

**UNIVERSIDAD DE SAN PEDRO SULA
INGENIERÍA AGRONÓMICA ADMINISTRATIVA**



TESIS

**“CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS Y SEMILLAS DE 32
PROGENIES DE CACAO (THEOBROMA CACAO)
SEGUNDA GENERACIÓN FHIA EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL Y DEMOSTRATIVO DE CACAO - JESÚS
ALFONSO SÁNCHEZ, EN LA MASICA, ATLÁNTIDA”**

PRESENTADA POR

ALEXIS ENRIQUE MALDONADO BURGOS

PREVIA OPCIÓN AL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRATIVO

SAN PEDRO SULA, CORTÉS

2025

**“CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS Y SEMILLAS DE 32
PROGENIES DE CACAO (THEOBROMA CACAO)
SEGUNDA GENERACIÓN FHIA EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL Y DEMOSTRATIVO DE CACAO - JESÚS
ALFONSO SÁNCHEZ, EN LA MASICA, ATLÁNTIDA”**

**UNIVERSIDAD DE SAN PEDRO SULA
INGENIERÍA AGRONÓMICA ADMINISTRATIVA**



TESIS

**“CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS Y SEMILLAS DE 32
PROGENIES DE CACAO (THEOBROMA CACAO)
SEGUNDA GENERACIÓN FHIA EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL Y DEMOSTRATIVO DE CACAO - JESÚS
ALFONSO SÁNCHEZ, EN LA MASICA, ATLÁNTIDA”**

PRESENTADA POR

ALEXIS ENRIQUE MALDONADO BURGOS

PREVIA OPCIÓN AL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRATIVO

SAN PEDRO SULA, CORTÉS

2025

**UNIVERSIDAD DE SAN PEDRO SULA
AUTORIDADES UNIVERSITARIA**

**VICERRECTOR:
MÁSTER SENÉN EDUARDO VILLANUEVA HENDERSON**

**SECRETARIA GENERAL:
ABOGADA FANY YAMILETH RIVERA TÀBORA**

**DECANO DE FACULTAD:
DOCTOR JUAN FRANCISCO EUCEDA SANTELI**

**CARRERA:
INGENIERÍA AGRONÓMICA ADMINISTRATIVA**

**DIRECTOR:
MÁSTER JORGE ALBERTO AVENDAÑO ESPINAL**

HOJA DE APROBACIÓN

ASESORADO POR

MASTER: ALLAN OSWALDO TORRES

ASESOR PRINCIPAL

DOCTOR: FRANCISCO JAVIER DIAZ

ASESOR ADJUNTO

TERNA EVALUADORA

EVALUADO POR

EVALUADO POR

RATIFICADO POR

APROBADO POR

**MASTER JORGE AVENDAÑO
DIRECTOR DE CARRERA**

FECHA DE APROBACIÓN

'Estás a punto de comenzar la mayor improvisación de todas. Sin guion. Sin idea de lo que va a ocurrir, a menudo con personas y lugares que nunca has visto antes. Y no tienes el control. Así que di 'sí' y, si tienes suerte, encontrarás gente que te responderá 'sí'.' – **Stephen Colbert**

Dedico el resultado de este trabajo a mi familia, principalmente a mis padres, por su amor incondicional y por ser los pilares fundamentales en cada etapa de mi vida. También a mis hermanos que me han apoyado incondicionalmente en especial en este largo y difícil proceso educativo. A mi esposa que ha sido el alma que me motivó a seguir adelante en cada uno de los momentos difíciles y a mi hijo, que llegó a darme la inspiración que necesitaba para la finalización de este proyecto de vida.

Agradezco a Dios por sus infinitas bendiciones, por darme la fuerza y sabiduría necesaria para la culminación de este proyecto.

A mis padres por su amor y sus sabios consejos que me permitieron levantarme para seguir adelante y llegar hasta el final de este proyecto.

A mis hermanos por su apoyo moral y económico que hicieron posible el cumplimiento de este sueño.

A mi esposa por su amor incondicional, apoyo moral, sacrificio y comprensión en cada uno de los momentos difíciles de este proceso de formación profesional.

A mi hijo, por ser el motivo de mis pensamientos, alegría y felicidad en cada una de mis noches de desvelo de estudio.

A mis compañeros que conformaron mi grupo de estudio, que con el paso del tiempo se volvieron mis amigos, que me apoyaron en muchos aspectos, con los cuales forjamos una bonita amistad dentro y fuera del plano educativo.

A la FHIA, especialmente a las autoridades del CEDEC – JAS, por abrir la puerta de su empresa y permitirme realizar mi práctica profesional y mi proyecto de tesis de investigación.

Y finalmente, a todos los catedráticos de la facultad de Agronomía, por compartir sus conocimientos sin ningún tipo de recelo, con el afán de enriquecer los conocimientos de todos y cada uno de sus estudiantes para ser excelentes profesionales y hacer posible la obtención de nuestro título universitario.

INDICE

HOJA DE AUTORIDADES	1
HOJA DE APROBACIÓN	2
INTRODUCCIÓN	10
ANTECEDENTES	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	14
DELIMITACIONES	15
JUSTIFICACIÓN	16
CAPITULO I MARCO TEÓRICO	17
1.1 ORIGEN DEL CACAO	18
1.2 TAXONOMIA DEL CULTIVO DEL CACAO	18
1.3 PRODUCCIÓN DE CACAO EN HONDURAS	18
1.4 DESCRIPCIÓN BOTANICA DE LA PLANTA	19
1.4.1 RAIZ	19
1.4.2 TRONCO Y RAMAS	19
1.4.3 LAS HOJAS	20
1.4.4 LAS FLORES	21
1.4.5 EL FRUTO	23
1.4.6 LA SEMILLA	24
1.5 VARIEDADES	24
1.5.1 CRIOLLOS	25
1.5.2 FORASTEROS	26
1.5.3 TRINITARIOS	28

1.6 FERTILIZACIONES	30
1.6.1 RECOMENDACIÓN DE FERTILIZACIÓN QUIMICA	31
1.6.2 RECOMENDACIÓN DE FERTILIZACIÓN ORGANICA	32
1.7 CONTROL DE PLAGAS	32
1.7.1 AFIDOS	33
1.7.2 ARAÑA ROJA	34
1.7.3 COCHINILLA ROSADA	35
1.7.4 GUSANOS DEFOLIADORES	35
1.7.5 HORMIGAS ARRIERAS O ZOMPOPOS	36
1.7.6 GALLINA CIEGA	37
1.8 ENFERMEDADES	38
1.8.1 MAZORCA NEGRA	38
1.8.2 MONILIASIS	41
1.8.3 MAL DEL MACHETE	45
CAPITULO II METODOLOGIA	50
2.1 UBICACIÓN Y DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	51
2.1.1 UBICACIÓN	51
2.1.2 DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	51
2.2 MATERIALES, INSUMOS Y HERRAMIENTAS	51
2.3 VARIABLES	52
2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	52
2.3.2 VARIABLES DEPENDIENTES	52
2.3.3 VARIABLES ORGANOLEPTICAS	54
2.4 DISTRIBUCION DE LAS PROGENIES EN LA PARCELA	56
2.5 ANALISIS ESTADISTICO UTILIZADO	57
2.6 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	57
2.6.1 LIMPIEZA DE CAJONES FERMENTADORES	57
2.6.2 COSECHA DE FRUTOS	58
2.6.3 IDENTIFICACIÓN DE FRUTOS	58
2.6.4 TRANSPORTE DE FRUTOS	58
2.6.5 ROTULACIÓN Y ENUMERACIÓN DE LOS FRUTOS	58

2.6.6	MEDICIÓN DE CADA FRUTO COSECHADO	58
2.6.7	APERTURA (PARTIDO) DE LOS FRUTOS	58
2.6.8	EXTRACCIÓN DE LAS ALMENDRAS	59
2.6.9	ALMACENAMIENTO DE ALMENDRAS EN BOLSAS PARA MICRO FERMENTACIÓN	59
2.6.10	DEPOSITO DE BOLSAS MICRO FERMENTADORAS EN LOS CAJONES FERMENTADORES	59
2.6.11	MICRO FERMENTACIÓN DE LAS ALMENDRAS	60
2.6.12	VOLTEO DE LAS ALMENDRAS EN LOS CAJONES FERMENTADORES	60
2.6.13	SECADO DE LAS ALMENDRAS	61
2.6.14	NÚMERO DE GRANOS SECOS	63
2.6.15	PESO SECO TOTAL DE GRANOS DE CADA PROGENIE	63
2.6.16	PESO SECO DEL GRANO CLASIFICADO	63
2.6.17	CALCULO DEL INDICE DE GRANO	63
2.6.18	CALCULO DEL INDICE DE MAZORCA	64
2.6.19	CALCULO DEL RENDIMIENTO BABA A SECO	64
2.7	PROCESO DE ELABORACIÓN DE LICOR DE CACAO	64
2.7.1	SELECCIÓN DE UNA MUESTRA DE 400 GRAMOS	64
2.7.2	TOSTADO DE LOS GRANOS DE CACAO	65
2.7.3	QUEBRADO DEL GRANO	65
2.7.4	DESCASCARILLADO DEL GRANO	65
2.7.5	SELECCIÓN DE UNA MUESTRA DE 230 GRAMOS DE CACAO DESCASCARILLADO	65
2.7.6	PRODUCTO FINAL: LICOR DE CACAO	66
2.8	CATACION DEL LICOR DE CACAO	66
2.9	PRESUPUESTO	67
CAPITULO III ANALISIS DE RESULTADOS		68
CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		87
4.1	CONCLUSIONES	88
4.2	RECOMENDACIONES	89

ANEXOS ----- 90

BIBLIOGRAFIA ----- 102

INTRODUCCION

El cacao (*Theobroma cacao*) es un cultivo perenne y umbrofilo, lo que significa que es demandante de ciertos porcentajes de sombra que se deben ir regulando constantemente en cada etapa fenológica del cultivo para su óptimo desarrollo y una excelente producción, por lo cual, este cultivo debe asociarse con especies forestales que sean caducifolias (perdida de hojas) durante la época de invierno para permitir la entrada de luz solar dentro de la parcela establecida, de esa forma mantener los niveles de temperatura y humedad óptimas para evitar o disminuir la aparición de enfermedades como moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y mazorca negra (*Phytophthora palmivora*), que son las dos principales enfermedades que afectan el fruto en el cultivo del cacao, disminuyendo considerablemente los rendimientos productivos.

La productividad del cultivo de cacao se ve afectada por varios factores, entre ellos las enfermedades anteriormente descritas y también la compatibilidad sexual que existe entre los diferentes materiales genéticos. La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) a través de su programa de mejoramiento genético se ha dado la tarea de realizar experimentos con polinizaciones cruzadas de diferentes materiales genéticos para evaluar la compatibilidad, intercompatibilidad, auto-incompatibilidad e inter-incompatibilidad para la creación de nuevos materiales genéticos que iguallen o superen los rendimientos productivos de los clones utilizados actualmente en nuestro país (Honduras).

En el año 2015, se inició una investigación con 993 plantas resultantes de polinizaciones cruzadas que fueron establecidas en vivero mediante semillas, las cuales posteriormente fueron trasplantadas al campo en el año 2016 para su desarrollo y su respectiva evaluación. Al año 2024 ya se habían descartado 961 progenies de las 993 que iniciaron el proceso de evaluación, por bajos rendimientos productivos. La presente investigación se realizó para dar continuidad al proceso de evaluación de las 32 progenies restantes, en la cual se caracterizaron los frutos y semillas de cada una de ellas, para conocer su rendimiento potencial productivo y sus características físicas, químicas y organolépticas.

ANTECEDENTES

La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), a través de su programa de mejoramiento genético para la creación de nuevos materiales genéticos con el propósito de igualar o mejorar los rendimientos, las características físicas, químicas y organolépticas que permita la producción de granos de igual o mejor calidad que los materiales con los que se cuentan actualmente en nuestro país, en el año 2015 se diseñó una investigación que incluyó 993 plantas que fueron desarrolladas a partir de polinizaciones manuales controladas, con el objetivo de evaluar la compatibilidad sexual (auto e intercompatibilidad), la productividad y la resistencia a moniliasis (M) y mazorca negra (MN) en progenies de cacao por semilla, con miras a generar una segunda generación de materiales genéticos mejorados (FHIA). Estas 993 plantas han sido evaluadas durante el transcurso de 5 años (2020-2024), año tras año, evaluando diferentes variables para conocer su comportamiento, como su tolerancia a enfermedades como la moniliasis y mazorca negra, su precocidad en cuanto a producción y las características físicas, químicas y organolépticas. Durante estos 5 años de investigación, se descartaron 961 progenies por no cumplir con los parámetros que se están evaluando. Las 32 progenies restantes, que sobresalieron del resto que fueron evaluadas, representan únicamente el 3.2%, un porcentaje relativamente bajo lo que demuestra la complejidad en el proceso de mejoramiento genético.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Honduras el cultivo de cacao es muy importante para la elaboración de diferentes subproductos, entre ellos el más importante y con un alto valor agregado como lo es el chocolate. Sin embargo la productividad de este cultivo se ve amenazada por diversos factores como las condiciones climáticas, manejo agronómico del cultivo y la calidad del material genético que se utiliza. La producción de cacao a nivel nacional en nuestro país (Honduras) a nivel de productores, oscila entre 350 – 400 kg de cacao seco/ha/año, el cual es un dato que se encuentra muy por debajo del potencial productivo de los clones FHIA que oscila entre 1500-1700 kg de cacao seco/ha/año. Una de las razones de estos rendimientos tan bajos se debe a los materiales genéticos de bajo potencial productivo que son utilizados actualmente por los diferentes productores de cacao en diferentes regiones del país.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Caracterizar los frutos y semillas de 32 progenies de cacao FHIA segunda generación para determinar su rendimiento potencial, en el Centro Experimental y Demostrativo de Cacao – Jesús Alfonso Sánchez, en La Masica, Atlántida, Honduras.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Determinar el índice de grano y de mazorca de las progenies de cacao evaluadas para conocer su potencial productivo.
- ✓ Evaluar las características organolépticas del licor de cacao obtenido de cada progenie para determinar su calidad sensorial.
- ✓ Identificar las propiedades químicas (grados brix) de los frutos de las progenies de cacao para determinar la calidad del grano.
- ✓ Comparar los rendimientos promedios acumulados de las progenies evaluadas durante el período 2020–2024 con los rendimientos obtenidos en la presente investigación (primer semestre de 2025).

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

OBJETIVOS	PREGUNTAS
Determinar el índice de grano y de mazorca de las progenies de cacao evaluadas para conocer su potencial productivo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué cantidad de mazorcas se necesita para producir un kg de cacao seco? 2. ¿Cómo influye el índice de mazorca sobre las estimaciones del rendimiento comercial del cacao seco? 3. ¿Qué impacto tiene el índice de grano en la comercialización del cacao?
Identificar las características organolépticas de los frutos de las progenies de cacao para determinar la calidad del grano.	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cómo afectan las características organolépticas a la calidad del grano de cacao?
Identificar las propiedades químicas (grados brix) de los frutos de las progenies de cacao para determinar la calidad del grano.	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cómo afectan las propiedades químicas (grados brix), a la calidad del grano de cacao seco?
✓ Comparar los rendimientos promedios acumulados de las progenies evaluadas durante el período 2020–2024 con los rendimientos obtenidos en la	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cómo se correlacionan las variables evaluadas con el rendimiento productivo de las progenies evaluadas?

presente investigación (primer semestre de 2025).	
---	--

DELIMITACIONES

Los resultados de estas 32 progenies evaluadas, son un avance para la creación de nuevos materiales genéticos, sin embargo tienen que continuar siendo evaluadas para determinar cuáles serán sometidas a pruebas regionales en nuestro país. Una variable a considerar para futuras investigaciones que no se midió en esta, sería incluir un análisis bromatológico, para conocer la composición química y nutricional de los granos de cada progenie de cacao evaluada, así mismo podría incluirse la variable número de almendras blancas, para determinar el porcentaje del carácter criollo en cada progenie.

JUSTIFICACIÓN

El bajo rendimiento en la producción de cacao a nivel nacional, al verse influenciada por el material genético que se está utilizando en las plantaciones de los productores, nace la necesidad de crear nuevos y mejores materiales genéticos con características y rendimientos productivos que superen a los materiales que se están utilizando actualmente. La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) como centro de investigación experimental, asume la responsabilidad de evaluar una serie de diversos materiales genéticos con gran potencial productivo y con mejores características físicas, químicas y organolépticas en el grano de cacao. En esta tesis de investigación se le dio seguimiento a los 32 materiales genéticos restantes y que han venido siendo evaluados durante cinco años a partir del año 2020, con el propósito de la creación de nuevos materiales genéticos que igualen o superen los rendimientos productivos y las características físicas, químicas y organolépticas del grano de cacao. De estos 32 materiales genéticos que se evaluaron en esta investigación, se descartaron los que no cumplieron con los parámetros evaluados, caso contrario a los que si cumplieron, estos serán establecidos como población clonal para continuar su proceso de evaluación.

CAPITULO I
MARCO TEÓRICO

1.1 ORIGEN DEL CACAO

El origen del cacao se sitúa principalmente en la cuenca amazónica, específicamente en áreas de Ecuador, Perú y Brasil. Aunque se desconoce el lugar exacto de su domesticación, evidencias arqueológicas apuntan a que fue en la región amazónica donde se domesticó por primera vez hace unos 5.300 años. Posteriormente, se extendió a Mesoamérica, donde fue cultivado y utilizado por diversas culturas como los Olmecas y Aztecas.

1.2 TAXONOMIA DEL CULTIVO DE CACAO

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

ORDEN: Malvales

FAMILIA: Malvaceae

GÉNERO: Theobroma

ESPECIE: cacao

1.3 PRODUCCIÓN DE CACAO EN HONDURAS

El cacao en Honduras es producido en nueve departamentos y se concentra en los siguientes 8: Cortés, Atlántida, Colón, Yoro, Gracias a Dios, Olancho, Santa Bárbara y Copán. (UPEG-SAG, 2020). Aproximadamente 5,500 productores están inmersos en la producción de este rubro y que genera cerca de 20,000 empleos directos e indirectos. Para el año 2022 se contabilizan alrededor de 7,000 has de cacao establecido (PROCACAO, 2022). Se estima a su vez, que cerca del 55% de los productores cuentan con menos de 0.7 ha (Tapia, s.f.). El 66% de las plantaciones de cacao en Honduras están establecidas con material genético trinitario, en tanto el 34% son de forastero (Duran et al. 2016). Los rendimientos promedio de cacao en Honduras están entre los 300 a 400 kg/ha/año (SICACAO 2022).

1.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PLANTA

1.4.1 RAÍZ

La raíz de cacao presenta dos tipos de raíces: una raíz principal que normalmente penetra a mayor profundidad y cuya principal función es dar anclaje y sostén a la planta; y las raíces secundarias se concentran desde la superficie del suelo hasta unos 30 cm de profundidad, a partir de las cuales se desprenden una serie de raicillas más finas y muy activas, que son utilizadas por la planta para absorber nutrientes y agua, necesarios para realizar sus procesos fisiológicos.



Figura 1. Raíz principal y raíces secundarias de la planta de cacao.

1.4.2 TRONCO Y RAMAS

La planta que se origina por semilla se diferencia de otras especies por tener un tronco caulifloro, o sea que forma flores y frutos en el tronco maduro. Otra característica particular que presenta la planta de cacao es su marcado dimorfismo, caracterizado por un crecimiento vertical hacia arriba, seguido de un crecimiento sub horizontal conformado por ramas verticiladas en forma de abanico con crecimiento lateral o hacia los lados, que forma una estructura conocida como horqueta, molinillo, canasta, mesa, piso o candelero, conocido técnicamente como verticilo.

El primer crecimiento corresponde al tallo o tronco y a chupones (crecimiento ortotrópico o vertical) y el segundo es propio de las ramas de abanico (crecimiento plagiotrópico o lateral). Normalmente un poco debajo de la horqueta o verticilo, se forma un chupón o nuevo tallo que a su debido tiempo forma un segundo verticilo

de ramas laterales. Este proceso generalmente se repite, hasta formar una tercera, una cuarta y más pisos u horquetas. Comercialmente esto se debe evitar a través de las podas oportunas y bien hechas para no llegar a tener una altura excesiva del árbol que va a dificultar su manejo agronómico, incluyendo las cosechas y el control cultural de las enfermedades.

Las ramas de la horqueta en cambio tienen una filotaxis de $\frac{1}{2}$ alternas, lo que quiere decir que las hojas están alternadas y dispuestas en un solo plano; estas ramas de abanico luego originan nuevas ramas de orden secundario y terciario. Sin embargo, las plantas obtenidas de injerto presentan una conformación diferente sin el predominio de un tallo principal. Este comportamiento se presenta cuando el injerto se origina a partir de una yema plagiotrópica donde no existe el tallo propiamente dicho, sino un pseudotallo que usualmente se asemeja a una rama primaria, por consiguiente las plantas no tendrán una arquitectura definida, como sucede con las plantas que se forman por semilla que crecen verticalmente para luego emitir las ramas de abanico o verticilo, El crecimiento vertical tiene que ser inducido a través de tutores o podas de formación.



Figura 2. Crecimiento ortotrópico y plagiotrópico de una planta joven de cacao propagada por semilla.

1.4.3 LAS HOJAS

Son de forma lanceolada y su función principal es elaborar, a través del proceso de fotosíntesis, los alimentos como los carbohidratos que la planta necesita para su

normal crecimiento y producción. Para que este proceso se realice en forma eficiente se necesita la luz solar. Es importante mencionar que entre cada peciolo de la hoja y el punto de inserción en la rama o el tallo, se encuentra una yema axilar, que es la que se utiliza para reproducir plantas por injerto o en su efecto, cuando la hoja madura y se desprende sin producirse ninguna brotación, entonces se convierte en yema floral.



Figura 3. Hojas del árbol de cacao.

1.4.4 LAS FLORES

Las flores de cacao son pequeñas, carecen de nectarios, son de color rosado o blanco y hermafroditas por tener ambos sexos.

Los puntos de inflorescencia nacen solo alrededor de las cicatrices que dejan las hojas al desprenderse y se denominan cojinetes florales; el número de flores por cojinete varía de un cultivar a otro en un rango de 14-48. Las partes florales están distribuidas siguiendo una estructura pentámera que consta de un pequeño tubo que une la flor al cojinete llamado pedicelo, cinco sépalos, cinco pétalos (cogulla y lígula) y cinco estaminodios morados que protegen y rodean el pistilo. La parte femenina se le conoce como pistilo y consta de un ovario que posee 5 celdas o lóbulos, donde se distribuyen los óvulos entre 5 y 15 por celda, para un total de 25 a 75 óvulos, que una vez fecundados se convierten en semillas.

La parte masculina está conformada por cinco estambres, cada uno contiene un filamento que sostiene 2 anteras y dentro de ellas se ubican cuatro tecas o sacos polínicos donde se encuentra el polen, cuya función es fecundar los óvulos que se

encuentran alineados dentro del ovario. La reproducción comienza con la formación del botón floral, el cual inicia su apertura en horas de la tarde y continúa abriendo durante la noche y termina hasta la mañana siguiente, abriendo las anteras que contienen los sacos polínicos y liberan el polen y minutos más tarde el estilo y estigma son receptivo a este. El polen del cacao tiene una viabilidad corta de solo 48 horas. La fecundación depende donde caiga el polen si cae cerca del ovario o en el extremo del tubo polínico, puede demorar entre 24 a 72 horas.

El número de flores por planta (generalmente miles), pero apenas un 3 a 5 % llega a fecundarse; de manera que la fecundación en el cacao no es muy eficiente, esto se debe a la estructura y diseño que posee la flor, no facilita la polinización por el viento, o autopolinización y por consiguiente no permite la autofecundación. Ya que las tecas no se orientan hacia el pistilo sino hacia afuera, además están protegidas por una capucha que forman los pétalos.

Este tipo de morfología convierte al cacao en una especie altamente alogama o de polinización cruzada. Este intercambio de polen de una flor a otra se realiza en un 95% por diminutos insectos género *forcipomya*, que es un micro díptero (mosquitas) muy activo especialmente en horas tempranas de la mañana. Hay que agregar que la frecuente auto-incompatibilidad e inter-incompatibilidad de un gran número de flores del cacao, es que el menos del 5% son fecundadas y llegan a dar fruto.



Figura 4. Flores de cacao en los cojinetes florales.



Figura 5. Mosquita *forcipomya* polinizando una flor de cacao.

1.4.5 EL FRUTO

El fruto del cacao se considera una baya conocida como mazorca o bellota, sostenida por un pedúnculo fuerte que evita que se desprenda del tallo aun estando maduro. Esta indehiscencia o incapacidad de desprenderse que presentan los frutos de cacao aumenta el riesgo de convertirlos en focos de infección o de liberación de esporas cuando son atacadas por enfermedades fungosas como moniliasis y mazorca negra.

El tamaño, formas y colores de los frutos varían según los tipos regionales de cacao. Se destacan, las formas amelonadas y calabacillos en los tipos forasteros y los angoletas y cundeamor en los tipos acriolla dos. En su parte interna se encuentran las semillas o almendras alineadas en cinco filas adheridas a una placenta central. Una mazorca contiene de 25 a 45 semillas, según el número de óvulos fecundados. El tiempo que transcurre desde la fecundación del ovario en la flor hasta la madurez del fruto, varía entre 5 a 6 meses, dependiendo del tipo genético y sobre todo de las condiciones predominantes de clima (en zonas altas el tiempo de desarrollo del fruto es mayor que a nivel del mar).



Figura 6. Fruto de cacao.

1.4.6 LA SEMILLA

Las semillas constan de dos cotiledones de forma ovalada y aplanada que van desde el color crema al violeta pálido en los tipos acriollados, hasta el violeta oscuro en los forasteros. Las semillas se encuentran cubiertas por una pulpa blanca mucilaginosa de sabores variables según su procedencia genética, generalmente más azucarados en los tipos criollos y más ácidos en los forasteros.

Una característica para tomar en cuenta en la semilla es que no pasa por un periodo de reposo para luego germinar. Si no se siembra fresca, el embrión muere al poco tiempo por deshidratación o por altas temperaturas (semilla recalcitrante).



Figura 7. Semillas de cacao.

1.5 VARIEDADES (TIPOS GENÉTICOS DEL CACAO)

Se considera que los tipos genéticos definen en gran medida (50%) la cantidad del grano, aspecto de sumo interés relacionado a la producción moderna de los cacaos diferenciados con características organolépticas de sabor y aroma especiales. Al igual que los vinos, la calidad de las semillas o almendras en cuanto a sabor y Aroma, Además del factor genético, está muy influenciado por las características ambientales propias de cada región y culmina con un buen manejo poscosecha. Los especialistas en calidad atribuyen la finesa de un cacao en un 50% el material genético, un 10% condiciones de suelo y clima, un 20% el proceso

de beneficiado (fermentación y secado) y un 20% el proceso industrial de tostado, refinado y conchado. De acuerdo a las pruebas efectuadas con cacaos de Centroamérica, se ha demostrado que esta región posee una relación genotipo-ambiente ideal para producir cacao de superior calidad. Desde el punto de vista botánico se han identificado originalmente dos poblaciones básicas de cacao, que a la vez determinan dos calidades de granos; ellos son los tipos Criollos y los forasteros. Estos dos grupos primitivos dieron origen a la población Trinitaria que es una mezcla de ambos. Esta antigua clasificación se emplea actualmente más por conveniencia comercial que por aspectos técnico-científicos.

1.5.1 LOS TIPOS CRIOLLOS

El cacao criollo fue bautizado así por los españoles al llegar a México. El criollo es considerado como la nobleza en el mundo del cacao, precisamente por su suavidad y fineza, caracterizados por un agradable sabor y exquisito aroma, constituyéndose en la materia prima para la confección de chocolates finos. Se considera que el grupo de cacaos Criollos fue domesticado por las culturas prehispánicas olmecas y mayas, teniendo su centro de dispersión por el sur de México, Centroamérica, parte de Colombia y Venezuela.

Los tipos Criollos Se caracterizan por:

- ✓ Frutos con superficie rugosa.
- ✓ Forma alargada y puntiaguda de las mazorcas.
- ✓ Frutos con surcos bien pronunciados.
- ✓ Predominan los colores verdes y rojos cuando los frutos están inmaduros, o amarillo y anaranjado cuando los frutos están maduros.
- ✓ La forma del fruto se asemeja a los designados como angoleta y cundeamor.
- ✓ Los cotiledones frescos de las semillas son de color blanco o cremoso.
- ✓ Las almendras no son astringentes debido al bajo contenido de taninos.
- ✓ El murciélago es azucarado y tiene bastante aroma después de fermentado.
- ✓ Los estaminoides de la flor son de color rojo.
- ✓ Los brotes terminales jóvenes son afectados o gamuzados (pubescentes).

Desafortunadamente, el cacao criollo antiguo ya casi no se encuentra a nivel de fincas comerciales (solo en estado Silvestre), por haber sido desplazado por otros tipos. Esto se debe a su baja capacidad de adaptación a condiciones variadas de clima, pues tiene como característica que son muy delicados, poco vigorosos y con alta susceptibilidad a las principales plagas y enfermedades cuando se establecen fuera de su ambiente natural. A pesar de las cualidades superiores del grano, apetecido en los mercados más exigentes del mundo, hasta ahora no ha sido posible su producción a gran escala. Es por esta razón que apenas el 5% de la producción mundial se clasifica como cacao fino o de aroma unas 200,000 toneladas métricas anuales. Dentro de este tipo genético se identifica el cacao originario de México, Centroamérica, Colombia y Venezuela, el que fue llevado a Trinidad y otras partes del mundo como Madagascar, Indonesia y Nueva Guinea.

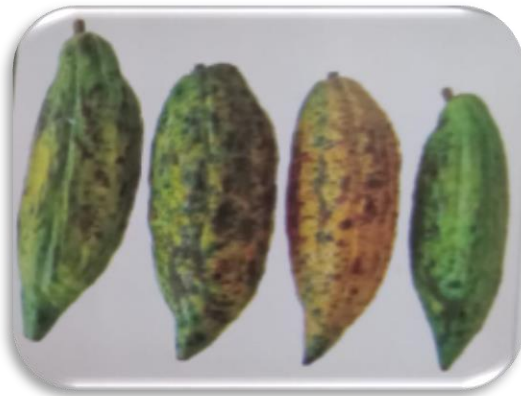


Figura 8. Frutos típicos de cacaos criollos.

1.5.2 LOS TIPOS FORASTEROS

Estos tipos de cacao presentan menor calidad relacionada con el sabor y aroma por lo que son considerados cacaos de tipo ordinario por su marcado amargor y astringencia si no son bien beneficiados. Son también conocidos Como forasteros del alto y bajo amazonas, debido a que provienen de las regiones altas y baja de la Amazonía. El árbol, las flores y los frutos de los cacaos forasteros amazónicos tienden a ser:

- ✓ Porte del árbol más vigoroso.

- ✓ Estaminoides de color morado intenso.
- ✓ Fruto de apariencia melonada y calabacillo.
- ✓ Cáscara lisa.
- ✓ Surcos apenas perceptibles.
- ✓ De color verde pálido blanquecino este de la madurez.
- ✓ El color interno de almendras morado oscuro o violeta oscuro.
- ✓ De sabor astringente y amargo por su alto contenido de taninos.
- ✓ Con un mucilago de sabor ácido.
- ✓ Granos pequeños.

Igualmente el chocolate que proviene este tipo de cacao este sabor amargo y aroma menos agradable o poco aromático. Para neutralizar sus imperfecciones, requiere de más tiempo para alcanzar una buena fermentación y de un proceso bien esmerado de torrefacción. Los forasteros considerados como “cacao ordinario o corrientes” constituyen la mayoría de los cacaos plantados en Brasil, oeste del África y del este de Asia (Donde se concentra la producción mundial de grano). Sobresale en el cacao común de bahía y el cacao Pará, ambos de Brasil, el amelonado del Oeste africano, el cacao Matina de Costa Rica y el mismo cacao indio amelonado amarillo de Honduras, entre otros.

Existen algunas excepciones como el reconocido “Nacional” de Ecuador considerado como un cacao especial por su suave sabor a nueces, afrutado y un ligero sabor floral, atribuido a una fuerte interacción genotipo-ambiente. Fenotípicamente sea considerado como del tipo de cacao Forastero; Aunque de acuerdo a la nueva clasificación que hace Motamayor lo ubica como un nuevo tipo genético. En su morfología los tipos de cacao forasteros son árboles muy vigorosos, más tolerantes enfermedades y aceptan condiciones más variables de clima que los criollos. Este grupo es el que domina o abastece más de un 90% de la producción mundial de cacao, al cual el mercado lo reconoce como cacao “bulk” (corriente convencional).



Figura 9. Frutos de forma amelonada típica de los cacaos forasteros.

1.5.3 LOS TIPOS TRINITARIOS

El grupo trinitario es una población híbrida muy heterogénea, resultante de cruces espontáneos en la isla de Trinidad, donde el cacao criollo introducido en un principio por los españoles, se cruzó con forasteros llevados probablemente del Valle de Orinoco, Venezuela, en 1852. Estos cruces naturales dieron origen a un tipo de cacao con características intermedias entre criollos y forasteros, incluyendo por supuesto la calidad; de manera que heredó en parte la robustez del cacao forastero y a su vez el delicado sabor del cacao criollo.

Los trinitarios se cultivan básicamente en todos los países donde anteriormente predominó el tipo criollo (México, Centroamérica, Trinidad, Colombia, Venezuela y Ecuador). En principio los trinitarios surgieron a partir de 1525 cuando los españoles trasladaron Las primeras plantas de tipo “criollo” desde Centroamérica a la isla de Trinidad y posteriormente a Todas las Antillas, con un papel protagónico en las exportaciones de cacao. En 1727 estas plantaciones fueron devastadas por un fuerte huracán que diezmó la población. Treinta años después se introdujo a Trinidad una variedad de cacao rústico, tipo “Forastero amazónico”, Traía probablemente el Valle del Orinoco, con lo cual se generó una población heterogénea conocida en la actualidad como cacao tipo “trinitario” (García, 1997; Bartley, 2005).

Posteriormente pound en 1937-1938 y 1942 recolectó material en el alto amazonas y lo llevó a Trinidad para hacer cruces dirigidos punto de este modo el cacao trinitario heredó la robustez del Forastero y el delicado sabor del cacao criollo. La

importancia actual de este tipo de cacao reviste Precisamente en el hecho de que los cacao finos de aroma se originan típicamente de árboles acriollados o trinitarios que son la base del chocolate gourmet pero se debe aclarar que para mantener esas buenas características genéticas va a depender en gran medida, de los procesos poscosecha apropiados que permitan alcanzar los estándares requeridos de calidad.



Figura 10. Frutos de cacao tipo trinitarios.

Característica	Árbol tipo criollo	Tipo forastero, trinitario y cruces modernos
En su hábitat natural.	No conserva horqueta.	Mantiene la última horqueta.
Compatibilidad.	Auto compatible.	Casi siempre auto incompatible.
Vigor y floración.	Débil.	Fuerte y abundante
Color de hoja y forma.	Verde opaco y angostas.	Verde lustroso y más grande que las de los criollos.
Color de estaminoides	Rojo a morado claro.	Morado oscuro.
Numero de óvulos.	Menor de 45.	Mayor de 45.
Pericarpio o cascara.	Fina y blanda.	Gruesa y dura.
Superficie del fruto.	Rugosa.	Lisa.
Forma de sernilla.	Redondeada.	Aplanada.
Color de semilla.	Blanca a rosada.	Morada.
Sabor de mucilago.	Dulce.	Acido.
Sabor de la almendra.	Suave.	Amargo.

Forma del fruto.	Cundeamor y angoleta	Intermedias entre amelonados y angoletas.
Fermentación necesaria	Entre 2 y 3 días.	Entre 4 y 6 días.
Rango de adaptación.	Pobre y limitada.	Amplio.

Adaptado de: Philippe Lachenaud. CIRAD. Francia.

1.6 FERTILIZACIONES

La nutrición del cacao en sistemas agroforestales es compleja. Generalmente los resultados de la aplicación de fertilizantes a un árbol adulto se manifiestan plenamente hasta los dos años y la respuesta en producción es errática, puesto que depende de muchos factores, entre ellos el manejo del cultivo, cantidad de sombra, potencial de producción y hábito de crecimiento del cultivar, especies asociadas, condiciones y fertilidad del suelo y el clima.

Para obtener una respuesta favorable a la aplicación de fertilizantes se requiere de una sombra moderada y buen manejo del cultivo, así como la asesoría experta. El especialista usará como herramientas de diagnóstico: la visita a la parcela, resultados del análisis químico del suelo y follaje (preferiblemente de dos o tres años), síntomas visuales de deficiencias y resultados de ensayos en campo. Debido al alto costo de los fertilizantes sintéticos, El uso de abono orgánico como el bocashi y estiércol composteado representan una opción económica para el productor. En la etapa de plantilla la respuesta de la fertilización en el crecimiento y desarrollo es más evidente y favorable, Pero con plantaciones en producción Es importante saber que hay abundante literatura científica de experiencias en donde la respuesta es pequeña, sin diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento y sin retorno económico positivo, en este contexto amerita ser cauteloso sobre el uso y recomendación de la fertilización.

1.6.1 Recomendación de fertilización química

A continuación se indica la cantidad de nutrientes que es necesario aplicar a una planta adulta en producción. Estas cantidades se han obtenido de experimentos y han sido validados para condiciones óptimas de crecimiento.

Cuadro 1. Cantidad de nutrientes a aplicar a una planta adulta de cacao en producción, según el análisis de suelos.

Elemento	Contenido de nutrientes según el análisis de suelo		
	Bajo	Normal	Alto
	Cantidad a aplicar (Kg/ha/año)		
Nitrógeno (N)	50	40	30
Fosforo (P ₂ O ₅)	30	20	10
Potasio (K ₂ O)	50	40	30

Debido al bajo (B) contenido de estos tres elementos en el suelo habrá que aplicar la dosis de 50-30-50 kg/ha/año, respectivamente, Ajustando la dosis al desarrollo de la planta como se indica en el cuadro 2 y aplicando lo que corresponde a cada árbol.

Cuadro 2. Recomendación de aplicación de fertilizantes según la edad de plantación.

Año de plantación	Proporción de la fertilización adulta (%)	Cantidad a aplicar (kg/ha/año)		
		Nitrógeno (N)	Fosforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)
Primero	33	17	10	17

Segundo	66	33	20	33
Tercero	100	50	30	50

1.6.2 Recomendación de fertilización con productos orgánicos

Se usa como fertilizante orgánico la gallinaza, analizada en el laboratorio químico agrícola y contiene: 3.96% de N, 6.8% de P₂O₅, 1.2% de K₂O, 3.3% de Ca y 1.78% de Mg. Para determinar la cantidad de fertilizante orgánico aplicar, se parte del elemento cuyo contenido es menor. En este caso, Potasio con 1.2% de K₂O. Se deben aplicar 4167 kg/ha/año de gallinaza para obtener 50 kg de K₂O por hectárea o 5.25 kg/árbol.

1.7 CONTROL DE PLAGAS

El cacao, como cualquier otra planta, está expuesto al ataque de vertebrados (mamíferos y aves) y artrópodos (insectos y ácaros) que ocasionan daños en las diferentes partes del árbol. Sin embargo, en Honduras no se reportan daños significativos causados por plagas. En general, los daños de plagas son esporádicos y están asociados a malas prácticas de manejo de la plantación y a variaciones climáticas principalmente de baja precipitación. Los daños de aves y ardillas se presentan constantemente, pero pueden reducirse sembrando en la plantación árboles frutales que les provean nutrición y sean más atractivos que el cacao. Es importante reconocer que alrededor del 95% de la polinización en cacao es realizada por mosquitas del género *Forcipomya* (Diptera: Ceratopogonidae) y que cualquier intervención con insecticida de amplio espectro puede causar un impacto negativo en la población de estos insectos, con el efecto consiguiente en la polinización del cacao.



Figura 11. Daño por pájaro carpintero.



Figura 12. Daño por ardillas.

PLAGAS MÁS COMUNES EN VIVEROS Y EN ESTADIO DE PLANTÍA

1.7.1 Afidos (Homóptera: Aphididae)

Son insectos pequeños (2-3 mm de largo) de color oscuro, siempre agrupados en colonias. Los áfidos chupan savia en hojas tiernas, provocando enrollamiento de la lámina foliar y en el pedicelo de las flores. De las especies reportadas en cacao, *Toxoptera aurantii* y *Aphis gossypii* son las más comunes. *T. aurantii* está asociado a brotes y hojas nuevas y *A. gossypii* a los pedicelos de las flores. Ambas especies son de distribución cosmopolita, con un amplio rango de huéspedes. Estos insectos generalmente están asociados con hormigas de los géneros *Crematogaster*, *Camponotus* y *Ectatoma*.

Generalmente, los ataques de áfidos se presentan en periodos de sequía. La lluvia tiene un doble efecto, el golpe de las gotas que bota los insectos de las hojas y el salpique de las gotas que ayuda a diseminar enfermedades microbianas. En el vivero, el riego por aspersión, al simular el efecto de la lluvia, puede ayudar en el manejo de áfidos. Tradicionalmente, se han utilizado los insecticidas Thiodan (endosulfan) Metasystox R (oxidemeton metil) y Perfekthion (dimetoato) para su manejo en viveros. Actualmente en el mercado se encuentran productos más benignos como Confidor (imidacloprid) formulado para aplicar al suelo, Chess (pimetrozine) y Movento (spirotetramat) para aplicación foliar. Se recomienda aplicar un insecticida cuando se detecten 30 % o más de plantas con áfidos.



Figura 13. Colonia de afidos alimentándose de tejido foliar tierno.

1.7.2 Araña roja (Acarina: Tetranychidae)

Estos ácaros causan daño raspando el tejido foliar, similar al causado por trips. El más comúnmente encontrado en cacao es la araña roja, *Tetranychus*, que ataca brotes jóvenes, especialmente en el vivero. El daño por alimentación induce atrofia, malformación y corrugamiento por deshidratación en las hojas jóvenes. Estos artrópodos son oportunistas y tienden a atacar plantas debilitadas, principalmente en períodos de baja precipitación. En el vivero, el riego por aspersión puede contribuir significativamente a su manejo. En plantía, tradicionalmente se han utilizado los productos Kelthane, Metasystox-R y Thiodan. Actualmente, en el mercado se encuentran acaricidas de menor impacto ambiental como Oberon (spiromesifen), que afecta estados inmaduro efecto ovicida y Mitac (amitraz) que afecta todos los estadios de los ácaros.



Figura 14. Corrugamiento por deshidratación en hojas jóvenes provocado por ácaros del genero *Tetranychus*.

1.7.3 Cochinilla rosada, *Maconellicoccus hirsutus* (Homóptera: Pseudococcidae)

Este es un insecto invasor que llegó al país alrededor de 2012. Este insecto tiene un amplio rango de hospederos, incluyendo cacao y café, aunque parece tener una preferencia por malváceas como Hibiscus. Los adultos tienen un color rosado como su nombre lo indica. Estos insectos chupadores atacan los brotes terminales y al alimentarse inyectan saliva tóxica, induciendo deformaciones que se manifiestan con tallos engrosados con entrenudos cortos y deformación de la hoja. Hasta la fecha, el insecto parece estar localizado en la parte norte de Honduras. En el vivero, el riego por aspersión puede contribuir significativamente a su control. En plantaciones jóvenes, de ser necesario, se puede recurrir a insecticidas de bajo impacto como Movento (spirotetramat) aplicado al follaje y Confidor (imidacloprid) aplicado al suelo.



Figura 15. Colonia de cochinillas.



Figura 16. Daño causado en brotes tiernos por las cochinillas.

1.7.4 Gusanos defoliadores

Las larvas de algunos Lepidópteros (mariposas) pueden alimentarse de follaje tierno de cacao, causando fácilmente un desbalance foliar ya que aún los arbolitos tienen muy pocas hojas. Su daño es parecido al del zompopo, pero se puede identificar por la forma del corte. El daño es más acentuado en la parte intervenal de la hoja. También se pueden incluir aquí los gusanos esqueletizadores que perforan la áreas intervenales y dejan solamente las venas de las hojas. Pueden causar daños graves estacionalmente sobre todo en periodos de sequía, pero en general no constituyen un problema grave en plantaciones adultas. Tradicionalmente, cuando se han

presentado ataques que requieran intervención con insecticida se ha utilizado Sevin (carbaril). Cuando las larvas tienen menos de 1 cm de largo se puede utilizar DiPel, insecticida biológico a base de *Bacillus thuringiensis*. También se puede usar Intrepid (metoxifenozone) que es un regulador de crecimiento que interfiere con el proceso de muda.



Figura 17. Gusano defoliador.



Figura 18. Defoliación a nivel de viveros causado por larvas de mariposas que se alimentan de follaje tierno

1.7.5 Hormigas arrieras o zompopos (*Atta cephalotes*)

Estas hormigas defolían las plantas cortando porciones semicirculares típicas. Las partículas de hoja cortadas son transportadas hasta sus nidos, donde es utilizado como sustrato para crecimiento hongo que les sirve de alimento. Debido a que atacan en masa, una planta joven puede ser completamente defoliada en poco tiempo. Estos insectos son de hábitos nocturnos, por lo que durante el día se ve muy poca o ninguna actividad. Al inicio de la época lluviosa, generalmente en mayo, hay vuelo de reproductores, los que dan origen a nuevas colonias. Después que se ha detectado el vuelo de reproductores, por dos a tres semanas se debe recorrer la propiedad para detectar las colonias incipientes destruirlas antes que se desarrollen.

Las hormigas se pueden combatir destruyendo los nidos y aplicando insecticidas directamente en los nidos. Las aplicaciones deben hacerse durante días secos para evitar pérdidas del producto. En el mercado existen cebos granulados con un

atrayente (Mirex S, Blitz y Mirenex) que se aplican cerca de la entrada de los nidos o en los caminos. Los granulos son colectados por los zompopos y llevados al nido donde envenenan su alimento. Los insecticidas en polvo son insuflados en la boca del nido con bombas desarrolladas para este propósito. El cultivo de plantas repelentes cerca de los nidos, como la Canavalia contribuye al control cultural de zompopos.



Figura 19. Zompopos transportando hojas de cacao hacia su nido.



Figura 20. Nido de zompopos.

1.7.6 Gallina ciega, *Phyllophaga* sp. (Coleoptera: Scarabaeidae)

Estas larvas de escarabajos se alimentan de raíces y pueden causar la muerte en el primer año de la planta. Aunque no es una plaga generalizada en cacao, ataca con alguna frecuencia las raíces de plantas juveniles, principalmente en parcelas nuevas que se cultivaron con pasto anteriormente o en los bordes de parcelas al lado de pastizales.

Las plantas atacadas por gallina ciega tienen crecimiento retardado, con un amarillamiento progresivo del follaje y pueden morir si no se toma una medida de control. Generalmente el ataque es estacional, entre junio y noviembre. Los adultos emergen con las primeras lluvias (mayo - junio) y depositan sus huevos en el suelo. Las larvas se alimentan de raíces hasta completar su desarrollo larval. Luego pasan a estado de pupa (noviembre - diciembre) para emerger como adultos al iniciar el siguiente período de lluvias. En el país se han detectado algunas especies de *Phyllophaga* con ciclo de dos años. En este caso el daño podría ocurrir todo el tiempo. Tradicionalmente, el manejo de estas larvas se ha hecho con aplicaciones de 5 a 10 g por planta de Furadan (carbofurano, ya está fuera del mercado) o

Counter (terbufos) granulado. Estos productos son de alta toxicidad e impacto ambiental, por lo que se recomienda el uso de imidacloprid granulado (Jade) o en aspersión al suelo (Confidor).



Figura 21. Larva de gallina ciega.

1.8 ENFERMEDADES

1.8.1 Mazorca negra

Esta es una enfermedad cosmopolita por estar presente en todas las áreas cacaoteras del mundo; Es causada por microorganismos del complejo *Phytophthora palmivora* El más común en Centroamérica. Este puede atacar todos los tejidos de las plantas como cojinetes florales, chupones o brotes tiernos y plántulas en viveros, causando una mancha color café tabaco a nivel de las hojas nuevas; también es responsable del cáncer del tronco y raíces, pero el principal daño lo ocasiona en los frutos. En estos la infección aparece bajo la forma de manchas de color café oscuro, aproximadamente circulares. En pocos días la mancha café se extiende uniforme y rápidamente por la superficie, hasta cubrir totalmente la mazorca. La infección se puede iniciar en los extremos de fruto en la parte media.



Figura 1. Daño causado por *Phytophthora* sp., en tejidos jóvenes en el vivero.

Figura 2. Frutos de cacao con diferentes grados de infección por mazorca negra.

Cuando el ataque ocurre en mazorcas pintonas (próximas a madurar), las almendras no llegan a afectarse, y se debe cosechar separando las mazorcas enfermas aprovechables de las sanas Para no afectar la calidad del grano. Una manera práctica de reconocer la enfermedad es haciendo un corte en el tejido infectado y percibiendo su olor que es característico al olor que desprende el rompopo hecho a base de yemas de huevo.



Figura 3. Frutos con síntoma externo por infección de mazorca negra. (A).



Figura 4. Fruto con daño externo por mazorca negra y almendras sanas (B).

Los frutos momificados (secos) pueden permanecer en el árbol por mucho tiempo. Las zoosporas (estructuras reproductivas del microorganismo) permanecen en la hojarasca y residuos de cosecha en el suelo, así como en los frutos momificados adheridos al árbol, convirtiéndose en fuente de infección permanente. Estas zoosporas pueden ser diseminadas por el viento, la lluvia, insectos y otros animales que contribuyen a llevar la infección a los frutos sanos y a otras partes de la planta.

Figura 5. Fruto de cacao momificado.



Las condiciones de mal manejo, especialmente el exceso de sombra, mal drenaje y falta de poda que presenta muchas plantaciones, favorece una presencia de la enfermedad, sobre todo afines y comienzos del año cuando se presentan temperaturas más bajas y lluvias frecuentes e intensas punto de manera que la enfermedad es más severa y agresiva en periodos húmedos cuando se presentan precipitaciones mal distribuidas mayores de 300 mm mensuales, alta humedad relativa más del 90% y descenso de temperaturas por debajo de 22 grados centígrados. *P. palmivora* tiene un ciclo de vida muy corto y complejo, una alta capacidad reproductiva vía varios tipos de estructuras, y alta movilidad (pasiva y activa) de dichas estructuras, factores todos que contribuyen a la ocurrencia de epidemia explosivas cuando prevalecen condiciones ambientales y culturales favorables, en particular bajo temperaturas bajas a moderadas.

Medidas sanitarias preventivas y de control

El control de la mazorca negra debe ser preventivo, realizando oportunamente las siguientes prácticas:

- ✓ Cosecha de las mazorcas maduras cada 8-15 días.
- ✓ Corte de frutos enfermos durante la cosecha, retirando aquellos que caigan cerca de la base del árbol (deben dejarse entre las calles).
- ✓ Tratamiento de los montones de cáscaras o frutos enfermos con un fungicida, para destruir el patógeno y evitar la diseminación del mismo.
- ✓ Evitar el exceso de humedad en el ambiente de la plantación, mediante podas dirigidas y regulación del sombrero.
- ✓ Las aspersiones o los frutos con fungicidas cúpricos como Kocide-101 En concentración de 2% con 0.05% de adherente en los picos de producción, ayudan a la protección de las mazorcas. Para plantaciones con niveles de producción medios o bajos, esta práctica no resulta económicamente rentable. La aplicación de productos químicos se hace solamente a los frutos y es complementaria las prácticas de manejo y solo se justifica en plantaciones con alto potencial productivo y en periodos de precio alto del

grano punto en cambio en viveros esta práctica es indispensable en los meses de lluvias frecuentes.

- ✓ El empleo de cultivar es resistente a la enfermedad es la forma más eficaz y económica de controlar las comas y existen materiales híbridos que provienen de padres resistentes.
- ✓ Las lesiones producidas por el cáncer del tronco Son fáciles de identificar por el cuarteamiento y exudaciones gomosa en la corteza; en casos muy avanzados de cáncer el hongo llega a penetrar hasta las raíces y el árbol se debilita poco a poco hasta morir punto se combate quitando la parte infectada con un machete bien afilado, donde se apreciará una coloración café vino tinto, la cual se debe cubrir con una pasta protestante a base de cobre (la misma usada para proteger cortes en las podas.)

1.8.2 Moniliasis

La moniliasis es una enfermedad cuya presencia está limitada al continente americano, no ocurriendo en África ni tampoco en Asia los otros continentes de donde proviene la producción mundial de cacao. Es causada por el hongo *Moniliophthora roreri*, Microorganismo cuyo origen se ubica en la parte norte de América del Sur, la cual también forma parte del centro de origen del cacao.

Como una secuela del huracán Mitch, apareció esta enfermedad en Honduras en el año 2000 en la finca de cacao de sector de Guaymas, Yoro, Desde dónde se extendió rápidamente por las principales zonas cacaoteras del país. En los años siguientes por causa de la enfermedad los rendimientos cayeron catastróficamente y muchos productores abandonaron las plantaciones y otros las eliminaron para dedicar el terreno a otros cultivos comas como palma aceitera. El hongo solo se ha encontrado atacando los frutos de los géneros *Theobroma* y *Herrania*, siendo este último un género cercano al *Theobroma* encontrado en selvas tropicales.

Síntomas y signos

Una de las características del hongo *Moniliophthora* sp., es su largo periodo de incubación (tiempo que tarda desde que infecta el fruto hasta que se observa algún síntoma externo en el fruto). Este tiempo puede ser de 3 a 8 semanas, según la

edad del fruto, la severidad del ataque, la susceptibilidad del árbol y las condiciones del clima, principalmente la presencia de lluvias. En frutos tiernos, en días lluviosos y calurosos y material muy susceptible, los primeros síntomas pueden aparecer a las tres semanas después de la infección.

En sus primeras etapas de desarrollo de menores de 3 meses, los frutos de cacao son más susceptibles a la infección de *M. roleri* Y progresivamente se hacen más resistentes a medida que avanza su crecimiento.

En los frutos menores de 2 meses la infección aparece primero como pequeños abultamientos ojivas en la superficie de la mazorca, incluso esa área se decolora (se vuelve más clara). Después de que emerge la giba, surge la mancha café que se va extendiendo y sobre la misma empieza a aparecer una felpa blanca que corresponde al micelio del hongo (filamentos vegetativo), y sobre este coma luego de 3 a 7 días empiezan a emerger las esporas del tipo conidio de color crema estructuras reproductivas del hongo, que son liberadas y dispersadas por la acción del viento principalmente.

En frutos infectados a mitad de su desarrollo, la enfermedad aparece primero en forma de Pequeños puntos aceitosos (translúcidos). En muy corto tiempo esos puntos se unen formando una mancha café. El borde de la mancha es irregular y a veces produce un color amarillento (madurez irregular) por donde va avanzando la enfermedad. A los pocos días sobre la mancha café aparece el micelio y luego sobre el mismo aparecen abundantes esporas de color crema.

Las esporas o “semillas” que reproducen el hongo son tan abundantes que en un solo centímetro cuadrado como el tamaño de una uña, pueden haber de 7 a 43 millones de esporas, pero basta solo una y condiciones ambientales favorables para iniciar la enfermedad.

En los frutos adultos (mayores de 3 meses) el síntoma más común de la moniliasis es una mancha de color café, que puede extenderse hasta cubrir todo el fruto. Esa mancha se caracteriza Y a su vez se diferencia de la mazorca negra, por presentar el borde de avance de la lesión en forma irregular (no está bien definido). En algunos casos en que el fruto está próximo a la madurez, y el daño no alcanza a notarse externamente; sin embargo, al partir el fruto se observa la descomposición interna que hace inutilizable las almendras. Por lo general, al pulsar esos frutos se sienten

más pesados que los sanos y por ello en algunos países se le llaman (mano de piedra) a este síntoma.



Figura 6. Síntomas externos de moniliasis observados en las mazorcas según el ciclo de la enfermedad.



Figura 7. Síntomas internos de moniliasis observados en las mazorcas según el ciclo de la enfermedad.

Control de la moniliasis

El control de la moniliasis del cacao es relativamente fácil, pues se sabe que le benefician las condiciones húmedas de las plantaciones, la oscuridad del cacao tal, el exceso de entrecruzamiento de las ramas dentro del mismo árbol, entre árboles vecinos y entre árboles de pescado y los árboles de sombra puntos y aquí se deduce que el control debe ser preventivo y para eso es necesario atender la tasación eficientemente realizando las prácticas de manejo oportuno, entre las cuales la poda del cacao con reducción de altura si es necesario cómo la regulación de sombra y el retiro frecuente de frutos enfermos comas son prácticas maestras para tener éxito en el control de la enfermedad.

Control cultural (podas comas remoción de frutos y otros)

Es necesaria la exclusión oportuna de labores que favorecen un microclima cambiante la plantación, lo que impide la proliferación de fuentes de inóculo. El control se basa en la creación de un ambiente favorable al cacao y desfavorable al patrón permitiendo una menor pérdida de frutos pero en convivencia con enfermedad, puesto que difícilmente se puede erradicar.

Poda

La poda oportuna permite que la luz solar penetre al interior de la plantación y que circule mejor el aire dentro de la misma; Así mismo Permite una mejor visibilidad para localizar los productos infectados.

Para el control de la moniliasis, bajo la perspectiva de convivencia con la enfermedad, el árbol de cacao no debe ser alto, la altura máxima estará definida por la altura del obrero más el largo de la herramienta utilizada para cortar los frutos sanos y enfermos. Esta herramienta de trabajo denominada comúnmente pica, consta de una hoja de metal con filo, encabada en una barra de madera liviana de aluminio.

Regulación del sombrío permanente

Esta práctica se debe realizar para que haya una mejor entrada de luz a la plantación y una buena circulación del aire, favoreciendo un rápido escape del vapor de agua que favorece la germinación de colirios cuando están en contacto con la superficie del fruto. Además, Es indispensable regular el sombrío para un mejor aprovechamiento de los fertilizantes.

Adecuado sistema de drenaje

Esto es para evitar el encharcamiento del agua de las lluvias y reducir la alta humedad relativa dentro del ambiente de la plantación.

Deshierbas frecuentes y oportunas

La eliminación de malezas facilita la libre circulación del aire y mantiene el ambiente más seco, evitando la condensación del rocío durante las noches.

Remoción de frutos enfermos

Esta práctica debe hacerse una vez por semana en los meses de lluvia y cada 7 a 15 días en la época seca o cuándo ha bajado la frecuencia de lluvias y volumen de la cosecha. Debe revisarse muy bien cada árbol para detectar y eliminar todos los frutos infectados. Esta labor tiene como finalidad evitar que el hongo tenga tiempo de formar las estructuras reproductivas (conidios) que afectarán otros frutos sanos del mismo árbol o de árboles vecinos.

Control químico

El combate de la moniliasis del cacao por medio de fungicidas es una práctica poco efectiva y sobre todo no económica como Por lo cual se puede convivir con enfermedad, manteniendo niveles de incidencia por debajo del umbral económico sin necesidad de usar productos químicos.

1.8.3 MAL DEL MACHETE

Esta enfermedad, conocida también como muerte o marchitez súbita, afecta a árboles de cualquier edad, provocándoles inicialmente marchitez y eventualmente rápida muerte. Las pérdidas debidas a la muerte de plantas pueden ser muy altas especialmente cuando el material sembrado es genéticamente muy homogéneo y susceptible. La presencia de la enfermedad en Honduras está confirmada pero no ha sido ni es actualmente una limitante de la producción de cacao Aunque sí ocurren casos aislados en algunas fincas de pérdida de árboles atribuidas al mal del machete.

Esta enfermedad es causada por el hongo *ceratocystis cacaofunesta* (anteriormente *fimbriata*). Cuando la plantación está integrada por una mezcla de materiales híbridos que presentan genes con diferentes grados de resistencia, los ataques se producen en forma aislada y esporádica.

Síntomas del mal del machete

Los primeros síntomas visibles son marchitez y amarillamiento de las hojas y en un plazo de dos semanas la copa entera se seca, permaneciendo las hojas muertas adheridas al árbol por varias semanas. Al observar detenidamente el tronco o las ramas de un árbol enfermo, se aprecia sobre la corteza un polvillo o aserrín fino que extrae el insecto barrenador al hacer galerías en el tejido leñoso por donde penetra punto al remover la corteza con machete o navaja. Se observa en la madera una coloración café rojiza, con un olor característico como a pescado en descomposición. y el ataque del hongo *Ceratocystis cacaofunesta*, comúnmente está asociado con pequeños insectos coleópteros denominados pasadores, barrenadores y taladradores, del género *Xyleborus*.



Figura 8. Muerte súbita del árbol de cacao por ataque de *Ceratocystis* sp.



Figura 9. Lesiones y perforaciones visibles en el tronco causadas por el complejo *Xyleborus-Ceratocystis*.

Manejo integrado del mal del machete

No existe procedimiento curativo alguno que revierte el proceso de la enfermedad. Una vez que se ha declarado punto en consecuencia, su combate se realiza combinando una serie de medidas de naturaleza eminentemente preventiva, Como continuación se describe.

Control cultural

Se implementa aplicando una serie de medidas destinadas a prevenir la producción de inóculo y su diseminación hacia plantas sanas, en particular cuando ya hay un historial de ocurrencia del problema. Las medidas incluyen:

Rápida eliminación de árboles enfermos. La totalidad del tejido de dichos árboles deberá ser sacado de la plantación e idealmente ser quemado punto en el hoyo donde estaba el árbol eliminado se espolvoreará cal para matar el hongo.

Desinfección de herramientas. Deben desinfectarse al pasar de un árbol a otro, con una solución de formalina al 10%, u otro desinfectante disponible, p.e. hipoclorito de sodio (cloro doméstico diluido al 1%)

Evitar el daño físico. Como medida preventiva es muy importante minimizar las heridas provocadas en los árboles durante las labores de limpieza, poda, cosecha y remoción de chupones. La aplicación tópica a dichas heridas de fungicidas de contacto a base de cobre u otro producto de actividad similar es una medida apropiada para impedir la ocurrencia de infección a partir de dichas heridas.

Control químico y biológico

El combate del mal de machete por medio de aplicaciones de fungicidas no ha tenido éxito. No existe experiencia en el control biológico.

Control genético

La forma más eficaz para combatir la enfermedad es la utilización de materiales con resistencia genética al ataque del hongo punto para producir los patrones y plantas de semillas se deberá utilizar semillas de clones de probada resistencia o en su defecto utilizar semillas de árboles que en la plantación madre sobresalen por su fortaleza y vigor punto materiales genético identificados con dichas características de resistencia y vigor incluye cultivar y resistentes como IMC-60, IMC-67, UF-613, EET-96, EET-399, EET-400, SPA-9, PA-121, PA-169, Pound-12, UF29, Caucasia 39 y Caucasia 43 y material híbridos en cuya composición parental participa alguno de estos padres con resistencia genética.

1.8.2 Podas

La poda del cacao es importante para conformar la estructura del árbol y balancear el crecimiento vegetativo con el reproductivo para lograr un adecuado desarrollo y una buena producción. En poda se remueven tejidos para reorientar o arreglar la estructura del árbol, acondicionándolo para optimice su potencial de rendimiento. Las podas realizadas oportunamente, contribuyen a crear ambiente favorable al cultivo y desfavorable para el desarrollo de plagas y enfermedades fungosas como la moniliasis y la mazorca negra.

Se reconocen tres tipos de poda. La poda que se realiza durante los primeros 3 años de edad de la plantación se conoce como poda de formación temprana para orientar la estructura productiva del árbol cuando es joven. La poda regular durante la etapa productiva se denomina poda de mantenimiento.

El tipo e intensidad de las podas y la frecuencia de ejecución, depende de varios factores como la edad y estado de desarrollo de las plantas, la densidad de siembra, del material genético empleado (si son plantas procedentes de semilla o de injerto), además del tipo y grado de sombra que existe en el cacaotal. Cuando las podas no se realizan con la frecuencia necesaria y en la forma correcta, cada vez la labor se vuelve más complicada, requiriéndose un mayor

esfuerzo para la recuperación de los árboles, por lo tanto, en casos extremos la práctica se convierte en poda de rehabilitación.

Una poda mal realizada o mal programada puede ocasionar una serie de trastornos a la planta, como la interrupción de los ciclos vegetativos y productivos, así como una mayor exposición del árbol al ataque de plagas y enfermedades, el marchitamiento de pepinillos (cherelles) y en general contribuir a un deterioro progresivo del árbol.

Cada planta en el cacaotal demanda de un espacio vital para su desarrollo, crecimiento y producción, este espacio se adecua mediante podas oportunas. Se aconseja previo a esta actividad, realizar un diagnóstico de la condición de la finca y al momento de iniciar la poda se debe observar el estado de cada árbol a intervenir para tener claridad sobre qué tipo de tejidos se van a remover y poder visualizar cómo debería quedar una vez podado.

Revisión y diagnóstico del árbol previo a la poda

Altura: La parte más alta de la copa del árbol no debe sobrepasar los 4.0 a 4.5 m y tampoco debe haber ramas inferiores colgantes o de crecimiento lateral prolongado que dificulten el libre movimiento y la ejecución de otras labores

Tronco: El árbol solo debe poseer un tronco (cuando es planta por semilla).

Verticilo: Cuando es planta originada de semilla revisar altura y número de ramas.

Ramas: Deben mantenerse restringida al arca que le corresponde a cada árbol según la distancia de siembra. Evitar que se entrecrucen entre si o con los árboles vecinos.

Chupones: Presencia y ubicación.

Sanidad: Presencia de ramas muertas o frutos infectados por enfermedades.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 UBICACIÓN Y DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación fue realizada en la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), en uno de sus centros experimentales CEDEC – JAS (Centro Experimental y Demostrativo de Cacao – Jesús Alfonso Sánchez), ubicado en el Municipio de La Masica, Departamento de Atlántida, Honduras.

2.1.2 DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tuvo una duración de 91 días, la cual se realizó entre los meses de febrero y mayo, siendo el día lunes 3 de febrero del 2025 su fecha de inicio y el día lunes 5 de mayo su fecha de finalización.

2.2 MATERIALES, INSUMOS Y HERRAMIENTAS

- ✓ Árboles de cacao
- ✓ Frutos de cacao
- ✓ Sacos de cabuya
- ✓ Picas
- ✓ Tijeras de podar
- ✓ Masking tape
- ✓ Marcadores
- ✓ Lápiz grafito
- ✓ Pluma
- ✓ Tablero
- ✓ Hojas de papel con formato
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Pie de rey
- ✓ Balanza
- ✓ Cuchillo
- ✓ Refractómetro
- ✓ Bolsas para micro fermentaciones
- ✓ Higrómetro

- ✓ Cajones fermentadores
- ✓ Palas de madera
- ✓ Cubetas de plástico
- ✓ Navaja
- ✓ Hojas de plátano
- ✓ Gavetas para secar cacao (Parihuela)
- ✓ Guillotina para prueba de corte de granos de cacao secos
- ✓ Molino de cuchilla
- ✓ Separador de cascarilla
- ✓ Panas de acero inoxidable
- ✓ Colador de cascarilla
- ✓ Bandejas de acero inoxidable
- ✓ Frascos de plástico
- ✓ Horno

2.3 VARIABLES

2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

- ✓ **Progenies de cacao:** Son plantas de cacao que provienen de semillas que resultan del cruzamiento de dos clones específicos seleccionados para la generación de nuevo material genético.

2.3.2 VARIABLES DEPENDIENTES

- ✓ **Número de frutos por árbol:** Es el número de frutos cosechados por árbol, esta variable se midió contando la cantidad de frutos que se cosecharon en cada árbol para conocer la cantidad de frutos cosechados.
- ✓ **Peso promedio de frutos por progenie (g):** Se midió el peso total de todos los frutos de cada progenie con una balanza y se dividió entre el número total de frutos de su progenie.

- ✓ **Largo promedio del fruto por progenie (cm):** Se midió el largo total de todos los frutos de cada progenie con una cinta métrica y se dividió entre el número total de frutos de su progenie.
- ✓ **Diámetro promedio del fruto por progenie (cm):** Se midió la circunferencia de todos los frutos de cada progenie con una cinta métrica y se dividió entre el número total de frutos de su progenie.
- ✓ **Peso promedio de la placenta del fruto por progenie (g):** Se midió el peso total de las placentas de los frutos de cada progenie con una balanza y se dividió entre el número total de frutos de su progenie.
- ✓ **Numero de almendras por fruto por progenie:** Se contó el número total de almendras de cada fruto de su progenie.
- ✓ **Promedio de almendras por progenie:** Se contó el número total de almendras de todos los frutos de su progenie y se dividió entre el número total de frutos.
- ✓ **Peso en baba de almendras por fruto por progenie (g):** Se pesaron las almendras en baba de cada fruto por progenie.
- ✓ **Peso total de almendras por progenie (g):** Se sumaron los pesos de las almendras de todos los frutos de cada progenie, para tener un peso total en baba.
- ✓ **Grados brix promedio por progenie:** Se midió el nivel de azúcar de la baba que destilan las almendras de cada progenie.
- ✓ **Número de granos secos:** Después del proceso de secado, se contaron los granos de cacao secos de cada progenie.
- ✓ **Peso seco total de granos por progenie (g):** Se pesaron los granos secos de cada progenie después de su proceso de secado.

- ✓ **Peso seco de grano clasificado:** Se descartó el sucio y los granos pasas o granos vanos, y se pesó solamente el grano de cacao seco.
- ✓ **Índice de mazorca por progenie:** Determina la cantidad de frutos por progenie que se necesitan para producir un kilogramo de cacao seco, para conocer el índice de mazorca, se emplea la siguiente formula:

$$IM = \frac{\text{Número de frutos evaluados por progenie}}{(\text{Peso seco total (g)}/1000)}$$

- ✓ **Índice de grano por progenie (g):** Permite conocer el peso y tamaño de los granos de cacao secos, para conocer el índice de grano, se emplea la siguiente formula:

$$IG = \frac{\text{Peso seco grano clasificado}}{\text{Número de granos}}$$

- ✓ **Rendimiento baba / seco (%):** Permite conocer el rendimiento de cacao en baba a cacao seco, después del proceso de secado de los granos, para conocer este valor se emplea la siguiente formula:

$$Rbs = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\text{Peso en baba de las almendras (g)}} \times 100$$

2.3.3 VARIABLES ORGANOLEPTICAS

Se evaluaron las siguientes variables para conocer las características organolépticas mediante un proceso de catación de muestras de licor de cacao, las cuales fueron elaboradas de los granos de los frutos de cada árbol progenie que se está estudiando.

- ✓ **Cacao:** Determina el grado de intensidad del sabor a chocolate en la muestra.
- ✓ **Acidez:** Determina el grado de intensidad del sabor ácido en la muestra.

- ✓ **Astringencia:** Determina el grado de intensidad de astringencia en la muestra, sabor que se presenta como una sensación de sequedad, aspereza o agarrosidad en la boca.

- ✓ **Amargor:** Determina el grado de sabor amargo en la muestra.

- ✓ **Afrutado:** Determina el grado de intensidad de la presencia de sabores relacionados a otros frutales.

- ✓ **Floral:** Determina el grado de intensidad de la presencia de sabor a flores en la muestra.

- ✓ **Nueces:** Determina el grado de intensidad de la presencia de sabor a nueces en la muestra.

- ✓ **Panela/Malta:** Determina el grado de intensidad de la presencia de sabor a panela o malta en la muestra.

- ✓ **Crudo/Habas verdes:** Determina el grado de intensidad de la presencia de sabor crudo en la muestra.

- ✓ **Otros sabores:** Determina el grado de intensidad de otros sabores como especias, frutales presentes en la muestra.

2.4 DISTRIBUCION DE LAS PROGENIES EN LA PARCELA

- ✓ Área experimental: 2700 m²
- ✓ Unidades experimentales: 32 árboles progenies
- ✓ Distanciamiento de siembra: 3 m entre hilera x 3 m entre planta

		45 m																
		— 3 m —																
60 m	3 m	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	20	P O S T U R A S
		19	39	59	79	99	119	139	159	179	199	219	239	259	279	299	19	
		18	38	58	78	98	118	138	158	178	198	218	238	258	278	298	18	
		17	37	57	77	97	117	137	157	177	197	217	237	257	277	297	17	
		16	36	56	76	96	116	136	156	176	196	216	236	256	276	296	16	
		15	35	55	75	95	115	135	155	175	195	215	235	255	275	295	15	
		14	34	54	74	94	114	134	154	174	194	214	234	254	274	294	14	
		13	33	53	73	93	113	133	153	173	193	213	233	253	273	293	13	
		12	32	52	72	92	112	132	152	172	192	212	232	252	272	292	12	
		11	31	51	71	91	111	131	151	171	191	211	231	251	271	291	11	
		10	30	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290	10	
		9	29	49	69	89	109	129	149	169	189	209	229	249	269	289	9	
		8	28	48	68	88	108	128	148	168	188	208	228	248	268	288	8	
		7	27	47	67	87	107	127	147	167	187	207	227	247	267	287	7	
		6	26	46	66	86	106	126	146	166	186	206	226	246	266	286	6	
		5	25	45	65	85	105	125	145	165	185	205	225	245	265	285	5	
		4	24	44	64	84	104	124	144	164	184	204	224	244	264	284	4	
		3	23	43	63	83	103	123	143	163	183	203	223	243	263	283	3	
		2	22	42	62	82	102	122	142	162	182	202	222	242	262	282	2	
		1	21	41	61	81	101	121	141	161	181	201	221	241	261	281	1	
		HILERAS																

Nota: Cada número en el croquis, representa un árbol progenie

Los números en amarillo, representan los árboles que se evaluarán en la investigación

Los números en blanco, representan a los árboles que han sido descartados en evaluaciones anteriores

Los números en verde, representan el número de hileras en la parcela

Los números en azul, representan el número de posturas por hilera

2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO UTILIZADO

Para el análisis de los datos, se utilizó el software estadístico INFOSTAT, en el cual se utilizó estadística descriptiva, haciendo uso de medidas resumen como: Promedios, desviación estándar, coeficiente de variación mínima y máxima y análisis de correlación entre las variables estudiadas durante la investigación.

2.6 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Estas actividades se desarrollaron para la toma de datos del año 2025, siguiendo los lineamientos y parámetros utilizados en años anteriores por los coordinadores del centro experimental y demostrativo de cacao, para lograr una recopilación de datos exitosa para el estudio de las 32 progenies de cacao que se han estado evaluando durante el transcurso de cinco años.

2.6.1 LIMPIEZA DE CAJONES FERMENTADORES

Esta actividad se realizó con el objetivo de eliminar residuos de mucilago de fermentaciones anteriores. Para realizar la limpieza se necesitó un machete corto, para hacer un raspado dentro del cajón para poder eliminar todo el mucilago seco que se encontraba adherido en el interior del cajón. Los residuos se depositaron en una cubeta plástica para poder llevarlas a un basurero. Esta actividad se realiza antes de cada nuevo proceso de fermentación de almendras de cacao.

2.6.2 COSECHA DE FRUTOS

Para la cosecha de los frutos, se utilizaron herramientas como tijeras, picas y navajas que facilitaran este trabajo. Se cosecharon cada uno de los frutos que se encontraron maduros en cada uno de los 32 árboles progenies que se evaluaron durante la investigación. Las cosechas se realizaron cada dos semanas, los días miércoles o jueves, para realizar la extracción de las almendras el día viernes.

2.6.3 IDENTIFICACIÓN DE FRUTOS

Para llevar un control de los frutos cosechados, se utilizó un formato en el cual se registraron el total de frutos cosechados por cada árbol. Para identificar cada fruto, este se rotulo con masking tape colocando el número del árbol del cual fue cosechado, una vez identificado se depositó dentro de un saco de cabuya para poder transportarlo.

2.6.4 TRANSPORTE DE FRUTOS

Los frutos dentro de los sacos de cabuya fueron transportados en carro o en tractor hasta el laboratorio, en el cual se continuó con el proceso de recolección de datos.

2.6.5 ROTULACIÓN Y ENUMERACIÓN DE LOS FRUTOS

Una vez en el laboratorio, se sacaron los frutos dentro de los sacos de cabuya y fueron ordenados, rotulados y enumerados de acuerdo con el árbol progenie del cual fueron cosechados.

2.6.6 MEDICIÓN DE CADA FRUTO COSECHADO

Como parte del proceso de caracterización de frutos y semillas, en esta etapa se tomaron los datos de algunas de las variables que se evaluaron durante la investigación. A cada fruto cosechado de cada árbol progenie, se le midió el peso (g) utilizando una balanza digital, la longitud (cm) y circunferencia (cm), haciendo uso de una cinta métrica.

2.6.7 APERTURA (PARTIDO) DE LOS FRUTOS

Luego de la recolección de los datos del peso (g), longitud (cm) y circunferencia (cm) de todos los frutos, se hizo la apertura fruto por fruto de cada progenie, para continuar la recolección de datos. Esta actividad se realizó haciendo uso de un cuchillo, realizando un corte transversal en el fruto, para realizar la extracción de las almendras.

2.6.8 EXTRACCIÓN DE LAS ALMENDRAS

La extracción de las almendras de los frutos de los árboles progenie, se realizó en el laboratorio. Al momento de la extracción, a cada fruto se le contabilizó el número de almendras, se midió el peso de las almendras (g) y el peso de la placenta (g) con una balanza digital, el grosor de surco de la cascara (mm) y grosor de canal de la cascara (mm) se midieron haciendo uso de un pie de rey. Las almendras de los frutos fueron depositadas en un recipiente de acero inoxidable, previamente identificado con el número del árbol progenie al que pertenece cada grupo de almendras extraídas. Las almendras se dejaron reposar aproximadamente 10 minutos en el recipiente, para que pudieran destilar baba, de la cual se tomó una muestra para realizar la medición de los grados brix, a cada grupo de almendras pertenecientes a cada árbol progenie evaluado. Los grados brix se midieron haciendo uso de un refractómetro.

2.6.9 ALMACENAMIENTO DE ALMENDRAS EN BOLSAS PARA MICRO FERMENTACIÓN

Posteriormente, las almendras se almacenaron en bolsas para micro fermentación, seccionando la bolsa de tal manera que no se mezclaran y confundieran las almendras de cada árbol progenie. Las extracciones se realizaron los viernes, ya que ese día se realiza la extracción general de las almendras de todos los frutos que se cosechan en toda la finca.

2.6.10 DEPOSITO DE BOLSAS MICRO FERMENTADORAS EN LOS CAJONES FERMENTADORES

Al finalizar todo el proceso de extracción, las almendras dentro de las bolsas micro fermentadoras fueron llevadas al beneficio, que es el lugar donde se encuentran los cajones fermentadores donde se realiza el proceso de fermentación del cacao. Las almendras extraídas de toda la plantación de la finca son depositadas en estos cajones, dentro de los cuales también se depositan las bolsas micro fermentadoras que contienen las almendras de los árboles progenie. Las bolsas se colocan de tal

manera que, queden cubiertas por el resto de las almendras, lo ideal es depositarlas en la zona media dentro del cajón, para un mejor proceso de micro fermentación.

2.6.11 MICRO FERMENTACIÓN DE LAS ALMENDRAS

La micro fermentación se realizó en cajones fermentadores elaborados con madera libre de resinas, los cajones que se utilizaron están hechos con madera del árbol melina (*Gmelina arborea*), con una dimensión de 0.9m de largo x 0.8m de ancho x 0.6m alto, con una capacidad aproximada de 360 kg de cacao fresco o en baba. En estos cajones se depositaron las almendras de la extracción general de los frutos de la finca y también las bolsas micro fermentadoras que contienen las almendras de las progenies, de tal forma que las bolsas micro fermentadoras quedaron ubicadas a la mitad del cajón, y no en la parte superior, para que puedan tener un excelente proceso de fermentación. Este proceso de micro fermentación tuvo una duración de seis días, en los cuales se realizó un volteo cada 24 horas, a excepción del primer día de fermentación en el cual no se realizó el volteo de las almendras.

2.6.12 VOLTEO DE LAS ALMENDRAS EN LOS CAJONES FERMENTADORES

Este proceso de volteo se realiza para lograr una fermentación homogénea en todas las almendras, logrando que las almendras que estaban arriba queden en la parte inferior del cajón, las de la posición central quedan igual y las que estaban en el fondo queden en la parte superior del cajón. A continuación, se describe el proceso de volteo de las almendras en los cajones fermentadores:

- ✓ **Primer día:** No se realizó volteo de las almendras
- ✓ Segundo día, primer volteo: Se realizó entre 40-44 horas después de depositar las almendras en los cajones fermentadores.
- ✓ Tercer día, segundo volteo: Se realizó a las 24 horas después del primer volteo.
- ✓ Cuarto día, tercer volteo: Se realizó a las 24 horas después del segundo volteo.
- ✓ Quinto día, cuarto volteo: Se realizó a las 24 horas después del tercer volteo.

- ✓ **Sexto día:** En este día se bajaron las almendras de los cajones fermentadores a las parihuelas de secado, en las cuales se iniciará el proceso de secado de las almendras, hasta quedar entre 6 – 7% de humedad.

Se extrajeron las almendras de las bolsas micro fermentadoras y se colocaron en una parihuela de secado, dejando una separación aproximadamente de 0.5m entre cada grupo de almendras de cada progenie, de tal forma que no se mezclaran entre sí las almendras.

2.6.13 SECADO DE LAS ALMENDRAS

Este proceso de secado requiere de un tiempo aproximado de 7 - 8 días aproximadamente, en los cuales es muy importante la presencia de luz solar para el secado de las almendras.

Pre-secado de las almendras: El proceso de pre-secado dura tres días, tomando como día uno el momento en que bajan las almendras de los cajones fermentadores, a continuación, se describe el proceso de pre-secado:

- ✓ **Primer día:** Se bajaron las almendras de los cajones fermentadores y se extrajeron de las bolsas micro fermentadoras, para luego depositarlas en una parihuela de secado, dejando una separación de 0.5m entre cada grupo de almendras de cada progenie. Las almendras se removieron durante 20 minutos bajo el sol para un secado lento, luego se guardó durante 20 minutos la parihuela en la sombra bajo el beneficio para evitar la quemadura por el exceso de exposición al sol. Se sacó nuevamente la parihuela al sol y se removieron las almendras bajo el sol durante 20 minutos y luego se guardaron bajo la sombra otros 20 minutos. Se repitió el mismo procedimiento en las horas laborales restantes y se guardó la parihuela bajo el beneficio hasta el siguiente día.
- ✓ **Segundo día:** Se sacó la parihuela al sol en la mañana (6:30 am), y se estuvieron removiendo las almendras cada 30 minutos bajo el sol, hasta las 10:00 am. Posteriormente se guardaron bajo la sombra en el beneficio

durante 30 minutos. Se sacó nuevamente la parihuela al sol para remover las almendras y luego guardarlas bajo la sombra durante 30 minutos. Se repitió el mismo procedimiento en las horas laborales restantes y se guardó la parihuela bajo el beneficio hasta el siguiente día.

- ✓ **Tercer día:** Se sacó la parihuela al sol en la mañana (6:30 am), y se estuvieron removiendo las almendras cada 30 minutos bajo el sol, hasta las 11:00 am. Posteriormente se guardaron bajo la sombra en el beneficio durante 30 minutos. Se sacó nuevamente la parihuela al sol para remover las almendras y luego guardarlas bajo la sombra durante 30 minutos. Se repitió el mismo procedimiento en las horas laborales restantes y se guardó la parihuela bajo el beneficio hasta el siguiente día. Aquí finalizó el proceso de pre-secado y dio inicio el proceso de secado.

Proceso de secado: Al cuarto día de exposición al sol de las almendras, inició el proceso de secado, en el cual las almendras permanecieron todo el día bajo el sol, desde las 6:30 am hasta las 3:30 pm, hora en que finaliza la jornada laboral. En esta etapa, las remociones se realizaron entre 45 – 60 minutos hasta que finalizó el proceso de secado, aproximadamente entre 7 – 8 días, hasta que las almendras alcanzaron un porcentaje de humedad entre 6 – 7%. Para medir el porcentaje de humedad en cada una de las muestras se utilizó un higrómetro, la cual es una herramienta que mide el porcentaje de humedad en granos de cacao. Esta medición se realizó quitando la taparrosca del higrómetro, depositando una cantidad de granos de forma que pudiera enroscarse nuevamente la herramienta, una vez cerrado, se inicia el test de medición de humedad y en aproximadamente 10 segundos muestra el porcentaje de humedad de la muestra, resultado que se almacena en la memoria del higrómetro, posteriormente se repite el proceso dos veces más, seleccionando otra muestra de granos de la misma progenie para promediar la humedad entre tres mediciones.

Al finalizar el proceso de secado, las almendras de cada progenie se guardaron en bolsas plásticas diferentes, cada una con sus respectivas identificaciones, luego se llevaron al laboratorio para continuar con el proceso de recolección de datos.

2.6.14 NÚMERO DE GRANOS SECOS

Finalizado el proceso de secado, se inicia la medición y registro de datos de los granos secos de cada progenie. Este proceso consistió en contar la cantidad de granos secos por cada progenie, este dato será utilizado para realizar el cálculo del **índice de grano**.

2.6.15 PESO SECO TOTAL DE GRANOS DE CADA PROGENIE

Con las bolsas que contienen los granos secos de cada progenie en el laboratorio, se realizó el pesaje de cada una de ellas. Haciendo uso de una balanza digital, se sacaron los granos de las bolsas y se depositaron en una pana de acero inoxidable para realizar el pesaje correspondiente y el registro del peso seco total de los granos de cada progenie, este dato será utilizado para realizar el cálculo del **índice de mazorca**.

2.6.16 PESO SECO DEL GRANO CLASIFICADO

Luego de registrar el peso total de los granos secos, se realiza un proceso de selección de los granos de cada progenie, el cual consiste en separar la basura, los granos vanos y los granos pasas, para registrar específicamente el peso real de los granos secos clasificados. Este dato también será utilizado para realizar el cálculo del **índice de grano**.

2.6.17 CALCULO DEL INDICE DE GRANO

Con el registro del peso de los granos secos clasificados, se realiza el cálculo del índice de grano para cada progenie. El índice de grano indica el peso promedio de un solo grano de cacao. Para realizar el cálculo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$IG = \frac{\text{Peso seco grano clasificado}}{\text{Número de granos}}$$

2.6.18 CALCULO DEL INDICE DE MAZORCA

El índice de mazorca determina la cantidad de frutos que se necesitan para producir un kilogramo de cacao seco, para conocer ese valor, se utilizó la siguiente formula:

$$IM = \frac{\text{Número de frutos evaluados por progenie}}{(\text{Peso seco total (g)}/1000)}$$

2.6.19 CALCULO DEL RENDIMIENTO BABA A SECO

El rendimiento de cacao en baba a cacao seco determina la cantidad de cacao seco que se obtiene a partir de una determinada cantidad de cacao en baba o cacao fresco, el resultado se expresa en porcentaje y se utiliza la siguiente formula:

$$Rbs = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\text{Peso en baba de las almendras (g)}} \times 100$$

2.7 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LICOR DE CACAO

El licor de cacao es una pasta espesa que se obtiene al moler los granos de cacao fermentados, secos, tostados y descascarillados. Este proceso consiste en la elaboración del licor de cacao, mediante los granos de cada una de las progenies en estudio, para conocer el perfil organoléptico a través de las diferentes variables organolépticas en estudio, anteriormente descritas en las páginas (19-20).

2.7.1 SELECCIÓN DE UNA MUESTRA DE 400 GRAMOS

Se pesaron un total de 400 gramos de granos de cacao seco, de cada una de las progenies, con el propósito de realizar los licores que se utilizaron para el análisis de las características organolépticas en cada una de ellas. La muestra de 400 gramos fue enviada al laboratorio del departamento de postcosecha de la FHIA, en el Municipio de La Lima, Cortés, Honduras.

2.7.2 TOSTADO DE LOS GRANOS DE CACAO

Para la elaboración del licor de cacao de cada una de las progenies, es necesario realizar el proceso de tostado de los granos, el cual consiste en someterlos a altas temperaturas para desarrollar sabores y aroma característicos a chocolate, el tostado también facilita el proceso de descascarillado del grano. En esta investigación para realizar el tueste del grano, la temperatura que se utilizó fue de 123 °C, por un tiempo de 27 minutos en un horno. Una vez tostados los granos, estos se dejaron en enfriamiento aproximadamente 15 minutos para continuar con el siguiente proceso de quebrado y descascarillado del grano.

2.7.3 QUEBRADO DEL GRANO

Consiste simplemente en facilitar el proceso de descascarillado. El quebrado se realiza haciendo uso de un molino para granos de cacao, en el cual se depositan los granos por la parte superior del molino, y mediante la acción de unas cuchillas trituradoras quiebran el grano, los cuales en aproximadamente un minuto ya salen quebrados del molino.

2.7.4 DESCASCARILLADO DEL GRANO

Este proceso consiste en la separación de la cascarilla del cotiledón, ya que para la elaboración del licor solo se necesita el cotiledón y la cascarilla se desecha. Para hacer este proceso, se utilizó una descascarilladora, la cual inyecta aire por uno de sus extremos haciendo que las partículas de menor peso como las cascarillas sean separadas y enviadas a otro recipiente por acción del aire inyectado, y el cotiledón al ser más pesado cae en otro recipiente por gravedad.

2.7.5 SELECCIÓN DE UNA MUESTRA DE 230 GRAMOS DE CACAO DESCASCARILLADO

Este es el penúltimo proceso para la elaboración del licor, el cual consistió en realizar el pesaje de una muestra de 230 gramos de cacao descascarillado para cada una de las progenies en estudio.

2.7.6 PRODUCTO FINAL: LICOR DE CACAO

Para la elaboración del licor de cacao, que se utilizó para medir las variables organolépticas y conocer el perfil organoléptico de cada una de las 32 progenies que se estudiaron durante esta investigación, se utilizó un molino de cuchilla marca RETSCH, en el cual se depositaron los 230 gramos de cacao descascarillado. Para este proceso de refinación, se necesitó un tiempo de cinco minutos por la muestra de cada progenie, proceso que se dividió en dos etapas de 2 minutos y 30 segundos cada una. Al finalizar la primera etapa, se apagó el molino para reincorporar el licor de cacao que se ha dispersado dentro del recipiente y que no está en contacto con las cuchillas del molino, posteriormente se encendió nuevamente el molino por los 2 minutos y 30 segundos restantes, para terminar el proceso de elaboración del licor de cacao. Al finalizar el proceso, el licor se deposita en frascos de plástico herméticamente cerrados, para su posterior análisis organoléptico de cada una de las 32 muestras representativas de cada árbol progenie evaluado.

2.8 CATACION DEL LICOR DE CACAO

Para realizar este proceso de catación, es necesario realizar un proceso de regresión de sólido a líquido pastoso del licor de cacao, debido a que se solidifica porque contiene manteca de cacao, una grasa que se endurece a temperatura ambiente. Para este proceso, se sometió a baño maría cada muestra de licor hasta volver a su estado líquido pastoso y poder realizar la catación de los licores, la cual consistió en la degustación de cada uno de ellos por personal capacitado para la evaluación de una serie de variables, descritas en las páginas (19-20) para conocer el perfil organoléptico de cada progenie evaluada.

2.9 PRESUPUESTO

A continuación se presentan los costos de la recolección de datos de 32 progenies de cacao segunda generación FHIA, en el primer periodo de cosecha del año 2025, para su respectiva evaluación.

PRESUPUESTO PARA LA EVALUACION DE 32 PROGENIES SEGUNDA GENERACION DE CACAO FHIA 2025					
No.	Descripción - Recopilación de datos 2025	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (LPS)	Total
1.0	ACTIVIDADES PRELIMINARES				
1.1	Limpieza de cajones fermentadores	Hora	2	L 48.00	L 96.00
1.2	Limpieza de parihuelas	Hora	2	L 48.00	L 96.00
A	TOTAL ACTIVIDADES PRELIMINARES			Sub total	L 192.00
2.0	INFRAESTRUCTURA				
2.1	Cinta métrica	Unidad	1	L 105.00	L105.00
2.2	Pica	Unidad	2	L 60.00	L120.00
2.3	Tijeras	Unidad	1	L 98.00	L98.00
2.4	Sacos de cabulla	Unidad	1	L 5.00	L5.00
2.5	Guantes de látex	Unidad	1	L 22.00	L22.00
2.6	Pana de acero inoxidable	Unidad	1	L 324.78	L324.78
2.8	Balanza Granataria	Unidad	1	L 490.00	L490.00
B	TOTAL INFRAESTRUCTURA			Sub total	L1,164.78
3.0	COSECHA				
3.1	Cosechadores	Jornales	12	L 384.73	L 4,616.80
3.2	Extracción y medición de variables	Jornales	24	L 384.73	L 9,233.60
C	TOTAL COSECHA			Sub total	L 13,850.40
4	MICROFERMENTACION DE MUESTRAS				
4.1	Micro fermentación	Jornales	12	384.73	L 4,616.80
D	TOTAL MICROFERMENTACION			Sub total	L 4,616.80
5	SECADO				
5.1	Secado	Jornales	42	384.73	L 16,158.80
E	TOTAL SECADO			Sub total	L 16,158.80
6	LICORES				
6.1	Elaboración de licor de cacao	Unidad	32	700	L 22,400.00
F	TOTAL LICORES			Sub total	L 22,400.00
G	Sub total (A+B+C+D+E+F)				L 58,382.78
	Gran total				L 58,382.78

CAPITULO III
ANALISIS Y RESULTADOS

Cuadro 1. Promedio y desviación estándar (DE) de las mediciones físicas de los frutos de cacao de las progenies en el lote con Guama en diferentes familias interclonales de cacao seleccionadas en el CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2025.

Progenie	# Frutos	Peso (g)		Largo (cm)		Diámetro (cm)		Pb (g)		PP (g)		# Almendras		PC(g)		GS (mm)		PS (mm)	
		Media	± D.E.	Media	± D.E.	Media	± D.E.	Media	± D.E.	Media	± D.E.	Media	± D.E.	Media	± D.E.	Media	± D.E.	Media	± D.E.
A13T3	18	626	± 148	17.0	± 1.5	9.3	± 0.7	113	± 34	13	± 4	39	± 9	501	± 116	18	± 2.6	15	± 2.1
A14T3	11	658	± 184	17.9	± 2.3	9.6	± 0.7	112	± 34	12	± 4	37	± 11	534	± 152	18	± 2.6	14	± 2.3
A21T9	11	768	± 213	21.4	± 2.9	9.2	± 0.7	136	± 35	14	± 4	42	± 6	618	± 186	20	± 3.2	15	± 2.1
A22T9	13	710	± 189	21.3	± 2.7	9.0	± 0.7	138	± 42	14	± 5	37	± 9	557	± 148	17	± 2.9	12	± 2.3
A27T6	40	787	± 187	17.9	± 2.0	10.1	± 0.7	124	± 35	33	± 12	34	± 9	630	± 152	19	± 2.5	16	± 2.2
A32T12	5	1048	± 214	18.6	± 2.5	11.2	± 0.7	144	± 13	25	± 7	37	± 3	878	± 201	24	± 2.5	18	± 1.2
A63T11	4	866	± 50	19.4	± 0.6	10.1	± 0.2	241	± 29	16	± 4	39	± 3	609	± 61	19	± 1.3	15	± 1.4
A66T3	9	596	± 165	17.8	± 1.8	8.9	± 0.8	118	± 101	14	± 5	35	± 13	464	± 177	16	± 4.8	12	± 4.3
A68T3	24	848	± 186	19.3	± 2.7	10.1	± 0.8	119	± 34	20	± 5	42	± 12	710	± 156	21	± 2.7	15	± 2.7
A72T14	15	833	± 167	19.3	± 2.2	10.1	± 0.6	153	± 24	22	± 7	42	± 6	658	± 143	19	± 1.9	14	± 2.5
A91T10	21	1007	± 170	22.7	± 1.7	10.3	± 0.6	115	± 33	34	± 14	30	± 9	858	± 150	23	± 3.1	16	± 3.1
A101T10	6	804	± 156	20.7	± 3.4	9.7	± 0.7	121	± 30	18	± 7	34	± 12	666	± 133	21	± 2.3	16	± 3.2
A102T10	8	871	± 290	19.7	± 3.1	10.2	± 0.7	132	± 48	21	± 11	34	± 14	718	± 236	22	± 5.5	17	± 3.3
A103T10	37	526	± 105	17.0	± 1.5	8.7	± 0.6	98	± 27	14	± 4	35	± 9	414	± 81	16	± 2.2	13	± 1.9
A104T10	37	611	± 146	18.3	± 2.0	8.8	± 0.7	90	± 27	17	± 6	31	± 7	504	± 119	19	± 1.8	14	± 2.5
A106T11	4	661	± 234	16.3	± 2.5	9.7	± 1.0	71	± 13	16	± 5	32	± 2	573	± 237	15	± 5.7	11	± 4.1
A109T11	24	645	± 164	15.4	± 1.8	9.6	± 0.8	87	± 33	13	± 5	27	± 10	545	± 134	22	± 2.3	14	± 2.4
A113T53	16	827	± 193	20.9	± 2.2	9.5	± 0.8	150	± 34	18	± 6	49	± 8	658	± 163	18	± 2.4	13	± 2.1
A122T15	15	575	± 156	16.2	± 1.8	9.1	± 0.8	140	± 46	16	± 4	40	± 10	419	± 134	14	± 3.4	11	± 2.5
A142T3	10	749	± 184	18.7	± 3.1	9.7	± 0.8	156	± 35	27	± 7	39	± 10	566	± 180	19	± 1.9	16	± 2.1

Progenie	# Frutos	Peso (g)	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Pb (g)	PP (g)	# Almendras	PC(g)	GS (mm)	PS (mm)
		Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.
A143T3	15	774 ± 156	18.8 ± 1.5	9.7 ± 0.7	136 ± 31	22 ± 6	45 ± 10	617 ± 128	19 ± 5.8	14 ± 3.1
A144T3	29	596 ± 183	17.2 ± 2.6	9.2 ± 0.8	103 ± 33	14 ± 5	37 ± 12	479 ± 155	18 ± 2.6	14 ± 2.3
A145T3	14	605 ± 195	19.3 ± 2.8	8.6 ± 0.9	111 ± 38	20 ± 7	37 ± 11	474 ± 155	15 ± 2	11 ± 1.8
A166T14	10	737 ± 141	19.1 ± 1.6	9.6 ± 0.5	155 ± 34	15 ± 3	36 ± 10	567 ± 116	17 ± 1.3	13 ± 1.5
A183T13	4	427 ± 56	14.9 ± 1.3	8.2 ± 0.3	110 ± 14	19 ± 13	44 ± 2	298 ± 57	14 ± 0.6	10 ± 1.7
A184T13	20	456 ± 75	15.5 ± 0.9	8.4 ± 0.5	76 ± 9	11 ± 15	40 ± 4	369 ± 73	18 ± 2	13 ± 1.9
A187T5	61	721 ± 194	16.7 ± 2.0	9.6 ± 1.0	127 ± 45	23 ± 23	36 ± 10	571 ± 172	19 ± 2.8	16 ± 2.8
A205T2	25	896 ± 234	21.7 ± 2.7	9.8 ± 0.9	128 ± 41	31 ± 14	40 ± 12	736 ± 191	19 ± 1.9	15 ± 2
A223T12	23	495 ± 116	14.9 ± 2.8	8.8 ± 0.6	100 ± 32	11 ± 4	34 ± 10	384 ± 84	16 ± 1.4	12 ± 1.4
A230T15	18	481 ± 112	15.1 ± 2.0	8.7 ± 0.6	85 ± 29	11 ± 4	31 ± 12	386 ± 86	17 ± 2.4	12 ± 2.2
A242T6	19	806 ± 197	21.4 ± 2.7	9.4 ± 0.8	102 ± 34	19 ± 7	31 ± 10	684 ± 167	19 ± 3.6	15 ± 4.3
A262T14	12	1241 ± 257	23.7 ± 2.3	10.9 ± 0.9	213 ± 47	20 ± 5	46 ± 11	1009 ± 222	23 ± 2.5	20 ± 2.5
A266T4	26	802 ± 133	16.4 ± 2.0	10.6 ± 0.6	149 ± 27	27 ± 7	32 ± 5	627 ± 107	21 ± 2.1	13 ± 2.1
Media general	604	729 ± 168	18.5 ± 2.2	9.5 ± 0.7	126 ± 34	19 ± 7	37 ± 8.8	584.3 ± 145	18.6 ± 2.7	14.1 ± 2.4

Pb: Peso en baba; **PP:** Peso de la placenta; **PC:** Peso de la cascara; **GS:** Grosor de Surco; **PS:** Profundidad de Surco

El promedio general (729 g), muestra diferencias en relación a las medias de la variable peso del fruto. Se puede observar que las progenies **A262T14**, **A32T12** y **A91T10**, fueron las que registraron mayor peso, con 1241 g, 1048 g y 1007 g respectivamente. Caso contrario ocurre con las progenies **A183T13**, **A184T13** y **A230T15**, las cuales registraron menor peso, con 427 g, 456 g y 481 g, respectivamente. La desviación estándar general (± 168 g) presenta una variabilidad moderada en cuanto a la dispersión de los datos respecto a la media (729 g), con un coeficiente de variación del 23.04%. Para las progenies **A262T14**, **A32T12** y **A91T10**, la desviación estándar presenta una variabilidad en los datos de ± 257 , ± 214 y ± 170 con respecto a las medias, representando un coeficiente de variación de 20.70%, 20.41% y 16.88% respectivamente. (Cuadro 1).

Para el peso en baba, el promedio general es de 126 g, y una desviación estándar de ± 34 g, indicando una variabilidad moderada con un coeficiente de variación de 26.9%. Las progenies que registraron mejor rendimiento fueron la **A63T11**, **A262T14** y **A142T3**, con 241 g, 213 g y 156 g respectivamente, realizando una comparación de estos pesos con la variable peso del fruto (g), existe un aprovechamiento total del fruto en 27.82%, 17.16% y 20.82% respectivamente. Las progenies **A106T11**, **A184T13** y **A230T15**, fueron las que registraron los pesos menores, con 71 g, 76 g y 85 g, estos pesos representan los valores con menor aprovechamiento total del fruto, en 10.74%, 16.6% y 17.6% respectivamente. (Cuadro 1).

En cambio el número de almendras registró un promedio general de 37, con una desviación estándar promedio de ± 8.8 , lo que indica una variabilidad moderada con un coeficiente de variación del 23.7%. Las progenies que registraron la mayor cantidad de almendras fueron la **A113T53**, **A262T14** y **A143T3**, con 49, 46 y 45 almendras por fruto respectivamente, lo contrario ocurre con las progenies **A109T11** y **A91T10** con 27 y 30 almendras, seguidas de la **A104T10**, **A230T15** y **A242T6**, las tres progenies con 31 almendras por fruto. (Cuadro 1).

Por otra parte el peso de cascara tiene una media general de 584.3 g, y una desviación estándar de ± 145 g, lo que indica una variabilidad moderada con un coeficiente de variación del 24.8%. Las progenies con el mayor peso de cascara fueron la **A262T14**, **A32T12** y **A91T10**, con 1009 g, 878 g y 858 g, respectivamente,

y en relación con el peso total, estos valores indican que entre el 81% - 85% del peso total del fruto, está conformado por cascara. Así mismo, los menores pesos de cascara fueron presentados por las progenies **A183T13**, **A184T13** y **A223T12**, con 298 g, 369 g y 384 g respectivamente, y en relación con el peso total, estos valores indican que entre el 69% - 80% del peso total del fruto, está conformado por cascara. (Cuadro 1).

En cuanto al largo del fruto, se observa un promedio general de 18.5 cm y una desviación estándar de ± 2.2 cm, lo que indica una baja dispersión con un coeficiente de variación de 11.8%, demostrando similitudes en el largo de los frutos. Las progenies **A262T14**, **A91T10** y **A205T2**, presentaron los frutos con mayor longitud de 23.7 cm, 22.7 cm y 21.7 cm respectivamente, y las que registraron menor longitud fueron la **A109T11**, **A230T15**, con 15.4 cm y 15.1 cm respectivamente, seguidas de la **A183T13** y **A223T12**, ambas con 14.9 cm de longitud. (Cuadro 1).

Respecto al diámetro del fruto, presentó un promedio general de 9.5 cm, con una desviación estándar de 0.7 cm, indicando una muy baja dispersión de los datos con un coeficiente de variación de 7.4%, demostrando diámetros similares en los frutos. Las progenies **A32T12**, **A262T14** y **A266T4**, registraron los diámetros mayores con 11.2 cm, 10.9 cm y 10.6 cm respectivamente, opuesto a las progenies **A145T3**, **A184T13** y **A183T13**, que fueron las que registraron los diámetros menores con 8.6 cm, 8.4 cm y 8.2 cm respectivamente. (Cuadro 1).

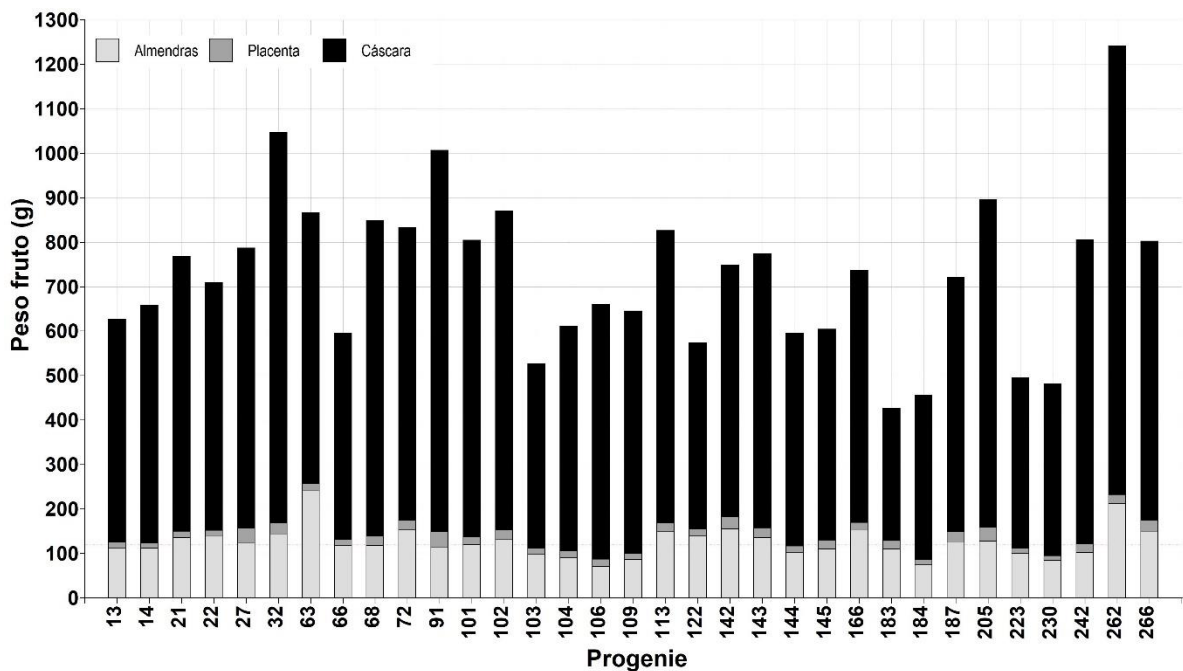
Acerca del peso de la placenta, el promedio general es de 19 g, con una desviación estándar de ± 7 g, lo que indica una alta dispersión de los datos con un coeficiente de variación de 36.8%, demostrando la variación que existe entre los pesos. Las progenies que registraron el mayor peso de placenta fueron la **A91T10**, **A27T6** y **A205T2**, con 34 g, 33 g y 31 g respectivamente, mostrando diferencias con las progenies **A13T3** y **A109T11**, ambas con 13 g, la **A14T3** con 12 g y la **A184T13**, **A223T12** y **A230T15**, las tres con 11 g, fueron las que presentaron el menor peso de placenta. (Cuadro 1).

En lo que concierne al grosor de la cascara (GS), presenta un promedio general de 18.6 mm y una desviación estándar de ± 2.7 mm, reflejando una baja dispersión de

los datos con un coeficiente de variación de 14.5%. Las progenies que presentaron el mayor grosor de cascara fueron la **A32T12** con 24 mm, **A262T14** y **A91T10**, ambas con 23 mm, **A102T10** y **A109T11**, ambas con 22 mm. A diferencia de las progenies **A122T15**, **A183T13**, ambas con 14 mm, la **A106T11**, **A145T3**, ambas con 15 mm, la A223, A66T y A103T10, las tres con 16 mm, fueron las que registraron el menor grosor de surco. (Cuadro 1).

Finalmente, el número de frutos que se evaluaron durante la investigación fueron en total 604, de los cuales aparecen registros de progenies que sobresalen del resto en cuanto a la cantidad de frutos cosechados. Por ejemplo la **A187T5** y **A27T6**, produjeron 61 y 40 frutos respectivamente y la **A103T10** y **A104T10**, ambas con 37 frutos, fueron las que mayor rendimiento productivo alcanzaron, en contraste con la **A102T10** con 8 frutos, la **A101T10** con 6 frutos, la **A63T11**, **A106** y **A183T13**, cada una con cuatro frutos, fueron las que registraron el menor rendimiento productivo. (Cuadro 1).

Grafica 1. Distribución del peso total del fruto de cacao, segmentado en sus diferentes componentes (Cascara, almendras y placenta).



Cuadro 2. Promedio y desviación estándar (DE) de las mediciones físicas de las semillas secas de cacao de las progenies en el lote con Guama en diferentes familias interclonales de cacao seleccionadas en el CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2025.

Progenie	No. Granos		Peso seco total (g)		Peso grano clasificado (g)		Peso pasas y basura (g)		IM		IG (g)		Rendimiento baba-seco (%)	
	Media	± D.E.	Media	± D.E.	Media	± D.E.	Media	± D.E.	Media	± D.E.	Media	± D.E.	Media	± D.E.
A13T3	130	± 38	141.4	± 38.0	140.6	± 38.3	0.8	± 0.8	24.5	± 3.9	1.1	± 0.1	37.48	± 3.87
A14T3	143	± 43	171.0	± 56.1	170.1	± 55.6	0.9	± 0.6	24.4	± 1.7	1.2	± 0.1	36.81	± 2.65
A21T9	171	± 98	225.1	± 125.8	223.4	± 124.3	1.7	± 1.5	18.7	± 3.5	1.3	± 0.1	40.96	± 3.18
A22T9	104	± 27	133.3	± 32.6	132.9	± 32.5	0.4	± 0.5	21.0	± 2.3	1.3	± 0.1	34.8	± 2.38
A27T6	370	± 228	464.7	± 284.2	462.4	± 282.5	2.3	± 1.9	24.2	± 2.3	1.2	± 0	33.6	± 1.0
A32T12	66	± 15	109.5	± 25.6	109.2	± 25.8	0.3	± 0.3	16.4	± 1.5	1.7	± 0.2	42.56	± 0.8
A63T11	79	± 0.6	169.0	± 11.8	167.3	± 13.3	1.7	± 1.6	12.0	± 0.7	2.1	± 0.2	34.7	± 2.66
A66T3	148	± 71	131.7	± 63.2	130.8	± 62.8	0.9	± 0.5	34.5	± 4.8	0.9	± 0.1	26.43	± 7.13
A68T3	324	± 97	357.0	± 111.1	356.4	± 111.1	0.6	± 0.2	22.1	± 1.3	1.1	± 0	38.45	± 1.26
A72T14	169	± 36	249.2	± 52.9	247.4	± 52.4	1.8	± 1.0	16.2	± 1.2	1.5	± 0	38.77	± 5.47
A91T10	190	± 68	251.1	± 85.5	248.6	± 84.5	2.5	± 1.0	26.8	± 4.3	1.3	± 0.1	33.28	± 1.52
A101T10	122	± 64	156.7	± 81.3	156.7	± 81.3	0.0	± 0	25.6	± 10.1	1.3	± 0	35.3	± 3.87
A102T10	78	± 48	102.0	± 55.7	100.8	± 55.3	1.2	± 1.1	25.2	± 8.4	1.3	± 0.1	33.45	± 3.67
A103T10	357	± 145	350.9	± 143.8	350.2	± 143.5	0.7	± 0.4	29.3	± 3.0	1.0	± 0	35.21	± 0.96
A104T10	362	± 173	362.0	± 178.4	359.6	± 177.3	2.4	± 1.1	35.6	± 9.9	1.0	± 0.1	33.04	± 0.93
A106T11	39	± 18	51.9	± 25.2	48	± 24.9	3.9	± 2.1	39.0	± 6.7	1.2	± 0.1	37.13	± 3.88
A109T11	194	± 73	256.9	± 105.0	255.3	± 104.1	1.6	± 1.1	29.7	± 5.8	1.3	± 0.1	39.93	± 0.87
A113T53	271	± 151	296.9	± 173.3	296.2	± 173.4	0.7	± 0.2	19.2	± 2.2	1.1	± 0.1	35.1	± 2.85

Progenie	No. Granos			Peso seco total (g)			Peso grano clasificado (g)			Peso pasas y basura (g)			IM			IG (g)			Rendimiento baba-seco (%)		
	Media	±	D.E.	Media	±	D.E.	Media	±	D.E.	Media	±	D.E.	Media	±	D.E.	Media	±	D.E.	Media	±	D.E.
A122T15	178	±	43	249.0	±	62.2	248.3	±	62.1	0.7	±	0.5	18.4	±	2.2	1.4	±	0.2	39.85	±	4.58
A142T3	188	±	36	214.5	±	13.7	213.7	±	13.1	0.8	±	0.6	24.1	±	3.4	1.2	±	0.2	27.06	±	2.01
A143T3	156	±	39	149.3	±	54.4	149.2	±	54.5	0.1	±	0.2	20.2	±	2	1.0	±	0.2	36.71	±	1.24
A144T3	240	±	141	259.4	±	149.1	256.3	±	146.8	3.1	±	2.7	27.7	±	4.3	1.1	±	0.1	35.94	±	2.83
A145T3	146	±	49	163.4	±	53.2	162.9	±	53.4	0.5	±	0.3	26.6	±	11	1.1	±	0	37.6	±	1.27
A166T14	149	±	53	269.1	±	95.7	268.2	±	96.1	0.9	±	0.9	15.9	±	2.1	1.8	±	0	41.24	±	1.77
A183T13	186	±	0	166.9	±	0.0	165.2	±	0	1.7	±	0	24.0	±	0	0.9	±	0	38.1	±	0
A184T13	773	±	0	641.2	±	0.0	635.4	±	0	5.8	±	0	31.2	±	0	0.8	±	0	42.5	±	0
A187T5	418	±	126	603.7	±	186.6	602.1	±	186.2	1.6	±	0.8	19.8	±	1.0	1.4	±	0.1	40.08	±	2.67
A205T2	240	±	95	282.2	±	111.2	280.9	±	110.6	1.3	±	0.7	21.7	±	3.3	1.2	±	0.1	36.73	±	1.66
A223T12	275	±	85	347.9	±	105.0	346.4	±	104.3	1.5	±	0.8	24.2	±	2.3	1.2	±	0	41.55	±	0.63
A230T15	231	±	78	265.0	±	82.1	264.6	±	82	0.4	±	0.3	26.1	±	2.1	1.1	±	0.1	45.53	±	0.54
A242T6	155	±	38	177.1	±	40.7	176.5	±	40.6	0.6	±	0.2	28.8	±	2.9	1.1	±	0.1	34.35	±	1.09
A262T14	283	±	45	509.4	±	67.7	503.9	±	64.1	5.5	±	3.6	12.1	±	0.4	1.8	±	0.1	39.24	±	3.76
A266T4	218	±	77	400.5	±	147.5	398.9	±	146.8	1.6	±	0.9	17.3	±	1.7	1.8	±	0.1	39.12	±	1.86

El promedio para la variable número de granos secos, la progenie **A184T13** presentó el valor más alto con 773 granos, seguida por la **A187T5** con 418 granos y **A27T6** con 370 granos, lo que evidencia una mayor capacidad productiva. En contraste, las progenies **A106T11**, **A32T12** y **A102T10**, mostraron los valores más bajos, con 39 granos, 66 granos y 78 granos respectivamente. (Cuadro 2).

Respecto al Peso seco total y al Peso de grano clasificado, se observó un comportamiento similar entre estas dos variables: las progenies **A184T13** con 641.2 g, **A187T5** con 603.7 g y la **A262T14** con 509.4 g, registraron los mayores pesos. Por otro lado, las progenies **A106T11** con 51.9 g, **A102T10** con 102 g y la **A32T12** con 109.5 g, mostraron los menores valores, asociándose con una baja productividad general. (Cuadro 2).

En cuanto al Peso de pasas y basura, las progenies **A184T13** con 5.8 g, **A262T14** con 5.5 g y la **A106T11** con 3.9 g, presentaron los valores más altos, lo que indica un mayor porcentaje de material descartable, representando un 0.9%, 1.07% y 7.5% de pérdidas respectivamente. En cambio, las progenies **A143T3** con 0.1 g, **A32T12** con 0.3 g y la **A22T9** con 0.4 g, mostraron los valores más bajos, equivalente al 0.06%, 0.2% y 0.3% respectivamente, representando una mejor calidad del grano al poseer menos material de desecho. (Cuadro 2).

La variable Índice de Mazorca (IM), que representa el número de mazorcas necesarias para obtener un kilogramo de cacao seco, mostró diferencias notables entre las progenies. Los valores más bajos (mayor eficiencia) corresponden a la **A63T11** con 12 de IM, la **A262T14** con 12.1 de IM y la **A166T14** con 15.9 de IM, que requieren menos mazorcas para producir un kilogramo de cacao seco, esto sugiere un aprovechamiento más eficiente de la producción. Por el contrario, las progenies **A106T11** con 39 de IM, la **A104T10** con 35.6 de IM y la **A66T3** con 34.5 de IM presentaron los índices más altos, lo que significa una menor eficiencia, ya que se necesita un mayor número de mazorcas para producir la misma cantidad de cacao seco. (Cuadro 2).

Por otra parte, la variable Índice de Grano (IG), los valores más altos se observaron en las progenies **A63T11** con 2.1 de IG, la **A166T14**, **A262T14** y **A266T4**, las tres

con 1.8 de IG y la **A32T12** con 1.7 de IG, indicando granos de mayor peso. Los valores más bajos, obtenidos fueron la **A184T13** con 0.8 de IG, la **A183T13** y **A66T3** con 0.9 de IG, y las **A103T10**, **A104T10** y **A143T3** con 1.0 de IG, reflejando granos más pequeños y livianos. (Cuadro 2).

Así mismo, la variable rendimiento baba-seco (%), que indica la eficiencia de conversión del cacao en baba al cacao seco, fue mayor en las progenies **A230T15** con 41.55%, la **A32T12** con 42.56% y la **A184T13** con 42.50% evidenciando una mejor relación entre la masa húmeda y el producto seco. Las progenies **A66T3** con 26.43%, la **A142T3** con 27.06% y la **104T10** con 33.04% registraron los menores porcentajes, lo cual puede relacionarse con mayor pérdida de humedad o menor densidad de grano. (Cuadro 2).

Cuadro 3. Correlación de Pearson: coeficientes / probabilidades de las variables físicas del fruto y agronómicas de progenies de cacao con antes sombra de Guama. CEDEC-JAS, La Masica, Atlántida, Honduras. 2025

Variables	PF (g)	L (cm)	D (cm)	PB (g)	PP (g)	# Almendras	PC (g)	GS (mm)	PS (mm)	Brix	IM	IG (g)	RBaS	FS	MN	Mo	R kg/ha IM 2025
PF (g)	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7983	0.0000	0.0000	0.0006	0.0014	0.5900	0.0197	0.0000
L (cm)	0.79	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9978	0.0000	0.0088	0.0000	0.0000	0.0073	0.0001	0.0128
D (cm)	0.87	0.50	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2325	0.0000	0.0000	0.3175	0.0595	0.5978	0.3757	0.0000
PB (g)	0.69	0.52	0.62	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	0.0000	0.0000	0.0144	0.8808	0.0003	0.0459	0.0000
PP (g)	0.51	0.36	0.43	0.40	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0230	0.0640	0.0130	0.0265
# Almendras	0.46	0.45	0.35	0.70	0.25	1	0.0000	0.9014	0.2327	0.0000	0.0000	0.2855	0.3777	0.2543	0.0278	0.0006	0.0000
PC (g)	0.98	0.78	0.85	0.56	0.45	0.37	1	0.0000	0.0000	0.952	0.0000	0.0000	0.0018	0.0003	0.1859	0.0332	0.0000
GS (mm)	0.59	0.36	0.57	0.23	0.25	-0.01	0.62	1	0.0000	0.3337	0.0002	0.0000	0.4016	0.4089	0.549	0.0580	0.0051
PS (mm)	0.53	0.31	0.50	0.26	0.25	0.05	0.55	0.73	1	0.9812	0.0000	0.0000	0.0905	0.4212	0.1402	0.8703	0.0000
Brix	0.01	0.00	0.05	0.10	-0.14	0.17	0.00	0.04	0.00	1	0.0000	0.0355	0.0000	0.9803	0.0000	0.1946	0.0000
IM	-0.42	-0.26	-0.42	-0.57	-0.22	-0.39	-0.35	-0.15	-0.19	-0.30	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0247	0.0000
IG (g)	0.38	0.11	0.47	0.42	0.17	-0.04	0.34	0.25	0.23	0.09	-0.62	1	0.0000	0.0002	0.0000	0.0001	0.0000
RBaS	-0.14	-0.26	-0.04	-0.10	-0.22	0.04	-0.13	-0.03	-0.07	0.30	-0.29	0.28	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FS	-0.13	-0.19	-0.08	0.01	-0.09	0.05	-0.15	-0.03	0.03	0.00	-0.18	0.15	0.34	1	0.0000	0.0000	0.0000
MN	-0.02	-0.11	0.02	0.15	-0.08	0.09	-0.05	-0.02	-0.06	0.19	-0.35	0.34	0.40	0.46	1	0.0000	0.0000
Mo	-0.10	-0.15	-0.04	-0.08	-0.10	-0.14	-0.09	0.08	-0.01	-0.05	0.09	0.16	0.18	0.32	0.18	1	0.0007
R kg/ha IM 2025	0.25	0.10	0.26	0.44	0.09	0.26	0.19	0.11	0.19	0.17	-0.72	0.60	0.36	0.70	0.56	0.14	1

PF: peso de fruto; L: largo de fruto; D: diámetro del fruto; PB: peso en baba; PP: peso de placenta; PC: peso de cascara; GS: grosor de surco; PS: profundidad de surco; IM: índice de mazorca; IG: índice de grano; RBaS: rendimiento baba a seco; FS: frutos sanos; MN: mazorca negra; Mo: monilia; R kg/ha IM 2025: Rendimiento con índice de mazorca 2025.

El análisis de correlación de Pearson indica la fuerza con la que se correlacionan una variable con otra. En este caso, la variable índice de mazorca tiene una correlación negativa fuerte con R kg/ha IM 2025, con un valor de R de -0.72, y un p-valor < 0.0001 , lo que indica que cuando el índice de mazorca es bajo, se necesitan menos mazorcas para producir un kilogramo de cacao seco, por consiguiente el rendimiento en kg/ha aumenta (cuadro 3).

Se encuentra una fuerte correlación positiva con las variables frutos sanos y rendimiento en kg/ha con índice de mazorca 2025, presentando un valor de R de 0.70 y un p-valor < 0.0001 , demostrando que a mayor cantidad de frutos sanos el rendimiento en kg/ha se ve influenciado positivamente (cuadro 3).

Respecto a las variables índice de mazorca e índice de grano, presentan una correlación negativa media con un valor de R de -0.62 y un p-valor < 0.0001 , indicando que con un índice de mazorca bajo, los granos secos tienen mayor peso. Lo que se refleja en la correlación entre la variable índice de grano y rendimiento en kg/ha con índice de mazorca 2025, con una correlación positiva media con un valor de R de 0.60 y un p-valor < 0.0001 , a medida que los granos secos tienen mayor peso, se obtendrá un mayor rendimiento en kg/ha (cuadro 3).

Desde otra perspectiva, existe una correlación positiva muy fuerte, casi perfecta entre las variables peso del fruto y peso de cascara, con un valor de R de 0.98 y un p-valor < 0.0001 , demostrando que el peso del fruto del cacao está representado en su mayoría por cascara (cuadro 3).

Cuadro 4. Comparación de los promedios del rendimiento de las progenies en kg/ha/año del año 2020-2024 con los datos del primer semestre del año 2025.

Progenie	Rendimiento kg/ha/año 2020-2024	Rendimiento kg/ha con IM 2025	Diferencia kg/ha	Cambio porcentual (parcial)
13	1228	929.89	298.11	-24.3
14	1291	1327.91	-36.91	2.9
21	2088	2472.18	-384.18	18.4
22	1965	1910.38	54.62	-2.8
27	895	1128.22	-233.22	26.1
32	991	1556	-565.00	57.0
63	1242	2226.5	-984.50	79.3
66	665	634.89	30.11	-4.5
68	992	1085.42	-93.42	9.4
72	1830	1967.73	-137.73	7.5
91	934	997.62	-63.62	6.8
101	1246	1150.33	95.67	-7.7
102	1452	1321.13	130.87	-9.0
103	1207	1235.38	-28.38	2.4
104	533	560.05	-27.05	5.1
109	1028	1135.29	-107.29	10.4
113	1215	1623.56	-408.56	33.6
122	1238	1453.07	-215.07	17.4
142	1498	1308.6	189.40	-12.6
143	1498	1133.53	364.47	-24.3
144	1292	1288.52	3.48	-0.3
145	976	1173.57	-197.57	20.2
166	1728	1788.7	-60.70	3.5
183	1100	1344	-244.00	22.2
184	1262	1446.1	-184.10	14.6
187	1833	2135.51	-302.51	16.5
205	827	1094.4	-267.40	32.3
223	853.96	739.78	114.18	-13.4
230	1244	1242.17	1.83	-0.1
242	1017	830.26	186.74	-18.4
262	2007	2399.67	-392.67	19.6
266	1808	1893.46	-85.46	4.7

La diferencia en kg/ha (cuadro 5), muestra los incrementos y disminuciones en las comparaciones realizadas con los rendimientos acumulados desde el año 2020-2024 con los del primer semestre del año 2025. Al realizar las comparaciones se obtiene que la progenie 63 en el primer semestre del año 2025, produjo 984.5 kg/ha más que el acumulado de los 2020-2024, indicando un incremento del 79.3%. De igual forma, la progenie 32 produjo 565 kg/ha más en comparación con su promedio acumulado, con un incremento aproximado del 57%. Así mismo, la progenie 113 incrementó un 33.6% en su producción, reflejando 408.5 kg/ha más que su promedio acumulado.

Caso contrario ocurre con la progenie 13 y 143, ambas con una disminución del 24.3% en comparación con sus promedios acumulados, reflejando 298.11 kg/ha y 364.47 kg/ha menos, lo mismo pasa con la progenie 242, con una disminución de 186.74 kg/ha, lo que indica un 18.4% menos en comparación con su registro acumulado.

Cuadro 5. Correlación de Pearson entre los atributos sensoriales evaluados y la calidad global.

Variables	Cacao	Acidez	Astringencia	Amargor	Brix	Frutal	Floral	Nuez	Panela/malta	Crudo/Habas verdes	Otros sabores	Calidad Global
Cacao	1	0.7008	0.0106	0.0858	0.0502	0.0039	0.2184	0.2030	0.7673	0.7576	0.2655	0.2167
Acidez	-0.07	1	0.1858	0.0783	0.2443	0.9887	0.6746	0.0361	0.9440	0.0322	0.3195	0.8578
Astringencia	0.45	0.24	1	0.0000	0.2055	0.1807	0.2277	0.7602	0.4723	0.0099	0.1032	0.9067
Amargor	0.31	0.32	0.79	1	0.3909	0.5273	0.0463	0.6812	0.7666	0.0047	0.2281	0.8700
Brix	-0.35	0.22	-0.23	-0.16	1	0.6677	0.5248	0.2841	0.3664	0.3862	0.6611	0.5648
Frutal	0.50	0.00	0.24	0.12	-0.08	1	0.0135	0.0001	0.2159	0.0730	0.5561	0.0060
Floral	0.22	0.08	0.22	0.35	0.12	0.43	1	0.0231	0.0163	0.5025	0.7684	0.1869
Nuez	0.23	-0.37	-0.06	-0.08	-0.20	0.64	0.40	1	0.0281	0.0816	0.1091	0.0008
Panela/malta	0.05	-0.01	-0.13	-0.05	0.17	0.22	0.42	0.39	1	0.0959	0.5408	0.0001
Crudo/Habas verdes	-0.06	0.38	0.45	0.49	-0.16	-0.32	-0.12	-0.31	-0.30	1	0.37	0.0328
Otros sabores	-0.20	0.18	-0.29	-0.22	0.08	-0.11	-0.05	-0.29	-0.11	-0.16	1	0.2915
Calidad Global	0.22	0.03	-0.02	0.03	0.11	0.47	0.24	0.56	0.63	-0.38	-0.19	1

El análisis de correlación de Pearson permitió identificar los atributos sensoriales con mayor influencia sobre la calidad global. Las variables frutal, nuez, panela/malta y crudo/habas verdes mostraron relaciones estadísticamente significativas con esta variable (cuadro 5).

La variable panela/malta presentó una correlación positiva fuerte con la calidad global ($r = 0.63$; $p = 0.0001$), lo que indica que a medida que aumentan los sabores dulces relacionados con la panela o malta, la percepción de calidad global también se incrementa (cuadro 5).

De manera similar, el atributo nuez mostró una correlación positiva moderada-fuerte ($r = 0.56$; $p = 0.0008$), demostrando que la presencia de notas de nuez contribuye significativamente a una mejor valoración de la calidad global (cuadro 5).

Así mismo, la variable frutal también presentó una correlación positiva moderada ($r = 0.47$; $p = 0.0060$), indicando que las notas frutales se asocian con una percepción favorable sobre la calidad global (cuadro 5).

Por otra parte, la variable crudo/habas verdes mostró una correlación negativa significativa con la calidad global ($r = -0.38$; $p = 0.0328$), lo que implica que la presencia de estas notas se relaciona con una disminución en la valoración de la calidad global. Estos sabores pueden asociarse con defectos o procesos de fermentación incompleta, lo que justifica su efecto desfavorable en la percepción sensorial general (cuadro 5).

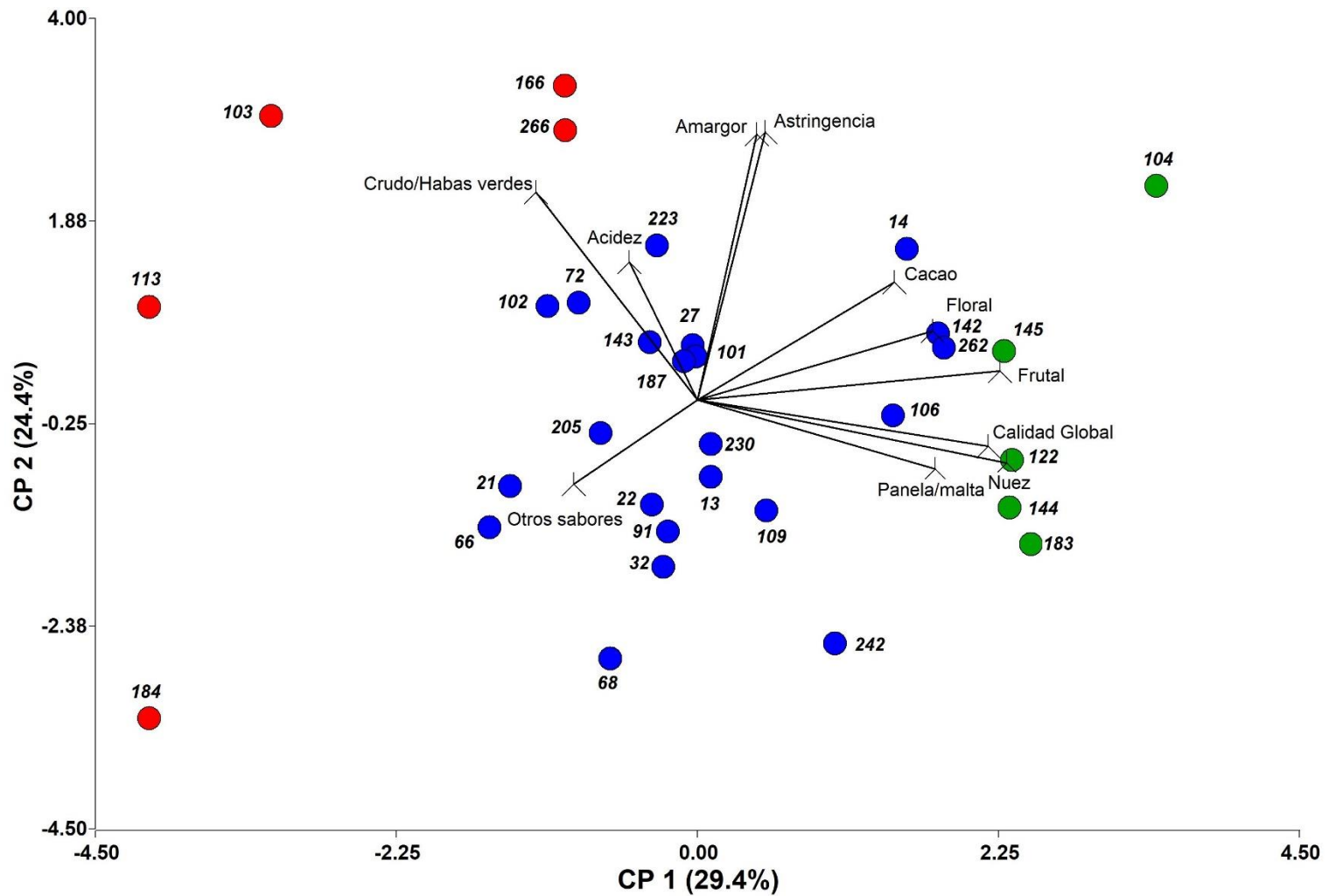


Figura 1. Distribución de progenies de acuerdo a los atributos sensoriales encontrados en el proceso de cata de licor de cacao, mediante un Análisis de Componentes Principales.

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Qué cantidad de mazorcas se necesita para producir un kg de cacao seco?

Para esta investigación, en promedio se necesitan 24 mazorcas para producir un kilogramo de cacao seco. Considerando 33 progenies evaluadas, dentro de las cuales sobresalieron ocho con un índice de mazorca menor a 20 frutos para producir un kg de cacao seco.

2. ¿Cómo influye el índice de mazorca sobre las estimaciones del rendimiento comercial del cacao seco?

Influye directamente en las estimaciones de rendimiento comercial porque relaciona la eficiencia productiva del árbol con la cantidad de grano seco que se obtiene por cosecha, ya que a menor índice de mazorca, se necesitan menos cantidad de frutos para producir un kilogramo de cacao seco.

3. ¿Qué impacto tiene el índice de grano en la comercialización del cacao?

Tiene un impacto significativo en la comercialización, debido a que el grano grande de cacao (>1.05 g), suele ser mejor pagado por las industrias chocolateras en comparación a los granos pequeños (<1.05 g).

Grano grande (Calidad A) = Lps 120.00 / lb

Grano pequeño (Calidad B) = Lps 105.00 / lb

Estos son precios de venta utilizados en el CEDEC-JAS de la FHIA.

4. ¿Cómo afectan las características organolépticas a la calidad del grano de cacao?

Las características organolépticas determinan la percepción de calidad del cacao porque afectan directamente el sabor, aroma y apariencia del grano. Granos con buen aroma, sabor equilibrado, color uniforme y textura firme son clasificados como cacao fino o de alta calidad, mientras que los granos defectuosos reducen el precio y limitan su comercialización.

5. ¿Cómo afectan las propiedades químicas (grados brix), a la calidad del grano de cacao seco?

Los grados brix no afectan la calidad del grano de cacao, debido a la débil correlación que existe entre la variable grados brix y calidad global de las características organolépticas.

6. ¿Cómo se correlacionan las variables evaluadas con el rendimiento productivo de las progenies evaluadas?

Hay tres variables que se correlacionan directamente y que tienen bastante influencia con el rendimiento productivo de las progenies. La variable Índice de mazorca se correlaciona de forma negativa fuerte, indicando que a medida que el índice de mazorca disminuye el rendimiento aumenta. Las variables Índice de grano y frutos sanos, ambas se correlacionan de forma positiva fuerte, a medida que aumentan los valores de estas dos variables el rendimiento también se ve influenciado positivamente.

CAPITULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- ✓ La caracterización de los frutos y semillas de las 32 progenies evaluadas, demostró que algunas tienen mejor rendimiento productivo que otras, lo que permitió establecer diferencias e identificar cuáles tienen mayor potencial para obtener mayor cantidad de cacao seco.
- ✓ La evaluación del índice de mazorca permitió identificar diferentes progenies con un rendimiento por debajo de 20 mazorcas, demostrando una mayor eficiencia en el rendimiento para la producción de un kg de cacao seco, dentro de las cuales destacaron las progenies A21T9, A32T12, A63T11, A72T14, A113T53, A122T15, A166T14, A187T5, A262T14 y A266T4.
- ✓ La caracterización organoléptica de los frutos permitió determinar diferencias significativas en la calidad del grano entre las progenies evaluadas, sobresaliendo la A104T10, A145T3, A122T15, A144T3 y A183T13, que se pueden considerar como productoras de cacao fino o gourmet, debido a que presentaron buen aroma, sabor agradable, color uniforme y textura firme.
- ✓ La progenie A122T15 sobresale entre todas las evaluadas, debido a que no solo presenta excelentes propiedades organolépticas para producir cacao fino, además tiene un excelente rendimiento, ya que solo necesita 18.4 mazorcas para producir un kg de cacao seco.
- ✓ Los grados brix, no son influyentes en la calidad global del perfil organoléptico de cada progenie, debido a que presentan correlaciones muy débiles y no son significantes para establecer relación alguna en los resultados obtenidos.
- ✓ Los rendimientos acumulados del periodo 2020–2024 y los obtenidos en el primer semestre de 2025 muestran un comportamiento relativamente estable en la mayoría de las progenies, aunque algunas presentaron incrementos o disminuciones que reflejan su variabilidad productiva.

4.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Establecer una parcela con las progenies que mostraron un bajo índice de mazorca, ya que estas demostraron ser más productivas en comparación al resto, para continuar con su proceso de evaluación bajo la estrategia de mejoramiento genético FHIA.
- ✓ De mantener su rendimiento en las próximas evaluaciones, se recomienda la reproducción del material genético de la progenie A122T15, ya que combina sus excelentes características organolépticas con su rendimiento sobresaliente.
- ✓ Para futuras investigaciones, se sugiere realizar cruzamientos entre las progenies que destacaron por sus excelentes características organolépticas con aquellas que mostraron altos rendimientos productivos, pero presentaron calidad sensorial deficiente. De esa forma permitiría combinar ambos atributos (calidad y productividad) para producir nuevas progenies con mejor equilibrio entre rendimiento y características organolépticas.
- ✓ Establecer una o varias parcelas experimentales en otras regiones del país (Honduras) con las progenies que presentaron los mejores rendimientos, para evaluar su comportamiento en condiciones ambientales diferentes.

ANEXOS

1.1 COSECHA DE FRUTOS



Figura 1. Cosecha de frutos utilizando una tijera de podar, para cortar los frutos que se encuentran en la parte media y baja de los árboles.



Figura 2. Cosecha de frutos utilizando una pica, para cortar los frutos que se encuentran en la parte alta de los árboles.

1.2 REGISTRO DE FRUTOS



Figura 3. Registro de frutos cosechados.



Figura 4. Almacenamiento de los frutos cosechados en sacos de cabuya.

1.3 ROTULACIÓN Y ORDENAMIENTO DE FRUTOS EN EL LABORATORIO



Figura 5. Ordenamiento de frutos por progenie.



Figura 6. Rotulación de frutos por progenie.

1.4 MEDICIÓN DE DATOS



Figura 7. Medición de circunferencia de los frutos de cacao.



Figura 8. Medición de longitud de los frutos de cacao.



Figura 9 y 10. Apertura de los frutos de cacao.



Figura 11 y 12. Conteo de las almendras de los frutos de cacao.



Figura 13. Medición del grosor de la cascara de los frutos de cacao.



Figura 14. Almendras en reposo para la destilación de baba.

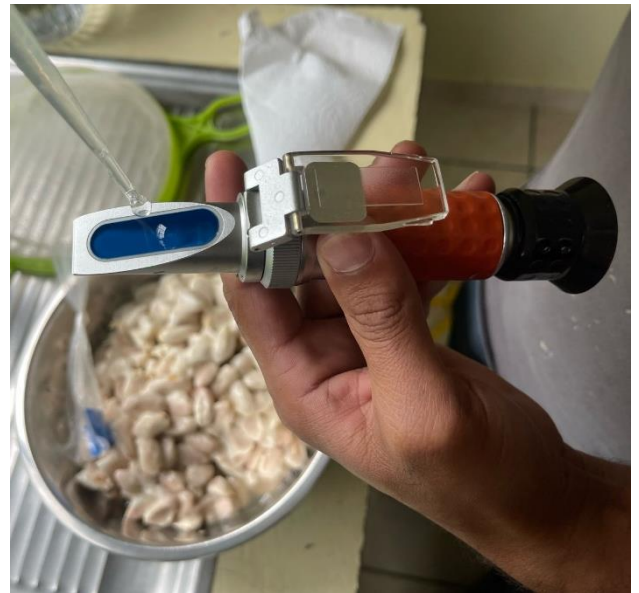


Figura 15 y 16. Recolección de baba de las almendras de cacao para la medición de los grados brix en el refractómetro.



Figura 17 y 18. Medición y lectura de grados brix.

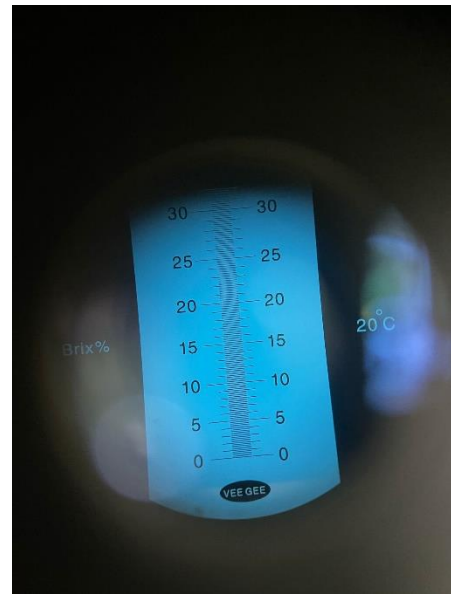


Figura 19 y 20. Limpieza del refractómetro con agua destilada (izquierda) para reiniciar el medidor (derecha).



Figura 21. Depósito de las almendras en bolsas para micro fermentación.



Figura 22. Seccionando las almendras por progenie en las bolsas para micro fermentación para que no se mezclen.



Figura 23 y 24. Bolsas para micro fermentación llenas.



Figura 25 y 26. Depósito de las bolsas que contienen las almendras en los cajones fermentadores para su proceso de micro fermentación.



Figura 27. Compactado de las almendras para su proceso de micro fermentación.



Figura 28. Tapado de las almendras con hojas de plátano para su proceso de micro fermentación.



Figura 29 y 30. Remoción de las almendras en su periodo de fermentación.



Figura 31 y 32. Bolsas micro fermentadoras dentro de los cajones



Figura 33 y 34. Distribución de las almendras de cada progenie en diferentes grupos, para iniciar el proceso de secado en una parihuela.



Figura 35 y 36. Almendras expuestas al sol durante su proceso de secado.



Figura 37 y 38. Almendras secas, listas para ser almacenadas.



Figura 39 y 40. Medición de humedad del grano de cacao.

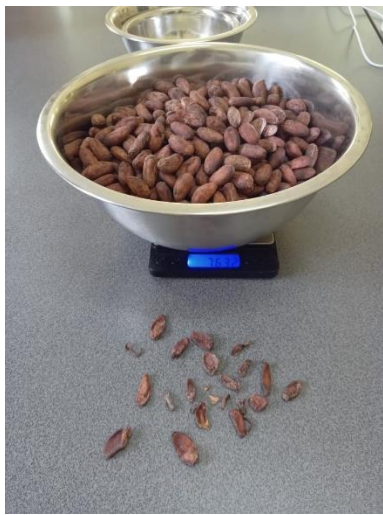


Figura 41. Peso seco del grano clasificado, descartando la basura y granos vanos.



Figura 42. Quebrado del grano de cacao en un molino.



Figura 43. Tamizando los granos, luego de quebrarlos en el molino.



Figura 44. Separando cascarilla y grano en el descascarillador.

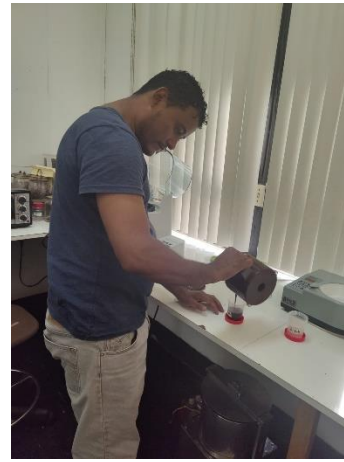


Figura 45 y 46. Elaboración de licor de cacao.



Figura 47. Finalización de los licores de cacao de cada una de las 32 progenies evaluadas durante la investigación, junto con el Ing. Héctor Aguilar (Izquierda).

BIBLIOGRAFIA

Dubón, A. y Sánchez, J. 2016. Manual de Producción de Cacao. 2a ed. FHIA, La Lima, Cortés, Honduras. 264 p.: il.

FHIA, Programa de Cacao y Agroforestería. Informe técnico 2024. La Lima, Cortés, Honduras. 72 p.: il.

Aguilar, H. 2016. Manual Para la Evaluación de la Calidad del Grano de Cacao. 1a ed. FHIA, La Lima, Cortés, Honduras. 22 p.: il.

Bucardo, E. Charry, A. Claros, L. Wiegel J. 2023. Perfil del Mercado y la Cadena del Cacao en Wampusirpi, Honduras, obtenido en <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/e646bd35-d26e-457b-b73c-2afff01fb801/content>

Hernández-Sampieri R, Fernández-Collado C, Baptista-Lucio P. Metodología de la investigación. 6a ed. Ciudad de México: McGraw-Hill Education; 2016. 600 p. Obtenido de https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

Arvelo Sánchez MA, González León D, Maroto Arce S, Delgado López T, Montoya López P. Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas. San José, C.R.: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); 2017. 165 p. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/server/api/core/bitstreams/973fe156-fa61-4893-af65-c03bb761b553/content>

ESTA TESIS FUE ELABORADA COMO REQUISITO DE GRADUACIÓN POR SOLICITUD DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA ADMINISTRATIVA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN PEDRO SULA, BAJO EL CUIDADO DEL AUTOR, EN SAN PEDRO SULA, HONDURAS Y SE TERMINÓ EL DÍA 15 DE MAYO DE 2025. SE ELABORARON DOS EJEMPLARES.

