



## Determinación de las características físicas y químicas de granos de cacao seco Nacional y CCN-51 en centros de acopio del cantón Bolívar

Determination of the Physical and Chemical Characteristics of Dry Cacao Beans (Nacional and CCN-51) in Collection Centers in Bolívar Canton

Carlos Enrique Veliz Anzules<sup>1</sup>; Anthony Josué Moran Chalen<sup>1</sup>;  
Diana Carolina Cedeño Alcívar<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Feliz López". Carrera de Agroindustria. Calceta, Ecuador.

ORCID de los autores

C. E. Veliz Anzules: <https://orcid.org/0000-0002-8353-175X>

A. J. Moran Chalen: <https://orcid.org/0000-0003-1836-0170>

D. C. Cedeño Alcívar: <https://orcid.org/0000-0001-8420-7014>

### RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar las características físicas y químicas de los granos de cacao seco de las variedades Nacional y CCN-51 en centros de acopio del cantón Bolívar, Manabí. Para ello, se recolectaron 120 muestras, aplicando un enfoque analítico-descriptivo y un diseño de investigación exploratorio. La metodología incluyó técnicas instrumentales como balanza de precisión, potenciómetro y medidor de humedad, y se aplicaron pruebas estadísticas como Shapiro-Wilk, Levene, ANOVA y t de Student. Entre los resultados más relevantes, se identificaron diferencias significativas en variables como el pH de la testa y del cotiledón, así como en el índice de semilla y peso de cotiledón entre las dos variedades. El centro de acopio PPSEP2024 mostró niveles elevados de humedad, lo que podría afectar la calidad del grano. En conclusión, se evidenció que tanto la variedad genética como el manejo postcosecha influyen directamente en la calidad del cacao. Estos resultados aportan información clave para mejorar los procesos de acopio y fortalecer la competitividad del cacao ecuatoriano en mercados especializados.

**Palabras clave:** Calidad; variedad; fermentación; postcosecha; caracterización.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the physical and chemical characteristics of dried cocoa beans from the Nacional and CCN-51 varieties in collection centers in the Bolívar canton, Manabí. A total of 120 samples were collected using an analytical-descriptive approach and an exploratory research design. The methodology included instrumental techniques such as precision balance, pH meter, and moisture meter, and statistical tests such as Shapiro-Wilk, Levene's test, ANOVA, and Student's t-test were applied. Among the most relevant results, significant differences were identified in variables such as testa and cotyledon pH, as well as seed index and cotyledon weight between the two varieties. The PPSEP2024 collection center showed high moisture levels, which could affect bean quality. In conclusion, it was evident that both genetic variety and post-harvest handling directly influence cocoa quality. These results provide key information to improve collection processes and strengthen the competitiveness of Ecuadorian cocoa in specialized markets.

**Keywords:** Quality; variety; fermentation; post-harvest; characterization.

## 1. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao*) es un cultivo de gran importancia económica para los países ubicados en zonas tropicales (Cortez et al., 2024). Ecuador es el productor por excelencia de Cacao Arriba, fino y de aroma (63% de la producción mundial) proveniente de la variedad Nacional, su sabor ha sido reconocido durante siglos en el mercado internacional. Este tipo de grano es utilizado en todos los chocolates refinados (ANECACAO, 2024).

El cacao fino y de aroma tiene características distintivas de aroma y sabor, por lo que es buscado por los fabricantes de chocolate. Ecuador representa el 12% de la producción mundial de cacao. Según CMS (2024) Manabí se posiciona cómo la segunda provincia que más cacao produce a nivel nacional, con una producción de 71754 toneladas en 97360 hectáreas. Esta provincia es conocida por su tamaño, siendo la más extensa de la costa ecuatoriana y una de las más pobladas, con más de 1,5 millones de habitantes. La agricultura, en especial el cultivo de cacao es una parte esencial de la economía manabita, consolidando a la provincia como un referente en la producción de este cultivo a nivel nacional. Los atributos del grano de cacao están determinados por diversos factores, como la variedad (Marcucci et al., 2021) y las condiciones agroclimáticas, entre ellas la altitud, el tipo de suelo, el clima y el manejo postcosecha (Gil et al., 2021; Tuentler et al., 2020). Dentro de estos atributos, el porcentaje de testa es una característica que varía según el tipo de cacao y está influido, en gran medida, por la diversidad genética, un factor determinante en la cantidad de cascarilla. En el caso del cacao Nacional y la Colección Castro Naranjal (CCN51), los valores reportados para el porcentaje de testa se encuentran en un rango del 11% - 12% del peso total del grano, en concordancia con las referencias existentes (Ordoñez, 2019). Además, este porcentaje puede variar dependiendo de las prácticas de manejo postcosecha, un aspecto que también explica las diferencias significativas observadas entre los distintos tipos de fermentadores (Schilling, 2009).

La cantidad de testa o cascarilla está inversamente relacionada con el tamaño del grano. La calidad del grano de cacao es un factor clave para competir en el mercado mundial, ya

que esta engloba diversas características, como la composición nutricional, el contenido de polifenoles y la calidad fermentativa (López, 2022). El índice de testa es crucial para evaluar la calidad del grano de cacao ya que permite medir el porcentaje de cáscara en relación con la almendra. Un porcentaje elevado de testa puede estar asociado a una calidad inferior del grano, lo que podría causar pérdidas durante la producción y afectar negativamente la fermentación. Esta fermentación es fundamental para desarrollar los sabores y aromas característicos del cacao, lo que repercute directamente en su valor comercial (Andrade et al., 2019). El índice de testa es crucial para evaluar la calidad del grano de cacao ya que permite medir el porcentaje de cáscara en relación con la almendra. La importancia del método de fermentación con presecado para cacao CCN-51, desarrollado en 2002 por Jimmy Zea y Samuel Von Rutte, que transformó radicalmente la industria ecuatoriana, elevó las exportaciones de 99 mil toneladas anuales a 420 mil en dos décadas, estabilizó la calidad del grano al eliminar acidez y astringencia iniciales, equiparó ingresos entre productores de variedades Nacional y CCN-51, multiplicó por seis la productividad respecto a tradicionales, redujo costos para agricultores mediante entrega en fresco a exportadoras con fermentación controlada, y posicionó a Ecuador como líder mundial en cacao fino de aroma con trazabilidad, sostenibilidad y reputación global (La Rosa, 2025).

Esta investigación tuvo como objetivo determinar las características Físicas y Químicas de granos de cacao seco Nacional y CCN-51 en centros de acopio del cantón Bolívar.

## 2. Metodología

### Ubicación

La investigación se realizó en cuatro centros de acopio de cacao (Figura 1) y en el laboratorio integral de calidad de cacao ubicado en la carrera de Agroindustria de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (590531.01 m longitud Este y 9908639.31 m latitud Sur), ubicados en el cantón Bolívar, en la provincia de Manabí, Ecuador.

### Muestreo

Se tomaron un total de 30 lotes al azar por centro, obteniendo un total 120 muestras de cacao seco.

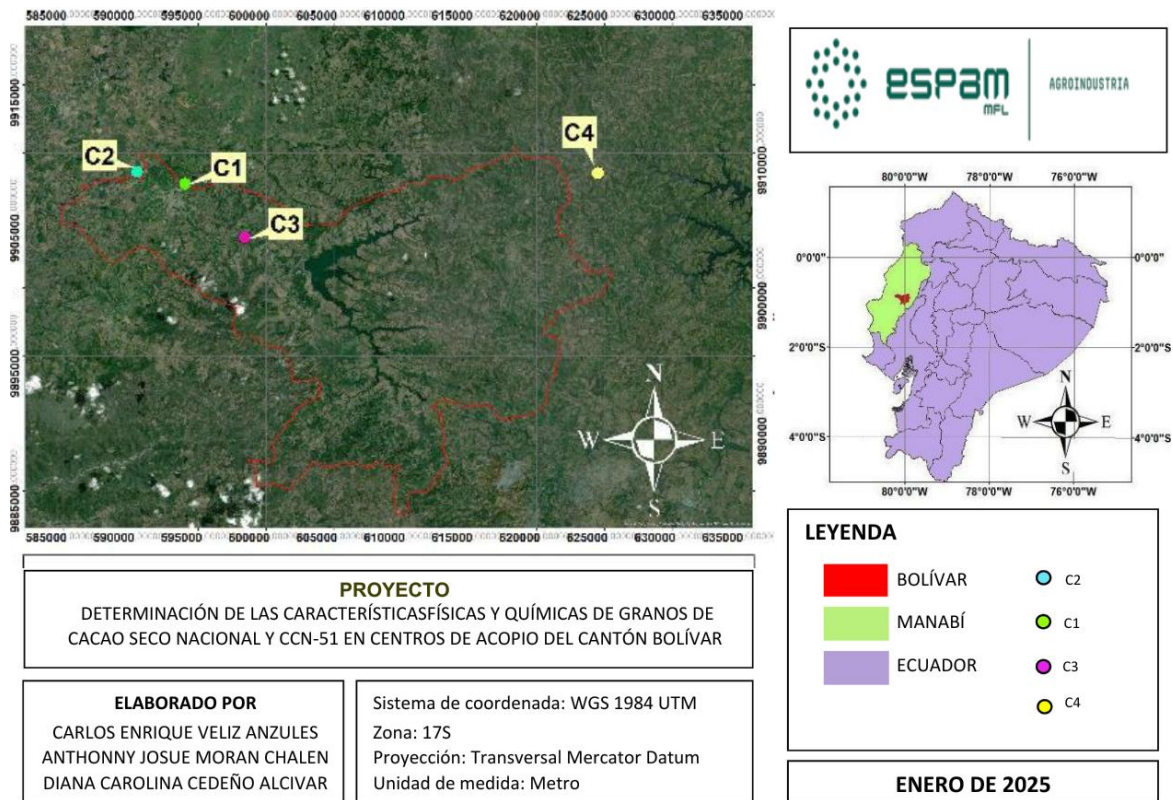


Figura 1. Ubicación geográfica de los centros de acopio: Cantón Bolívar / Figure 1. Geographic location of the collection centers: Bolívar Canton.

El tamaño de muestra se estimó mediante el software G\*Power 3.1.9.7 se realizó un análisis de varianza de una vía con una variable respuesta, utilizando un tamaño del efecto de rango large, lo

que permitió estimar un tamaño de muestra de 112 muestras de cacao, resultando una potencia estimada de la prueba de 0,9513019 (Figura 2) (Erdfelder et al. 1996).

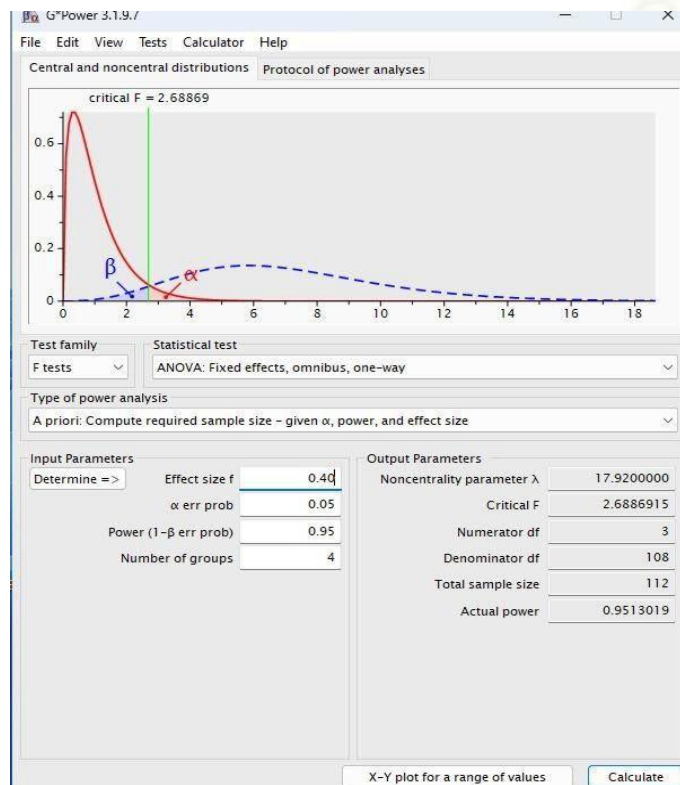


Figura 2. Cálculo del tamaño de la muestra mediante software G\*Power 3.1.9.7 / Figure 2. Sample size calculation using G\*Power 3.1.9.7 software.

## Metodología

### Determinación del contenido de humedad

Este parámetro se determinó mediante equipos como la termobalanza (Ohaus MB23/120H) o un aparato medidor de humedad para granos, se tomó una muestra representativa de los granos de cacao, se lo colocó en el equipo y se expresó el porcentaje de humedad de la muestra (Aguilar, 2016).

### Determinación de índice de semilla

Esta variable consistió en tener el peso promedio (g) de 300 almendras fermentadas y secas elegidas al azar, se calculó mediante la siguiente fórmula (Aguilar, 2016):

$$IS = \frac{\text{peso de 300 semillas y secas (g)}}{300}$$

### Determinación de índice de testa

La medición de esta variable consistió en determinar el porcentaje de cascarilla que tenían las muestras respecto al índice de semilla, utilizando la siguiente fórmula (Vera et al., 2014):

$$\text{Testa (\%)} = \frac{\text{peso de la testa}}{\text{peso de 30 almendras}} * 100$$

### Determinación de pH de testa

El valor del pH de la testa se registró en 30 almendras de cacao. Primero se retiró la testa del cotiledón; la testa fue triturada usando una licuadora Oster (BLST4655), por un lapso de 2 minutos y se agregó 50 mL de agua destilada en un vaso precipitado (Pyrex) y 10 g de la testa triturada, se colocó la muestra de la testa con el agua destilada en vaso precipitado (Pyrex) y estuvo por un tiempo de 30 minutos en la plancha agitadora (MS-H280-PRO). Con un potenciómetro (HANNA HI981039) se procedió a realizar la lectura del pH (Vera et al., 2014).

### Determinación de pH de cotiledón

El pH fue determinado de los cotiledones transformados en cacao en polvo, para lo cual se tomaron 10 g, se usaron 90 mL de agua destilada, se colocó la muestra de cacao en polvo con el agua destilada en un vaso precipitado (Pyrex) y estuvo un tiempo de 30 minutos en la plancha

agitadora (MS-H280-PRO). Las lecturas se realizaron con un potenciómetro (HANNA HI981039) (Jiménez et al., 2024).

### Determinación del peso de cotiledón (g)

La determinación del peso de cotiledón en granos de cacao se realizó tomando muestras representativas de los granos, eliminando la testa, y pesando los cotiledones de manera individual o en conjunto (Prado, 2019).

### Análisis de las características físicas y químicas

Se realizaron los análisis de las características físicas (Índice de testa, índice de semilla y peso de cotiledón) y químicas (Humedad, pH de testa y pH de cotiledón) de los granos de cacao en el laboratorio de Bromatología de la ESPAM MFL.

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico para comparar los grupos de cacao CCN-51 y Nacional en cuanto al índice de semilla, índice de testa y peso de cotiledón. Primero, se evaluó la normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk. Además, se verifico la homogeneidad de varianzas utilizando la prueba de Levene. Si los datos son normales y tienen varianzas homogéneas, se aplicó la prueba t de Student. En caso contrario, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney. Así mismo, si los datos siguen una distribución normal, se determinó el coeficiente de Pearson; de lo contrario, se utilizó el de Spearman.

## 3. Resultados y discusión

### Medición de las variables físicas y químicas de granos de cacao seco Nacional y CCN-51 en los centros de acopio empleando los requisitos de calidad establecidos en la norma INEN 176

La Tabla 1 presenta el reporte de la prueba de normalidad de la variable humedad en granos de granos de cacao seco Nacional y CCN-51 en los centros de acopio. Se evidencia que el centro de acopio PPSEP2024 presentó una distribución normal por lo que se procedió a realizar la prueba t de una muestra.

Tabla 1

Prueba de normalidad de la variable humedad en granos de granos de cacao seco Nacional y CCN-51 en los centros de acopio

Table 1

Normality test of the moisture variable in dry cocoa beans Nacional and CCN-51 at collection centers

Centro de acopio	n	p-valor (Shapiro-Wilk)	Prueba estadística según test de normalidad
ADMNOV2024	30	5,29×10 <sup>-6</sup>	Wilcoxon de una muestra (no paramétrica)
FDVNOV2024	30	2,11×10 <sup>-6</sup>	Wilcoxon de una muestra (no paramétrica)
KOOCT2024	30	7,03×10 <sup>-7</sup>	Wilcoxon de una muestra (no paramétrica)
PPSEP2024	30	5,24×10 <sup>-6</sup>	Prueba t de una muestra (paramétrica)

La Figura 3 muestra los resultados al comparar la variable humedad por centro con la NTE INEN 176, cual establece un porcentaje de humedad de 7%. Se revela un nivel elevado de humedad en PPSEP2024 (7,45%), representando un riesgo significativo de deterioro microbiológico durante el almacenamiento (este valor sobrepasa el límite establecido por la norma INEN 176, de 7%). Este exceso puede favorecer el desarrollo de hongos, levaduras y bacterias, especialmente bajo condiciones de almacenamiento prolongado o inadecuado. Subroto et al. (2023) argumenta que una gestión postcosecha adecuada incluyendo fermentación, secado y almacenamiento es esencial para preservar la calidad del grano, siendo el control de la humedad un factor crítico, recomendando mantenerla por debajo del 7%. En este sentido, el estudio de Ackah & Dompey (2021) respalda esta afirmación al demostrar que los granos de cacao deben secarse hasta alcanzar entre 6% y 8% de humedad (idealmente alrededor del 7%) para garantizar su estabilidad, evitando problemas como rancidez, rehidratación

y desarrollo de microorganismos. Además, se evidenció que métodos más eficientes, como el secado intermitente, permiten reducir la humedad más rápidamente y de forma homogénea, en comparación con el secado al sol, el cual puede ser menos efectivo y exponer los granos a contaminaciones. Por tanto, es crucial que los centros como PPSEP2024 adopten tecnologías de secado más controladas y refuercen el monitoreo de humedad, con el fin de garantizar el cumplimiento normativo y la conservación del producto durante su almacenamiento.

**Relación entre el manejo postcosecha de los centros de acopio y la humedad, pH de testa y pH de cotiledón**

En la Figura 4 se compara el pH del cotiledón entre las variedades de cacao evaluadas. La variedad CCN-51 presentó un valor promedio de pH de 5,28, mientras que la Nacional registró 5,22, evidenciando una ligera diferencia entre ambas. con un valor de 5,28, mientras que la variedad nacional 5,22.

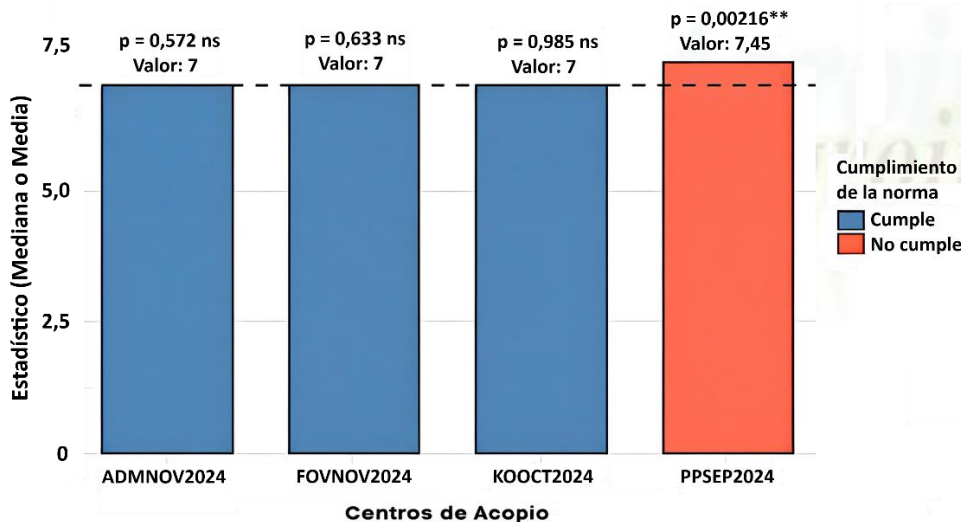


Figura 3. Comparación de la humedad por centro vs Norma INEN 176 / Figure 3. Comparison of humidity per center vs INEN Standard 176.

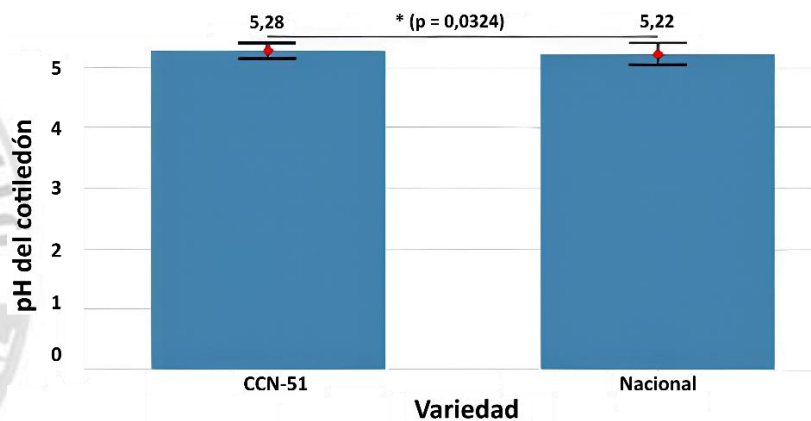


Figura 4. Muestra la comparación del pH del cotiledón entre las variedades de cacao / Figure 4. Shows the comparison of cotyledon pH between cocoa varieties.

En las provincias de Orellana y Sucumbíos (Ecuador) se analizó el pH del cotiledón, notando que era mayor en CCN-51 (= 5,61 en cajas) que en Nacional (= 4,96 en sacos), con diferencias que eran significativas estadísticamente (Capa et al., 2019). Este dato apoya lo que ya se había visto (CCN-51: 5,28 vs Nacional: 5,22,  $p = 0,0324$ ), confirmando que CCN-51 tiene menos acidez por dentro. Esta menor acidez en CCN 51 podría ser bueno para el sabor del grano, reduciendo sabores muy ácidos que afectan a la calidad del chocolate. Esto también lo confirma el estudio de Orbe Chamorro (2024), quien miró cómo la fermentación afecta a la actividad antioxidante del cacao ecuatoriano. Vio que CCN 51 no solo guarda más antioxidantes que Nacional, sino que también fermenta de forma más estable, lo que hace que se acumulen menos ácidos volátiles. Esta forma de fermentar está muy relacionada con tener un pH interno más alto, lo que coincide con lo que vemos en este estudio. En resumen, la menor acidez dentro del cotiledón en CCN 51 no es algo aislado, sino una característica propia de su genética y de cómo responde a la fermentación. Esta diferencia podría mejorar el sabor final y su aceptación en el mercado, sobre todo donde buscan sabores menos ácidos y más equilibrados. La Tabla 3 muestra el análisis de varianza (ANOVA) correspondiente a los efectos principales de Centro de acopio y Variedad sobre el pH de la testa. Los resultados indican que ambos factores ejercen una influencia significativa, lo que sugiere que las diferencias en el pH se deben tanto a la variedad de cacao como al centro de acopio evaluado.

La Figura 5 muestra la comparación del pH de la testa entre los centros de acopio. Se observa que el centro de acopio ADMNOV2025 y FDVNOV 2024 no presentan diferencias significativas registrando valores de pH de 5,32 y 5,35, respectivamente.

En este análisis, el centro KOOCT2024 exhibió un pH notablemente superior en la testa (5,9) frente a los otros centros (5,3), lo cual apunta a una menor acidez remanente en esta capa superficial del grano. Tal conducta podría vincularse a detalles técnicos propios de la fermentación, como una temperatura más alta o tiempos de fermentación extendidos. Como señalan Camargo et al. (2024), el pH de la testa suele subir durante la fermentación por la liberación y posterior dispersión de compuestos ácidos, proceso que mejora con temperaturas más altas y una agitación adecuada de la masa en fermentación.

Este resultado coincide con lo que informaron González et al. (2024), quienes en un estudio en la Amazonía colombiana notaron un aumento gradual del pH en la masa fermentativa desde el tercer día, coincidiendo con el punto crítico de temperatura del proceso (45 °C). Dicho aumento se relaciona con la metabolización de ácidos por levaduras y bacterias acéticas, lo que genera un entorno menos ácido en las capas externas del grano, como la testa. Por lo tanto, el pH más elevado que se aprecia en KOOCT2024 podría ser señal de una fermentación más activa y mejor controlada, que promueve un desarrollo químico más uniforme, lo cual tiene un impacto positivo en la calidad sensorial del cacao.

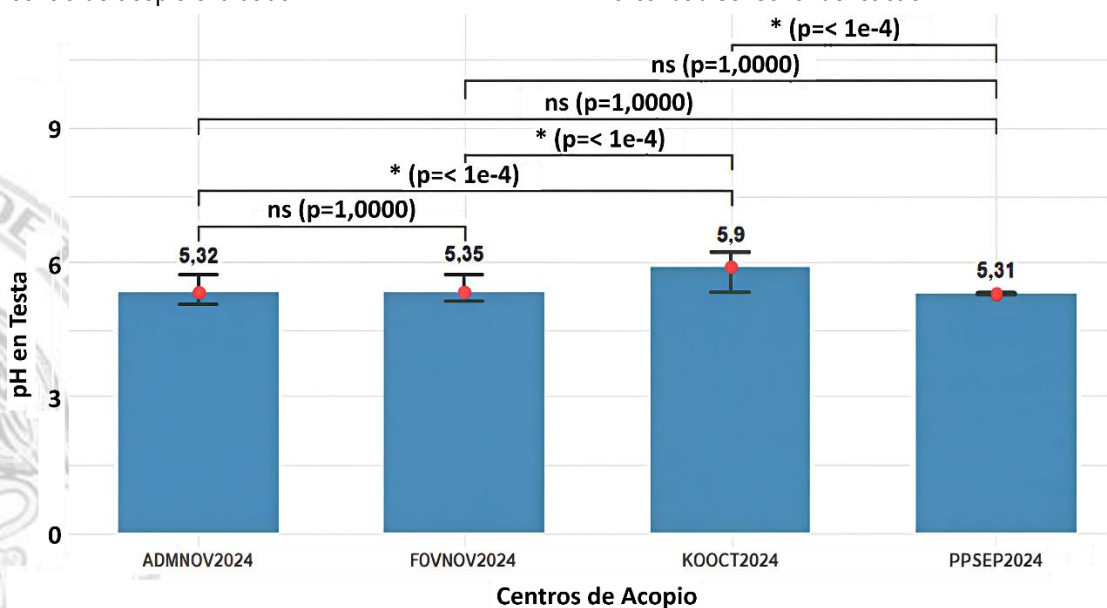


Figura 5. Muestra de la comparación del pH de la testa entre los centros de acopio / Figure 5. Sample of the comparison of the pH of the testa between the collection centers.

**Determinación de la relación entre variedades de cacao e índice de semilla, porcentaje de testa y peso de cotiledón**

La Tabla 2 muestra la relación entre las variables fisicoquímicas y las variedades de cacao CCN-51 y nacional. Se evaluó la correlación de Spearman entre el manejo postcosecha de los centros de acopio y las variables fisicoquímicas: Humedad, pH de testa y pH de cotiledón (Figura 6).

Se evidencia que existe una fuerte correlación positiva entre el índice de semilla y la variedad de cacao con un coeficiente igual a 0,867. Esto sugiere que el índice de semilla es un predictor clave en la clasificación de la variedad de cacao. También, se observa una fuerte correlación positiva de 0,756, lo que indica que, a mayor peso del cotiledón, mayor probabilidad de pertenecer a cierta variedad. Asimismo, el índice de semilla y el peso de cotiledón están altamente correlacionada con un coeficiente igual a 0,853.

Se observa una correlación positiva moderada entre la variable variedad y la humedad, con un coeficiente de 0,359. La humedad podría estar relacionada con la variedad de cacao.

El índice de semilla y el peso del cotiledón presentan una correlación positiva moderada con la humedad (coeficientes de 0,335 y 0,322, respectivamente), lo que sugiere que podrían influir indirectamente sobre la variedad, aunque su efecto directo no es tan marcado.

Se presenta una correlación negativa moderada (-0,615) entre el peso del cotiledón y el porcentaje de testa, lo que indica que, a mayor peso del cotiledón, menor porcentaje de testa, siendo variables inversamente complementarias.

La relación entre la variedad de cacao y el pH del cotiledón es débil y positiva, con un coeficiente de 0,222. Entre la variedad de cacao y el pH de la testa se observa una correlación débil negativa, con un coeficiente de -0,115.

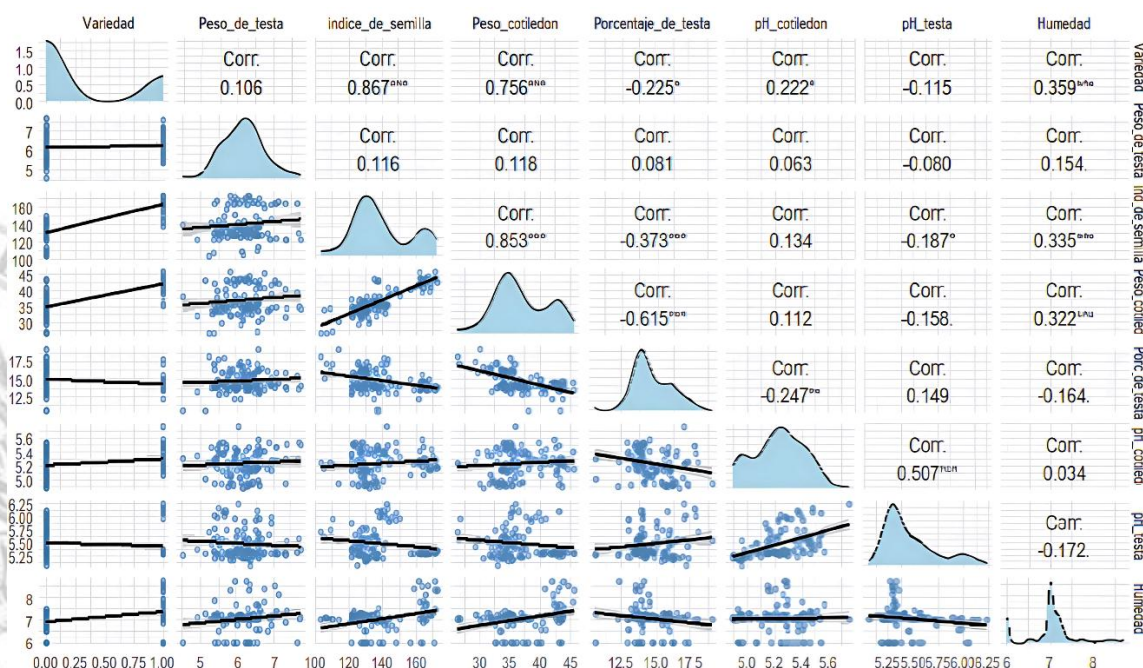
**Tabla 2**

Coeficientes de correlación ( $\rho$ ) y clasificación de la relación entre variables de cacao

**Table 2**

Correlation coefficients ( $\rho$ ) and classification of the relationship between cocoa variables

Variables relacionadas	Coeficiente ( $\rho$ )	Clasificación
Variedad – Índice de semilla	0,867	Fuerte positiva
Variedad – Peso cotiledón	0,756	Fuerte positiva
Índice de semilla – Peso cotiledón	0,853	Fuerte positiva
Variedad – Humedad	0,359	Moderada positiva
Índice de semilla – Humedad	0,335	Moderada positiva
Peso cotiledón – Humedad	0,322	Moderada positiva
Peso cotiledón – % de testa	-0,615	Moderada negativa
Variedad – pH cotiledón	0,222	Débil positiva
Variedad – pH testa	-0,115	Débil negativa



**Figura 6.** Relación entre variables fisicoquímicas y variedad / **Figure 6.** Relationship between physicochemical variables and variety.

La matriz muestra que el peso de la semilla presenta una relación muy fuerte con el índice de semilla ( $r = 0,85^{**}$ ) lo que indica que las semillas más voluminosas suelen ser más altas o relativas. Este patrón es coherente con lo reportado por Rojas et al. (2020), quienes identificaron una relación estrecha entre el peso de la semilla y las características físicas, como el índice y el tamaño en los clones comerciales de cacao, y señaló que estas propiedades determinan la calidad final del grano. Así mismo el peso de cotiledón tuvo una correlación positiva con el peso y el índice de semilla ( $0,75^*$ ). Esto coincide con las observaciones de Dzelagha et al. (2020), quienes enfatizaron que los cotiledones más grandes generalmente son de semillas con mayor calibre y rendimiento, del mismo modo la humedad mostró correlación positiva con el peso de la semilla ( $0,35^{**}$ ), y similar a lo encontrado por Ackah & Dompey (2021), donde un mayor peso estuvo asociado a retención hídrica en distintas etapas de fermentación y secado.

Por otro lado, el pH del cotiledón mostró una relación inversa con su peso (alrededor de  $-0,61$ ), lo que insinúa que los cotiledones más grandes suelen ser más ácidos. Esto lo contradice Priambodo et al. (2022) quienes, usando espectroscopía Vis-NIR, notaron que un cotiledón grande no siempre significa un pH bajo, y disminuyeron las diferencias de fermentación y el secado. Estas diferencias en los resultados podrían ser como el clima, la genética y cómo se procesa después de la cosecha, como señala Rojas et al. (2020), en su análisis sobre como el procesamiento afecta la acidez y los químicos del grano. En resumen, los datos muestran que las características físicas del cacao (peso, índice y humedad) están muy conectadas, mientras que las químicas, como el pH, dependen de muchos factores externos, lo que confirma en parte lo que se ha dicho recientemente y ayuda a mejorar el manejo postcosecha.

#### 4. Conclusiones

El estudio permitió identificar diferencias notables entre el cacao Nacional y el CCN-51 en cuanto características físicas del grano, así como en parámetros químicos. Estos resultados demuestran que cada variedad posee atributos específicos que pueden influir en su calidad final y destino comercial. Por lo tanto, es fundamental que los centros de acopio del cantón Bolívar realicen una característica diferenciada, con el fin de preservar la calidad y valor agregado de cada tipo de cacao.

La eficacia del proceso de fermentación y secado está dirigida en la optimización del perfil físico-químico del cacao CCN-51 y Nacional en Manabí, posicionando esta metodología como herramienta clave para elevar la competitividad de la producción local frente al liderazgo ecuatoriano, futuras investigaciones deben escalar estos hallazgos mediante ensayos de campo multicéntricos en plantaciones comerciales del país, evaluando la integración de microorganismos eficientes identificados con tecnologías de trazabilidad para certificar calidad en mercados, así como pruebas de longevidad en almacenamiento que validan la estabilidad de la post-fermentación.

#### Referencias bibliográficas

- Ackah, E., & Dompey, E. (2021). Effects of fermentation and drying durations on the quality of cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans during the rainy season in the Juaboso District of the Western North Region, Ghana. *Egyptian Journal of Experimental Biology (Botany)*, 45. <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00634-7>
- Aguilar, H. (Ed.). (2016). *Manual para la evaluación de la calidad del grano de cacao*. Honduras.
- Andrade-Almeida, J., Rivera-García, J., Chire-Fajardo, G. C., & Ureña-Peralta, M. O. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1–12. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n4.529>
- ANECACAO. (2024). *Tipos de cacao*. <https://anecacao.com/cacao-en-el-ecuador/tipos-de-cacao/>
- Camargo, I., Rodríguez, L., Olejua, R., Montenegro, A., & Quintana, L. (2024). High temperature and nib acidification during cacao-controlled fermentation improve cadmium transfer from nibs to testa and the liquor's flavor. *Scientific Reports*, 14, 62609. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62609-8>
- Capa, M. C. S., Ramón, C. M., Tierras, Y. B. V., Cachiguango, R. A. B., Cárdenas, A. S. C., & Romero, C. A. R. (2019). Evaluation of the cocoa bean (*Theobroma cacao* L.), using two fermentators, Orellana and Sucumbios Provinces, Ecuador. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(7). <https://doi.org/10.17577/IJERTV8IS070154>
- CMS, A. (2024, 2 de noviembre). Las provincias ecuatorianas líderes en la producción de cacao. *Forbes Ecuador*.
- Cortez, D., Flores, M., Calampa, L., Oliva-Cruz, M., Goñas, M., Meléndez-Morí, J. B., & Chavez, S. G. (2024). From the seed to the cocoa liquor: Traceability of bioactive compounds during the postharvest process of cocoa in Amazonas-Peru. *Microchemical Journal*, 201, 110607. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.110607>
- Dzelagha, B. F., Ngwa, N. M., & Nde Bup, D. (2020). A review of cocoa drying technologies and the effect on bean quality parameters. *International Journal of Food Science*, 2020(1), 8830127. <https://doi.org/10.1155/2020/8830127>
- Erdfelder, E., Faul, F., & Buchner, A. (1996). GPOWER: A general power analysis program. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 28(1), 1–11. <https://doi.org/10.3758/BF03203630>
- Gil, M., Uribe, D., Gallego, V., Bedoya, C., & Arango-Varela, S. (2021). Traceability of polyphenols in cocoa during the postharvest and industrialization processes and their biological antioxidant potential. *Heliyon*, 7(8), e07776. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07776>
- González, A. F. R., García, G. A. G., Polanía-Hincapié, P. A., López, L. J., & Suárez, J. C. (2024). Fermentation and its effect on the physicochemical and sensory attributes of cocoa beans in the Colombian Amazon. *PLOS ONE*, 19(10), e0306680. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306680>

- Jiménez, J., Rodríguez, G., Saltos, R., Brito, B., Espín, H., & Samaniego, I. (2024). *Mejoramiento y homologación de los procesos y protocolos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café*. INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue.
- La Rosa, L. V. de. (2025). La tecnología de fermentación que transformó el cacao ecuatoriano y multiplicó por cuatro su producción. *KCH FM*.
- López-Hernández, M. D. P., & Criollo-Nuñez, J. (2022). Cambios fisicoquímicos en la fermentación y secado de materiales de cacao en Colombia. *Ciencia en Desarrollo*, 13(2), 25–34. <https://doi.org/10.19053/01217488.v13.n2.2022.14214>
- Marcucci, M. C., Gonç, A., Silva Alves, F. da, Gonç, C. P., Sawaya, A. C. H. F., Alonso, R. C. B., Oliveira, M. M. de, & Barbin, D. F. (2021). Parámetros de calidad, contenidos de cafeína y teobromina y actividad antioxidante del chocolate artesanal y comercial de Brasil. *Open Access Library Journal*, 8(5), 1–18. <https://doi.org/10.4236/oalib.1107377>
- Orbe Chamorro, M., Manosalvas-Quiroz, L.-A., Pinto Mosquera, N. P., & Samaniego, I. (2024). Effect of fermentation parameters on the antioxidant activity of Ecuadorian cocoa (*Theobroma cacao* L.). *AIMS Agriculture and Food*, 9(3), 677–692. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2024047>
- Ordoñez Choez, S. J. F. (2019). Cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) de líneas híbridas para la. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos*, 136–141.
- Ortiz, Y. C. (2021). *Caracterización de cacao*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Prado, F. (2019). *Caracterización agronómica y morfológica de fruto y semilla de cuatro clones promisorios de cacao (Theobroma cacao L.)*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Priambodo, Saputro, Reza Pahlawan, M. F., Dwi Saputro, A., & Evi Masithoh, R. (2022). Determination of acid level (pH) and moisture content of cocoa beans at various fermentation level using visible near-infrared (Vis-NIR) spectroscopy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 985(1), 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/985/1/012045>
- Rojas, K. E., García, M. C., Cerón, I. X., Ortiz, R. E., & Tarazona, M. P. (2020). Identification of potential maturity indicators for harvesting cacao. *Heliyon*, 6(2), e03416. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03416>
- Schilling, R. (2009). *Manual para el manejo de cosecha, postcosecha y clasificación de cacao*. Honduras.
- Subroto, E., Djali, M., Indiarto, R., Lembong, E., & Baiti, N. (2023). Microbiological activity affects post-harvest quality of cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans. *Horticulturae*, 9(7), 805. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070805>
- Tuenter, E., Delbaere, C., De Winne, A., Bijttebier, S., Custers, D., Foubert, K., & Pieters, L. (2020). Non-volatile and volatile composition of West African bulk and Ecuadorian fine-flavor cocoa liquor and chocolate. *Food Research International*, 130, 108943. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108943>
- Vera Chang, J., Vallejo Torres, C., Párraga Moran, D., Morales Rodríguez, W., & Macías Véliz, J. (2014). Atributos fisicoquímicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

