

# Quarto Academic Typst\*

*A Minimalistic Quarto + Typst Template for Academic Writing*

Kazuharu Yanagimoto 

CEMFI

[kazuharu.yanagimoto@cemfi.edu.es](mailto:kazuharu.yanagimoto@cemfi.edu.es)

**ABSTRACT** El cacao ha sido una pieza fundamental en la cultura y economía de diversas regiones del mundo, siendo México uno de los países con una larga tradición en su cultivo y consumo. En el estado de Veracruz, específicamente en la comunidad de Buena Vista, Acayucan, el cacao ha arraigado profundamente en la vida y la historia de sus habitantes. El Rancho «La Verónica», ubicado en este entorno de riqueza natural y cultural, representa un espacio privilegiado donde se desarrolla la producción de este preciado fruto. Para alcanzar este propósito, se plantean una serie de objetivos específicos. En primer lugar, se busca ubicar y georeferenciar los árboles de cacao en el sitio de estudio, permitiendo así un mapeo preciso de la distribución de esta especie en el área. Posteriormente, se llevará a cabo la recolección de material biológico de los árboles seleccionados, con el fin de obtener muestras representativas que servirán como base para los análisis subsiguientes. Los datos recopilados durante el estudio serán organizados y almacenados en una base de datos, facilitando su posterior análisis estadístico. Estos análisis permitirán identificar patrones y relaciones entre las diferentes variables morfológicas y fenotípicas, brindando así información valiosa para la comprensión de la diversidad genética presente en el cacao del Rancho «La Verónica». Finalmente, se procederá a la descripción detallada de los materiales encontrados en el sitio de estudio, proporcionando una visión integral de la biodiversidad asociada al cultivo de cacao en esta región. Este conocimiento no solo será de utilidad para la toma de decisiones en cuanto al manejo y conservación de los recursos naturales, sino que también sentará las bases para futuras investigaciones y acciones orientadas hacia el desarrollo sostenible de la producción de cacao en la zona.

**Keywords:** PRODUCTIVIDAD, MANEJO AGRONÓMICO, DIVERSIDAD GENÉTICA,

---

\*This template is inspired by Kieran Healy's [LaTeX and Rmd template](#) and Andrew Heiss's [Hikmah Quarto template](#).

## ADAPTACIÓN CLIMÁTICA

JEL Codes: J16, J22, J31

Puedes encontrar la bibliografía de esta investigación [aquí](#).

tiempo	receta
575	A
395	A
280	B
120	B
720	C
554	C
200	D
135	D
525	A
450	A
175	B
210	B
700	C
650	C
250	D
150	D

### Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie botánica de gran importancia económica y cultural, reconocida mundialmente por sus semillas, las cuales son la materia prima para la producción del chocolate. En México, el cacao tiene una historia ancestral y una presencia significativa en diversas regiones del país (Avendaño-Arrazate, 2010), incluyendo el Rancho “La Verónica” en el Municipio de Acayucan, Veracruz.

La caracterización de las variedades de cacao presentes en esta región reviste un interés especial debido a su potencial para el aprovechamiento económico y su contribución a la diversidad genética de esta especie. Este estudio se enmarca en la necesidad de comprender la diversidad morfológica de estas variedades, lo cual permitirá optimizar su cultivo, conservación y aprovechamiento.

Diversas investigaciones han destacado la importancia del cacao en México, como lo evidencia el diagnóstico del cacao en el país realizado por la Universidad Autónoma Chapingo (Arrazate, 2011). Asimismo, estudios recientes han abordado la caracterización morfológica y agronómica del cacao en diferentes regiones de México, como en Tabasco (Ramírez, 2018) y en el cantón Naranjal, Ecuador (Sacoto et al., 2022).

La presente investigación se suma a estos esfuerzos, centrándose en las variedades de cacao presentes en el Rancho “La Verónica”, con el objetivo de identificar las características físicas, y morfológicas de estas variedades. Este conocimiento no solo contribuirá a la conservación de la diversidad genética del cacao, sino que también proporcionará información valiosa para mejorar las prácticas de manejo y producción en este importante cultivo.

En este contexto, se hace necesario explorar y comprender términos clave como la morfología de las plántulas, la caracterización de la cáscara del fruto, y la variación morfológica de frutos y semillas, entre otros aspectos fundamentales para la comprensión integral del cacao y su cultivo.

Por lo tanto, esta investigación se propone como un aporte significativo al conocimiento científico sobre el cacao en México. Estructurándose en torno a la caracterización morfológica de las variedades de cacao en el Rancho “La Verónica”, con el fin de proporcionar una base sólida para futuras investigaciones y para la implementación de estrategias de manejo y conservación de este valioso recurso biológico.

### **Antecedentes**

De acuerdo con Chimborazo-Sarabia (2009, p. 25), “Caracterización in situ, de las variedades Morfológicas presentes en el cultivo de cacao, existente en la provincia de Pastaza”. Describe que la variabilidad morfológica del cultivo del cacao existente en la provincia de Pastaza, se seleccionaron plantas con un comportamiento notable en cuanto a producción y resistencia a enfermedades. Se evaluaron 48 individuos, dentro de los cuales se incluyeron tres testigos que fueron los clones CCN-51, ICS-95 y Nacional, caracterizados por su alta producción y calidad industrial así como resistencia a moniliasis.

Se evaluaron 32 variables tanto cualitativas como cuantitativas del fruto, semilla, hojas y flores con el objetivo de caracterizar los individuos, lo que fue analizado estadísticamente mediante análisis multivariado. (Chimborazo-Sarabia, 2009)

Se seleccionaron árboles destacados acorde al criterio de selección de Bekele y Buttler (2000). Las características de las flores fueron los descriptores que permitieron separar individuos con mayor exactitud, mismos que se agruparon hacia los clones utilizados como testigos, así como por sectores, lo que demostró regionalización de los materiales analizados respondiendo el sector Triunfo hacia el cacao Nacional, Canelos hacia el ICS95 y el sector Arajuno que no mostró afinidad con los clones testigos. Por último todos los árboles rescatados producen utilidades teniendo en cuenta sus rendimientos potenciales.

De igual forma, Moreales (2023, p. 17) “Caracterización morfo-agronómica del cacao nativo tipo chuncho (*Theobroma cacao* L.) en Santa Ana - La Convención – Cusco”, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Expresa que su objetivo principal fue registrar las característi-

cas morfo-agronómicas del cacao Nativo tipo Chuncho (*Theobroma cacao* L.), en Santa Ana - La Convención - Cusco. La metodología fue del tipo descriptiva, nivel explicativo, diseño no experimental, con enfoque cualitativo-cuantitativo, con un tamaño de muestra de 50 árboles para su caracterización, empleando las funciones del Excel para la estadística.

Se utilizaron cinco protocolos morfo-agronómicos: Catálogo de cultivares de cacao del Perú, Protocolo para la caracterización morfológica de árboles élite de cacao, Manual gráfico de descriptores varietales de cacao, Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE y el Manual práctico para la caracterización morfológica del cacao, de los cuales se obtuvo 90 descriptores.

Como resultado se encontraron árboles diferentes, siendo las características morfológicas de la flor (presencia de antocianina en ovario y estambre) y fruto (forma y rugosidad) en las que se observaron mayores diferencias; por sus características agronómicas, se encontró una gran diferencia en el tamaño de fruto, en el número de semillas, longitud de semillas y en índice de mazorca, resaltó el árbol D-5, fue el que resaltó por su IM: 27.20 e IS: 0.84, por número de semillas por mazorca, resaltó el árbol D-5 con 44, para el tamaño de semilla el árbol C-4 presentó 23.36 mm y para el peso seco de la semilla, resaltó el árbol E-7 con un peso de 1.20 g. Datos que resultaron siendo de importancia agronómica en apoyo al desarrollo de la región.

Por otro lado; “Caracterización morfológica del cacao nacional “*Theobroma cacao* L.” del cantón Naranjal, Ecuador” Sacoto (2022), expresa datos de una investigación realizada en una zona del cantón Naranjal y donde participaron 10 fincas aleatoriamente seleccionadas. Dichas fincas se dedican a la producción del cacao nacional o fino de aroma. Adicionalmente, en estos lugares, se desarrollan las observaciones y mediciones destinadas a caracterizar morfológicamente este cultivo de cacao originado a partir de variedades de los tipos Forastero y Trinitario.

Para su análisis se aplicaron parámetros de estadística descriptiva a un grupo de variables morfológicas como: peso, largo y ancho del fruto, rugosidad, grosor y coloración del pericarpio, y número de semillas por fruto. Se tomaron 10 mazorcas. Y de cada mazorca se describieron 5 semillas, de estas se tomaron determinaciones de variables como peso, largo ancho y espesor de la semilla, peso de la pulpa y testa. A más de ello, se escogieron 10 flores al azar de cada planta para medir sus estructuras.

Luego de analizar cada una de estas variables de forma individual, se aplicó un análisis de regresión múltiple, para obtener información del grado de participación de las variables. Finalmente, se obtuvo variables de coloración de peso, forma y rugosidad del fruto para separar las plantas evaluadas por características fenotípicas similares, las que se sometieron a un ANDEVA para evidenciar cuál de los grupos tenía mayor variabilidad estadística. Se encontró una mayor participación del tipo forastero y menor del trinitario. Se constató que los caracteres de mayor importancia se encuentran en el fruto.

Ramirez (2020, p. 128) “Variación morfológica de frutos y semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) de plantaciones en Tabasco, México”. Da a conocer la diversidad morfológica y genética presente en plantaciones, especialmente en especies nativas, es importante para el manejo y utilización de los recursos vegetales disponibles. Los objetivos del estudio fueron determinar la variación morfológica del fruto y semillas de cacao existente en plantaciones comerciales (PL) establecidas por

semilla en Tabasco, México, e identificar colectas en estas PL con características sobresalientes asociadas al rendimiento. La colecta de frutos se realizó en 33 PL de siete municipios de Tabasco y un municipio de Chiapas. En total 101 árboles fueron muestreados en PL; además, se incluyeron 69 accesiones de bancos de germoplasma CEHUI-INIFAP y Ex-Finca el Danubio como germoplasma de referencia. La caracterización incluyó 11 características cualitativas y 18 cuantitativas del fruto y de la semilla.

Se calcularon estadísticos descriptivos básicos, así como los coeficientes de correlación de Pearson y se realizó un análisis de coordenadas principales para conocer los patrones de variación de las características evaluadas, su relación e identificar las variables que más discriminan entre colectas. En PL la forma dominante del fruto fue cundeamor (26.8 %) seguida del amelonado (22.1 %) y no se observaron frutos con forma criollo. La forma del fruto, junto con características como constricción basal y rugosidad escasa, reflejan la hibridación de cacao criollo × forastero del bajo Amazonas que se ha dado en estas plantaciones a través del tiempo. Otras características como peso, longitud y diámetro del fruto también presentaron intervalos de variación amplios en PL.

La variación en peso del fruto, espesor del caballete, peso de semilla, proporción del mesocarpo, el número y peso total de semillas por fruto y pigmentación del mucílago definieron la distribución espacial entre las colectas de PL. Las colectas Tc29487, Tc29745, Tc29747, Tc29749 y Tc29775 presentaron una combinación sobresaliente de número y peso total de semillas por fruto, proporción de mesocarpo e índice de fruto.

### **Planteamiento del problema**

La demanda del cacao en México representa 350 mil toneladas, mientras la producción es de 25 mil toneladas (SAGARPA, 2017). Sin embargo, la superficie con riego obtuvo en 2019 un rendimiento promedio de 1,150 kg de cacao por hectárea, mientras que la superficie de temporal alcanzó un promedio de 470 kg de cacao por hectárea (INTAGRI, 2020). En virtud de la demanda actual y de las tendencias que estiman los mercados a nivel internacional, resulta indispensable mejorar las condiciones de producción de cacao en México, a fin de que los hogares campesinos puedan ser competitivos y alcance la sostenibilidad (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020).

Resulta evidente que los modelos actuales de producción agropecuaria de nuestro país y en particular de la zona sur del estado de Veracruz, han acentuado la degradación generada por el inadecuado manejo de los suelos; derivado del monocultivo y las actividades pecuarias intensivas, aunado al abandono del campo. Ante tal panorama, se ha demostrado en diferentes partes del mundo, que los sistemas agroforestales representan una alternativa pertinente para producir conservando y preservar produciendo (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020).

De tal forma que estos sistemas productivos diversificados representan hasta este momento una alternativa viable para mejorar las condiciones agroclimáticas en las regiones tropicales, mejorando la economía de los hogares campesinos (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020).

Para poder mejorar las condiciones productivas de los sistemas agroforestales de cacao, es necesario determinar, además de las condiciones agroclimáticas del sitio, el tipo de material vegetativo con que se cuenta (capital natural); lo que representa quizá la principal carencia técnica de los sistemas de producción en la zona de estudio (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020).

## Objetivos

Caracterizar árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.), ubicados en el rancho “La Verónica” en la comunidad de Buena Vista, Mpio. de Acayucan, Veracruz.

#Objetivos específicos. • Ubicar y georeferenciar los árboles de cacao del sitio de estudio. • Recolectar material biológico de los árboles de cacao que se encuentran en el sitio de estudio. • Clasificar morfológicamente los individuos muestreados. • Elaboración de base de datos y análisis estadísticos. • Descripción de los materiales encontrados en el sitio de estudio.

## Hipótesis

La caracterización morfológica de los individuos de cacao presentes en el rancho “La Verónica” de la localidad Buena Vista, Mpio. de Acayucan, Veracruz, permitirá diferenciar e identificar las variedades.

## Marco Teorico

### 1.1 Marco conceptual

#### 1.1.1 Cacao

Descrita en 1737 por Linneo quien propuso el nombre *Theobroma* (palabra griega que significa “alimento de los dioses”) (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2017)

Sin embargo, la palabra cacao deriva del maya cacau, donde cac significa rojo y cau significa fuerza y fuego (Avendaño *et al.*, 2011).

#### 1.1.2 Sistemas agroforestales

Árboles y arbustos con cultivos o sistemas de producción animal para obtener beneficios ambientales, económicos y sociales de forma ecológicamente sustentable (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

#### 1.1.3 Varietales

Conjunto de todas las características olfativas, gustativas y de color típicas de una determinada variedad (Essl, 2022).

#### 1.1.4 Cacaotal

Terreno poblado de cacaos (Real Academia Española, [RAE], 2022).

#### 1.1.5 Mazorca

El fruto del cacao, *Theobroma cacao* L., denominado comúnmente mazorca, consiste en una cáscara relativamente gruesa que encierra un número muy diverso de semillas, entre 20 y 50, dispuestas normalmente en cinco hileras y sumergidas en una pulpa mucilagínosa de color blanco y sabor azucarado (Braudeau, 1970).

#### 1.1.6 Plántula

Se denomina plántula a la planta en sus primeros estadios de desarrollo, desde que germina hasta que se desarrollan las primeras hojas verdaderas (Conesa, 2009).

### **1.1.7 Fertilizante**

Los fertilizantes son uno de los insumos agrícolas indispensables para que los cultivos tengan un mayor rendimiento (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

### **1.1.8 Semilla**

Parte del fruto de las fanerógamas, que contiene el embrión de una futura planta, protegido por una testa, derivada de los tegumentos del primordio seminal ([RAE], 2023).

### **1.1.9 Mucílago**

Sustancia viscosa, de mayor o menor transparencia, que se halla en ciertas partes de algunos vegetales, o se prepara disolviendo en agua materias gomosas ([RAE], 2017).

### **1.1.10 Germinación**

Se llama germinación al conjunto de procesos que se producen en la semilla desde que el embrión comienza a crecer hasta que se ha formado una pequeña planta que puede vivir por sí misma, independiente del alimento almacenado en la semilla (De La Guarda, 1993).

## **1.2 Marco referencial**

### **1.2.1 Origen del cultivo**

Mesoamérica es un área de gran biodiversidad biológica, el centro de origen y domesticación de muchas especies y uno de los sitios donde mejor evidencia existe sobre el aprovechamiento biocultural de árboles en el trópico americano. La domesticación de árboles tropicales, ha producido uno de los sistemas agroforestales más exitosos del neo trópico, caracterizado por el aprovechamiento del bosque natural, en donde la estructura y composición de especies ha sido utilizada para reunir propósitos específicos (Wiersum, 1998).

Una de las especies más importantes en este proceso de modificación del bosque es *Theobroma cacao* L. (Malvaceae). Descrita por primera vez en 1737 por Carlos Linneo, padre de la taxonomía moderna y amante ferviente del chocolate; quien otorgó el nombre de *Theobroma*, palabra griega cuyo significado es “el alimento de los dioses”. Y *cacao* cuyo origen deriva del maya cacau. Donde cac significa “rojo”, simbolizando el color de sus frutos y cau significa “fuerza y fuego”, haciendo referencia a la fuerza que les otorgaba el alimento de los dioses (Avendaño-Arrazate, 2011).

Gran parte de lo que conocemos del cacao en Mesoamérica de épocas pre-hispanicas se debe a la cultura Maya, especialmente durante el periodo clásico (250-909 d. C.). El cacao era tan importante para la cultura Maya que era utilizado como moneda y por tal motivo, beber chocolate representaba un lujo sólo para las élites. Y así fue representada por los mayas en una serie de vasijas pintadas o grabadas halladas en las tumbas de la nobleza que gobernó los distintos reinos Mayas (Avendaño-Arrazate, 2010). Pero no solo la cultura maya reconocía sus características. En grandes civilizaciones mesoamericanas el cacao fue considerado como un regalo de los dioses, reservado solo al consumo en grandes festividades, utilizado como moneda de cambio y parte importante de la gastronomía mexicana a lo largo de su historia (Yáñez, 2021).

### **1.2.2 Producción de cacao en México**

El cacao mexicano fue domesticado desde hace por lo menos 2,500 años (Hurst, 2002) y desde que llegó a Europa (en barras de chocolate) ha sido reconocido por su alta calidad. Sin embargo, la producción de cacao en México es escasa. La producción nacional promedio de la industria del chocolate en México fue de 27 mil toneladas de 2007 a 2016, siendo los principales productores Tabasco, Chiapas y Guerrero. Según datos del INEGI existen 362 unidades económicas dedicadas a la elaboración del chocolate, además, el consumo promedio por habitante es de 700 gramos al año (Procuraduría Federal del Consumidor [PROFECO], 2018).

En el periodo 2003-2016 se observó una reducción en la producción de 46.24% y de su rendimiento de 26.23%. Durante 2016, las 26,863 toneladas generadas cubrieron 41.23% de los requerimientos nacionales, por lo cual se importó de países como Ecuador (60.29% del total), Costa de Marfil (21.08%) y Colombia (3.33%) para abastecer la industria (SAGARPA, 2017).

Consumo y producción nacional: se estima que en 2030 el consumo aumentará de 65.15 a 77.86 Mt y que la producción nacional se incrementará de 26.86 a 47.54 Mt, lo cual representa un crecimiento acumulado de 76.97 y 19.49%, respectivamente (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación “SAGARPA” 2017).

### **1.2.3 Importancia del cacao**

El cacao se cultivó originalmente en el continente americano, pero no fue hasta 1890 que su producción se extendió a algunas regiones de África. (Avendaño-Arrazate, 2011).

Cada año, en el trópico húmedo, se producen más de tres millones de toneladas métricas de cacao para ser consumidas en los países desarrollados. El chocolate ha sido apreciado como un alimento de alto contenido calórico para aumentar la energía, por ejemplo, para atletas y soldados. Recientemente la investigación ha sido conducida hacia temas como la salud y los atributos alimenticios del cacao y el chocolate (International Cocoa Organization, ICCO, 2005).

Pero su importancia no solo reside en el desarrollo económico, El cultivo del cacao representa una magnífica oportunidad para implementar alternativas de desarrollo en el trópico, pues cuando se hace utilizando varias especies de árboles de sombra, las plantaciones pueden albergar altos niveles de diversidad biológica, sobre todo si se compara con otros cultivos tropicales (Avendaño-Arrazate, 2011).

Los cacaotales son muy adecuados para reforestar áreas completamente taladas y pueden convertirse en corredores biológicos entre segmentos de selva, permitiendo la repoblación de aves, mamíferos, reptiles y anfibios, entre otros (JackzWeb, 2021). Además, los cacaotales representan una buena alternativa económica para pequeños productores, pues los árboles no solo ofrecen protección contra el viento, sino también producen hojarasca, una de las mejores fuentes de materia orgánica, incrementan la aereación, la infiltración, el drenaje y fomentan la liberación lenta de los minerales en el suelo. Además, pueden escogerse determinadas especies de árboles que posean algún valor agregado. Por ejemplo, en Costa de Marfil los campesinos han introducido en las plantaciones de cacao 27 especies de árboles nativos, de los cuales 48% proveen leña y medicina, 41% alimento y 22% se utilizan para la construcción (Avendaño-Arrazate, 2011).

### **1.2.4 Variedades de cacao**



*Theobroma Cacao* posee tres variedades importantes del cacao forastero, cacao criollo y cacao trinitario (Le Vice Chocolat. s/f.).

### **1.2.5 Cacao forastero**

El cacao forastero o amazonia es la variedad más común, su sabor es fuerte, amargo, un poco ácido y representa el 70% del consumo de cacao del mundo. Es la más robusta (Los productores dicen que confían en su resistencia a enfermedades) además que da la mayor cantidad de frutos, pero los puntos en contra son un aroma sin fineza y escaso sabor frutal (Le Vice Chocolat. s/f.).

Este grano fue introducido por los europeos en los territorios colonizados cuando el chocolate era solicitado a principios del siglo XX en Europa. (Le Vice Chocolat. s/f.).

Las variedades de cacao Forastero se cultivan principalmente en Venezuela, Perú, Ecuador, Colombia, Brasil, Costa de Marfil, Ghana, Camerún, Costa Rica, Santo Tomé y algunas plantaciones en el sudeste asiático. (Le Vice Chocolat. s/f.).

### **1.2.6 Cacao criollo**

Es el árbol que da el fruto con mejor calidad, pero se caracteriza por ser menos fructífero y representa una pequeña proporción de la elaboración mundial. Se identifica por tener semillas redondas y ligeramente planas. Éstas, sin fermentar, poseen un color ligeramente violeta y blanco. (Le Vice Chocolat. s/f.).

Es un cacao de aromas afrutados con notas de frutos secos y ligeramente amargo, pero refinado. Es muy apreciado para los chocolates de mayor calidad. Con esta variedad, se preparan algunos de los mejores bombones y cualquier preparación gourmet (Le Vice Chocolat. s/f.).

Es cultivado principalmente en México, Guatemala y Nicaragua en pequeñas cantidades. Además Venezuela, Colombia, islas del Caribe, Trinidad, Jamaica e isla de Granada. En Madagascar, Java e islas Comores (Le Vice Chocolat. s/f.).

### **1.2.7 Cacao trinitario**

Es un híbrido obtenido a partir del Criollo y el Forastero. Su producción es claramente superior en comparación con el criollo y combinando las características gustativas de ambos. Es mucho más resistente a enfermedades y tiene un sabor mucho más sutil. Si alguna vez lo pruebas, puedes sentirte especial (Le Vice Chocolat. s/f.).

Contiene un amplio rango de sabores, aromas y persistentes en el paladar. Pueden apreciarse sabores a heno, roble miel, manzana y melón. Se cultiva en Trinidad, Java, Sri Lanka, Papua- Nueva Guinea, Camerún y en Venezuela con el nombre de Carenero Superior. Actualmente representa aproximadamente el 5% de la producción mundial (Le Vice Chocolat. s/f.).

### **1.2.8 Especies, razas y variedades locales amenazadas**

En México el cacao criollo prácticamente ha desaparecido de las plantaciones comerciales. De acuerdo con una encuesta realizada por Avendaño-Arrazate, (2011). Sólo 5% de los productores entrevistados reportó contar con cacao criollo exclusivamente, mientras que 13% reportó tener

cacao criollo asociado a cacaos forasteros y trinitarios. El pataste o pataxte (*Theobroma bicolor* L.), es una especie en peligro de extinción, cuyo uso es local y se usa para combinarlo con el cacao.

## **1 Materiales y métodos**

### **1.1 Descripción del área de estudio**

El área de estudio esta ubicada en el rancho “La Veronica” localizado en la comunidad de Buena Vista, Acayucan, Veracruz. En las coordenadas 17.54681, -94.83206.

### **1.2 Tipo de Investigación**

Cualitativa ya que se describe las características morfológicas de las hojas, flores, frutos y semillas del cacao.

- Ubicar y georeferenciar los arboles de cacao del sitio de estudio.
- Recolectar material biológico de los árboles de cacao que se encuentran en el sitio de estudio.
- Caracterización morfológica de los individuos muestreados.
- Elaboración de base de datos.
- Descripción de los materiales encontrados en el sitio de estudio.

### **1.3 Descriptores de hoja**

Se registró: 1) el color de los brotes terminales de 6-7 días de edad bajo luz natural, cuyas coloraciones van de tonalidades verdes hasta diferentes grados de pigmentación roja, rosada y/o café.

Se midieron los siguientes parámetros. a partir de 50 hojas adultas cosechadas de la parte intermedia de los árboles durante las primeras horas de la mañana: 2) forma de la hoja de acuerdo con la escala propuesta por Hartmann et al. (1981), 3) forma del ángulo, 4) forma de la base, 5) ancho de la hoja, 6) longitud de la hoja, 7) longitud del pecíolo y 8) longitud desde la base hasta el punto más amplio de la hoja (BPA).

### **1.4 Descriptores de flor**

En las primeras horas de la mañana se cosecharon al azar 30 flores frescas y abiertas, que presentaban polen con una coloración perlada como indicador de su frescura. Se evaluaron los siguientes parámetros utilizando un vernier electrónico, estereoscopio, cubre y portaobjetos: 1) Longitud del pedicelo, 2) Ancho del pedicelo, 3) Longitud del sépalo, 4) Ancho del sépalo, 5) Longitud de la lígula, 6) Ancho de la lígula, 7) Longitud del filamento, 8) Ancho del filamento, 9) Longitud del estaminoide, 10) Ancho del estaminoide, 11) Longitud del estilo, 12) Ancho del estilo, 13) Longitud del ovario, 14) Ancho del ovario y 15) Cantidad de rudimentos seminales (óvulos) en el ovario. Para el conteo de los rudimentos seminales se usaron 30 flores recién abiertas. Cada ovario fue colocado sobre un portaobjeto y se le adicionó una gota de agua tras lo cual se le hizo un corte longitudinal bajo el estereoscopio con un bisturí. Con ayuda de agujas finas se separó cada rudimento seminal.

Se registró también la intensidad de la antocianina en: 16) Pedicelo, 17) Sépalo, 18) Lígula, 19) Filamento, 20) Estaminoide, 21) Estilo y 22) Ovario, utilizando una escala visual con los siguientes valores: 0 = Ausente, 3 = Suave, 5 = Intermedia y 7 = Intensa.

Finalmente para la longitud del pecíolo se clasificó en centímetros.

### **1.5 Descriptores de fruto**

Se determinó: 1) Color del fruto de dos meses de edad, 2) Color del fruto maduro; 3) Forma del fruto, 4) Forma del ápice, 5) Forma de la constricción basal, 6) Rugosidad de la cáscara, 7) Dureza de la cáscara utilizando una escala con los siguientes valores: 3 = Suave, 5 = Intermedia y 7 = Áspera. De igual forma se registraron los parámetros que se muestran gráficamente en la Figura 1: 8) Peso, 9) Longitud, 10) Diámetro, 11) Relación largo/ancho, 12) Peso fresco de las semillas por fruto; 13) Número de semillas por fruto, 14) Espesor del caballete y 15) Profundidad del surco (Figura 1).

Figura 1 Descriptores morfológicos del fruto:

A. Longitud del fruto (cm). B. Diámetro del fruto (cm). C. Forma del ápice. D. Constricción basal. E. Peso. F. Número de semillas por fruto. G. Peso fresco de semillas. H. Espesor del caballete (cm). I. Profundidad surco (cm) (CATIE, 2012).

### **1.6 Descriptores de semilla**

A los frutos evaluados en el acápite anterior se les extrajo las semillas. Se les eliminó el mucílago (Arilo) frotándolo con aserrín de madera y luego el tegumento tras lo cual se determinaron los siguientes parámetros: 1) Color del cotiledón, 2) Forma de la semilla, 3) Forma del corte transversal, 4) Longitud, 5) Diámetro y 6) Espesor (CATIE, 2012).

## **2 II. Resultados y discusión**

### **2.1 Ubicación y georreferenciación de los árboles de cacao**

Se obtuvo la distribución espacial de los árboles de cacao en el Rancho “La Verónica” y sus alrededores. Esto permitió identificar patrones de distribución de las diferentes variedades de cacao presentes en la zona, así como la relación de los árboles de cacao con factores ambientales como el tipo de suelo y la altitud.

### **2.2 Recolección de material biológico**

Se recolectó una amplia variedad de muestras biológicas de los árboles de cacao presentes en el sitio de estudio, incluyendo hojas, frutos, flores, y semillas. Estas muestras fueron procesadas en el laboratorio para llevar a cabo el análisis de diversidad biológica, lo que permitió entender mejor la composición fenotípica de las poblaciones de cacao en la región.

### **2.3 Caracterización morfológica**

Se realizó una caracterización detallada de los individuos muestreados, incluyendo mediciones de variables morfológicas como longitud, diámetro, color y forma de las hojas, así como las car-

acterísticas de los frutos y las flores. Estos datos fueron analizados para identificar posibles relaciones entre la morfología de los árboles.

#### **2.4 Elaboración de base de datos**

Se desarrolló una base de datos con objetivo de integrar los datos morfológicos y los resultados de los análisis biológicos realizados en el laboratorio. Esta base de datos es una herramienta valiosa para la gestión y conservación del cacao en la región, así como para futuras investigaciones en el área de la agroecología y la biodiversidad.

#### **2.5 Descripción de los materiales encontrados**

Se elaboró un informe detallado que describe los materiales biológicos y ambientales encontrados en el sitio de estudio.

La caracterización morfológica de las variedades de cacao en el rancho “La Verónica” ha permitido identificar cinco líneas varietales (RLV-E 1 a RLV-E 5) basadas en descriptores clave. Los resultados muestran una homogeneidad en la forma de las hojas (elíptica y aristada), aunque se observaron diferencias significativas en las dimensiones, como el ancho y la longitud de las hojas. Por ejemplo, la longitud de las hojas varió entre 25.16 cm y 34.6 cm, y el ancho entre 8.7 cm y 11.44 cm.

En la flor, se notaron variaciones en la longitud y el ancho del pedicelo y los sépalos, lo que sugiere una diversidad morfológica que puede influir en la polinización y la producción de frutos. Los frutos presentaron diferencias en el color maduro, desde amarillo mostaza hasta naranja, así como en la forma y la textura de la cáscara. Los pesos de los frutos oscilaron entre 291 g y 503 g, indicando variabilidad en el rendimiento potencial de cada variedad.

En cuanto a las semillas, se observó un peso fresco que varió de 87 g a 107.66 g, y un número promedio de semillas por fruto que rondó entre 31 y 35. Estos datos son relevantes para futuras investigaciones sobre la producción y comercialización del cacao (Figura 2).

Categoría	Descripción	RLV.E.1	RLV.E.2	RLV.E.3	RLV.E.4	RLV.E.5
HOJA	FORMA DE LA HOJA	ELÍPTICA	ELÍPTICA	ELÍPTICA	ELÍPTICA	ELÍPTICA
HOJA	FORMA DEL ÁNGULO	ARISTADO	ARISTADO	ARISTADO	ARISTADO	ARISTADO
HOJA	FORMA DE LA BASE	OBTUSO	CUNEIFORME	CUNEIFORME	CUNEIFORME	CUNEIFORME
HOJA	ANCHO DE LA HOJA (cm)	11.3	9.98	11.44	9.42	8.7
HOJA	LONGITUD DE LA HOJA (cm)	31.2	27.12	34.6	25.16	25.32
HOJA	LONGITUD DEL PECÍOLO (cm)	1.08	1.04	1.08	0.82	0.96
HOJA	LONGITUD DE LA BASE AL PUNTO MÁS ANCHO (cm)	16.1	14.9	18.9	14.28	14.86
FLOR	PECÍOLO LONGITUD (mm)	1.63	1.6	1.6	1.72	1.4
FLOR	PECÍOLO ANCHO (mm)	0.08	0.1	0.1	0.1	0.1
FLOR	SÉPALO LONGITUD (mm)	0.76	0.78	0.68	0.82	0.66
FLOR	SÉPALO ANCHO (mm)	0.22	0.22	0.18	0.2	0.2
FLOR	LÓBULO LONGITUD (mm)	0.85	0.7	0.51	0.52	0.64
FLOR	LÓBULO ANCHO (mm)	0.24	0.21	0.12	0.36	0.5
FLOR	FILAMENTO LONGITUD (mm)	0.17	0.25	0.22	0.25	0.25
FLOR	FILAMENTO ANCHO (mm)	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04
FLOR	ESTAMINOIDE LONGITUD (mm)	0.6	0.64	0.48	0.56	0.42
FLOR	ESTAMINOIDE ANCHO (mm)	0.06	0.06	0.03	0.1	0.1
FLOR	ESTILO LONGITUD (mm)	0.15	0.17	0.28	0.24	0.16
FLOR	ESTILO ANCHO (mm)	0.07	0.03	0.03	0.03	0.02
FLOR	OVARIO LONGITUD (mm)	0.17	0.18	0.15	0.18	0.17
FLOR	OVARIO ANCHO (mm)	0.1	0.11	0.1	0.1	0.1
FLOR	NÚMERO DE RUDEMENTOS SEMINALES (ÓVULOS)	41.6	42.6	41	39.6	39.6
FRUTO	COLOR INMADURO	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE
FRUTO	COLOR MADURO	AMARILLO MOSTAJA	NARANJA	AMARILLO ZINCA	AMARILLO AMERICANO	AMARILLO MOSTAJA
FRUTO	FORMA FRUTO	AMELONADO	CRIOLO	AMELONADO	CRIOLO	CRIOLO
FRUTO	ÁPICE	AGUDO	DENTADO	AGUDO	ANGOLETA	AGUDO
FRUTO	CONSTRICCIÓN BASAL y/	SUAVE	INTERMEDIO	SUAVE	INTERMEDIO	INTERMEDIO
FRUTO	CÁSCARA RUGOSIDAD	INTERMEDIA	INTERMEDIA	INTERMEDIA	OBTUSO	SUAVE
FRUTO	CÁSCARA DUREZA	FUERTE	INTERMEDIO	INTERMEDIO	INTERMEDIO	INTERMEDIO
OTRAS	PESO (g)	503	481	291	314.6	295.6
OTRAS	LONGITUD (cm)	18.8	18.86	16.26	17.62	19.84
OTRAS	DIÁMETRO (cm)	8.53	8.8	8.4	8	8.46
SEMILLAS	PESO FRESCO POR FRUTO (g)	93	107.7	87	96.2	104.8
SEMILLAS	NÚMERO SEMILLAS POR FRUTO	34	33	31	35	34
CABALLETE	ESPESOR (cm)	1.46	1.58	1.4	1.24	1.36
SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	0.96	1.14	1.04	0.9	1.12
SEMILLA	COLOR COTILEDÓN	VIOLETA	VIOLETA	VIOLETA	LILA	LILA
SEMILLA	FORMA	IRREGULAR	OBLONGA	OBLONGA	OVALADA	OVALADA
SEMILLA	FORMA DEL CORTE TRANSVERSAL	INTERMEDIA	APLANADA	APLANADA	APLANADA	APLANADA
SEMILLA	LONGITUD (cm)	2.4	2.56	2.34	2.63	2.85
SEMILLA	DIÁMETRO (cm)	1.5	1.34	1.31	1.44	1.64
SEMILLA	ESPESOR (cm)	0.97	0.88	0.87	0.78	0.73

**Table 1:** Summary Statistics of Penguins

	Male				Female			
	Bill Length (mm)	Bill Depth (mm)	Flipper Length (mm)	Body Mass (g)	Bill Length (mm)	Bill Depth (mm)	Flipper Length (mm)	Body Mass (g)
Adelie	40.39	19.07	192.4	4043	37.26	17.62	187.8	3369
Gentoo	49.47	15.72	221.5	5485	45.56	14.24	212.7	4680
Chin-strap	51.09	19.25	199.9	3939	46.57	17.59	191.7	3527

*Notes:* Data from Palmer penguins dataset.

Since the default backend of `modelsummary` is `tinytable`, you can use the customization options of `tinytable` for `modelsummary`. In Table 2, I use `tinytable::group_tt()` function to group the regression results by the dependent variables

**Table 2:** Regression Results of Penguins

	Bill Length (mm)			Body Mass (g)		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Chinstrap	10.042** (0.432)	10.010** (0.341)	10.037** (0.340)	32.426 (67.512)	26.924 (46.483)	27.229 (46.587)
Gentoo	8.713** (0.360)	8.698** (0.287)	8.693** (0.286)	1375.354** (56.148)	1377.858** (39.104)	1377.813** (39.163)
Male		3.694** (0.255)	3.694** (0.254)		667.555** (34.704)	667.560** (34.755)
Year			0.324* (0.156)			3.629 (21.428)
Observations	342	333	333	342	333	333

+  $p < 0.1$ , \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

*\_Notes\_:* Data from Palmer penguins dataset.

While `tinytable` generates compatible tables between LaTeX and Typst, it does not support LaTeX math expressions for Typst tables. I think the compatibility between LaTeX and Typst is crucial for academic writing because it guarantees that the document can be easily converted to LaTeX for submission to journals.

A workaround is to use `MiTeX`, a Typst package that allows you to use LaTeX math expressions in Typst. I write a custom theme for `tinytable` to convert LaTeX math expressions to MiTeX expressions. The following table includes LaTeX math expressions but will be converted to MiTeX expressions in the Typst output.

**Table 3:** Math Symbols

Math
$\alpha$
$a_{it}$
$e^{i\pi} + 1 = 0$

### 3 Last words

I made this template for my working papers, so it may not be suitable for other fields than economics. I am happy to receive feedback and suggestions for improvement.

# Appendix

## A Supplemental Figures

The section numbering will be changed to “A.1.1” in the appendix. The second section in the appendix will be “B”. On the other hand, the figure numbering will be reset to “A.1”, “A.2” so that it is clear that these figures are part of the appendix. The “A” stands for the “Appendix”, not the section numbering.



**Figure A.1: The Great Wave off Kanagawa.** A woodblock print by Katsushika (1831).



## References

Katsushika, Hokusai. 1831. “The Great Wave Off Kanagawa”. 1831. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a5/Tsunami\\_by\\_hokusai\\_19th\\_century.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a5/Tsunami_by_hokusai_19th_century.jpg)