad Nacional De San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/2873>

Ferreira, D. F., Jarrett, C., Wandji, A. C., Atagana, P. J, Rebelo, H., Maas, B. & Powell, L. (2023). Birds and bats enhance yields in afro-tropical cacao agroforests only under high arboreal shade cover. *Agriculture, ecosystems and environment*, 345, 108325. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108325>

Flores, H. (2011). *Capacidad productiva e incidencia de enfermedades de ocho clones de Cacao (Theobroma cacao L.) en una parcela policlonal en Alto Limón, Tocache*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/112>

García, C. L. (2010). *Catálogo de cultivares de cacao del Perú*. Ministerio de Agricultura, Comisión Nacional para el desarrollo y Vida sin Drogas. https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/cultivares_cacao.pdf

Gómez, A. y Ramos, G. (2005). *La chinche negra del cacao*. INIA Divulga.

Gómez, R., García, R., Tong, F., González, C. (2014). *Paquete tecnológico del cultivo del cacao fino de aroma*. Oficina de las naciones unidas contra la droga y el delito para el Perú y el Ecuador – UNODC.

Gras, P., Tschardtke, T., Maas, B., Tjoa, A., Hafsah, A., & Clough, Y. (2016). How ants, birds and bats affect crop yield along shade gradients in tropical cacao agroforestry. *Journal of Applied Ecology*, 53(3), 953-963. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12625>

- Huera, M. P. (2018). *Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante “full cacao” en comparación con la fertilización convencional en Pangua*. [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15195>
- Instituto Colombiano Agropecuario (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del cacao (Theobroma cacao L). Medidas para la temporada invernal*. p. 6-13. <http://www.ica.gov.co/getattachment/c01fa43b-cf48-497a-aa7f-51e6da3f7e96/-nbsp,M,anejo-fitosanitario-del-cultivo-de-Cacao.aspx>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (2008). *Escoba de bruja del cacao en Venezuela, Aspectos fitosanitarios*. INIA. Centro de Investigaciones del Estado Miranda. Venezuela. <http://canacacao.org/wp-content/uploads/Escoba-de-Bruja-2008.pdf>
- Johnson, J., Bonilla, J., y Agüero, L. (2008). *Manual de manejo y producción del cacaotero*. León, Nicaragua.
- Leandro, M., M., Tixier, P., Germon, A., Rakotobe, V., Phillips-Mora, W., Maximova, S., & Avelino, J. (2017). Effects of microclimatic variables on the symptoms and signs onset of *Moniliophthora roreri*, causal agent of *Moniliophthora* pod rot in cacao. *PLoS One*, 12(10), e0184638.
- Leiva, R. I., Gutiérrez, B. E., Pardo, M. C. y Ramírez, P. R. (2019). Comportamiento vegetativo y reproductivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) por efecto de la poda. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(2), 137-146.
- Maas, B., Clough, Y., & Tschardtke, T. (2013). Bats and birds increase crop yield in tropical agroforestry landscapes. *Ecology letters*, 16(12), 1480-1487. <https://doi.org/10.1111/ele.12194>
- Maas, B., Heath, S., Grass, I., Cassano, C., Classen, A., Faria, D., & Kross, S. (2019). Experimental field enclosure of birds and bats in agricultural systems-Methodological insights, potential improvements, and cost-benefit trade-offs. *Basic and Applied Ecology*, 35, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.12.002>
- Maas, B., Karp, D. S., Bumrungsri, S., Darras, K., Gonthier, D. J., Huang, J. C., Lindell, C. A., Maine, J. J., Mestre, L., Michel, N. L., Morrison, E. B., Perfecto, I., Philpott, S. M., Şekercioğlu, Ç. H., Silva, R. M., Taylor, P. J., Tschardtke, T., Van Bael, S. A., Whelan, C. J. & Williams-Guillén, K. (2015). Bird and bat predation services in tropical forests

- and agroforestry landscapes. *Biological Reviews*, 91(4), 1081-1101. <https://doi.org/10.1111/brv.12211>
- Maas, B., Tschardtke, T., Tjoa, A., Saleh, S., Edy, N., Anshary, A. & Basir, M. (2018). *Effects of ecosystem services provided by birds and bats on small-scale cocoa plantations in central Sulawesi*. Universitätsverlag Göttingen. <https://doi.org/10.17875/gup2018-1085>
- Maguiña, R., Amanzo, J., y Huamán, L. (2012). Dieta de murciélagos filostómidos del valle de Kosñipata, San Pedro, Cusco-Perú. *Revista peruana de biología*, 19(2), 159-166.
- Marín, H. (2000). *Manejo integrado de enfermedades en cacao*. INIA. Lima, Perú.
- Mejía, E. (2008). *Plan de manejo proyecto cacao finca La Dorada, San Carlos*. Agroindustrial EM del Norte S.A. Upala, Costa Rica.
- Mejía, L., Argüello, O. (2000). *Variabilidad morfoagronómica de 59 árboles élite de cacao (Theobroma cacao L.) en Santander. En tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao*. CORPOICA. Bucaramanga, Colombia.
- Mendoza, M. E. (2022). *Caracterización molecular de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de cacao en la zona nororiental del Perú*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas] <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2842>
- Meneses, B. D., Bolaños, B., M., Gómez, G. L., & Ramos, Z. H. (2019). Evaluation of irrigation and pruning on the phenology and yield of *Theobroma cacao* L. *Agronomy Mesoamerican*, 681-693.
- Mijail, A. (2010). *Cultivo de cacao*. 1ra Edición. Editorial Macro. Lima, Perú.
- Ministerio de Agricultura y Riego (2016). *Estudio del cacao en el Perú y en el mundo, Situación actual y perspectivas en el mercado nacional e internacional al 2015*. MINAGRI-DGPA-DEEIA.
- Ministerio de Agricultura y Riego (2018). *Análisis de la cadena productiva del cacao con enfoque en los pequeños productores de limitado acceso al mercado*. Boletín informativo.

- Ministerio de Agricultura y Riego (2021). *Commodities: Cacao. Boletín Minagri*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2009611/Commodities%20Cacao%3A%20ene-mar%202021.pdf>
- Morón, S. (2018). *Evaluación de la incidencia de enfermedades en frutos de cacao (Theobroma cacao L.) clon CCN 51 en una plantación de producción orgánica*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1549>
- Motamayor, J. C., Lachenaud, P., Da Silva e Mota, J. W., Loor, R., Kuhn, D. N., Brown, J. S. & Schnell, R. J. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L). *PloS one*, 3(10), e3311.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>
- Motamayor, J. C., Risterucci, A. M., Lopez, P. A., Ortiz, C. F., Moreno, A., & Lanaud, C. (2002). Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity (Edinb)*. 89(5):380-6. doi: 10.1038/sj.hdy.6800156. PMID: 12399997.
- Ocampo-Ariza, C., Maas, B., Castro-Namuche, JP, Thomas, E., Vansynghel, J., Steffan-Dewenter, I. & Tscharntke, T. (2022). Trait-dependent responses of birds and bats to season and distance from dry forest in tropical agroforestry. *Agriculture, ecosystems and environment*, 325, 107751. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107751>
- Ocampo-Ariza, C., Vansynghel, J., Bertleff, D., Maas, B., Schumacher, N., Ulloque-Samatelo, C. & Tscharntke, T. (2023). Birds and bats enhance cacao yield despite suppressing arthropod mesopredation. *Ecological Applications*, e2886.
<https://doi.org/10.1002/eap.2886>
- Ortega, M. (2006). *Nivel de incidencia de enfermedades en frutos de cacao en plantaciones con diferentes prácticas de manejo en Tingo María*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/79>
- Padilla, L. (2014). *Evaluación del comportamiento de 22 clones de cacao (Theobroma cacao L.) a las principales enfermedades en la Ex-Estación Experimental Agropecuaria Tulumayo-Tingo María*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/171>
- Parra, D., Contreras, I. Pineda, J. (2008). *Escoba de bruja del cacao en Venezuela*. Centro de Investigaciones del Estado Miranda (INIA). Venezuela.

- Paulin, D., Ducamp, M. and Lachenaud, P. (2008). New sources of resistance to *Phytophthora megakarya* identified in wild cocoa tree populations of French Guiana. *Crop Protection*, 27 (7), 1143-1147.
- Phillips, M. W. (2003). *Origen, biogeografía, diversidad genética y afinidades taxonómicas del hongo del cacao (Theobroma cacao L.) Moniliophthora roreri (Cif.) Evans et al. determinado mediante evidencia molecular, fitopatológica y morfofisiológica*. [Tesis de Doctorado en Filosofía, Universidad de Reading. Reading].
- Pillman, R. A. (2013). *Prospección de enfermedades en el cultivo de cacao (Theobroma cacao) en tres comunidades de Pichari-Cusco*. [Tesis de grado, Universidad Nacional De San Cristobal De Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2079>
- Quintos, C. (2018). *Evaluación del daño de Antiteuchus sp. en frutos de cacao (Theobroma cacao L.) en el valle del Bajo Mayo, región San Martín*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3323>
- Ramírez, L. M., Cuervo, P. J. A., y Romero, C. T. (2011). *El Cultivo del cacao: enfermedades y métodos de control*. Edit. Académica Española.
- Remache, R. R., Cantos, K. S., Puyutaxi, F. A., Medina, A. V., y Dávila, F. R. (2020). Adaptación de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional en el piedemonte de Guasaganda, Cotopaxi, Ecuador. *Alternativas*, 21(3), 33-41.
- Reyes, H., y Capriles, L. (2000). *El Cacao en Venezuela. Moderna Tecnología para su cultivo*. Chocolates el Rey, Venezuela.
- Ridgely, R. S., & Tudor, G. (2009). *Field guide to the songbirds of South America: the passerines*. University of Texas Press.
- Ríos, R. R. (2004). Epidemiologia e manejo da moniliase da cacaueiro no Peru. Tese Doctor scientiae. Universidade Federal de Vicosa UFV. Vicosa minas gerais, Brasil. 80p.
- Sánchez, M. C., Jaramillo, R. E., Ramírez, M. I. (2015). *Enfermedades del cacao. Universidad Técnica de Machala*. Machala, Ecuador.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2020). Climas del Perú. Mapa de Clasificación Climática Nacional. <https://www.senamhi.gob.pe/?yp=mapa-climatico-del-peru>

- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (2022). *Escoba de bruja, Moniliophthora perniciosa (Stahel) Aime. SADER-SENASICA. Dirección General de Sanidad Vegetal-Dirección del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria*. Ficha Técnica. Tecámac, Estado de México. <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Escoba%20bruja%20del%20cacao.pdf>
- Solís, B. J., Zamarripa, C. A., Pecina, Q. V., Garrido, R. E. y Hernández, G. E. (2015). Evaluación agronómica de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) para selección de alto rendimiento y resistencia en campo a moniliasis. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(1), 71-82.
- Species 2000 y Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS) Catalogue of Life. (2016). *Digital resource at* <https://www.catalogueoflife.org/data/taxon/7VMT>
- Tackacs, T. C. (2014). *Efecto del óxido cuproso, hidróxido de cobre y tebuconazole, en Moniliophthora perniciosa, en el cultivo de Theobroma cacao L., variedad criollo, Satipo*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Del Centro Del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1910>
- Thomas, E., Iman, S., Atkinson, R., Zavaleta, D., Rodriguez, C., Lastra, S., Murrieta, E., Farfan, A., Castro, J., Ramírez, J., Samanamud, A., Paredes, C., Arango, K., Cruz, W., Ramirez, M., Zhang D. (2023). *Diversidad genética de cacao en el Perú*. Catálogo de cacaos de Perú, Evert Thomas, Sphyros Lastra, Diego Zavaleta (Eds.) Bioersivity International y MOCCA, Lima Perú. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/131753>
- Thomas, E., Van Zonneveld, M., Loo, J., Hodgkin, T., Galluzzi, G., Van Etten, J. (2012). Presentan patrones de diversidad espacial de *Theobroma cacao* L. en el Neotrópico reflejan la diferenciación genética en los refugios del pleistoceno seguidos de dispersión influenciada por humanos. *PLoS One* 7(10): e47676. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047676>
- Tirado, G. P., Lopera, A. A., y Ríos, O. L. (2016). Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en *Theobroma cacao* L.: revisión sistemática. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(3), 417-430.
- Valarezo, C. O., Cañarte, B. E., y Navarrete, C. B. (2012). Artrópodos asociados al cultivo de cacao en Manabí. *La técnica*, (7): 34-42.

- Van Bael, S. A., Bichier, P. & Greenberg, R. (2007). Bird predation on insects reduces damage to the foliage of cocoa trees (*Theobroma cacao*) in western Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 23(6), 715-719.
- Vansyngel, J., Ocampo-Ariza, C., Maas, B., Martin, E. A., Thomas, E., Hanf-Dressler, T. & Steffan-Dewenter, I. (2022). Quantifying services and disservices provided by insects and vertebrates in cacao agroforestry landscapes. *Proceedings of the Royal Society B*, 289(1982), 20221309. <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.1309>
- Vansyngel, J., Thomas, E., Ocampo-Ariza, C., Maas, B., Ulloque-Samatelo, C., Zhang, D. & Steffan-Dewenter, I. (2023). Cross-pollination with native genotypes improves the fruit set and yield quality of Peruvian cocoa. *Agriculture, ecosystems and environment*, 357, 108671. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108671>
- Vásquez, V. A., Cruzatty, L. C. G., Olaya, J. C., y Martínez, M. (2020). Insectos polinizadores en sistemas de producción de *Theobroma cacao* L. en la zona central del litoral ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología*, 13(2), 23-30.
- Vázquez, L. L. (2011). *Cambio climático, incidencia de plagas y prácticas agroecológicas resilientes. Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).
- Viena, V. L. (2020). *Cacao nativo, una oportunidad de biocomercio para los cacaoteros de la provincia de Satipo*. (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica del Perú). <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17129>
- Zarrillo, S., Gaikwad, N., Lanaud, C., Powis, T., Viot, C., Lesur, I., Valdez, F. (2018). The use and domestication of *Theobroma cacao* during the mid-Holocene in the upper Amazon. *Nature ecology y evolution*, 2(12), 1879-1888.

ANEXOS

Tabla 13. Datos climatológicos obtenidos de la estación Bellavista para las parcelas de la cooperativa Acopagro en el periodo de setiembre del 2022 a setiembre 2023.

Fecha	Estación Bellavista			Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
	T° Min (°C)	T° Max (°C)	T° Media (°C)		
15/09/2022	19,40	38,80	27,59	0,00	72,5
30/09/2022	20,80	39,60	29,28	73,30	70,3
15/10/2022	20,00	37,20	27,79	44,10	75,2
31/10/2022	22,00	37,40	29,00	12,50	73,2
15/11/2022	16,80	38,00	28,05	10,80	72,9
30/11/2022	20,80	37,60	28,15	46,40	72,6
15/12/2022	20,80	37,40	28,29	27,60	74,4
31/12/2022	19,80	38,00	29,06	9,60	72,0
15/01/2023	19,00	38,20	28,46	35,30	72,1
31/01/2023	19,20	38,20	27,93	51,70	72,2
15/02/2023	21,20	36,40	27,79	20,20	75,9
28/02/2023	21,00	38,00	28,58	62,10	73,0
15/03/2023	22,20	36,20	27,98	91,90	72,6
31/03/2023	20,80	35,20	26,99	314,60	77,0
15/04/2023	21,60	34,20	27,25	86,50	76,5
30/04/2023	21,60	34,80	27,31	33,50	76,9
15/05/2023	22,20	35,00	28,19	22,00	74,5
31/05/2023	21,80	34,80	27,76	13,50	75,5
15/06/2023	18,20	35,00	27,01	18,70	74,2
30/06/2023	17,00	34,80	26,29	38,10	74,5
15/07/2023	21,40	37,80	29,22	0,00	72,0
31/07/2023	21,60	37,40	28,94	14,90	73,5
15/08/2023	19,00	36,00	27,94	58,80	72,3
31/08/2023	19,80	37,80	28,48	55,00	72,0
15/09/2023	20,20	39,00	29,63	50,00	73,8
30/09/2023	21,40	40,20	30,19	12,00	72,1

Tabla 14. Datos climatológicos obtenidos de la estación Pachiza para las parcelas de cooperativa Choba Choba en el periodo de setiembre del 2022 a setiembre 2023.

Fecha	Estación Pachiza				
	T° Min (°C)	T° Max (°C)	T° Media (°C)	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
15/09/2022	19,00	36,80	27,83	17,00	82,4
30/09/2022	19,00	39,00	28,20	80,00	79,4
15/10/2022	19,00	38,00	27,89	124,20	81,0
31/10/2022	19,80	36,80	28,14	135,80	82,5
15/11/2022	19,60	36,00	27,49	54,00	83,7
30/11/2022	18,00	36,20	27,93	106,20	83,0
15/12/2022	19,80	36,00	27,44	71,20	83,3
31/12/2022	19,40	36,00	27,77	79,20	83,8
15/01/2023	19,00	36,40	27,66	172,80	83,6
31/01/2023	19,80	36,00	27,84	93,60	80,5
15/02/2023	19,00	36,00	27,85	90,30	78,7
28/02/2023	19,80	36,00	27,82	158,80	79,4
15/03/2023	19,00	36,00	27,58	175,20	79,7
31/03/2023	19,80	36,00	27,72	230,80	80,9
15/04/2023	19,00	36,00	27,61	156,90	80,0
24/04/2023	19,00	36,60	25,76	36,00	79,1
15/05/2023	19,00	36,20	27,75	62,80	80,0
31/05/2023	19,00	36,00	27,52	96,90	79,8
15/06/2023	18,00	36,20	27,76	29,00	80,2
30/06/2023	17,80	36,20	27,96	42,80	79,4
15/07/2023	19,80	36,00	28,00	23,70	79,1
31/07/2023	19,80	36,00	27,92	51,80	78,6
15/08/2023	19,00	36,00	27,94	58,80	78,4
31/08/2023	19,80	37,80	28,48	55,00	79,2
15/09/2023	19,00	38,80	28,40	87,60	77,5
30/09/2023	19,00	39,20	28,49	40,60	77,1

Tabla 15. Intervalos de producción potencial de frutos por planta/año de cada variedad de cacao en el período setiembre 2022 – setiembre 2023.

Variedad	CCN-51	CYP-99	ICS-95	Nativo	%	
Intervalos de producción potencial de frutos por planta/año	0 - 10	8	2	2	13	19,5%
	10 - 20	19	7	10	9	35,2%
	20 - 30	14	3	1	8	20,3%
	30 - 40	8	2	2	4	12,5%
	40 - 50	6	1	1	4	9,4%
	50 - 60	1	1	0	1	2,3%
60 - 70	0	0	0	1	0,8%	
Total de plantas	56	16	16	40	128	

Tabla 16. Porcentaje de sombra de las parcelas de las cooperativas Acopagro y Choba Choba e incidencia de moniliasis y enfermedad total.

Parcela	Planta	Cooperativa	Variedad	Sombra (%)	Incidencia de enfermedad Total	Incidencia de Monilia	Parcela	Planta	Cooperativa	Variedad	Sombra (%)	Incidencia de enfermedad Total	Incidencia de Monilia
A07	A07HC1	Acopagro	CCN-51	47,60%	11,11%	11,11%	C06	C06HC1	ChobaChoba	CCN-51	39,00%	22,58%	22,58%
	A07HC2	Acopagro	CCN-51		20,00%	20,00%		C06HC2	ChobaChoba	CCN-51		6,25%	6,25%
	A07HT1	Acopagro	CCN-51		5,56%	5,56%		C06HC3	ChobaChoba	CCN-51		11,11%	11,11%
	A07HT2	Acopagro	CCN-51		31,58%	26,32%		C06HC4	ChobaChoba	CCN-51		14,29%	0,00%
	A07NC1	Acopagro	Nativo		7,89%	7,89%		C06HT1	ChobaChoba	CCN-51		13,33%	13,33%
	A07NC2	Acopagro	Nativo		21,74%	21,74%		C06HT2	ChobaChoba	CCN-51		25,00%	25,00%
	A07NT1	Acopagro	Nativo		16,67%	16,67%		C06HT3	ChobaChoba	CCN-51		0,00%	0,00%
	A07NT2	Acopagro	Nativo		11,43%	11,43%		C06HT4	ChobaChoba	CCN-51		20,00%	20,00%
A08	A08HC1	Acopagro	CCN-51	57,60%	0,00%	0,00%	C07	C07HC1	ChobaChoba	CCN-51	20,50%	9,09%	9,09%
	A08HC2	Acopagro	CCN-51		0,00%	0,00%		C07HC2	ChobaChoba	CCN-51		23,53%	23,53%
	A08HC3	Acopagro	ICS-95		14,29%	14,29%		C07HT1	ChobaChoba	CCN-51		20,00%	20,00%
	A08HC4	Acopagro	ICS-95		10,00%	10,00%		C07HT2	ChobaChoba	CCN-51		11,11%	11,11%
	A08HT1	Acopagro	CCN-51		0,00%	0,00%		C07NC1	ChobaChoba	Nativo		26,67%	13,33%
	A08HT2	Acopagro	CCN-51		16,67%	16,67%		C07NC2	ChobaChoba	Nativo		20,00%	20,00%
	A08HT3	Acopagro	ICS-95		14,29%	14,29%		C07NT1	ChobaChoba	Nativo		13,33%	13,33%
	A08HT4	Acopagro	ICS-95		0,00%	0,00%		C07NT2	ChobaChoba	Nativo		14,29%	14,29%
A09	A09HC1	Acopagro	CCN-51	20,30%	12,50%	12,50%	C08	C08HC1	ChobaChoba	ICS-95	41,10%	5,56%	5,56%
	A09HC2	Acopagro	CCN-51		12,50%	12,50%		C08HC2	ChobaChoba	ICS-95		10,53%	10,53%
	A09HC3	Acopagro	CCN-51		10,00%	10,00%		C08HC3	ChobaChoba	CCN-51		2,86%	2,86%
	A09HC4	Acopagro	CCN-51		6,90%	6,90%		C08HC4	ChobaChoba	CCN-51		6,45%	6,45%
	A09HT1	Acopagro	CCN-51		4,35%	4,35%		C08HT1	ChobaChoba	CCN-51		10,00%	0,00%
	A09HT2	Acopagro	CCN-51		0,00%	0,00%		C08HT2	ChobaChoba	CCN-51		15,38%	15,38%
	A09HT3	Acopagro	CCN-51		11,76%	11,76%		C08HT3	ChobaChoba	ICS-95		7,50%	7,50%
	A09HT4	Acopagro	CCN-51		11,11%	11,11%		C08HT4	ChobaChoba	ICS-95		5,00%	5,00%
A10	A10HC1	Acopagro	CCN-51	48,60%	0,00%	0,00%	C09	C09HC1	ChobaChoba	CYP-99	34,30%	13,79%	13,79%
	A10HC2	Acopagro	CCN-51		0,00%	0,00%		C09HC2	ChobaChoba	CYP-99		16,67%	16,67%
	A10HC3	Acopagro	ICS-95		0,00%	0,00%		C09HC3	ChobaChoba	CYP-99		20,00%	20,00%
	A10HC4	Acopagro	ICS-95		0,00%	0,00%		C09HC4	ChobaChoba	CYP-99		17,65%	17,65%
	A10HT1	Acopagro	ICS-95		0,00%	0,00%		C09HT1	ChobaChoba	CYP-99		0,00%	0,00%
	A10HT2	Acopagro	ICS-95		7,14%	7,14%		C09HT2	ChobaChoba	CYP-99		0,00%	0,00%
	A10HT3	Acopagro	CCN-51		2,56%	2,56%		C09HT3	ChobaChoba	CYP-99		15,38%	15,38%
	A10HT4	Acopagro	CCN-51		0,00%	0,00%		C09HT4	ChobaChoba	CYP-99		0,00%	0,00%

Continuación...

A11	A11HC1	Acopagro	CCN-51		9,09%	9,09%	C11	C11HC1	ChobaChoba	CYP-99		18,18%	18,18%
	A11HC2	Acopagro	CCN-51		0,00%	0,00%		C11HC2	ChobaChoba	CYP-99		0,00%	0,00%
	A11HT1	Acopagro	CCN-51		15,38%	15,38%		C11HT1	ChobaChoba	CYP-99		18,18%	9,09%
	A11HT2	Acopagro	CCN-51		0,00%	0,00%		C11HT2	ChobaChoba	CYP-99		0,00%	0,00%
	A11NC1	Acopagro	Nativo	69,00%	0,00%	0,00%		C11NC1	ChobaChoba	Nativo	31,80%	0,00%	0,00%
	A11NC2	Acopagro	Nativo		10,00%	10,00%		C11NC2	ChobaChoba	Nativo		0,00%	0,00%
	A11NT1	Acopagro	Nativo		13,33%	13,33%		C11NT1	ChobaChoba	Nativo		0,00%	0,00%
	A11NT2	Acopagro	Nativo		0,00%	0,00%		C11NT2	ChobaChoba	Nativo		0,00%	0,00%
A12	A12HC1	Acopagro	CCN-51		15,38%	15,38%	C12	C12HC1	ChobaChoba	CCN-51		21,43%	14,29%
	A12HC2	Acopagro	CCN-51		0,00%	0,00%		C12HC2	ChobaChoba	CCN-51		7,69%	7,69%
	A12HT1	Acopagro	CCN-51		0,00%	0,00%		C12HT1	ChobaChoba	CCN-51		12,50%	12,50%
	A12HT2	Acopagro	CCN-51		0,00%	0,00%		C12HT2	ChobaChoba	CCN-51		0,00%	0,00%
	A12NC1	Acopagro	Nativo	21,90%	14,29%	14,29%		C12NC1	ChobaChoba	Nativo	45,60%	35,00%	30,00%
	A12NC2	Acopagro	Nativo		15,00%	25,00%		C12NC2	ChobaChoba	Nativo		11,54%	11,54%
	A12NT1	Acopagro	Nativo		9,52%	9,52%		C12NT1	ChobaChoba	Nativo		12,50%	12,50%
	A12NT2	Acopagro	Nativo		0,00%	0,00%		C12NT2	ChobaChoba	Nativo		0,00%	0,00%
A13	A13HC1	Acopagro	CCN-51		10,34%	10,34%	C13	C13HC1	ChobaChoba	ICS-95		7,41%	7,41%
	A13HC2	Acopagro	CCN-51		14,29%	14,29%		C13HC2	ChobaChoba	ICS-95		10,53%	10,53%
	A13HT1	Acopagro	CCN-51		10,00%	10,00%		C13HT1	ChobaChoba	ICS-95		12,50%	12,50%
	A13HT2	Acopagro	CCN-51		0,00%	0,00%		C13HT2	ChobaChoba	ICS-95		0,00%	0,00%
	A13NC1	Acopagro	Nativo	46,20%	24,00%	24,00%		C13NC1	ChobaChoba	Nativo	26,40%	14,71%	11,76%
	A13NC2	Acopagro	Nativo		25,00%	20,83%		C13NC2	ChobaChoba	Nativo		14,29%	14,29%
	A13NT1	Acopagro	Nativo		20,00%	20,00%		C13NT1	ChobaChoba	Nativo		4,55%	4,55%
	A13NT2	Acopagro	Nativo		22,22%	22,22%		C13NT2	ChobaChoba	Nativo		20,00%	20,00%
A14	A14HC1	Acopagro	CCN-51		0,00%	0,00%	C14	C14HC1	ChobaChoba	CYP-99		9,52%	9,52%
	A14HC2	Acopagro	CCN-51		5,00%	5,00%		C14HC2	ChobaChoba	CYP-99		13,64%	13,64%
	A14HT1	Acopagro	CCN-51		15,00%	15,00%		C14HT1	ChobaChoba	CYP-99		14,29%	0,00%
	A14HT2	Acopagro	CCN-51		0,00%	0,00%		C14HT2	ChobaChoba	CYP-99		0,00%	0,00%
	A14NC1	Acopagro	Nativo	90,30%	0,00%	0,00%		C14NC1	ChobaChoba	Nativo	29,80%	0,00%	0,00%
	A14NC2	Acopagro	Nativo		13,33%	33,33%		C14NC2	ChobaChoba	Nativo		10,00%	10,00%
	A14NT1	Acopagro	Nativo		4,76%	4,76%		C14NT1	ChobaChoba	Nativo		0,00%	0,00%
	A14NT2	Acopagro	Nativo		0,00%	0,00%		C14NT2	ChobaChoba	Nativo		9,09%	9,09%

Tabla 17. Evaluación del índice de mazorca de los clones CCN-51, ICS-95, CYP-99 y cacao nativo en la cooperativa Acopagro y Choba Choba.

Parcela	Variedad	Promedio N° de semillas enteras	Promedio Peso semillas frescas (g)	Promedio Ancho de mazorca (cm)	Promedio Largo de mazorca (cm)	Peso total baba (g)	Peso total seco (g)	N° total de semillas de 10 frutos	Humedad (%)	Factor conversión	Índice de Semilla	Índice de Mazorca
C07	CCN-51	36	193,7	9,7	22,9	1943	613	363	7,2	0,32	1,7	17
C06	CCN-51	41	199,7	8,7	22,3	1994	655	412	7,1	0,33	1,6	16
C08	CCN-51	45	212,6	9,8	21,9	2074	676	448	7,0	0,33	1,5	15
C12	CCN-51	41	209,2	10,0	24,4	2058	684	413	7,1	0,33	1,7	15
	Promedio	41	203,8	9,6	22,9	2017	657	409	7	0,33	1,6	16
C11	CYP-99	39	225,2	9,1	20,9	2252	749	391	7,2	0,33	1,9	14
C14	CYP-99	43	214,0	9,4	21,2	2121	752	431	7,1	0,35	1,7	14
C09 R1	CYP-99	43	233,4	9,9	22,8	2327	768	432	7,4	0,33	1,8	13
C09 R2	CYP-99	40	246,5	10,4	24,6	2440	786	399	7,0	0,32	2,0	13
	Promedio	41	229,8	9,7	22,4	2285	764	413	7	0,33	1,9	14
C13	ICS-95	36	116,9	8,0	19,7	1169	431	357	7,0	0,37	1,2	23
C08	ICS-95	31	105,9	8,2	20,5	1012	385	313	7,2	0,38	1,2	26
A10	ICS-95	37	113,1	8,3	20,2	1130	428	369	7,2	0,38	1,2	23
A08	ICS-95	36	118,4	8,2	20,2	1180	449	364	7,1	0,38	1,2	23
	Promedio	35	113,6	8,2	20,2	1123	423	351	7	0,38	1,2	24
C14	NATIVO	33	149,9	8,6	18,2	1493	501	330	7,3	0,34	1,5	20
C13	NATIVO	38	135,1	9,4	18,1	1337	487	382	7,3	0,36	1,3	21
A11	NATIVO	44	147,3	9,0	23,1	1443	474	438	7,3	0,33	1,1	21
A14	NATIVO	40	135,4	8,1	19,1	1343	442	399	7,1	0,33	1,1	23
	Promedio	39	141,9	8,8	19,6	1404	476	387	7	0,34	1,2	21

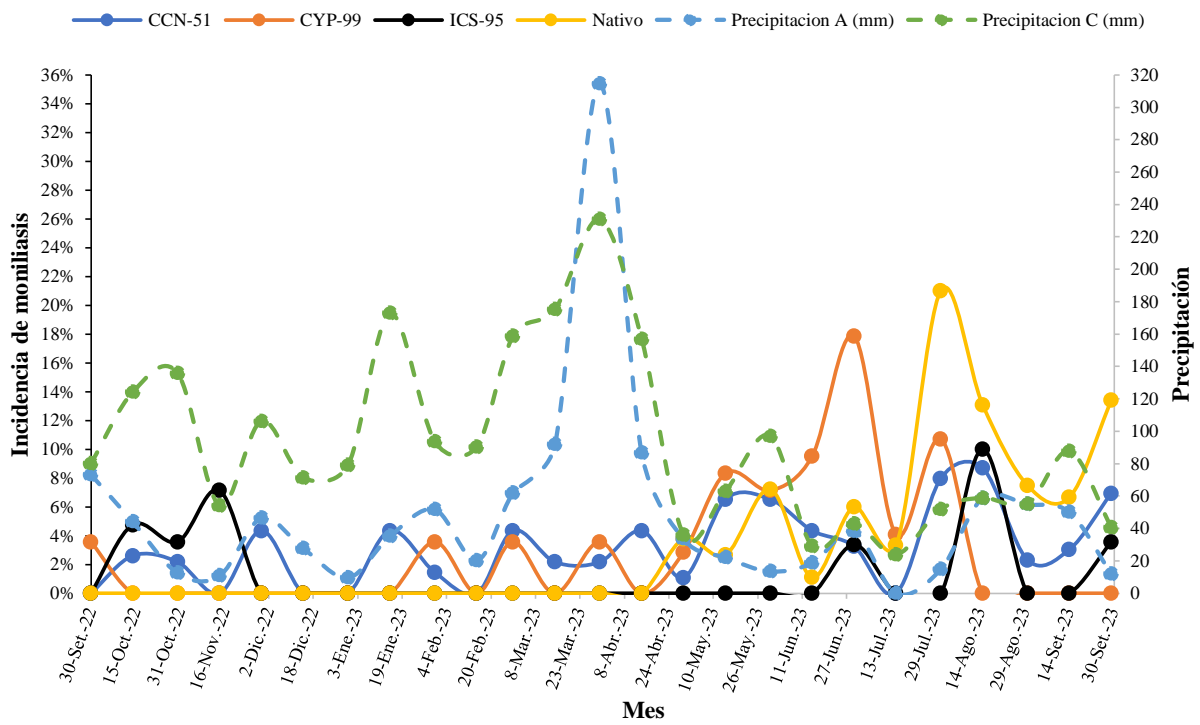


Figura 16. Comportamiento de moniliasis en tres clones y cacao nativo en correlación con la precipitación en el periodo setiembre 2022 a setiembre 2023.

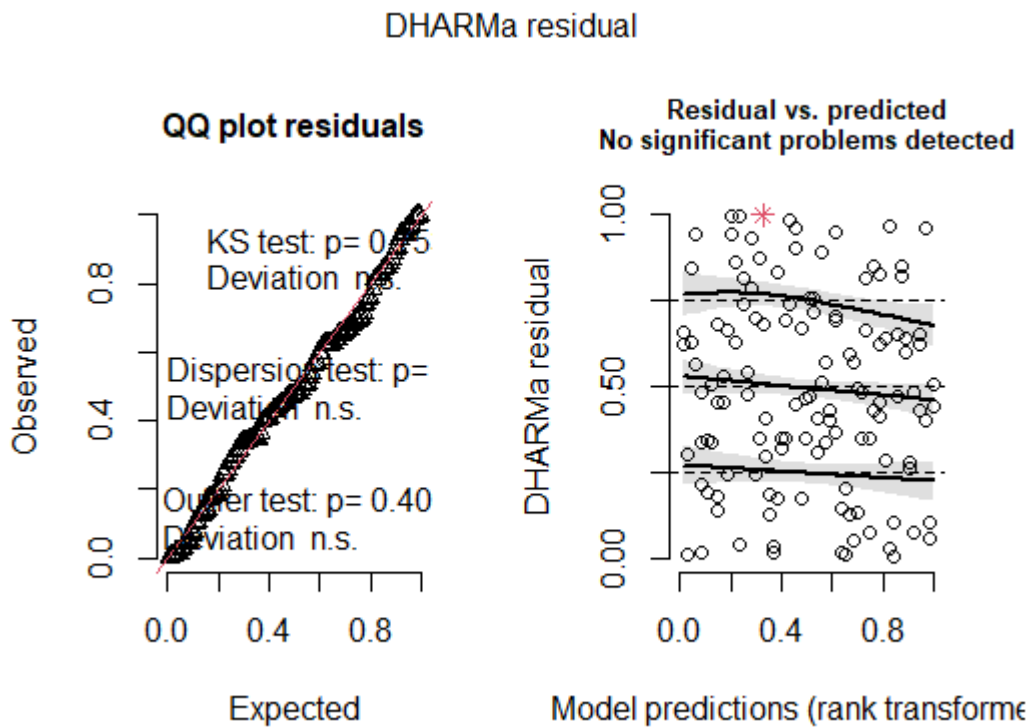


Figura 17. Test de residuos del modelo GLMM para el porcentaje de flores dañadas en tres clones y cacao nativo.

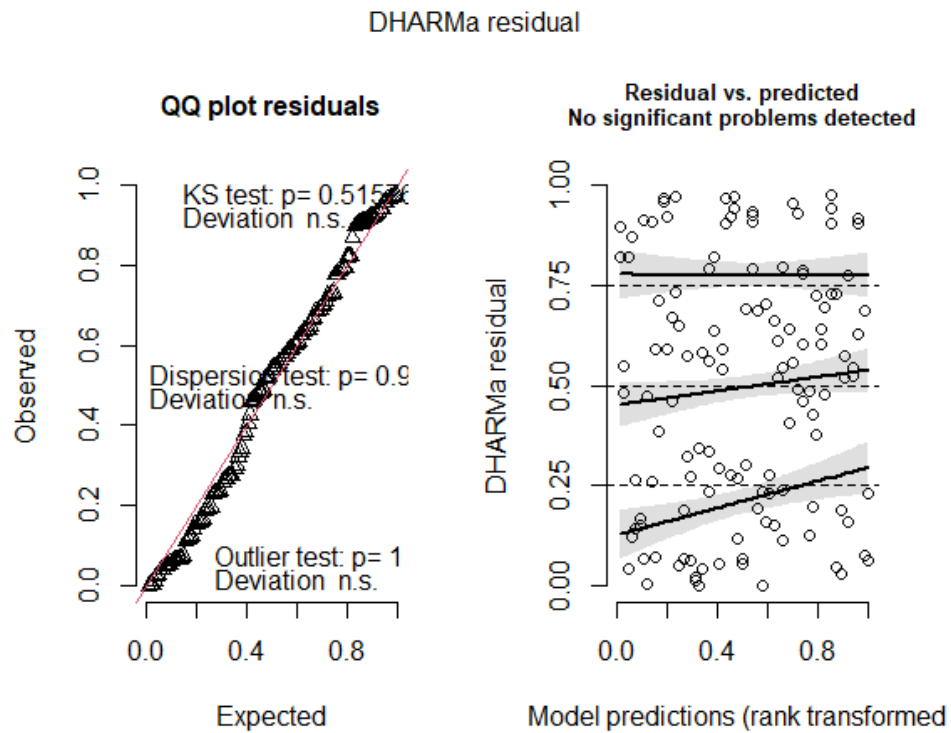


Figura 18. Test de residuos para el modelo GLMM de número de frutos verdes enfermos removidos.

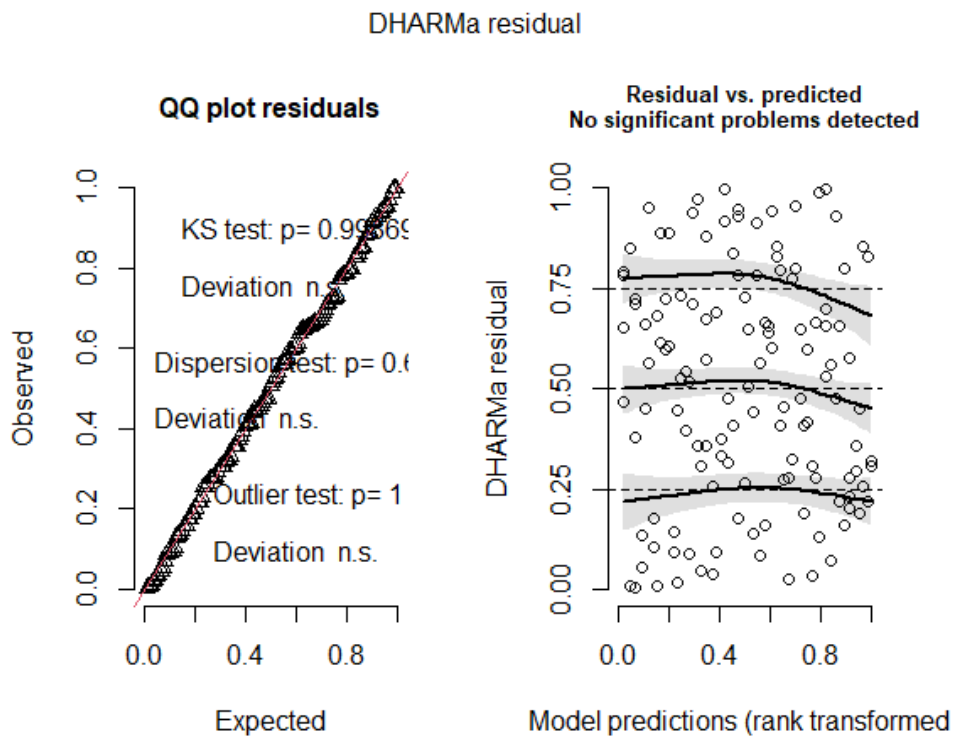


Figura 19. Test de residuos para el modelo GLMM en la incidencia de enfermedades en frutos cosechables.

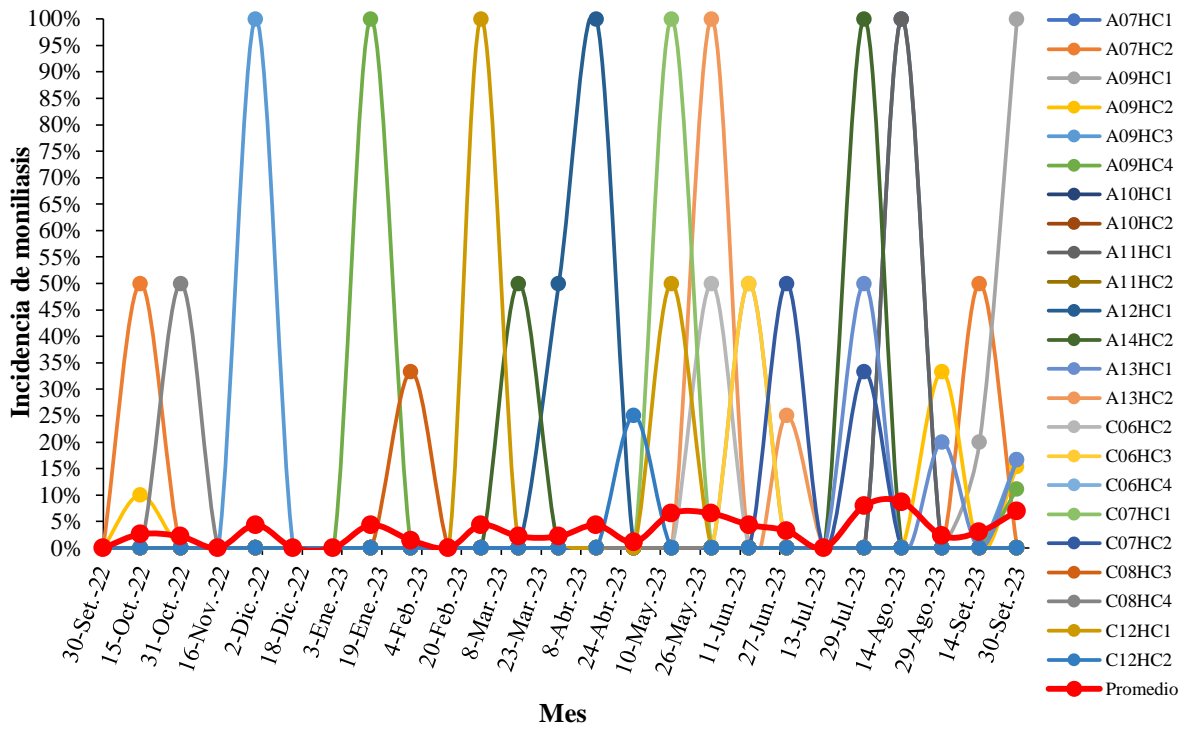


Figura 20. Incidencia de moniliasis por planta en el clon CCN-51 de setiembre 2022 a setiembre 2023 en frutos cosechables.

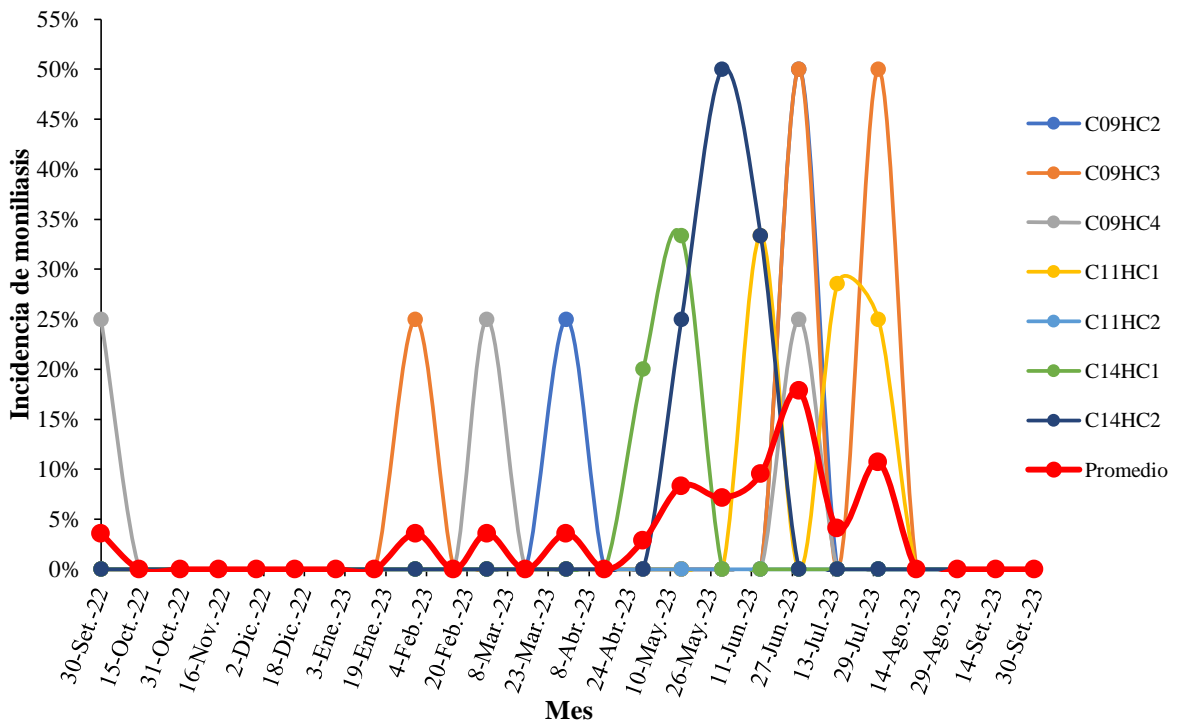


Figura 21. Incidencia de moniliasis por planta en el clon CYP-99 de setiembre 2022 a setiembre 2023 en frutos cosechables.

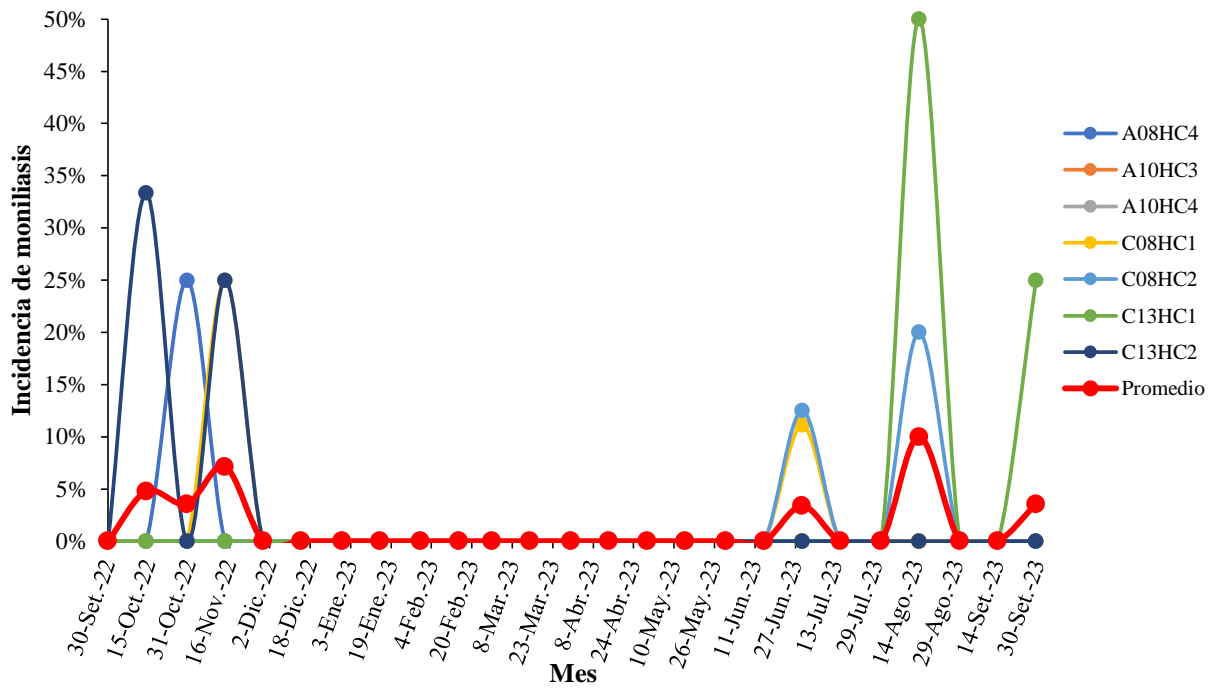


Figura 22. Incidencia de moniliasis por planta en el clon ICS-95 de setiembre 2022 a setiembre 2023 en frutos cosechables.

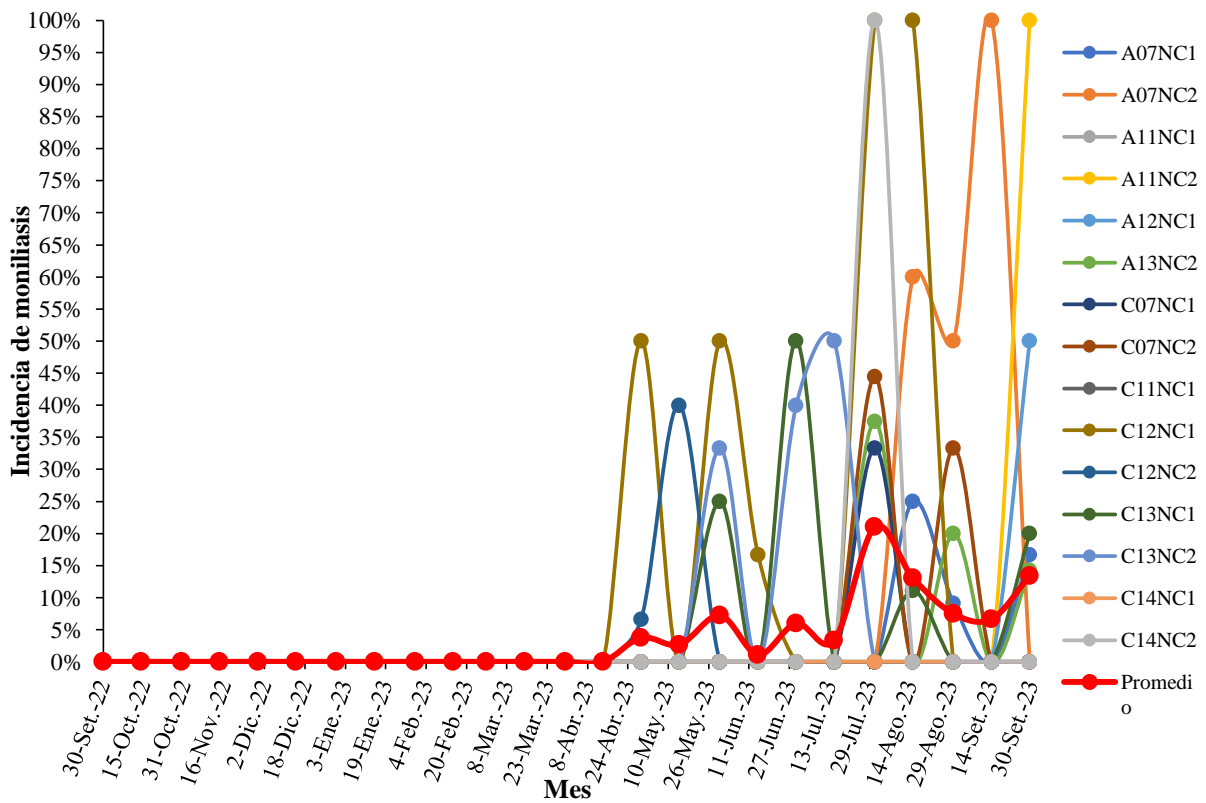


Figura 23. Incidencia de moniliasis por planta en cacao nativo o hibrido local de setiembre 2022 a setiembre 2023 en frutos cosechables.

Tabla 18. Número de cojines, área, volumen y número de flores producidos en un año en tres clones y cacao nativo.

Planta	Variedad	Número de cojines	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Número de flores	Planta	Variedad	Número de cojines	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Número de flores
A07HC1	CCN-51	26	5514	20843	217	C06HC1	CCN-51	29	9684	57885	786
A07HC2	CCN-51	30	4842	16371	298	C06HC2	CCN-51	30	5857	23562	984
A07HT1	CCN-51	32	5972	24455	387	C06HC3	CCN-51	34	14925	123403	1708
A07HT2	CCN-51	28	5826	23068	308	C06HC4	CCN-51	33	9728	58380	833
A07NC1	Nativo	31	12421	89905	389	C06HT1	CCN-51	34	10646	68562	1519
A07NC2	Nativo	26	10336	65046	126	C06HT2	CCN-51	32	18024	169847	1329
A07NT1	Nativo	62	11565	79613	1302	C06HT3	CCN-51	21	11567	79339	864
A07NT2	Nativo	31	10043	62143	354	C06HT4	CCN-51	28	7678	38280	784
A08HC1	CCN-51	30	9151	52329	127	C07HC1	CCN-51	30	14351	115452	878
A08HC2	CCN-51	28	6562	28649	63	C07HC2	CCN-51	32	11039	73043	1445
A08HC3	ICS-95	30	11724	81259	440	C07HT1	CCN-51	24	12015	84794	377
A08HC4	ICS-95	29	9768	58799	214	C07HT2	CCN-51	32	7598	37404	563
A08HT1	CCN-51	28	10572	67865	288	C07NC1	Nativo	32	3970	11303	397
A08HT2	CCN-51	30	6304	26649	117	C07NC2	Nativo	36	6638	29416	531
A08HT3	ICS-95	31	7372	35434	182	C07NT1	Nativo	39	6143	20924	1143
A08HT4	ICS-95	29	12421	89905	198	C07NT2	Nativo	40	5262	17492	586
A09HC1	CCN-51	29	7002	32190	411	C08HC1	ICS-95	30	8943	50254	140
A09HC2	CCN-51	31	5755	22586	975	C08HC2	ICS-95	31	6821	30734	177
A09HC3	CCN-51	30	5458	20605	170	C08HC3	CCN-51	15	10140	62891	56
A09HC4	CCN-51	32	8517	46166	452	C08HC4	CCN-51	27	6678	29622	90
A09HT1	CCN-51	22	9653	57677	80	C08HT1	CCN-51	20	9343	54370	82
A09HT2	CCN-51	27	5728	22312	266	C08HT2	CCN-51	28	10607	59315	119
A09HT3	CCN-51	32	4927	14941	500	C08HT3	ICS-95	21	9846	59718	82
A09HT4	CCN-51	33	5844	20199	958	C08HT4	ICS-95	25	11930	83736	121
A10HC1	CCN-51	33	8393	44929	451	C09HC1	CYP-99	32	11993	84556	463
A10HC2	CCN-51	15	6314	26801	211	C09HC2	CYP-99	31	10899	71427	471
A10HC3	ICS-95	31	6325	26831	476	C09HC3	CYP-99	29	8771	48555	477
A10HC4	ICS-95	31	7804	39239	753	C09HC4	CYP-99	32	9195	52794	448
A10HT1	ICS-95	30	5281	19108	248	C09HT1	CYP-99	20	8017	34754	354
A10HT2	ICS-95	29	7227	34213	293	C09HT2	CYP-99	30	12710	74999	514
A10HT3	CCN-51	30	9864	59817	327	C09HT3	CYP-99	28	13577	104906	475
A10HT4	CCN-51	22	6961	31951	108	C09HT4	CYP-99	30	12697	93410	458
A11HC1	CCN-51	25	7855	34255	122	C11HC1	CYP-99	30	9991	61304	325
A11HC2	CCN-51	28	6089	23016	151	C11HC2	CYP-99	28	9504	56151	142
A11HT1	CCN-51	21	7601	32131	193	C11HT1	CYP-99	30	6964	31999	348
A11HT2	CCN-51	23	8511	42930	135	C11HT2	CYP-99	32	10563	67803	242
A11NC1	Nativo	31	12747	94025	279	C11NC1	Nativo	31	7798	39270	347
A11NC2	Nativo	27	8108	42150	141	C11NC2	Nativo	29	9116	52369	322
A11NT1	Nativo	26	11932	83766	231	C11NT1	Nativo	30	7325	35347	194
A11NT2	Nativo	20	8290	43910	91	C11NT2	Nativo	30	7606	37540	98
A12HC1	CCN-51	29	9607	57336	238	C12HC1	CCN-51	31	9148	52566	432
A12HC2	CCN-51	30	10731	69482	190	C12HC2	CCN-51	30	7548	37139	236
A12HT1	CCN-51	30	12036	85048	233	C12HT1	CCN-51	30	8749	41309	245
A12HT2	CCN-51	31	8003	41109	366	C12HT2	CCN-51	28	7589	30407	160
A12NC1	Nativo	31	8350	44380	1045	C12NC1	Nativo	35	6938	31730	225
A12NC2	Nativo	33	12425	89932	835	C12NC2	Nativo	31	5873	23499	347
A12NT1	Nativo	35	11914	83553	613	C12NT1	Nativo	45	13404	87067	589
A12NT2	Nativo	26	10737	69564	249	C12NT2	Nativo	42	9675	57834	825
A13HC1	CCN-51	31	10849	70882	600	C13HC1	ICS-95	31	10636	68475	331
A13HC2	CCN-51	27	9839	59618	268	C13HC2	ICS-95	30	7188	33872	190
A13HT1	CCN-51	28	9456	55525	314	C13HT1	ICS-95	30	8196	42922	288
A13HT2	CCN-51	30	11131	74149	193	C13HT2	ICS-95	25	5939	21047	111
A13NC1	Nativo	49	12702	93475	1552	C13NC1	Nativo	31	10331	64972	363
A13NC2	Nativo	21	14013	110778	277	C13NC2	Nativo	44	9426	48698	1427
A13NT1	Nativo	28	8096	41958	515	C13NT1	Nativo	50	11796	82124	1015
A13NT2	Nativo	43	14917	123360	982	C13NT2	Nativo	35	9513	56276	425
A14HC1	CCN-51	30	11232	75330	321	C14HC1	CYP-99	30	9559	45321	551
A14HC2	CCN-51	29	4889	16596	157	C14HC2	CYP-99	31	6715	25796	385
A14HT1	CCN-51	28	8192	42865	253	C14HT1	CYP-99	28	5417	18393	81
A14HT2	CCN-51	31	5550	17965	344	C14HT2	CYP-99	29	7555	34099	149
A14NC1	Nativo	18	8267	43563	111	C14NC1	Nativo	33	11665	80601	356
A14NC2	Nativo	10	11449	77900	41	C14NC2	Nativo	32	7640	31643	579
A14NT1	Nativo	21	9036	51170	320	C14NT1	Nativo	21	6415	25131	37
A14NT2	Nativo	32	7730	38709	312	C14NT2	Nativo	28	5776	19933	127



Figura 24. A) Construcción de jaulas de exclusión, B) Jaula de exclusión terminada para el inicio del experimento y C) Jaulas después de cuatro meses de inicio.



Figura 25. A) Marcado de brotes, B) Marcado de un metro en cacaos nativos, C) Marcado de un metro en cacaos clones, D) Evaluación de frutos cada 15 días, E) Evaluaciones de brotes cada 30 días, F) y G) Evaluación de índice de mazorca.



Figura 26. A) Visita del asesor de tesis Ing. Oscar Cabezas, B) Visita de la Blga. Blanca Ivañez, C), D) y E) Visita del presidente de jurado de tesis, Dr. Rolando Ríos Ruiz, F) Acompañamiento de asesora de tesis Dra. Carolina Ocampo.



Figura 27. A) Moniliasis en CCN-51, B) Moniliasis y escoba de bruja en CYP-99, C) Moniliasis en ICS-95, D) Escoba de bruja en brotes, E) Pudrición parda en cacao nativo, F) y G) Escoba de bruja en cojines florales de clones y nativos, H) Cosecha periódicas cada 15 días en ambas cooperativas.

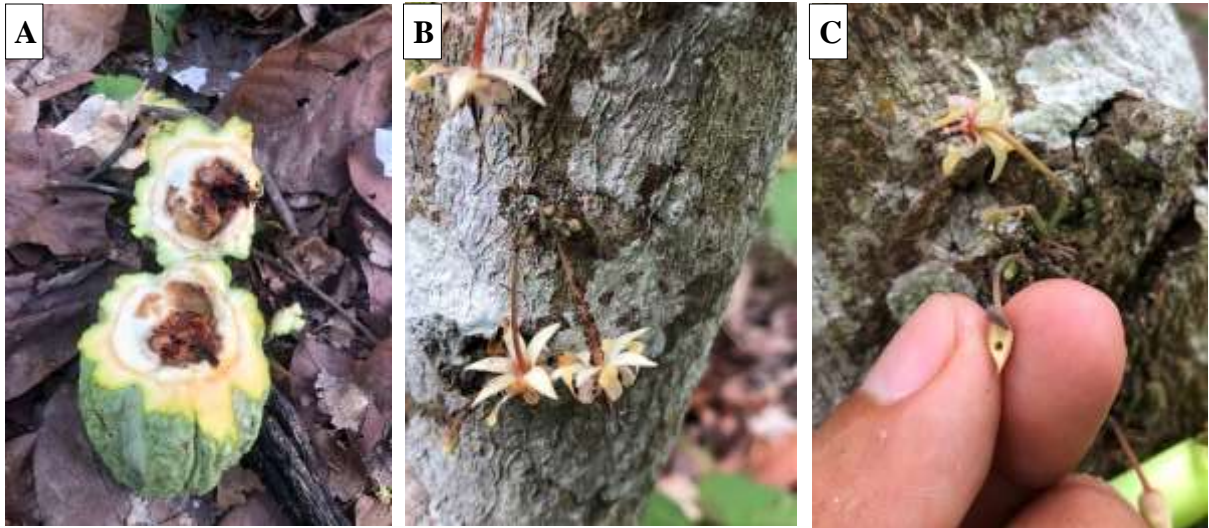


Figura 28. A) Fruto verde dañado por *Carmenta foraseminis*, B) Flor infestado por pulgones, C) Flor dañado por larvas de lepidópteros.



Figura 29. A) Frutos de cacao nativo parcela C14, B) Frutos de cacao nativo parcela C13, C) Frutos de cacao nativo parcela A11, D) Frutos de cacao nativo parcela A14, E) Planta de cacao nativo o híbrido local.



Figura 30. Índice de mazorca: A) Recolección de frutos, B) Extracción y pesado de almendra húmeda, C) Proceso de secado, D) Medición de humedad para cada uno de los clones y cacao nativo.