

**MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA
Y FORESTAL**

DIRECCIÓN NACIONAL DE INNOVACIÓN

PROYECTO:

**“DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD DEL CACAO”**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS TÉCNICAS DE PODA DE FORMACIÓN
EN LA ESTRUCTURA DE LA PLANTA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)
EN LA COMUNIDAD SAN ANTONIO MUNICIPIO DE ALTO BENI.**

**LA PAZ – BOLIVIA
2022**



INDICE GENERAL

1. INTRODUCCION	8
2. ANTECEDENTES	9
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
2.2. JUSTIFICACION	10
3. OBJETIVOS	11
3.1. Objetivo general	11
3.2. Objetivos específicos	11
4.1. El cacao en Bolivia	11
4.2. El cacao en Alto Beni	12
4.3. Características botánicas del cacao	13
4.3.1. Taxonomía del cacao:	13
4.3.2. Requerimientos ecológicos del cacao	14
4.3.2.1. Precipitación	14
4.3.2.2. Temperatura	14
4.3.2.3. Humedad relativa	14
4.3.2.4. Luminosidad	15
4.3.2.5. Tipos de sombra	15
4.3.2.6. Sombra temporal	15
4.3.2.7. Sombra permanente	16
4.3.2.8. Viento	16
4.3.2.9. Suelos	17
4.3.2.10. Manejo agronómico de la plantación	17
4.3.2.11. Control de malezas	17
4.3.3. Poda	18
4.3.4. Manejo del cultivo respecto a podas	19
4.3.5. Efectos fisiológicos de la poda	19
4.3.6. Bases fisiológicas de la poda	20
4.4. Objetivos de la poda	21
4.4.1. Intensidad y elección del tipo de poda	21



4.5. Tipos de poda	22
4.5.1. Poda de formación (zigzag)	22
4.5.2. Poda de mantenimiento	22
4.5.3. Poda fitosanitaria	23
4.5.4. Rehabilitación y/o renovación	23
4.5.5. Ventajas en la poda del cacao.....	24
5. MATERIALES Y MÉTODOS	24
5.1. Localización y ubicación	24
5.2. Descripción de Alto Beni	26
5.2.1. Características climáticas	26
5.2.2. Fisiografía	26
5.2.3. Topografía.....	27
5.2.4. Vegetación	27
5.2.5. Localización del estudio.....	27
5.3. MATERIALES	27
5.3.1. Material vegetal	27
5.3.2. Materiales y equipos de campo.....	28
5.4. Factores de estudio	28
5.4.1. Diseño experimental y análisis estadístico	28
5.4.2. Modelo lineal aditivo	28
5.5. Características de los tratamientos	29
5.6. Distribución de los tratamientos.....	29
5.7. Esquema de ANVA.....	29
5.8. Características de la unidad experimental.....	29
5.9. Variables de estudio	30
5.9.1. Tiempo en días inicio de brotes.....	30
5.9.2. Numero de brotes por planta	30
5.9.3. Largo de brote	31
5.9.4. Diámetro de brote	31
5.9.5. Numero de chupones.....	31
6. RESULTADOS	33



Ing. Eugenio
TÉCNICO RECURSOS
INVESTIGACIÓN



6.1. Días al brote.....	33
6.2. Número de brotes	35
6.3. Largo del brote.....	36
6.4. Diámetro de brote	38
6.5. Número de chupones	39
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
7.1. Conclusiones	43
7.2. Recomendaciones	44
8. BIBLIOGRAFIA	45



[Signature]
Ing. Eusebio
TÉCNICO RECURSOS G
E INVESTIGACIÓN CA



INDICE DE CUADROS

Tabla 1. Tipos de poda en cacao	22
Tabla 2. Descripción de los tratamientos	29
Tabla 3. Distribución de los tratamientos en los bloques	29
Tabla 4. Esquema del análisis de varianza y grados de libertad	29
Tabla 5. Número de unidades experimentales y superficie	29
Tabla 6. Coeficiente de variación de la variable días al brote	34
Tabla 7. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) de la variable días al brote...	34
Tabla 8. Comparación de promedios Test:Duncan Alfa=0,05 de días de brote	35
Tabla 9. Coeficiente de variación de la variable número de brotes	35
Tabla 10. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) de la variable número de brotes	35
Tabla 11. Test de Tukey de la variable número de brotes	36
Tabla 12. Coeficiente de variación de la variable largo de brote	37
Tabla 13. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) de largo de brote	37
Tabla 14. Comparación de medias Tukey Alfa=0,05 de largo de brote (cm)	37
Tabla 15. Coeficiente de variación de la variable diámetro de brote	38
Tabla 16. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) de diámetro de brote	38
Tabla 17. Prueba de medias de Tukey Alfe 0.05 de la variable diámetro de brote....	39
Tabla 18. Coeficiente de variación de la variable número de chupones	40
Tabla 19. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) de la variable número de chupones	40
Tabla 20. Prueba de medias Tukey $p>0.05$ de la variable número de chupones	40



J.
INIAF
TÉCNICO RECURSOS
INVESTIGACIÓN



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la región del Alto Beni.....	25
Figura 2. Toma de datos realizando un conteo de yemas apicales.....	30
Figura 3. Medición del largo del brote de cacao.....	31
Figura 4. Conteo de número de chupones o brotes basales.....	31
Figura 5. Conteo de brotes a 30 cm por debajo de la altura total de la planta.....	32
Figura 6. Conteo simple del número de mazorcas.....	33
Figura 7. Número de días al brote por tratamiento.....	34
Figura 8. Numero de brotes por los tipos de poda.....	36
Figura 9. Promedios del largo de brote por tratamiento.....	38
Figura 10. Promedios de diámetro de brote por tratamiento.....	39
Figura 11. Promedio de medias de número de chupones por tratamiento.....	41



[Signature]
Ing. Eugenio Arévalo
TÉCNICO RECURSOS GE
E INVESTIGACIÓN CAC



RESUMEN

Bolivia es uno de los países que cuenta con una diversidad de material genético de cacao cultivado, sin embargo, dicho material en una gran parte es de recolección, por lo que no se puede garantizar una producción estable, por lo que la presente investigación tuvo por objetivo de "Evaluación de parámetros agronómicos para la selección de plantas madres de cacao cultivado (*Theobroma cacao* L.) en Municipio de Palos Blancos y Alto Beni.

En el presente trabajo se evaluaron dos tipos de poda (poda en zigzag y poda normal) y un testigo (sin poda). Se analizaron el número de brotes, el largo y diámetro de los brotes, la emisión de chupones o brotes basales, los brotes a 30 cm por debajo de la altura total y el número de mazorcas formadas. No se evaluó el rendimiento, ya que las plantas tenían una edad de 3 a 4 años y no expresaban su máximo potencial productivo. Se utilizó la selección local IV-41, una planta autocompatible y con buenos índices productivos.

En cuanto al número de brotes, el tratamiento con poda normal obtuvo el mayor promedio con 11 brotes. En el desarrollo de los brotes, tanto en largo como en diámetro, el tratamiento con poda normal también mostró el mayor desarrollo, con un promedio de 11.82 cm y 2.27 cm respectivamente. El número de chupones basales fue mayor en el testigo sin poda, con un promedio de 5 brotes emitidos. El número de brotes a 30 cm por debajo de la altura total fue mayor en la poda en zigzag, con un promedio de 9.17 brotes. Finalmente, el mayor número de mazorcas cuajadas se presentó en la poda en zigzag, con un promedio de 7.5 mazorcas.

Las variables con mayor peso para definir una buena poda fueron los brotes a 30 cm por debajo de la altura total y el número de mazorcas. Por tanto, los mejores resultados en estas variables se obtuvieron con la poda en zigzag, lo que determina una adecuada formación de la planta y, por ende, una mejor estructura para el sostén de nuevas mazorcas en las ramas principales.



Ing. Eusebio Ríos
TÉCNICO RECURSOS
E INVESTIGACIÓN



1. INTRODUCCION

En Bolivia, la región de Alto Beni es la zona de mayor producción de cacao con un rendimiento anual promedio entre 350 - 450 kg/ha. Durante 1999 - 2000 Bolivia produjo 2400 toneladas de cacao, de las cuales un 90 % provinieron de Alto Beni; el valor de esta producción es de unos 2 millones de dólares, representado entre 10 - 13 % del ingreso rural de la zona (Miranda y Somarriba, 2005).

Más de un millar de familias campesinas en el norte boliviano están en vías de duplicar sus ingresos con las plantaciones de cacao, además que pueden diversificar y producir un movimiento de la economía regional (Lorca, 2003). Para los productores de Alto Beni el cultivo de cacao representa una buena alternativa, porque tiene asegurado su comercialización en el mercado nacional e internacional, gracias a la cooperativa EL CEIBO, que durante los últimos 18 años ha venido evolucionando para convertirse en el primer exportador boliviano de cacao orgánico (CIPCA, 2010).

El manejo agronómico de este cultivo consta de diferentes labores culturales que realizadas a tiempo y de manera correcta inciden favorablemente en las cosechas.

Una de las principales labores son las podas, la misma que se comienza a implementar a partir de los tres años de vida del cultivo. La función de esta labor aparte de mantener la estructura del árbol es la de actuar en algunos de los procesos fisiológicos de la planta, además de dar el suficiente ingreso de luz y aireación en el follaje, factores importantes para el control de plagas y principalmente enfermedades.

La aireación y la entrada de luz solar en el follaje del árbol son de suma importancia en cultivos como el cacao, en donde sin la presencia de estas actividades, se crearía un ambiente ideal para la presencia de problemas fitosanitarios, que son una de las causas principales de los bajos rendimientos obtenidos en cosechas, y que controlar resulta muy difícil y costoso.



Ing. Eusebio R. R. R.
TÉCNICO RECURSOS
E INVESTIGACIÓN



Por esta razón, en la investigación se propone aplicar la poda de formación en zig zag y poda normal en plantas en crecimiento de cacao cultivado para mantener la estructura adecuada y tamaño de la planta.

2. ANTECEDENTES

En Alto Beni se ha cultivado el cacao hace más de 100 años, especialmente en los pueblos originarios de Covendo y Santa Ana de Mosetenes, seguramente motivados por los misioneros Jesuitas. Este cultivo de cacao denominado cacao: "criollo", "nacional" o "nativo" asemeja una forma de imitar al bosque en su entorno aparte de lo comercial (Trujillo, 2020).

Entre los años 1962 a 1978, el Estado Boliviano a través de programas de asentamientos humanos en Alto Beni, introduce del Ecuador, Perú, Trinidad Tobago y Brasil el grupo de cacao Trinitario en forma de clones para la producción de semilla híbrida, llamados cacao cultivado, donde en la mayoría de los agricultores cacaoteros se tiene este material genético.

Un aspecto importante es el manejo de podas de cacao, lo cual el agricultor lo realiza cada año para inducción de la floración y posterior fructificación. Durante la poda en plantaciones de cacao es reducir la sombra temporalmente y por ende disposición de materia de materia orgánica (Perez, 2021).

Siendo una necesidad importante para el agricultor el manejo adecuado del sistema de poda de cacao (formación, mantenimiento y rehabilitación) lo que nos lleva a tener la producción de mazorcas además de que puede llegar a reducir la presencia de plagas según lo señalado por los diferentes investigadores en esta área (Perez, 2021).

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la zona de Alto Beni hay aproximadamente 7.340 ha de plantaciones de cacao entre híbridos e injertos, con una producción promedio anual por hectárea de 9



Ing. Eusebio Pérez C.
TÉCNICO RECURSOS DE
INVESTIGACIÓN CACAO



quintales (PDM Alto Beni, 2021). Lo que significa económicamente no rentable con relación a otros cultivos como: cítricos, papaya, plátano, banano y otros.

Los principales factores que determinan bajos rendimientos del cultivo son: mala calidad del material vegetal en parcelas establecidas por injerto, presencia de enfermedades como escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*), monilia (*Moniliophthora roreri*) y mazorca negra (*Phytophthora palmivora*) ataques de insectos como chinche y pérdida de fertilidad del suelo (Enriquez, 2010).

Estudios realizados indican que las plantas híbridas sin ningún manejo de poda tienen poca fructificación en comparación a plantas bien manejadas. Por general; no existe poda de formación en plantaciones en crecimiento hasta los dos años de edad. Donde muchos agricultores no realizan el despunte posterior se tendrá problemas en:

- Plantas mayores a 4 metros de altura
- Dificultad durante las cosechas
- Rompimiento de las ramas por exceso de frutos
- Árboles de cacao mal formados

2.2. JUSTIFICACION

El árbol de cacao depende mucho de la labor de poda en todas sus etapas vegetativas, por lo cual agricultores dedicados a este cultivo presentan muchas interrogantes como el no saber la forma correcta de realizar esta práctica, intensidad de poda, número de podas al año y con qué frecuencia realizarlas.

En muchas plantaciones de cacao la poda de formación no se realiza adecuadamente a los uno a dos años de edad; por este motivo en el municipio de Alto Beni y otros municipios cacaoteros se tienen plantas por encima de los 4 metros de altura lo que dificulta realizar el manejo adecuado de las plantaciones de cacao. Otras dificultades son problemas en las cosechas y el control de plagas de plagas (*Moniliophthora*





roreri, *Moniliophthora perniciosa* y *Phytophthora palmivora*) lo que reduce la producción de cacao y por ende la mala calidad del producto final (Perez, 2021).

La presente investigación titulada "Comparación de técnicas de poda de formación para mantener la estructura adecuada de planta de cacao en la Región y por ende en el Municipio de Alto Beni. Por lo general se aplicará las técnicas de poda en Zig Zag y poda Normal lo cual determinará los efectos en el manejo de la planta adecuado y por ende difundir esta técnica de poda de formación.

Los resultados obtenidos serán de gran importancia para todos los agricultores de la zona inmersos en este cultivo, lo cual realzará los verdaderos rendimientos y productividad lo que mejorará la calidad de vida de todos los sectores.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Comparación de técnicas de poda de formación para mantener la estructura adecuada de planta de cacao para optimizar los costos de producción en la Región y por ende en el Municipio de Alto Beni.

3.2. Objetivos específicos

- Comparar las técnicas de diferentes tipos de poda (zigzag, mantenimiento y un tratamiento de poda testigo).
- Comparar la influencia de la poda sobre el desarrollo de los brotes.
- Evaluar el desarrollo vegetativo de los brotes consecuencia de las diferentes podas.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. El cacao en Bolivia

De 3.1 millones de toneladas de cacao que se producen actualmente en el mundo, Bolivia participa con menos del 0.1 % de esta producción. Costa de Marfil es el primer país productor de cacao. El continente de África fue asumiendo un rol





protagónico en el cultivo del cacao y en la actualidad producen el 70 % del total de la producción mundial. América Latina y el Caribe representan en conjunto apenas el 12 % de la producción mundial; donde Brasil aporta con 4 % y Ecuador con 3 %, estos dos países son los principales productores de cacao en América (Bazoberry y Salazar, 2008).

La producción de cacao en Bolivia fue dinamizada a partir de 1977 por la Cooperación Alemana a través de la cooperativa EL CEIBO en Alto Beni del Departamento de La Paz, profundizada posteriormente por algunas Corporaciones de Desarrollo como el CORDEBENI con resultados limitados (Trujillo, 2020).

4.2. El cacao en Alto Beni

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) mejorado en Alto Beni, inicia en 1963 con la introducción de híbridos interclonales y clones seleccionados de: Trinidad y Tobago, Ecuador, Brasil y Perú. El cultivo de cacao introducido en la zona fue seleccionado por presentar características de resistencia a enfermedades y por alta productividad. Los clones seleccionados por ser resistentes a enfermedades como la escoba de bruja y al mal de machete son: SCA-6, SCA-12, Pound-7, IMC-67. Las variedades de cacao que presentan características de alta productividad son: ICS-1, ICS-6, ICS-8, TSH-565, TSH-1095 (Trujillo, 2020).

Pérez (2021) indican que la cooperativa EL CEIBO vende el cacao orgánico certificado de Alto Beni desde 1989, convirtiéndose en el primer exportador boliviano de cacao orgánico, representando el principal cultivo comercial de las fincas en la zona.

Sin embargo; la producción, no satisface la demanda y apenas se aprovecha el 40 % (300 toneladas/año), razón por la que se viene aumentando en número de plantaciones de cacao en la zona a través del Proyecto Modernización de la cacao cultura de Alto Beni (MCOAB) (Miranda y Somarriba, 2005).



Iny. Eusebio Pérez
TÉCNICO RECURSOS GENÉTICOS
E INVESTIGACIÓN CACAO



Quispe (2010) señala que existen muchas razones para que aumente las plantaciones de cacao en Bolivia, como ser:

- La existencia de una demanda insatisfecha por un valor que oscila entre 2 y 3 millones de dólares en la industria manufacturera, que es absorbido por los importadores.
- La estabilidad en el precio internacional del cacao,
- La idea de sustitución en las importaciones,
- La disponibilidad de recursos por ser un cultivo intensivo en mano de obra, y permite el empleo de muchas familias campesinas e indígenas en el agro del norte boliviano.

4.3. Características botánicas del cacao

El cacao presenta un sistema radicular pivotante, que consta de una raíz penetrante, vigorosa de 2.5 a 3 metros de largo y raíces secundarias numerosas. El tallo emite ramas laterales (plagiotrópicas) formando lo que se llama "horqueta" o molinillo. Las hojas adultas son de color verde, oblonga o lanceoblonga, con un ápice acuminado, bordes lisos y nerviación peninervia. Las hojas nuevas son blandas y flácidas, con una coloración que varía del verde claro a tonalidades de rojo, de acuerdo con la cantidad de antociánicos que contenga (Enriquez, 2010).

Vera (2021) señala que, las flores se producen en los tejidos adultos del tronco y de las ramas del árbol, agrupadas en inflorescencias llamadas cojín o cojinete floral, la flor individual es hermafrodita o completa. El fruto llamado mazorca, es una drupa grande, con 20 a 50 almendras unidas a un eje central llamado placenta. Las almendras están cubiertas por una pulpa ácida azucarada llamada arilo o mucílago



J. E. Gutierrez
ING. EUGENIO GUTIERREZ
TÉCNICO RECURSOS G.
E INVESTIGACIÓN CA

4.3.1. Taxonomía del cacao:



Reino: Plantae
Tipo: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Malvales
Familia: Sterculiaceae
Género: Theobroma
Especie: cacao

4.3.2. Requerimientos ecológicos del cacao

4.3.2.1. Precipitación

La precipitación es considerada un factor climático importante y crítico para el desarrollo del cultivo de cacao. La cantidad óptima de lluvia para el cacao oscila entre 1500 y 2500 milímetros de precipitación por año, presentando un límite mínimo mensual de 120 – 150 milímetros y siendo difícil de ubicar un límite máximo ya que la planta puede desarrollarse en regiones de alta precipitación. Periodos con más de tres meses secos son perjudiciales para el cultivo (INIAF, 2019).

4.3.2.2. Temperatura

La temperatura media que requiere el cultivo de cacao fluctúa entre 25 y 26 °C. Se considera a los 21 °C como "límite medio anual de temperatura" puesto que es difícil cultivar cacao satisfactoriamente con una temperatura media más baja (Vera 1987).

Se conoce que las fluctuaciones estacionales diarias afectan marcadamente la formación de flores y frutos. En lugares donde las temperaturas medias bajan más de 21 °C casi no hay formación de flores y la producción de mazorcas es estacional. En lugares donde la temperatura no baja más de 21 °C la cosecha de mazorcas se realiza durante todo el año (Enríquez 1985).

4.3.2.3. Humedad relativa



La humedad relativa recomendable para el cultivo de cacao es de 70 a 80 %. La humedad relativa tiene importancia puesto que de ella puede depender la facilidad de propagación de algunas plagas y enfermedades que atacan especialmente a las mazorcas; sin embargo, su importancia no puede ser comparada a los factores de temperatura y precipitación, pero podría ser limitante bajo condiciones especiales (Enríquez 1985).

4.3.2.4. Luminosidad

El cacao durante los primeros años requiere un 30 % de luz y 70 % de sombra; después del tercer año de establecimiento requiere 70 % de luz y 30 % de sombra (Almeida 1990; Mejía y Palencia 2000).

El cacao es una planta umbrófila porque se desarrolla bajo sombra, aunque en condiciones especiales puede cultivarse a plena exposición de luz, pero presentando problemas de malezas y pestes. La sombra protege a las hojas del cacao contra el efecto directo del sol, el cual ejerce una acción restrictiva sobre el crecimiento de las mismas. Además, el sol produce quemaduras facilitando que los vientos rompan, "quemen" y arranquen fácilmente las hojas (Enríquez 1989).

4.3.2.5. Tipos de sombra

El cacao requiere para su normal desarrollo dos tipos de sombra: una inicial o temporal que proporciona sombra al cacao durante 2 a 3 años y otra permanente que proporciona protección a la planta de cacao durante toda su fase productiva. La sombra temporal está dada por plantas que estarán durante el desarrollo del cacao hasta que lleguen a producir autosombreamiento. La sombra permanente está dada para proteger al cacao de la acción directa de los vientos y la irradiación intensa. Las plantas de sombra temporal o permanente deben ser sembradas al menos 6 meses antes de sembrar del cacao (Arragan, 2014).

4.3.2.6. Sombra temporal



Ing. Eusebio...
TÉCNICO RECURSOS GENÉTICOS
E INVESTIGACIÓN CACAO



La sombra temporal se cultiva durante el periodo de establecimiento, desarrollo o rehabilitación de un cacaotal con el fin de brindar sombra rápida al cacao e ingresos a corto plazo para el productor. Como sombra temporal se puede usar cultivos como: plátano (*Musa paradisiaca*), banano (*Musa cavendishii*), papaya (*Carica papaya L.*), higuierilla (*Ricinus communis*), etc. (Enríquez 1985). Las formas más utilizadas de plantar la sombra temporal son: sembradas en cuadrado o triángulo a una distancia de siembra que varía de 4 x 4 m. a 3 x 3 m, también se puede sembrar en forma de barreras, colocando éstas en el sentido contrario a la pendiente a una distancia de dos metros entre la barrera y colocando éstas de tal manera que entre ellas queden tres o cuatro líneas de cacao.

Una vez que prenden bien las plantitas de cacao, es necesario eliminar gradualmente la sombra temporal, con la finalidad de proporcionar más luz al cultivo. Es aconsejable regular la sombra temporal cada 4 a 6 meses hasta llegar al tercer año de establecimiento en campo definitivo, donde quede eliminada toda la sombra temporal (Jaimes, S. y et al, 2022).

4.3.2.7. Sombra permanente

Para el establecimiento de los árboles de sombra permanente en las plantaciones de cacao se tienen que tomar en cuenta que el árbol de sombra sea: de ramificación abierta, con hojas de fácil y rápida descomposición al caer al suelo, frutos livianos y en lo posible atractivos para los insectos, porte más alto que el cacao, de fácil propagación y crecimiento, con raíces profundas, que posea resistencia a plagas y enfermedades, en lo posible que pertenezca a la familia de las leguminosas por la propiedad que tienen de aumentar nitrógeno al suelo (Matos, 2023).

4.3.2.8. Viento

El viento puede ser un factor muy importante para el buen desarrollo del cacao. Ante la presencia de brisas permanentes las hojas de cacao pierden agua dejando de realizar sus funciones fisiológicas, posteriormente estas hojas se caen y mueren. En áreas donde los vientos son frecuentes y pueden alcanzar velocidades





considerables, las cortinas rompevientos son comunes y recomendables. Si la velocidad del viento no es fuerte los árboles de sombra protegen adecuadamente al cacao para que no sufra daños (Enríquez 1985).

4.3.2.9. Suelos

Mite y Motato (1987) señala que el suelo óptimo para el cultivo de cacao debe reunir las siguientes características: estructura altamente porosa que permita la infiltración rápida del agua, textura que puede variar de arcillosa hasta franco arenosa, profundidad efectiva de enraizamiento no menor de 1.5 metros, con pH que va de 5.5 a 7.5, alta capacidad de almacenamiento de agua especialmente si las lluvias son escasas, debe de tener poca pendiente (0 – 15%).

4.3.2.10. Manejo agronómico de la plantación

El manejo agronómico que se aplica a la parcela de cacao para conseguir que la plantación dé buenas cosechas se la realiza a través de una serie de actividades, después de los primeros meses de que la plantación de cacao fue sembrada donde se ha cumplido con la primera etapa que va desde: preparación del terreno, trazado, arreglo de canales de drenaje, ahoyada, siembra de la sombra temporal y definitiva (July, 2010).

El mismo autor señala que estas actividades básicas jamás deben descuidarse, procurando siempre ejecutarlas oportunamente. Entre las labores culturales básicas que no deben omitirse en el cultivo de cacao son: control de malezas, resiembra, poda y la aplicación de fertilizantes cuando el suelo los requiere.

4.3.2.11. Control de malezas

A partir del transplante del cacao y de la siembra de la sombra permanente se debe mantener libre de malezas la zona alrededor de la planta. Las condiciones ecológicas predominantes en un cacaotal son favorables para el crecimiento y la incidencia de malezas que consumen gran cantidad de nutrientes que deberían ser aprovechados por el arbolito de cacao que se encuentra en crecimiento (PIAF EL CEIBO, 2007).



Ing. Eusebio Pérez Cu
TÉCNICO RECURSOS GEN
E INVESTIGACIÓN CACAO



Los mismos autores indican que el cultivo de cacao exige continuas deshierbas por que las malezas disminuyen el vigor del cultivo, dificultan las labores del cultivo y pueden ser hospederas de enfermedades y plagas. El problema de las malezas va disminuyendo conforme va creciendo la planta de cacao por efectos del sombreadamiento, hasta desaparecer en plantaciones adultas

4.3.3. Poda

El objetivo principal de la poda en el cultivo de cacao es eliminar las partes poco productivas o innecesarias de los árboles. La poda estimula el desarrollo de nuevos crecimientos vegetativos y equilibrados con los puntos productivos. La poda en el cacao también tiende a: eliminar los chupones, controlar la altura del árbol, eliminar ramas mal dirigidas, regular la entrada de luz a los estratos inferiores de la parcela, eliminar ramas que dificultan las labores agrícolas, facilitar la visibilidad de las mazorcas para cosechar (Vera et al., 2021).

Lopez *et al.* (2016) destaca que la poda en el cultivo de cacao es un trabajo delicado y por eso al ejecutarla no debe olvidarse que:

Se realiza la poda para arreglar el árbol de cacao de manera suave sin causarle daño y es preferible podar cuando no existe predominio de sequías. Los árboles con sombra escasa se podan poco para evitar exceso de radiación solar directa, aprovechando su autosombreadamiento.

La poda será más frecuente en plantaciones con distancias de siembra cortas para que los árboles no se cierren entre sí.

Los chupones del tallo y de las ramas principales se suprimen para que no se formen árboles de tallo múltiple ni muy alto.

Cuando el árbol que se poda está enfermo se trata inmediatamente la herramienta (tijeras, navaja) con formol al 5% antes de tocar con la misma un árbol sano.

La poda se hace con cierta frecuencia para que no ocurran cortes gruesos.



Ing. Eudelia Ríos
TÉCNICO RECURSOS G
E INVESTIGACIÓN CA



Los cortes se hacen inclinados en forma de bisel, sin dejar tocones que pueden registrar pudriciones.

4.3.4. Manejo del cultivo respecto a podas

La práctica cultural más importante en el cultivo de cacao después de la fertilización es la poda (Paredes, 2004). Es una de las labores de mayor importancia para la producción, por lo que es necesario ejecutarla en forma correcta y oportuna, de acuerdo con las características de desarrollo de las plantas en cada zona. De lo contrario, se producen mayores costos y detrimento de la producción, al igual que se predispone a las plantas al ataque de enfermedades (Jaimes, S. y et al, 2022).

Podar un árbol de cacao, no quiere decir tener a disposición una tijera, machete, segueta, motosierra, etc.; en las manos. Es necesario conocer a conciencia la especie a que pertenece la planta, su comportamiento o hábito vegetativo y fructificación, su morfología y fisiología general, el hábitat donde está (Arragan, 2014).

La poda es la práctica de cortar o eliminar todos los chupones y ramas innecesarias, labor que se hace a partir de los ocho meses. También se realiza para eliminar las partes enfermas y muertas del árbol. Con esta atención se mantienen árboles sanos con capacidad productiva y con facilidad de manejo (Arragan, 2014).

La poda ejerce un efecto directo sobre el crecimiento y producción del cacao, ya que se limita la altura de los árboles y se disminuye la incidencia de plagas y enfermedades (Barrios, 2015).

4.3.5. Efectos fisiológicos de la poda

La cantidad y la calidad de los frutos que produce una planta están determinadas por la relación entre el crecimiento vegetativo y el fructífero. El tejido vegetativo de las plantas compite con los frutos por los nutrientes elaborados en las hojas. Un



crecimiento vegetativo en exceso se logra a costa del desarrollo de los frutos (Arragan, 2014).

La relación entre vegetación y fruta está influenciada por muchos factores, como lo es fertilización y clima, pero las podas juegan un papel importante. En esencia una poda adecuada eliminará material vegetativo improductivo, mantiene un vigor aceptable en el material vegetativo productivo y asegura el crecimiento de nuevos tejidos fructíferos para reemplazar a los que fueron removidos por la poda. Los tejidos pueden ser improductivos porque el vigor es excesivo o deficiente (Arragan, 2014).

La energía que viene del sol es atrapada por las hojas para producir azúcares, necesarios para el crecimiento de la planta. Entonces, cuando una planta de cacao tiene pocas hojas por una poda muy severa o porque está desnutrida, tendrá poca capacidad para captar la luz del sol y producir azúcares. Por lo tanto, sus frutos, y las semillas tendrán poca grasa. En otras palabras, serán de mala calidad (Vera et al., 2021)

La poda excesiva (promueve una brotación excesiva), reduce la fructificación, provoca cherelización (Principalmente en árboles jóvenes y vigorosos) (Perez, 2021).

La productividad del cultivo depende del área foliar activa, la capacidad de captación de energía solar, el proceso de fotosíntesis realizado en las hojas y la distribución de los elementos transformados hacia los frutos y otros órganos de la planta (Paredes, 2004).

4.3.6. Bases fisiológicas de la poda

Según Quiroz (2006), las bases fisiológicas de la poda en el cultivo de cacao son:

- La eliminación de una rama parcial o total provoca una disminución de las reservas disponibles.
- Reducción de la superficie foliar potencial y una disminución del crecimiento de las raíces.



Ing. Eusebio Peña
TÉCNICO RECURSOS
E INVESTIGACIÓN



- Incrementa el tamaño del fruto, la disponibilidad de nutrientes en las yemas y estimula el crecimiento cerca del punto de corte
- Los cortes en ramas de gran vigor estimulan la proliferación de brotes de alto vigor cerca del área de corte. Mientras que la eliminación de ramas delgadas (Plumillas), distribuye mejor el estímulo sobre el árbol entero.

La intensidad de la poda debe variar con la edad, así los arboles viejos requieren de una poda más severa en comparación con árboles jóvenes y vigorosos

En una rama vertical existe un predominio de la yema terminal. De allí que la poda de despunte permitirá obtener una rama con mayor vigor y con un mayor número de yemas laterales

4.4. Objetivos de la poda

Según PIAF EL CEIBO (2007), los objetivos de la poda son:

- Estimular el desarrollo de las ramas primarias para equilibra la copa del árbol
- Formar un tronco recto y de mediana altura (en plantas de semillas)
- Regular la entrada de luz y aire para que el árbol cumpla sus funciones
- Incrementar la producción

La realización de la poda a tiempo aumenta la ventilación y permite mayor entrada de luz en las plantas de cacao. Esto ayuda a prevenir el desarrollo de enfermedades, garantiza que las plantas crezcan derechas o rectas y aumenta en la floración y formación de frutos (INIAF, 2019).

4.4.1. Intensidad y elección del tipo de poda

Se recomienda realizar como mínimo una o dos podas ligeras al año, la segunda se combinaría con la poda fitosanitaria. Si estas labores no se ejecutan periódicamente, serán más costosas y lentas cuando se realicen en plazos muy (Colonia, 2012). El tipo de poda se escoge según el estado del árbol tabla 1





Tabla 1. Tipos de poda en cacao

TIPOS DE PODA	
ESTADO DEL ARBOL	TIPOS DE PODA
Arboles jóvenes	Poda de formación
Arboles adultos	Poda fitosanitaria y de mantenimiento
Arboles viejos	Poda de rehabilitación

4.5. Tipos de poda

4.5.1. Poda de formación (zigzag)

La poda de formación en el cultivo de cacao tiene como objetivo principal dejar un tallo principal con 3 a 4 ramas principales bien distribuidas en los cuales posteriormente se concentran del 80 al 85 % de la producción de mazorcas. Los injertos ramifican muy bajo por lo cual obligan a comenzar con la poda de formación desde la etapa de vivero en forma continua hasta los 1.5 años después del trasplante a campo, encaminado siempre que la formación de la primera horqueta sea a unos ochenta centímetros sobre la superficie (Paredes, 2004).

En la poda de formación realizada desde el segundo y tercer año se deben elegir ramas secundarias, terciarias y así sucesivamente hasta formar una buena copa del árbol de cacao. En la formación del árbol deben eliminarse ramas que estén entrecruzadas entre si y aquellas que tienden a irse para abajo (López et al., 2016).

4.5.2. Poda de mantenimiento

La poda de mantenimiento de un árbol de cacao se realiza pasando la etapa de establecimiento (dos a tres años de edad) con el objetivo de mantener en buen estado de equilibrio la ramificación y el follaje, para comportarse sano y rendidor en la etapa de producción. Estas podas de mantenimiento deben ser ligeras y se recomienda realizarlas dos veces al año durante la época seca, para que la lluvia estimule el crecimiento de las ramas mejor dirigidas (Enriquez, 2010).





Con la poda de mantenimiento se eliminan chupones innecesarios, ramas enfermas, muertas, secas, entrecruzadas, muy débiles y las que están con dirección al suelo. Las podas de mantenimiento muy fuertes y severas alteran la producción regular del árbol de cacao porque las mazorcas formadas son alimentadas por medio de las hojas que están presentes en las ramas (Matos, 2023).

4.5.3. Poda fitosanitaria

La poda fitosanitaria en el cultivo de cacao es realizada desde la etapa de vivero hasta la producción (etapa adulta) y consiste en eliminar todo material atacado por plagas y enfermedades sean: hojas, brotes, ramas o frutos. Dependiendo de la virulencia de la plaga o la enfermedad, todo material podado debe ser destruido por el fuego o enterrado (Colonia, 2012).

4.5.4. Rehabilitación y/o renovación

Rehabilitar una parcela es poner en práctica técnicas o conocimientos agronómicos que permitan incrementar la productividad de las plantaciones de cacao existentes, sin aumentar el área total ocupada por el cultivo, ejemplo: injerto en chupón basal. Pero; renovación, es plantar nuevas plantas en el mismo sitio del cultivo (Estivarez, 2020).

Paredes (2004) indica que las plantaciones viejas de cacao (más de 30 años) declinan en producción y requieren de una rehabilitación para reponer todas las plantas de cacao y existen dos variantes:

El agricultor de cacao ofrece resistencia a la idea de renovar sus cacaotales viejos, debido principalmente a la interrupción de sus entradas ocasionadas por el proceso de renovación. La rehabilitación "Ocumare" tiene perspectivas ventajosas desde que utiliza al cacao viejo o improductivo como sombra temporal. Dentro de los aspectos a tomar en cuenta con este método se incluyen:

a) control del grado de sombreado, para permitir un crecimiento correcto del cacao nuevo



Ing. Eusebio Peña
TÉCNICO RECURSOS
E INVESTIGACIÓN



b) uso de cultivares vigorosos, precoces y de alta producción.

c) combate de malezas, plagas y enfermedades, fertilización a las plantas jóvenes y mantener el sistema de drenaje en mejores condiciones. El aspecto más interesante del presente método es que favorece la continuidad de la producción (PIAF EL CEIBO, 2007).

Señala que la rehabilitación es una alternativa ó solución para los cacaotales con baja productividad, que se deterioran por varias causas.

4.5.5. Ventajas en la poda del cacao

- Crecimiento y desarrollo uniforme de árboles
- Altura y estructura adecuada
- Incremento de producción
- Reducción de los riesgos de plagas y enfermedades
- Luminosidad y aireación
- Renovación de áreas productivas
- Reducción de costos de producción
- Favorece la mejora de la calidad
- Mayor longevidad de plantas

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización y ubicación

El estudio se llevó a cabo en la región de Alto Beni, ubicada a 270 km al noreste del departamento de La Paz, entre las coordenadas 15°10' y 15°55' Sur; 66°55' y 67°40' Oeste, con una altitud de 450 - 700 metros sobre el nivel del mar. La región comprende las provincias de Sud-Yungas, Caranavi y Larecaja (CUMAT/CUTESU 1985). Las parcelas en estudio están localizadas en los Municipios de Alto Beni.



Ing. Escobar
TÉCNICO RECURSOS
E INVESTIGACIÓN



Figura 1. Mapa de ubicación de la región del Alto Beni

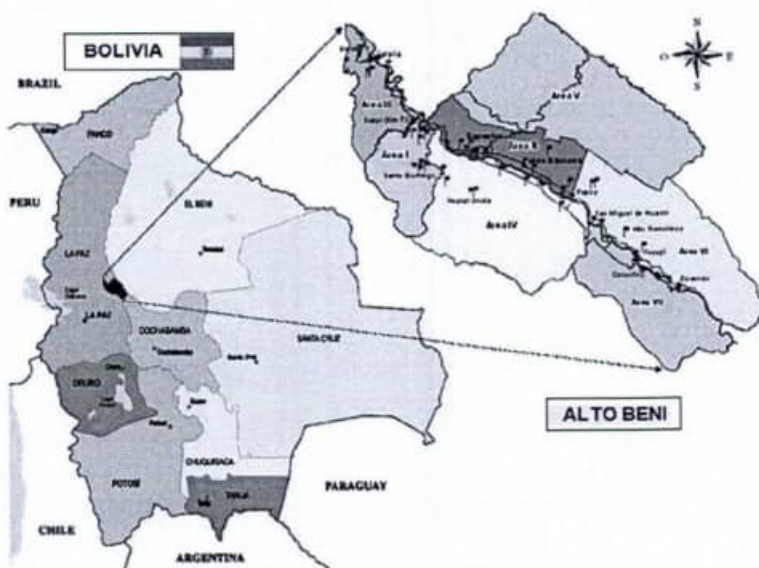


Figura 3. Mapa de Alto Beni

Fuente: Elaboración propia

La parcela se ubica en la comunidad San Antonio a dos kilómetros de la población sobre el camino San Antonio – Puerto Carmen, la parcela pertenece al Sr. Alberto Bahoz, perteneciente a la cooperativa San Antonio.

Figura 2. Ubicación de la parcela ubicada en la población de San Antonio, Alto Beni





La plantación de cacao tiene un porcentaje de sombra del 20%, tiene la selección local IV – 41 de una edad de 3 a 4 años (debido a refalle por perdidas existe ese rango), está en su segundo año de producción, tiene como sombra temporal banano (*Mussa sp*).

Figura 3. Parcela de cacao selección IV - 41, San Antonio, Alto Beni.



5.2. Descripción de Alto Beni

5.2.1. Características climáticas

El clima en Alto Beni es cálido húmedo, con amplias variaciones estacionales; la temperatura media anual es de 26° C, con valores mínimos de 16° C y máximos de 36° C, es común la presencia de heladas entre los meses de julio y septiembre. La precipitación promedio en el área de estudio es de 1193 mm con valores mínimos de 16.3 mm en agosto y máximos de 211.6 mm en enero. La humedad relativa promedio es de 84.9 % con una mínima de 79.7 % en septiembre y máxima de 89.3 % en mayo. El período lluvioso en la región ocurre entre los meses de diciembre a marzo y el período seco se presenta en los meses de julio y agosto (SENAMHI 2004).

5.2.2. Fisiografía

Las características de la zona de Alto Beni están determinadas por una gran unidad fisiográfica de cordilleras y valles sub-andinos. Constituye un bloque montañoso de



plegamientos complejos que forman las serranías y colinas paralelas entre sí; donde se distinguen las llanuras aluviales de relativa amplitud a lo largo de los ríos principales (CUMAT/COTESU 1985).

5.2.3. Topografía

La región de Alto Beni, es una zona caracterizada por una topografía ondulada a muy ondulada, con colinas y valles que varían entre 300 y 1400 metros de altura, a medida que se van alejando del río se incrementan las pendientes y se pueden evidenciar cambios climáticos, las pendientes pueden variar desde 0 % de inclinación (cercasas al río) a 71% parcelas muy inclinadas (lejanas al río) (SENAMHI 2003 y CUMAT/CUTESU 1985).

5.2.4. Vegetación

La vegetación de Alto Beni es clasificada en tres zonas agroecológicas: Bosque de Transición Amazónico (300 a 500 m), Bosque Sub Montano (500 a 600 m), Bosque Húmedo Montañoso (600 a 1000 m) (Mesén 2003; PIAF-EL CEIBO 2003). El "bosque húmedo subtropical" es siempre verde, relativamente alto y tupido, en algunas zonas todavía presenta bosques vírgenes. El "bosque muy húmedo subtropical", presenta formaciones boscosas muy altas, tupidas y siempre verdes. El "bosque pluvial subtropical", tiene formaciones arbóreas generalmente pequeñas y deformes, en trechos presenta una vegetación mayormente herbácea y arbustiva (CUMAT - COTESU 1985).

5.2.5. Localización del estudio

El área de estudio durante la evaluación comprendió a la comunidad de San Antonio Municipio Alto Beni.

5.3. MATERIALES

5.3.1. Material vegetal

Para el presente trabajo de investigación se utilizó 18 árboles de cacao injerto de una edad de 4 años, el ecotipo presente IV – 41.



Ing. Eusebio Pérez Luna
TECNICO RECURSOS GENÉTICOS
INVESTIGACIÓN CACAO



5.3.2. Materiales y equipos de campo

- Flexómetro
- GPS
- Cámara fotográfica
- Tijera de mano para poda
- Tijera aérea de poda
- Cinta
- Letreros
- Libreta de campo
- Calculadora
- Formulario
- Cuaderno, lapiceros y otros
- Plaquetas

5.4. Factores de estudio

5.4.1. Diseño experimental y análisis estadístico

En esta investigación se aplicó el diseño de bloques completos al azar con dos tipos de poda, más un testigo (sin poda), con tres repeticiones. Todas las variables que se estudiaron se sometieron al análisis de varianza (ANVA). Se estableció las diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey al 95% de probabilidad. El procesamiento de datos se llevó al programa estadístico Infostat.

5.4.2. Modelo lineal aditivo

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Son las observaciones obtenidas la j-ésima vez que se repite el experimento, con el tratamiento i-ésimo.

μ = Media general

t_i = Efecto del tratamiento i



Ing. Eusebio Rentería
TÉCNICO RECURSOS GENÉTICOS
E INVESTIGACIÓN CACAO



β_j = Efecto del Bloqueo j

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental que se presenta al efectuar la j-ésima observación del i-ésimo tiramiento.

5.5. Características de los tratamientos

Las características de los tratamientos se describen en la siguiente tabla.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTO	TIPO DE PODA
T1	Poda en zigzag 2m
T2	Poda normal (mantenimiento)
T3	Testigo absoluto (sin poda)

5.6. Distribución de los tratamientos

Tabla 3. Distribución de los tratamientos en los bloques

BLOQUE I	T1	T2	T3
BLOQUE II	T3	T1	T2
BLOQUE III	T3	T2	T1

5.7. Esquema de ANVA

Tabla 4. Esquema del análisis de varianza y grados de libertad

Fuente de variación	Grados de libertad
Repeticiones	6
Tratamientos	3
Error	9
Total	15

5.8. Características de la unidad experimental

Tabla 5. Número de unidades experimentales y superficie

CARACTERÍSTICAS	
Número de unidades experimentales	9
Número de plantas por UE	16



Ing. Eusebio
TÉCNICO RECURSOS
E INVESTIGACIÓN



Área de la UE	144 m ²
Largo	12 m
Ancho	12 m
Forma de la UE	cuadrado

5.9. Variables de estudio

Las variables a considerar en la investigación durante la investigación son las siguientes:

5.9.1. Tiempo en días inicio de brotes

Se registró el inicio de brotes en días después de la aplicación de las podas en cada uno de los tratamientos.

5.9.2. Numero de brotes por planta

Una vez realizado las podas en los diferentes tratamientos, cuantificamos el número de brotes emergentes en las diferentes ramas y en los diferentes tratamientos del ensayo.

Figura 4. Toma de datos realizando un conteo de yemas apicales



Ing. Eusebio Pérez
TÉCNICO RECURSOS G
E INVESTIGACIÓN CA



5.9.3. Largo de brote

Se cuantificaron el largo de nuevos brotes en toda la planta y de los diferentes tratamientos, la medida se tomó a los 90 días desde el punto de inicio de brote hasta el brote de la nueva rama.

Figura 5. Medición del largo del brote de cacao



5.9.4. Diámetro de brote

Se cuantificaron el diámetro de brotes tiernos hasta brotes maduros de los diferentes tratamientos, a si para conocer los días de inicio de brote hasta brotes maduros.

5.9.5. Numero de chupones

Cuantificar el número de chupones de cada uno de las plantas, en todos los tratamientos, los brotes se cuantificaron desde la base hasta los 30 cm de altura del tronco principal.

Figura 6. Conteo de número de chupones o brotes basales



Ing. Escobar
TECNICO RECURSOS
E INVESTIGACIÓN



5.9.6. Número de chupones apicales

Se cuantificó el número de chupones emitidos en un rango de 30 cm por debajo de la altura total, realizando un simple conteo. Este dato nos brindará la distribución de chupones en la planta y posterior conformación en la estructura de la planta.

Figura 7. *Conteo de brotes a 30 cm por debajo de la altura total de la planta*



5.9.7. Número de mazorcas

Se realizó un conteo del número de mazorcas que llegaron a cuajar producto de la floración.



Ing. Escobar Peña
TÉCNICO RECURSOS
E INVESTIGACIÓN



Figura 8. *Conteo simple del número de mazorcas*



6. RESULTADOS

Concluidos con la toma de datos de las variables de estudio se procedió con la tabulación y análisis. Los datos se procesaron realizando una base de datos utilizando Excel, los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT, mostrando los siguientes resultados:

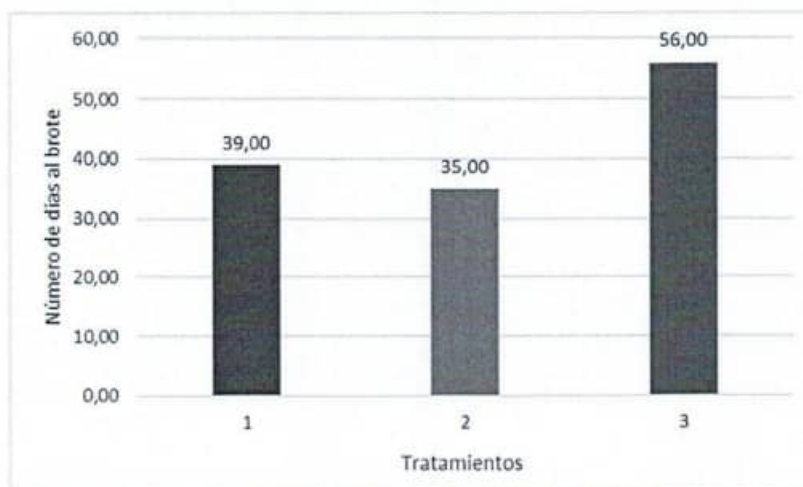
6.1. Días al brote

Los días de brote, establecen cuanto tiempo (en días) iniciaron los brotes de ramas nuevas desde el momento de la poda hasta el momento de iniciado el brotamiento. En la figura siguiente se puede observar que el tratamiento 1 (poda zigzag) tiene un promedio en días al brote de 39 días, en cambio el tratamiento 2 (poda mantenimiento) obtuvo un promedio de 35 días al brote, finalmente el tratamiento que obtuvo mayor número de días al brote fue de 56 días correspondiente al tratamiento testigo (sin poda). Estos resultados coinciden con los indicados por Mendes (2018), que menciona que la planta de cacao es de luminosidad positiva y se incentiva el desarrollo de brotes con el ingreso de luz, la cual se realiza mediante la poda.





Figura 9. Número de días al brote por tratamiento



Para los datos de días al brote se tiene un coeficiente de variación de 11,37, es decir que los datos están distribuidos homogéneamente, por tanto, se asume como válidos. A un nivel de significancia de $p > 0.05$ de los tratamientos existe diferencias significativas entre tipos de podas (poda zigzag, poda mantenimiento y sin poda).

Tabla 6. Coeficiente de variación de la variable días al brote

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Días al brote	18	0,80	0,77	11,37

Tabla 7. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) de la variable días al brote

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1418,11	2	709,06	29,26	<0,0001
Tratamiento	1418,11	2	709,06	29,26	<0,0001
Error	363,50	15	24,23		
Total	1781,61	17			

La comparación de medias mediante el modelo TUKEY describe la diferencia entre los tratamientos. En la prueba Tukey se visualiza las diferentes agrupaciones de los tratamientos distribuidos de manera descendente, agrupados en el grupo A, con menor días de brote, se encuentran los tratamientos poda zigzag y poda mantenimiento con promedios de 38,83 y 35,33 respectivamente, con un promedio mayor (55,67 días) de



brote se forma el grupo B correspondiente al testigo (sin poda). La luz (proporcionada por el efecto de poda) influye positivamente en la emisión de brotes, los resultados los resultados coinciden con los expresados por Aguilar (2012).

Tabla 8. Comparación de promedios Test:Duncan Alfa=0,05 de días de brote

Error: 24,2333 gl: 15

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
2	35,33	6	2,01	A
1	38,83	6	2,01	A
3	55,67	6	2,01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

6.2. Número de brotes

Los resultados de número de brotes de ramas de cacao de los tres tratamientos presentan las siguientes características:

Se tiene el coeficiente de variación de 26,92 un dato bueno para continuar con el análisis de los resultados. Con base a la tabla siguiente, a una $p > 0.05$, se tiene una diferencia significativa entre los tratamientos de podas: poda zigzag, poda mantenimiento y sin poda.

Tabla 9. Coeficiente de variación de la variable número de brotes

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No brotes	18	0,62	0,57	26,92

Tabla 10. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) de la variable número de brotes

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	134,33	2	67,17	12,34	0,0007
TRATAMIENTO	134,33	2	67,17	12,34	0,0007
Error	81,67	15	5,44		
Total	216,00	17			

Realizando la prueba de medias de Tukey nos muestra que las medias entre los tratamientos T1 y T2 conforman un grupo (similares) con promedios de 10,17 y 11 brotes respectivamente y se diferencian de las muestras del tratamiento T3 (testigo) que tiene un promedio de número de brote de 4,83.



Ing. Eusebio Paredes
TECNICO RECURSOS
INVESTIGACIÓN



Tabla 11. Test de Tukey de la variable número de brotes

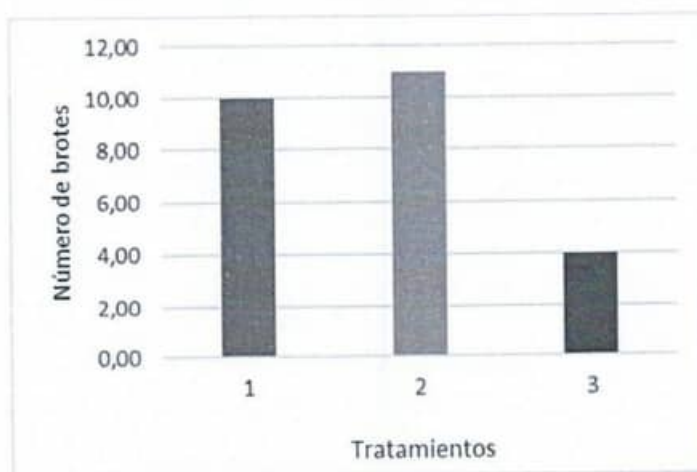
Error: 5,4444 gl: 15

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
3 (sin poda)	4,83	6	0,95	A
1 (zigzag)	10,17	6	0,95	B
2 (poda normal)	11,00	6	0,95	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En el grafico siguiente se muestra que el tratamiento 2 (poda normal) cuenta con el 11 de brotes en promedio en comparación con el tratamiento 3 (testigo sin poda) que solo tiene 5 brotes, en cambio no hay diferencias entre el tratamiento de poda normal (11 brotes) con el tratamiento zigzag que tiene en promedio 10 brotes.

Figura 10. Numero de brotes por los tipos de poda.



6.3. Largo del brote

Con relación al variable largo de brote se tiene un coeficiente de variación de 16,01, el mismo es aceptable para proseguir con el análisis de los datos.

En análisis de varianza de la variable largo de brote a $p > 0.05$ indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos poda zigzag, poda normal y el testigo sin poda.





Tabla 12. Coeficiente de variación de la variable largo de brote

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Largo brote (cm)	18	0,75	0,71	16,01

Tabla 13. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) de largo de brote

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	95,36	2	47,68	21,95	<0,0001
TRATAMIENTO	95,36	2	47,68	21,95	<0,0001
Error	32,59	15	2,17		
Total	127,95	17			

Los resultados de la prueba de medias de Tukey a $p > 0.05$ muestran que el promedio del largo de brote del tratamiento poda normal es de 11.82 cm, es el tratamiento que tiene el mayor largo de brote en comparación a los otros tratamientos. El tratamiento testigo muestra el menor largo de brote de solo 6.22 cm en promedio, mientras que el tratamiento zigzag tiene en promedio del largo de brote de 9.58 cm. Existe diferencias entre los promedios obtenidos en el largo de brote en los distintos tratamientos.

Tabla 14. Comparación de medias Tukey Alfa=0,05 de largo de brote (cm)

Error: 2,1723 gl: 15

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
3	6,22	6	0,60	A
1	9,58	6	0,60	B
2	11,82	6	0,60	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

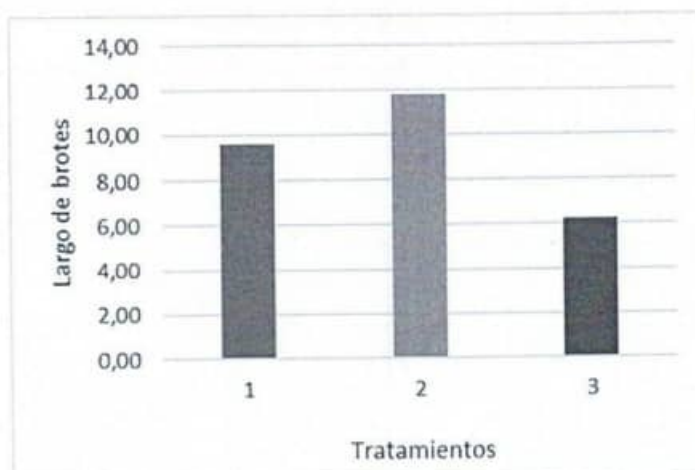
En el grafico podemos observar que los tratamientos presentan diferentes promedios del largo de brote y no existe similitud entre ellos. El promedio del largo de brote más alto es del tratamiento poda norma, mientras que el que obtuvo el menor largo de brote es el testigo (sin poda). Según Lopez (2016) menciona que el largo de brote responde al estímulo de la luminosidad, por tanto el tratamiento sin poda tiene mayor autosombreamiento por tanto presenta menor largo del brote.



Ing. Eusebio P.
TÉCNICO RECURRENTE
E INVESTIGADOR



Figura 11. Promedios del largo de brote por tratamiento



6.4. Diámetro de brote

Según PIAF-CEIBO (2007). Un árbol de cacao cuando es joven necesita más sombra, de 50 a 60 % debido a que sus copas son muy pequeñas. La sombra reduce a medida que el árbol crece y puede auto sombrearse. Una planta de 8 años debe tener 20 a 40% de sombra.

Bajo este concepto la luz influirá directamente sobre el desarrollo de los brotes y la floración.

El análisis de varianza nos muestra que a una $p > 0.05$ existen diferencias significativas entre los tratamientos poda zigzag, poda normal y testigo sin poda.

Tabla 15. Coeficiente de variación de la variable diámetro de brote

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro brote (cm)	18	0.86	0.84	8.40

Tabla 16. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) de diámetro de brote

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,12	2	1,06	44,95	<0,0001
TRATAMIENTO	2,12	2	1,06	44,95	<0,0001
Error	0,35	15	0,02		
Total	2,47	17			



Ing. Eusebio
TÉCNICO RECURSOS
INVESTIGACIÓN



Realizando la prueba de medias de Tukey nos muestra que el tratamiento poda normal cuenta con mayor diámetro de los brotes con promedio de 2.27 cm de diámetro, la poda testigo (sin poda) cuenta con un diámetro de solo 1.44 cm. Según PIAF este bajo desarrollo se debe a la falta de luminosidad de la parcela, en este caso existiendo mucho autosombreamiento a causa de la falta de poda.

Tabla 17. Prueba de medias de Tukey Alfe 0.05 de la variable diámetro de brote

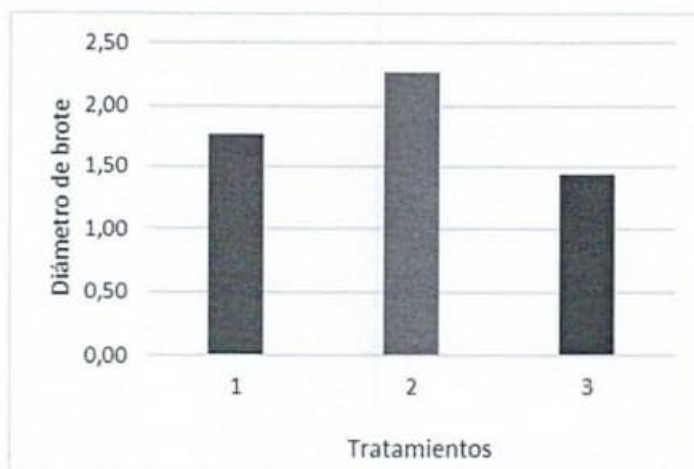
Error: 0,0236 gl: 15

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
3	1,44	6	0,06	A
1	1,77	6	0,06	B
2	2,27	6	0,06	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El tratamiento poda zigzag obtuvo un promedio de 1.77 cm de diámetro de sus brotes, estos resultados nos muestran que no existe igualdad en la variable diámetro de brote por tanto los tratamientos son diferentes.

Figura 12. Promedios de diámetro de brote por tratamiento



6.5. Número de chupones

Los chupones en el cacao son brotes de yemas que se originan en la parte basal, en este caso de 0 a 10 cm de altura de la planta de cacao. Según PIAF los brotes basales o chupones tienen mayor presencia en plantaciones abandonadas o con poco manejo.



El número de chupones es determinante porque la planta de cacao destina bastantes nutrientes para su desarrollo por tanto una planta con más chupones determina la disminución en los rendimientos de grano de cacao

Existen diferencias significativas a $p > 0.05$ entre los tratamientos de poda zigzag, poda normal y sin poda.

Tabla 18. Coeficiente de variación de la variable número de chupones

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No chupones	18	0,80	0,77	19,25

Tabla 19. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) de la variable número de chupones

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32,33	2	16,17	29,69	<0,0001
TRATAMIENTO	32,33	2	16,17	29,69	<0,0001
Error	8,17	15	0,54		
Total	40,50	17			

Realizando las pruebas de media de Tukey podemos observar que los tratamientos poda normal y poda testigo no presentan diferencias, por tanto, son iguales estadísticamente, mientras que el tratamiento poda zigzag tienen el menor número de chupones basales y podría deberse a que presenta una poda equilibrada.

Tabla 20. Prueba de medias Tukey $p > 0.05$ de la variable número de chupones

Error: 0,5444 gl: 15

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
1	2,00	6	0,30 A
2	4,33	6	0,30 B
3	5,17	6	0,30 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

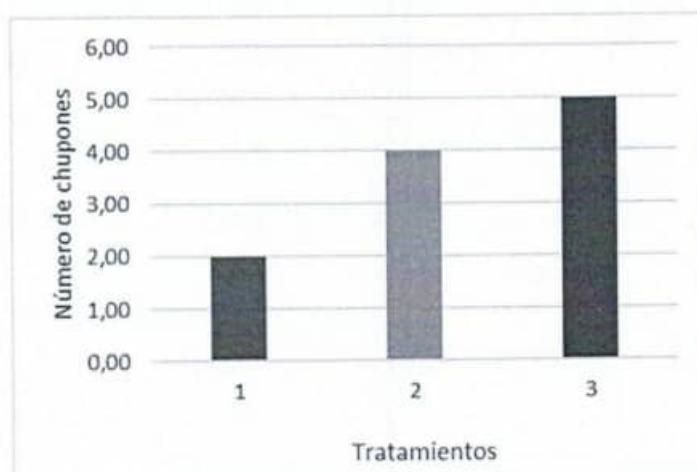
El número de brotes basales emitidos por el tratamiento poda zigzag es de 2 unidades, mientras que el tratamiento poda normal es de 4,33 en promedio y la poda testigo (sin poda) tiene en promedio 5,17 unidades en promedio, tanto el tratamiento testigo como la poda normal no presentan diferencias significativas.



Ing. Evaristo
TECNICO
INVESTIGADOR



Figura 13. Promedio de medias de número de chupones por tratamiento



6.6. Número de brotes apicales

El número de brotes apicales se contó en un rango de 30 cm por debajo de la altura máxima de la planta, si existen mayor número de brotes en este rango la conformación de la arquitectura de la planta será mejor distribuida (Vera y otros, 2021).

El coeficiente de variación fue de 13,14 lo que indica que se tiene confiabilidad en la distribución de los datos.

Tabla 21. Coeficiente de variación de la variable número de brotes apicales

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No brotes apicales	18	0,84	0,82	13,74

El análisis de varianza a $p > 0.05$ nos indica que existe diferencias significativas entre los tratamientos de poda zigzag, poda normal y sin poda. Al concentrarse mayor número de brotes en los extremos de la planta facilita la distribución de ramas (Arragan, 2014). Por otro lado, la planta concentrará mayor número de mazorcas en la parte baja o ramas productivas. Por tanto, el tratamiento de poda zigzag concentra mayor número de brotes en las puntas.



Tabla 22. Cuadro de Análisis de la Varianza del número de brotes apicales

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	70,11	2	35,06	40,45	<0,0001
TRATAMIENTO	70,11	2	35,06	40,45	<0,0001
Error	13,00	15	0,87		
Total	83,11	17			

El análisis de medias de Tukey a $p > 0.05$ indica que los tres tratamientos no son iguales, los brotes del tratamiento 1 alcanza en promedio 9.17, mayor que los tratamientos de poda normal y sin poda que en promedio tienen 6.83 y 4.33 respectivamente.

Tabla 23. Prueba de medias Tukey $p > 0.05$ del número de brotes apicales

Error: 0,8667 gl: 15

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
3	4,33	6	0,38	A
2	6,83	6	0,38	B
1	9,17	6	0,38	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

6.7. Número de mazorcas

El coeficiente de variación es de 27 indicando que se tiene confiabilidad en los datos obtenidos.

Tabla 24. Cuadro de Coeficiente de variación del número de mazorcas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No mazorcas	18	0,80	0,77	27,45

El número de mazorcas es la respuesta al prendimiento que se tiene de la autopolinización, considerando que el ecotipo IV-17 es una planta autocompatible (Trujillo, 2020). Una mejor distribución de las ramas apicales influye en la floración y posteriormente en el prendimiento de frutos, tal como menciona (Vera y otros, 2021). Existe diferencia significativa en el número de frutos entre los tres tratamientos, poda zigzag, poda normal y sin poda, lo que indica que uno de los tratamientos obtuvo mejor comportamiento en esta variable.





Tabla 25. Cuadro de Análisis de la Varianza del número de mazorcas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	88,11	2	44,06	29,59	<0,0001
TRATAMIENTO	88,11	2	44,06	29,59	<0,0001
Error	22,33	15	1,49		
Total	110,44	17			

En el cuadro siguiente se puede observar que existe igualdad estadísticamente en los tratamientos poda normal y sin poda (letras iguales no son significativamente diferentes). El tratamiento que logró mayor promedio en el número de mazorcas es la poda zigzag, al tener mejor distribución de las ramas apicales y preparar mejor las ramas para la producción (Perez, 2021).

Tabla 26. Prueba de medias Tukey $p > 0.05$ del número de mazorcas

Error: 1,4889 gl: 15

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
3	2,33	6	0,50	A
2	3,50	6	0,50	A
1	7,50	6	0,50	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Se compararon dos técnicas de poda (poda en zigzag y poda normal) con un testigo (sin poda). Se observó que la poda en zigzag influyó en la formación de frutos, obteniendo en promedio 7 unidades, y en la distribución apical de las yemas, lo que favorecerá una mejor formación de la estructura de la planta de cacao. Según Trujillo (2020), la planta de cacao está conformada por ramas plagiotrópicas, es decir, en forma de abanico. Una buena estructura de la planta consiste en tener ramas bien distribuidas y definidas (copa y área productiva). Una buena conformación ayudaría a una distribución balanceada y a un mayor número de mazorcas.



Ing. Eufemio
TECNICO AGROPECUARIO
E INVESTIGADOR



Por otro lado, se pudo observar que no existe una diferencia entre la poda zigzag y la poda norma en la formación de número brotes (10 y 11 respectivamente), esto indica que cualquiera de las dos técnicas de poda podría aplicarse a la planta. Sin embargo, se obtuvo un mayor número de brotes en la zona apical (30 cm por debajo la altura total de la planta de cacao), con la poda zigzag, que en promedio produjo 9.17 brotes. Esto sugiere que la poda zigzag podría tener mayor posibilidad de formar una estructura adecuada.

El mayor desarrollo de los brotes se obtuvo con el tratamiento de poda normal (largo de 11.82 cm y diámetro de 2.27 cm). Sin embargo, la mala distribución de los brotes y la rapidez de su desarrollo, características de la poda normal o mantenimiento, podrían resultar en una mala formación de la estructura de la planta. Esto perjudicaría el balance de la distribución de ramas, la formación de frutos y requeriría una mayor intervención con podas adicionales.

7.2. Recomendaciones

Realizar evaluaciones en varios periodos contemplando el número de floración y la fructificación para determinar el grado de cuajado de frutos.

Aplicar la poda zigzag, que es una poda moderada, en plantaciones de cacao para evitar desgaste de la planta, la cual ocurre con una poda norma. Por otro lado, establecer una metodología de evaluación de la estructura de la planta.

Establecer una correlación entre el manejo de podas con la luminosidad, manejo de sombra, fertilización, para la establecer un punto donde pueda obtenerse la mayor productividad de la planta.



Ing. Eusebio
TÉCNICO RECURSOS
E INVESTIGACIÓN



8. BIBLIOGRAFIA

- Angulo T., P. (2020). *Comportamiento de cuatro clones de cacao (Theobroma cacao L) sobre diferentes patrones, en fase de vivero, Tingo María - Castillo Grande*. Tingo María, Perú: Facultad de Recursos Naturales Renovables - Universidad Nacional Agraria de la Selva. unas.edu.pe
- Arragan, L. (2014). Efecto de la poda y raleo de árboles en sistema agroforestal sucesional en la producción de cacao (Theobroma cacao) del Alto Beni. 94. (F. d.-T. grado, Ed.) Universidad Mayor de San Andres. Retrieved 2022.
- Bazoberry, O., & Salazar, C. (2008). *El cacao en Bolivia, una alternativa económica de base campesina indígena* (Andrea Flores ed.). La Paz, Bolivia: Centro de Investigación y Promoción del Campesinado - CIPCA. www.cipca.org.bo
- CIPCA. (2010). *La Economía del Cacao (Avances y Perspectivas del cacao en las Regiones del CIPCA Norte y Beni)*. Bolivia: Centro de Investigación y Promoción del Campesino CIPCA.
- Colonia, L. M. (2012). Guía técnica: manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de cacao. (U. AGROBANCO, Ed.) Cusco, Perú.
<https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/010-e-cacao.pdf>
- Enriquez, G. (2010). <http://repositorio.iniap.gob.ec>. (E. I. Quito, Ed.) Retrieved 2024, from <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4571>
- Estivarez, M. E. (2020). Criterios de selección para plantas élites de cacao nacional boliviano (Theobroma cacao L) en la Estación Experimental de Sapecho, Alto Beni, Bolivia. 61. (F. d.-T. grado, Ed.) La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés. Retrieved 2022.
- INIAP. (2019). <https://eva.iniap.gob.ec>. Retrieved 2024, from <https://eva.iniap.gob.ec/web/wp-content/uploads/2019/03/plagas.pdf>
- Jaimes, S., Y., & et al. (2022). *Modelo productivo para el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.)* (2da ed.). (C. d. Suiza, Ed.) Santander, Colombia: AGROSAVIA. <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/>
- July, W. (2010). Manual para La Producción Orgánica de Cacao en Bolivia. Bolivia.
- López, S., Sol-Sanchez, A., Córdova, V., & Gallardo, F. (2016). Efecto de la poda en plantaciones de cacao. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*(14), 2808.



Ing. EUCAL FERRER
TÉCNICO RECURSOS
E INVESTIGACIÓN



- Matos, K. (2023). Guía del cultivo de cacao. (D. G. Agropecuarios, Ed.) República Dominicana. <https://digera.gob.do/wp-content/uploads/2023/07/Guia-de-Cultivo-Cacao-1.pdf>
- Miranda, M., & Somarriba, E. (2005). Evaluación agronómica de las plantaciones de cacao injertado de productores de la Central de Cooperativas El Ceibo, Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas*, 65.
- Paredes, M. (2004). *Manual del cultivo del cacao*. Perú: Ministerio de Agricultura - Programa para el Desarrollo de la Amazonía.
- Perez, E. (2021). El cultivo de cacao en Sistemas Agroforestales. (G. Flores, Entrevistador) La Paz, Bolivia.
- PIAF EL CEIBO. (2007). *Guía Metodológica para el Manejo de Cacao Orgánico*. La Paz, Bolivia.
- Quispe, J. (2010). Manual: Calidad y Manejo Post Cosecha del Grano de Cacao. (W. July, Ed.) La Paz, Bolivia: Intercooperation - Concertar, mediante la Mancomunidad de Municipios del Norte Paceño Tropical.
- Trujillo, G. (2020). La plantación de cacao en Alto Beni. (G. Flores, Entrevistador) La Paz, Bolivia.
- Vera, J., Moreno, C., & Salazar, M. (2021). Efecto de intensidad de poda en cacaos nacionales y trinitarios establecidos con tres métodos propagativos. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.23850/24220582.3635>



Ing. Ejecutivo
TÉCNICO RECURSOS GENÉTICOS
E INVESTIGACIÓN CACA