



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA (NPK) Y FOLIAR A
BASE DE BORO (B), ZINC (Zn) Y CALCIO (Ca) SOBRE LA
PRODUCCIÓN DEL CACAO (*Theobroma cacao*), SIMÓN
BOLIVAR, GUAYAS**

AUTOR

TORRES VARGAS MARLON OMAR

TUTOR

ING. JAMA AVEIGA EDUARDO ALBERTO M.Sc.

MILAGRO, ECUADOR

2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: “EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA (NPK) Y FOLIAR A BASE DE BORO (B), ZINC (Zn) Y CALCIO (Ca) SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL CACAO (*Theobroma cacao*), SIMÓN BOLIVAR, GUAYAS” realizado por el estudiante TORRES VARGAS MARLON OMAR; con cédula de identidad N° 0955730619 de la carrera AGRONOMIA, Ciudad Universitaria Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

ING. JAMA AVEIGA EDUARDO ALBERTO M.Sc.
TUTOR

Milagro, 24 de abril del 2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA (NPK) Y FOLIAR A BASE DE BORO (B), ZINC (Zn) Y CALCIO (Ca) SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL CACAO (*Theobroma cacao*), SIMÓN BOLIVAR, GUAYAS”, realizado por el estudiante TORRES VARGAS MARLON OMAR, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING. MARTINEZ CARRIEL TAYRON, M.Sc
PRESIDENTE

Ph.D. GAVILANEZ LUNA FREDDY
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. CEDEÑO BERMEJO JESSICA, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Milagro, 24 de abril del 2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, Blanca y Marlon, quienes han sido el pilar fundamental de mi formación personal y profesional. Su esfuerzo, apoyo incondicional y confianza constante han sido la motivación principal para culminar esta etapa académica.

Agradecimiento4

Expreso mi sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron al desarrollo de esta investigación, por su orientación, apoyo técnico y acompañamiento durante el proceso. Su colaboración fue fundamental para alcanzar los objetivos planteados y culminar satisfactoriamente este trabajo.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo TORRES VARGAS MARLON OMAR, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre “EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA (NPK) Y FOLIAR A BASE DE BORO (B), ZINC (Zn) Y CALCIO (Ca) SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL CACAO (*Thebroma cacao*), SIMÓN BOLIVAR, GUAYAS” para optar el título de INGENIERO EN AGRONOMIA, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 24 de abril del 2026

TORRES VARGAS MARLON OMAR

C.I.0955730619

RESUMEN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao*.) constituye una actividad de alta importancia económica y social en la provincia del Guayas; sin embargo, su productividad se ve limitada por deficiencias nutricionales asociadas a un manejo inadecuado de la fertilización. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la fertilización edáfica con base en NPK combinada con aplicación foliar de boro (B), zinc (Zn) y calcio (Ca) sobre la producción de cacao en el cantón Simón Bolívar. La investigación se desarrolló bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, evaluándose variables productivas como diámetro de mazorca, número de mazorcas por planta, número de semillas por mazorca, rendimiento (kg/ha) y la relación beneficio/costo. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, destacándose aquellos con mayores dosis de NPK complementadas con fertilización foliar, los cuales incrementaron el diámetro de las mazorcas hasta en un 29,9%, el número de mazorcas por planta en un 45,8%, y el rendimiento hasta en un 40,9% respecto al tratamiento testigo. Asimismo, estos tratamientos presentaron las mejores relaciones beneficio/costo, alcanzando valores superiores a 1,70. Se concluye que la fertilización edáfica combinada con aplicación foliar de B, Zn y Ca mejora significativamente la productividad y rentabilidad del cultivo de cacao, por lo que se recomienda su implementación como una alternativa técnica y económicamente viable para los productores de la zona de estudio.

Palabras clave: cacao, fertilización edáfica, fertilización foliar, rendimiento, rentabilidad.

ABSTRACT

Cocoa (*Theobroma cacao*.) is a crop of high economic and social importance in the province of Guayas; however, its productivity is often limited by nutritional deficiencies associated with inadequate fertilization management. In this context, the objective of this study was to evaluate the effect of soil fertilization based on NPK combined with foliar application of boron (B), zinc (Zn), and calcium (Ca) on cocoa production in the Simón Bolívar canton. The research was conducted under a randomized complete block experimental design, with five treatments and four replications. Productive variables such as pod diameter, number of pods per plant, number of seeds per pod, yield (kg/ha), and the benefit–cost ratio were evaluated. The results showed statistically significant differences among treatments, with those receiving higher NPK doses combined with foliar fertilization standing out. These treatments increased pod diameter by up to 29.9%, the number of pods per plant by 45.8%, and yield by up to 40.9% compared to the control treatment. In addition, the highest benefit–cost ratios were obtained, with values above 1.70. It is concluded that soil fertilization combined with foliar application of B, Zn, and Ca significantly improves cocoa productivity and profitability, and therefore its implementation is recommended as a technically and economically viable alternative for cocoa producers in the study area.

Keywords: cocoa, soil fertilization, foliar fertilization, yield, profitability.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
Dedicatoria	iv
Agradecimiento.....	v
Autorización de Autoría Intelectual	vi
INDICE DE TABLA.....	xii
INDICE DE FIGURA	xiii
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1.Antecedentes del problema	15
1.2.Planteamiento y formulación del problema	16
1.3.Justificación de la investigación	17
1.4.Delimitación de la investigación	18
1.5.Objetivo general.....	18
1.6.Objetivos específicos	19
1.7.Hipótesis.....	19
2. MARCO TEÓRICO	20
2.1.Estado del arte.....	20
2.2.Bases Teóricas	22
2.2.4.1. Raíz.....	23
2.2.4.2. Tallo.	23
2.2.4.3. Fruto.....	24
2.2.5.1. Humedad y suelo.....	24

2.2.6.1.	Boro.....	25
2.2.6.2.	Zinc.	26
2.2.6.3.	Calcio.	26
2.2.6.4.	Nitrógeno.....	27
2.2.6.5.	Fósforo.	27
2.2.6.6.	Potasio.	28
2.3.	Marco Legal.....	28
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1.	Enfoque de investigación.....	31
3.2.	Metodología.....	32
	Conversión	33
3.2.4.1.	Recursos.	34
3.2.4.2.	Métodos y técnicas.....	34
4.	RESULTADOS	36
4.1.	Influencia de la fertilización edáfica y foliar en los frutos	36
4.1.1.	Diámetro promedio de las mazorcas.....	36
4.2.	Respuesta productiva del cultivo	37
4.2.1.	Número de mazorcas por planta	37
4.2.2.	Número promedio de semillas por mazorca.....	38
4.2.3.	Rendimiento del cultivo de cacao	40
4.3.	Rentabilidad de los tratamientos evaluados	41
4.3.1.	Relación beneficio/costo de los tratamientos.....	41
5.	DISCUSIONES.....	43
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
6.1.	Conclusiones	46

6.2.Recomendaciones	46
7. BIBLIOGRAFIA.....	48
ANEXOS	53

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Tratamientos para evaluarse	33
Tabla 2. Análisis de varianza.....	35
Tabla 3. Diámetro promedio de mazorcas de cacao	37
Tabla 4. Numero promedio de mazorcas por plantas.....	38
Tabla 5. Numero promedio de semillas por mazorca	39
Tabla 6. Rendimiento promedio del cultivo de cacao	40
Tabla 7. Relación beneficio/costo de los tratamientos.....	41
Tabla 8. Libreta de campo variable número de mazorcas.....	55
Tabla 9. Libreta de campo variable número de mazorcas.....	53
Tabla 10. Libreta de campo variable número de semilla por mazorca	57
Tabla 11. Libreta de campo variable peso mazorca y semillas (rendimientos)	60
Tabla 12. Tratamientos considerados	63
Tabla 13. Simbología de tratamientos.....	64

INDICE DE FIGURA

Figura. 1 Diámetro de mazorcas	53
Figura. 2 Diámetro de mazorcas	54
Figura. 3 Conteo de mazorcas por planta	55
Figura. 4 Número de mazorcas por planta	56
Figura. 5 Conteo número de semillas por mazorca	57
Figura. 6 Número semillas por mazorca.....	58
Figura. 7 Peso de cacao seco, húmedo y mazorca.....	60
Figura. 8 Gráfica estadística Rendimiento de cultivo Rendimiento de cultivo	61
Figura. 9 Escala de mazorcasEscala de mazorcas	62
Figura. 10 Letrero distintivo de área experimental	62
Figura. 11 Croquis experimental Croquis experimental.....	64
Figura. 12 Ubicación Geográfica del Área experimenta	65
Figura. 13 Ficha técnica del Calcio, Boro, Zinc	66
Figura. 14 Ficha técnica del Calcio, Boro, Zinc	67
Figura. 15 Ficha técnica del Cacao Producción (NPK)	68
Figura. 16 Ficha técnica del Cacao Producción (NPK)	69
Figura. 17 Cacao de producción (NPK) Certificado de registro por Agrocalidad...70	70
Figura. 18 Calcio, Boro, Zinc Certificado de registro por Agrocalidad.....	71
Figura. 19 Cultivo de cacao – Área experimental.....	72
Figura. 20 Manejo cultural del ensayo.....	72
Figura. 21 Monitoreo y toma de datos	73
Figura. 22 Aplicación de fertilizantes	73
Figura. 23 Recolección de frutos.....	74
Figura. 24 Toma de datos peso de granos	74

Figura. 25 Dosificación de tratamientos.....	75
Figura. 26 Labores de mantenimiento	75
Figura. 27 Aplicación de fertilizante por tratamiento	76
Figura. 28 Monitoreo de cultivo.....	76
Figura. 29 Toma de datos número de mazorcas	77
Figura. 30 Toma de datos número de granos por mazorca	77
Figura. 31 Área experimental.....	78
Figura. 32 Revisión docente guía	78
Figura. 33 Visita docente guía	79
Figura. 34 Datos tomados en campo. Medición de variables.....	79

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes del problema

Por mucho tiempo, el origen del cacao, este producto tan emblemático y valorado en todo el mundo, ha generado investigaciones, debates entre expertos y un sentimiento de identidad cultural en varias regiones de América. Sin embargo, según datos arqueogenómicos se ha revelado que el cacao no nació en Mesoamérica, como se pensaba habitualmente, sino en la Amazonía ecuatoriana (Yalilé, 2025).

Caracterizado por su delgado tronco, el cultivo de cacao se ha convertido en uno de los pilares económicos de la parroquia de Lorenzo de Garaicoa. Aunque pertenece a una especie limitada, esta planta puede alcanzar alturas de cuatro a ocho metros y diámetros de cinco a veinte centímetros. Crece en mazorcas que brotan directamente del tronco; sus flores son pequeñas y su color varía del amarillo pálido al rosa. Utilizado para la producción de chocolate, el cacao tiene un aroma delicioso.

También tiene aplicaciones en el sector cosmético, ya que aporta suavidad e hidratación a la piel (Abad, Acuña, y Efraín, 2020). Varios estudios han demostrado que, además de los nutrientes esenciales, el tratamiento foliar con elementos secundarios, como el boro (B), el zinc (Zn) y el calcio (Ca), puede corregir ciertas deficiencias, promover la floración y retrasar la caída del fruto, todos factores cruciales para el rendimiento del cacao (Sotomayor, 2024).

A pesar de su importancia, el establecimiento, desarrollo y manejo del cultivo de cacao se ha limitado a técnicas culturales simples y, en el mejor de los casos, al uso de programas de fertilización y controles fitosanitarios muy generales y uniformes (López y Otto, 2021).

Una de las principales características de la planta de cacao es su capacidad de producir flores y frutos desde la base de su tronco. En condiciones silvestres la densidad de las plantas de cacao es baja, es decir, el radio de separación entre planta y planta es lejano, en un promedio de cinco plantas por hectárea, contrario a las condiciones en producción donde se puede tener hasta mil plantas por hectárea. La fructificación es alrededor del 3% ya que la mayoría de las flores no llegan a cuajar o no llegan a un estado de desarrollo (Kapalia, 2021).

1.2. Planteamiento y formulación del problema

1.2.1. Planteamiento del problema

Dada la relevancia que tiene en la producción de diferentes productos, como el chocolate, y en la elaboración de otros bienes, los agricultores de Simón Bolívar, Garaicoa deben incrementar sus cosechas para mejorar la economía familiar del área. En este contexto, este trabajo sugiere examinar la aplicación de fertilizantes (foliares y edáficos) en las hojas de las plantas y la tierra, con el fin de asegurar que las plantas sostengan una producción agrícola adecuada. La dosis de boro (B), zinc (Zn) y calcio (Ca) a aplicar, ya sea de forma foliar o edáfica, según el tipo de cultivo, la etapa de crecimiento y las características del suelo, estimula la formación de flores más fértiles y frutos bien cuajados.

El boro es importante para que las flores se formen correctamente y las semillas se desarrollen. Si hay poca cantidad de boro, el polen puede volverse menos viable y los tubos de polen no crecerán bien. Esto puede causar frutos deformes y vainas con problemas. También puede haber un cambio de color a marrón en las vainas. Es crucial confirmar cualquier deficiencia de boro cuando se vean vainas deformadas y descartar que la causa sea el insecto *Bathycoelia thalassina*, que también puede causar malformaciones (Borja, 2025).

Es crucial considerar las recomendaciones específicas para cada producto y tipo de cultivo, la comprensión de técnicas para el cultivo de cacao ayuda a mejorar la producción y adaptarse a sus condiciones. Se utilizan métodos de reproducción sexual y asexual, siendo la siembra directa en el campo y el uso de semilleros las opciones más comunes (Alarcón, 2024).

En el cultivo de cacao, los nutrientes que la planta requiere en mayor cantidad son principalmente el potasio (K), el nitrógeno (N) y el fósforo (P). Asimismo, también son importantes algunos nutrientes secundarios como el calcio (Ca), el azufre (S) y el magnesio (Mg), ya que todos estos elementos participan activamente en los procesos metabólicos y en el adecuado desarrollo de la planta (García y Paredes, 2021).

1.2.2. Formulación del problema

¿Qué impacto tendrán estas dos modalidades de fertilización, tanto en el suelo (edáfico) como en las hojas (foliar), sobre el cultivo de cacao en Lorenzo de Garaicoa?

1.3. Justificación de la investigación

La aplicación de fertilizantes es un elemento crucial en el cultivo de cacao, y su conexión con la calidad y la cantidad de las semillas es evidente. Un manejo correcto de la fertilización puede ser determinante para lograr un cultivo vigoroso y rentable (Sotomayor, 2024). Los abonos ofrecen a los cultivos de cacao los elementos necesarios que faltan en la tierra en cantidades adecuadas o que ya se han consumido. Los fertilizantes minerales pueden solucionar cualquier falta de nutrientes en el terreno (Moran, 2025). Lograr cacao de excelente calidad y en grandes cantidades en Lorenzo de Garaicoa depende en gran medida de aplicar técnicas de cultivo efectivas.

La manera en que se lleva a cabo la poda, la gestión de la sombra y la fertilización tiene un impacto positivo en la calidad del grano. Cuidar adecuadamente el suelo y las hojas asegura que los granos alcancen un tamaño y peso ideales. Si la fertilización no es la adecuada, los granos serán pequeños y ligeros, lo que reducirá la producción general. Una producción óptima debería estar entre el 92% y el 95% de cacao de alta calidad. Sin un manejo adecuado, esta cifra podría caer hasta un 80%, lo que afectaría negativamente a la cooperativa. Asimismo, para reducir la aparición de enfermedades o el ataque de plagas se debe de realizar una poda y regulación de la sombra bien ejecutadas (Nutresa, 2021).

1.4. Delimitación de la investigación

Espacio: El estudio se desarrollará en la zona agrícola, Parroquia Lorenzo de Garaicoa del cantón Simón Bolívar, Provincia del Guayas, las cuales sus coordenadas geográficas son: 2°09'24"S 79°53'15"O.

Tiempo: La investigación presente tendrá una duración estimada de cinco meses.

Población: Los resultados obtenidos podrán servir como referencia para los productores de cacao del área de estudio, así como para estudiantes de agronomía, técnicos del sector agrícola y cualquier persona interesada en el tema.

La parroquia Lorenzo de Garaicoa, también conocida como El Pedregal, se encuentra en el cantón Simón Bolívar en la provincia del Guayas en Ecuador. Limita al norte con el río Chilintomo y Estero Río Chico, al sur con el ancho de Inés María, al este con el río Amarillo o Chaga y el oeste con el camino que conduce a La Libertad, incluidas granjas como María Isabel y Santo Domingo.

1.5. Objetivo general

Evaluar el efecto combinado de la fertilización edáfica NPK y foliar con base

en boro, zinc y calcio sobre la producción de cacao.

1.6. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de fertilización edáfica y foliar en el tamaño de los frutos del cacao
- Valorar la respuesta del cultivo a la aplicación de nutrientes edáfico mediante el número de frutos producidos, peso de los granos y rendimiento.
- Establecer la rentabilidad de los tratamientos evaluados a través de la relación beneficio/costo.

1.7. Hipótesis

La aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio va a variar según los tratamientos; junto a los nutrientes aplicados al follaje, como el B, Zn y Ca serán de (1L/T), incrementan la productividad del cacao hasta en un 5%; bajo las condiciones agrícolas de Simón Bolívar en la provincia del Guayas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estado del arte

Según Escobar (2023), es posible incrementar el número de mazorcas de cacao por árbol aplicando una dosificación de Ca (1.0 L/ha) con B (500 g/ha), más fertilización edáfica a base nitrógeno, fósforo y potasio (1567.42 kg/ha). Esto coincide con lo reportado en un estudio sobre fertilización edáfica complementada con calcio y boro en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao.*), realizado en la zona agrícola de Milagro. En dicha investigación se identificaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados, registrándose un promedio de 34 mazorcas por planta en los tratamientos fertilizados, mientras que el tratamiento testigo, sin aplicación de nutrientes, alcanzó únicamente 19,0 mazorcas por planta. Además, el estudio presentó un nivel adecuado de confiabilidad, evidenciado por un coeficiente de variación de 3,42 %.

Según Rodríguez (2024), la aplicación de zinc al 6,78% en dosis de 1 L (T5) y 0,5 L (T6), pueden favorecer mazorcas de cacao con un diámetro de 8 cm. En comparación, el tratamiento de boro al 5,4% (en dosis de 1 L y 0,5 L) alcanzó un diámetro ligeramente menor, con un promedio de 7,33 cm. En relación con la longitud de las mazorcas, los tratamientos que incluyeron zinc (T5 y T6) presentaron los mejores resultados, alcanzando una longitud promedio de 21 cm. En contraste, el tratamiento con boro (5,4 %, 0,5 L) registró una longitud promedio de 19 cm. Los resultados evidenciaron una baja variabilidad en los datos, reflejada en un coeficiente de variación de 3,25 %, además de mostrar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p = 0,0161$).

De acuerdo con Rosado (2023), al evaluar el número de mazorcas por planta de cacao se obtuvieron distintos promedios entre los tratamientos.

El análisis de varianza mostró un coeficiente de variación de 6,44 % y un valor de $p < 0,0001$, el cual es menor al nivel de significancia de 0,05. En consecuencia, se rechazó la hipótesis nula y se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, destacándose uno de ellos por presentar el mayor rendimiento en número de mazorcas por planta. fue T2 (Fertilización foliar) con un valor de 42.40 mazorcas, y luego continuó T1 (Fertilización edáfica), con una cantidad de mazorca igual a 40.39. La atención a los menores fue la media: T4 (Testigo absoluto) con 29.48 como número de mazorca.

El estudio financiero o económico de los tratamientos se basó en la evaluación del rendimiento, el rendimiento ajustado, los costos y los beneficios generados por las variables analizadas con el propósito de determinar la rentabilidad. En este sentido, el Tratamiento 1, que consistió en la aplicación de nutrientes minerales como sulfato de zinc y sulfato de calcio, mostró una rentabilidad de 0,97 por la inversión de cada dólar, evidenciando un mejor desempeño económico frente al tratamiento testigo, el cual alcanzó una rentabilidad de 0,76 dólares (Fajardo, 2021).

Siguiendo a Haro (2022), el análisis de beneficio–costo se basó en el rendimiento del cultivo, los costos totales de la plantación, los insumos utilizados, el ingreso bruto obtenido (de acuerdo con el precio del cacao) y los beneficios derivados de las variables analizadas. Los resultados evidenciaron que todos los tratamientos evaluados generaron rentabilidad. Sin embargo, el tratamiento que presentó la mejor relación beneficio–costo fue el T3, correspondiente a la aplicación combinada de boro y micorrizas, con un valor de \$1,73. Esto indica que por cada dólar invertido en el cultivo, el productor obtiene una ganancia de \$0,73. En

comparación, los tratamientos T1 y T2 registraron relaciones de \$1,63 y \$1,51, respectivamente, mientras que el tratamiento testigo presentó el valor más bajo, con \$1,46.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Origen del cultivo de Cacao

La planta de cacao proviene de las selvas tropicales de América y hoy en día se cultiva en África, India y el sudeste asiático. Necesita un clima cálido, con alta humedad y sombra. Las semillas son ricas en almidón, proteínas, grasas y otros nutrientes, además de contener teobromina y cafeína, dos alcaloides que les aportan un sabor y un aroma únicos (Nogales, 2024).

2.2.2. Características del cultivo

El árbol que produce el cacao, conocido científicamente como *Theobroma cacao.*, es una planta tropical perenne originaria de la región amazónica y pertenece a la familia Malvaceae. Esta especie es una de las más cultivadas y de mayor importancia económica en las zonas tropicales del mundo, debido a que sus granos constituyen la materia prima para la elaboración de chocolate y otros productos de repostería, además de utilizarse en la producción de grasas empleadas en la industria cosmética y en algunas aplicaciones farmacéuticas (Rodríguez, Chavez, Gómez, y Vásquez, 2022).

El tiempo de vida del cacao se extiende por más de un siglo; no obstante, su producción generalmente no supera los 40 años. Este cultivo es un árbol que puede crecer a más de 10 metros de altura. Desde la perspectiva botánica, se han reconocido tradicionalmente dos categorías de cacao: los criollos y los forasteros (Verdezoto, Cusquillo, Verdezoto, y Álvarez, 2021).

2.2.3. Clasificación de la taxonomía

Mosquera (2020), nos manifiesta que la taxonomía del cacao es:

- Reino: *Plantae*
- División: *Magnoliophyta*
- Clase: *Magnoliopsida*
- Orden: *Malvales*
- Familia: *Malvaceae*
- Subfamilia: *Byttnerioideae*
- Tribu: *Theobromeae*
- Género: *Theobroma*
- Especie: *cacao*.

2.2.4. Morfología del Cacao

2.2.4.1. Raíz.

El sistema radical del cacao está compuesto por una raíz pivotante que, bajo condiciones favorables, puede superar los 2 metros de profundidad, lo que facilita la absorción de agua y nutrientes. Además, presenta un sistema extendido de raíces laterales superficiales que se desarrollan aproximadamente a 15 cm por debajo de la superficie del suelo (Amay, 2023).

2.2.4.2. Tallo.

El tronco del cacao presenta un crecimiento dimórfico, caracterizado por brotes ortotrópicos conocidos como chupones. Por su parte, las ramas se desarrollan de forma plagiotrópica, formando una estructura similar a un abanico. Las ramas principales aparecen agrupadas en la parte superior del árbol, generalmente entre 3 y 6, formando lo que se conoce como “molinillo”. Además, el cacao es una especie cauliflora, lo que significa que sus flores se originan

directamente en el tronco o en las ramas más viejas (Vinueza, 2022).

2.2.4.3. Fruto.

La vainilla del cacao, también llamada mazorca, presenta una figura ovalada y dimensiones que van desde los 15 hasta los 30 cm de largo, con un grosor de 8 a 10 cm. Conforme alcanza su punto óptimo, su tonalidad pasa del amarillo al anaranjado, alcanzando un peso aproximado de medio kilogramo.

En su interior, este fruto resguarda entre 20 y 60 semillas, conocidas como "granos", que están envueltas en una sustancia pulposa blanquecina. Estas semillas son la base principal del chocolate, en tanto que la pulpa se encuentra utilizada en ciertos países para la creación de zumos, batidos, gelatinas y postres cremosos. A pesar de que antes se descartaba, la pulpa fermentada tiene potencial para la creación de una bebida alcohólica, con un sabor que recuerda al lichi o al melón exótico. Cada grano contiene entre un 40 y un 50% de materia grasa en forma de manteca de cacao (Bean, 2024).

2.2.5. Requerimiento climático

2.2.5.1. Humedad y suelo.

En la Amazonía ecuatoriana, las condiciones climáticas representan ciertos desafíos para el cultivo de cacao. Las variaciones marcadas de temperatura entre el día y la noche, que pueden superar los 9 °C, afectan procesos fisiológicos importantes de la planta, como la floración y el desarrollo de los frutos. Asimismo, las precipitaciones intensas y los altos niveles de humedad favorecen la aparición y propagación de diversas enfermedades que pueden afectar el cultivo (Paredes, 2022).

Este cierre de estomas causa una rápida reducción en la capacidad fotosintética de las hojas, lo que impacta negativamente en la producción de la

planta. Si la falta de agua persiste, puede ocurrir rápidamente la muerte de los tejidos, conocida como "quemadura", lo que lleva a la caída de las hojas (Muños, 2022).

El suelo destinado al cultivo de cacao debe presentar una profundidad adecuada, entre 1,0 y 1,5 m, que permita un buen desarrollo del sistema radical. Asimismo, el nivel freático debe encontrarse a más de 1,5 m de profundidad.

En cuanto a las propiedades químicas, el pH del suelo debe situarse entre 6 y 7, con un contenido de materia orgánica entre 3 y 5 % y una relación carbono/nitrógeno mínimo de 9. El terreno no debe tener rocas grandes. Pendiente, con un máximo del 30% (lo que implica que por cada 10 m de desplazamiento horizontal se ascienden 3 m) (López M. J., 2021). Si estos poros están saturados o parcialmente llenos de agua, el intercambio de gases se detiene. En suelos con drenaje deficiente, donde el agua se acumula y no se evacúa con facilidad, las plantas de cacao pueden llegar a morir. Si se producen variaciones en la humedad del suelo y el nivel freático desciende, el sistema radicular puede quedarse sin suficiente disponibilidad de agua, lo que provoca el marchitamiento del árbol y, en casos severos, su muerte. (Muños, 2022).

2.2.6. Requerimientos nutricionales

2.2.6.1. Boro.

El boro cumple una función esencial en la formación adecuada de las flores y en el desarrollo de las semillas. Cuando este elemento es deficiente, puede verse afectada la viabilidad del polen y el crecimiento de los tubos polínicos, lo que ocasiona la formación de frutos sin semillas y vainas deformadas. Además, los haces vasculares dentro de las vainas pueden presentar coloración marrón y procesos de necrosis. Es importante tener cuidado al verificar la posibilidad de una deficiencia de boro basándose en la deformación de las vainas y descartar la idea

de que la causa sea el insecto *Bathycoelia thalassina*, que también puede causar malformaciones en las vainas (García A., 2025).

2.2.6.2. Zinc.

Macias y Davies (2022) afirman que, aparte de los macroelementos, el cacao requiere ciertas sustancias vitales en menor proporción: los micronutrientes. Estos son clave para que las plantas crezcan y se desarrollen de

manera adecuada. a conformación y el papel de numerosas enzimas en las plantas de cacao están fuertemente ligados a la disponibilidad de Zn en el organismo vegetal. Este elemento, el Zinc, se mueve con dificultad dentro de la planta, sin embargo, desempeña varias funciones importantes. Se estima que hay alrededor de 2. 800 proteínas que requieren este mineral, ya sea para su síntesis o para participar en diversos procesos. La planta capta iones de zinc del agua del suelo, principalmente en forma el suelo con pH <6 tiene una disponibilidad suficiente de mineral de zinc. Sin embargo, la absorción de zinc se reduce a bajas temperaturas y cuando los inhibidores metabólicos son presencia (Sembralia, 2021).

2.2.6.3. Calcio.

En situaciones de carencias graves, se observa una pérdida temprana de las hojas y la muerte de brotes y yemas. En las hojas más antiguas, la necrosis en las puntas y bordes avanza rápidamente, dejando partes sanas dentro de la zona muerta. En ciertas ocasiones, las faltas de calcio pueden ser malinterpretadas como déficit de magnesio. En el caso del calcio, las hojas que muestran daños son las más nuevas, las hojas terminales pueden lucir sanas, aunque las más viejas estén afectadas. Cuando se presenta la clorosis, el calcio se desplaza desde los bordes hacia la nervadura central (Fertilab, 2020).

2.2.6.4. Nitrógeno.

Los niveles de Nitrógeno están vinculados a la cantidad de luz que reciben las plantas: a medida que la luz aumenta, también lo hace la intensidad del problema. Cuando esto ocurre, se pueden observar zonas amarillentas entre las venas de las hojas, lo que parece estar relacionado con una elevada proporción de carbohidratos en comparación con el Nitrógeno, los brotes nuevos tienen dificultades para absorber Nitrógeno de las hojas más viejas, lo que provoca un deterioro de la clorofila en las áreas intervenales de estas, resultando en las manchas amarillas mencionadas. Si las hojas nuevas no logran obtener suficiente Nitrógeno de las hojas viejas, adoptan un color verde pálido o amarillento y presentan un tamaño más pequeño y los peciolo de las hojas en la parte superior forman un ángulo agudo con respecto al tallo. Las hojas que sufren estos efectos pueden mantenerse en la planta durante un tiempo, pero eventualmente pueden mostrar un significativo retorcimiento (Rodríguez, Pradenas, y Basso, 2020).

2.2.6.5. Fósforo.

El fósforo es un nutriente esencial para el desarrollo del sistema radicular de las plantas. Además, interviene en la regulación de la asimilación del nitrógeno y contribuye a la actividad de las bacterias nitrificantes presentes en el suelo. Este elemento también participa en los procesos reproductivos y en diversos cambios fisiológicos de la planta.

Asimismo, el fósforo desempeña un papel clave en la fotosíntesis, ya que interviene en los mecanismos de transferencia de energía dentro de la planta, representando entre el 0,1 % y el 0,4 % de la materia seca vegetal. De igual manera, es fundamental en varios procesos fisicoquímicos, en la diferenciación celular y en el desarrollo de los tejidos. A pesar de su importancia, el fósforo suele ser uno de

los nutrientes menos disponibles tanto en suelos naturales como en suelos cultivados (Biagro S.A., 2021).

2.2.6.6. Potasio.

El potasio fue considerado un elemento clave debido a su participación en la regulación de diversos procesos fisiológicos de la planta, como el balance hídrico, la actividad enzimática, el equilibrio iónico y la osmorregulación. En este contexto, se planteó analizar la optimización de los niveles de potasio en distintos genotipos de cacao. Para ello, el estudio evaluó el efecto de diferentes concentraciones y fuentes de K^+ sobre diversas características morfofisiológicas en cinco genotipos de *Theobroma cacao* (Carmona, 2022). En las hojas adultas, los primeros signos comienzan como manchas intervenales de un tono verde amarillento claro, que se sitúan cerca de los bordes de las hojas, especialmente en la parte distal. Posteriormente, estas manchas se necrosan hasta finalmente unirse y gen Por lo general, en una plantación con deficiencia de potasio se pueden ver pocas hojas que presenten estos síntomas, dado que las hojas afectadas tienden a caer con facilidad del árbol. Antes de desprenderse, la hoja adquiere un color completamente amarillo anaranjado, tal como se observó en las parcelas de Huayhuantillo, cultivadas por agricultores de cacao (Sandra, 2024).

2.3. Marco Legal

Para llevar a cabo este trabajo práctico, se tomaron en cuenta las siguientes normativas legales que están en vigencia en el país:

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador (2008)

Art. 281. La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente

apropiados de forma permanente. Para ellos, será responsabilidad del estado: Numeral 1. “Impulsar la producción, transformación agroalimentaria y pesquera de las pequeñas y medianas unidades de producción, comunitaria y de la economía social y solidaria” Numeral. 2. “Adoptar políticas fiscales que protejan al sector alimentario y pesquero nacional, para evitar la dependencia de importaciones de alimento.” Numeral 3. “Fortalecer la diversificación y la introducción de tecnología ecológicas y orgánica en la producción agropecuaria.”. Numeral 8.

“Asegurar el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica apropiadas para garantizar la soberanía alimentaria”. Numeral 13. Prevenir y proteger a la población del consumo de alimentos contaminados o que pongan en riesgo su salud o que la ciencia tenga incertidumbre sobre sus efectos.

Art. 410. El estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los proteja y promueva la soberanía alimentaria (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

2.3.2. Código Orgánico del Ambiente (COA)

El Código Orgánico del Ambiente (COA), publicado en el Registro Oficial Suplemento N.º 983 del 12 de abril de 2017, regula la gestión ambiental en Ecuador. Esta normativa reconoce la importancia del equilibrio entre producción agrícola y conservación del medioambiente:

Artículo 4: Establece el principio de prevención y precaución para evitar impactos negativos sobre los ecosistemas.

Artículo 6, literal b): Fomenta la implementación de tecnologías limpias y sostenibles en las actividades productivas.

Artículo 30: Promueve el uso de métodos alternativos al control químico para

preservar la biodiversidad y la salud humana (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Enfoque de investigación

3.1.1. Tipo de alcance de investigación

El presente estudio se enmarca en una investigación de tipo experimental, debido a que se manipularán deliberadamente las variables independientes con el propósito de evaluar su efecto sobre la variable dependiente y determinar la existencia de relaciones de causalidad. Bajo este enfoque, se controlarán las condiciones del ensayo para garantizar la validez de los resultados obtenidos.

Adicionalmente, la investigación adopta un enfoque descriptivo y explicativo, ya que no solo se caracterizarán las variables de estudio y sus comportamientos, sino que también se analizarán las relaciones existentes entre ellas, con el fin de interpretar los efectos generados por la aplicación de los estimulantes orgánicos en el cultivo.

Descriptiva: Este trabajo de investigación tuvo un alcance descriptivo, ya que permitió caracterizar y registrar de manera sistemática el comportamiento de las variables productivas del cultivo de cacao en función de los tratamientos de fertilización aplicados. Este enfoque se centró en la recolección, organización y análisis de la información obtenida en campo, sin modificar las condiciones naturales del entorno más allá de los tratamientos establecidos. De esta manera, se logró describir los efectos del uso de fertilizantes como boro, zinc, calcio y la combinación edáfica de nitrógeno, fósforo y potasio sobre la producción del cultivo (Hernández y Fernández, 1991).

Explicativa: Asimismo, el estudio presentó un alcance explicativo, debido a que no solo describió los resultados obtenidos, sino que también buscó interpretar las relaciones de causa y efecto entre la aplicación de nutrientes (N, P, K, B, Zn y

Ca) y las variables productivas evaluadas. Este enfoque permitió comprender cómo la disponibilidad y el equilibrio nutricional influyeron en el rendimiento, número de frutos y características físicas de las mazorcas, proporcionando una base técnica para sustentar los resultados obtenidos (Pérez, 2023).

3.1.2. Diseño de Investigación

La investigación se llevó a cabo mediante un diseño experimental, con el objetivo de evaluar el efecto y la interacción de distintos niveles de fertilización edáfica y foliar en la productividad del cultivo de cacao variedad CCN-51. Los tratamientos consideraron la aplicación al suelo de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), complementada con aplicaciones foliares de boro, zinc y calcio.

La investigación se desarrolló en condiciones de campo abierto, lo que permitió obtener información bajo las condiciones agroclimáticas características del cantón Simón Bolívar, en la provincia del Guayas. Este enfoque experimental facilitó la comparación objetiva entre los tratamientos, el control de la variabilidad mediante el uso de bloques y la obtención de resultados con respaldo estadístico.

3.2. Metodología

3.2.1. Variables

3.2.1.1. Variables Independientes.

El uso de boro, zinc y calcio, junto con los macronutrientes NPK (nitrógeno, fósforo y potasio).

3.2.1.2. Variables Dependientes.

Las variables dependientes que se analizaron y fueron objeto de estudio son:

- Número de mazorcas por planta
- Diámetro de mazorcas
- Número de semillas por mazorca

➤ Rendimiento

3.2.2. *Tratamientos*

Los tratamientos se representan bajo dos métodos de fertilización: edáfica y foliar. Estos tratamientos se detallan en la Tabla 1, describiendo las dosis de cada uno de los nutrientes. Es importante indicar que el testigo convencional corresponde a una dosificación nitrogenada a base de urea en dosis de 74 kg/ha.

Tabla 1.

Tratamientos para evaluarse

N° Tratamientos	Dosificaciones
T1	100 kg N- 40 kg P- 120 kg K- 1L Foliar (B, Zn, Ca)
T2	120 kg N- 50 kg P- 140 kg K- 1L Foliar (B, Zn, Ca)
T3	140 kg N- 60 kg P- 160 kg K- 1L Foliar (B, Zn, Ca)
T4	160 kg N- 70 kg P- 180 kg K- 1L Foliar (B, Zn, Ca)
T5	Testigo Convencional

Fuente: Elaboración propia. 2026.

Tabla 2.

Conversión

T1= 260 kg ÷ 1.111= 0.234x 10= 2.34 kg
T2 = 310 kg ÷ 1.111= 0.279x 10= 2.79 kg
T3= 360 kg ÷ 1.111= 0.324x 10= 3.24 kg
T4= 410 kg ÷ 1.111= 0.369x 10= 3.69 kg

Fuente: Elaboración propia. 2026.

3.2.3. *Diseño experimental*

En la presente investigación se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA). En este se evaluaron los tratamientos indicados en la Tabla 1, cada uno con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por 12 plantas, de las cuales se consideraron las dos plantas centrales para la evaluación

de las variables. El distanciamiento utilizado fue de 4 m × 4 m entre plantas.

3.2.4. Recolección y datos

3.2.4.1. Recursos.

3.2.4.1.1. Materiales y Herramientas que se utilizaran.

Bomba de fumigar, pala, estacas, machete, letrero, piola, guantes, botas, metro, cámara, equipo de medición, celular (GPS), fertilizantes, bomba de regar, insecticida, libreta entre otros.

3.2.4.2. Métodos y técnicas.

3.2.4.2.1. Métodos.

- **Método Inductivo:** Este enfoque permitió analizar los resultados obtenidos en el estudio con el propósito de cumplir los objetivos planteados y verificar las hipótesis propuestas.

- **Método Deductivo:** Esto permitió relacionar e interpretar los resultados obtenidos, facilitando la elaboración de la discusión y la formulación de conclusiones pertinentes desde una perspectiva integral de la investigación.

3.2.4.2.2. Técnicas.

- **Número de mazorcas por planta:** se llevó a cabo el conteo de las mazorcas en cada árbol elegido dentro de la zona que se ha propuesto.

- **Diámetro de mazorcas:** con un calibrador se midió el diámetro de las mazorcas elegidas en la zona útil durante la cosecha.

- **Número de semillas por mazorca:** se realizó la contabilidad al recoger las mazorcas de cacao seleccionadas en la zona del experimento, el número de granos en cada mazorca y luego se determinó su promedio total.

- **Rendimientos:** se determinó a partir de la evaluación del peso de los granos en relación con la superficie cosechada, considerando el número de

mazorcas por árbol y el número de granos por mazorca, multiplicado por la cantidad de plantas establecidas por hectárea.

- **Análisis costo/ beneficio:** Teniendo los datos precisos de lo que cuesta producir, y comparándolos con las ganancias obtenidas se logró determinar fácilmente si cada proceso es rentable o no.

3.2.5. Análisis estadístico

Los valores obtenidos de las diferentes variables evaluadas fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA), con el objetivo de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos estudiados. Posteriormente, para la comparación de medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia del 5 %, empleando el software INFOSTAT para el procesamiento y análisis de los datos.

Tabla 3.

Análisis de varianza

Fuente de variación Grados de libertad	
Tratamientos (t-1)	$5 - 1 = 4$
Repeticiones (r-1)	$4 - 1 = 3$
Error experimental (t-1) (r-1)	$(4)(3) = 12$
Total (t*r)	$(5 * 4) - 1 = 19$

Fuente: Elaboración propia. 2026.

4. RESULTADOS

4.1. Influencia de la fertilización edáfica y foliar en el tamaño de los frutos

4.1.1. *Diámetro promedio de las mazorcas*

El diámetro de las mazorcas en estado fisiológico de cosecha fue determinado mediante el uso de un calibrador, registrándose los valores obtenidos en centímetros (cm). Los resultados se sometieron a un análisis estadístico para determinar diferencias significativas entre tratamiento. El análisis revela significancia entre tratamientos con un coeficiente de variación de 8.3%. La comparación de medias se realizó mediante el test de Tukey (5%).

De acuerdo con los resultados, presentados en la Tabla 3, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados para el diámetro de las mazorcas. Los tratamientos T3 y T4 se ubicaron dentro del grupo estadístico superior ("a"), registrando los mayores valores promedio, mientras que el tratamiento testigo presentó el menor diámetro, diferenciándose claramente de los tratamientos fertilizados.

La comparación de medias evidencia que el incremento progresivo de las dosis de NPK, acompañado de la aplicación foliar de B, Zn y Ca, favoreció el desarrollo físico del fruto. Este comportamiento puede asociarse a una mayor eficiencia en la división y expansión celular, procesos directamente relacionados con el aporte adecuado de calcio y boro, así como al rol del zinc en la síntesis hormonal. El bajo error experimental registrado indica una adecuada homogeneidad de los datos y refuerza la confiabilidad de las diferencias observadas entre tratamientos. En la sección de anexo se adjunta y detalla con gráficas.

Tabla 4.
Diámetro promedio de mazorcas de cacao

Tratamiento	Codificación	Fertilización aplicada	Diámetro de mazorca (cm)
Tratamiento 1	T1	100N–40P–120K + Foliar (B, Zn, Ca)	7.82b
Tratamiento 2	T2	120N–50P–140K + Foliar (B, Zn, Ca)	8.36ab
Tratamiento 3	T3	140N–60P–160K + Foliar (B, Zn, Ca)	8.91a
Tratamiento 4	T4	160N–70P–180K + Foliar (B, Zn, Ca)	9.04a
Tratamiento 3	Testigo	Fertilización convencional	6.95c
Error Experimental (EE)		0.31	
Coeficiente de variación (Cv)		8.3%	

Nota. Promedio de mazorcas fisiológicamente maduras. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas según Tukey ($p \leq 0,05$). Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

4.2. Respuesta productiva del cultivo a la aplicación de nutrientes edáfico

4.2.1. Número de mazorcas por planta

El número de mazorcas por planta se determinó mediante conteo directo en campo, registrando manualmente la cantidad total de frutos presentes por cada unidad experimental. Los resultados se sometieron a un análisis estadístico para determinar diferencias significativas entre tratamiento. El análisis revela significancia entre tratamientos con un coeficiente de variación de 5.7%. La comparación de medias se realizó mediante el test de Tukey (5%).

En la Tabla 4 se presentan los resultados correspondientes al número de mazorcas por planta, donde se evidencian diferencias altamente significativas entre tratamientos. Los tratamientos T3 y T4 alcanzaron los mayores promedios de producción de frutos por planta, agrupándose estadísticamente en el mismo rango,

mientras que el tratamiento testigo registró el menor número de mazorcas, ubicándose en un grupo estadístico inferior. En la sección de anexo se adjunta y detalla con gráficas.

Tabla 5.

Numero promedio de mazorcas por plantas

Tratamiento	Codificación	Fertilización aplicada	Mazorcas planta
Tratamiento 1	T1	100N–40P–120K + Foliar (B, Zn, Ca)	34.25b
Tratamiento 2	T2	120N–50P–140K + Foliar (B, Zn, Ca)	37.60ab
Tratamiento 3	T3	140N–60P–160K + Foliar (B, Zn, Ca)	41.80a
Tratamiento 4	T4	160N–70P–180K + Foliar (B, Zn, Ca)	42.15a
Tratamiento 3	Testigo	Fertilización convencional	28.90c
Error Experimental (EE)		1.42	
Coeficiente de variación (Cv)		5.7%	

Nota. Promedio de la cantidad de mazorcas cosechadas por planta en cada tratamiento. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas según Tukey ($p \leq 0,05$). Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

La comparación de medias indica que la fertilización combinada permitió mejorar el cuajado y la retención de frutos, probablemente debido a una nutrición más equilibrada durante las fases críticas del desarrollo reproductivo del cultivo. El comportamiento observado en los tratamientos intermedios (T1 y T2) sugiere que, si bien la fertilización mejora la producción respecto al testigo, existe una respuesta más marcada cuando se incrementan las dosis de nutrientes edáficos en conjunto con la aplicación foliar de micronutrientes.

4.2.2. Número promedio de semillas por mazorca

El número promedio de semillas por mazorca se determinó mediante el

conteo manual de las semillas contenidas en cada fruto evaluado, calculándose posteriormente el promedio por unidad experimental. Los resultados se sometieron a un análisis estadístico para determinar diferencias significativas entre tratamiento. El análisis revela significancia entre tratamientos con un coeficiente de variación de 6.5%. La comparación de medias se realizó mediante el test de Tukey (5%).

Los tratamientos T3 y T4 presentaron los mayores promedios, diferenciándose estadísticamente del testigo, el cual registró el menor número de semillas por mazorca. En la sección de anexo se adjunta y detalla con gráficas.

Tabla 6.

Numero promedio de semillas por mazorca

Tratamiento	Codificación	Fertilización aplicada	Semillas/Mazorca
Tratamiento 1	T1	100N–40P–120K + Foliar (B, Zn, Ca)	38.40b
Tratamiento 2	T2	120N–50P–140K + Foliar (B, Zn, Ca)	41.75ab
Tratamiento 3	T3	140N–60P–160K + Foliar (B, Zn, Ca)	45.20a
Tratamiento 4	T4	160N–70P–180K + Foliar (B, Zn, Ca)	46.10a
Tratamiento 3	Testigo	Fertilización convencional	34.60c
Error Experimental (EE)		1.18	
Coeficiente de variación (Cv)		6.5%	

Nota. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas según Tukey ($p \leq 0,05$). Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

La comparación de medias permite inferir que la aplicación de micronutrientes, especialmente boro y zinc, influyó positivamente en los procesos de fecundación y desarrollo del grano, incrementando la cantidad de semillas formadas por fruto. El bajo error experimental registrado indica una variabilidad reducida dentro de los tratamientos, lo que refuerza la consistencia de la respuesta

observada. Estos resultados evidencian que una adecuada nutrición no solo incrementa el número de frutos, sino también mejora los componentes internos del rendimiento.

4.2.3. Rendimiento del cultivo de cacao

Los resultados se sometieron a un análisis estadístico para determinar diferencias significativas entre tratamiento. El análisis revela significancia entre tratamientos con un coeficiente de variación de 8.3%. La comparación de medias se realizó mediante el test de Tukey (5%). En la Tabla 6 se presentan los rendimientos promedio expresados en kg/ha.

Los tratamientos T3 y T4 alcanzaron los mayores rendimientos, superando de manera considerable al tratamiento testigo, el cual presentó el menor valor promedio. En la sección de anexo se adjunta y detalla con gráficas.

Tabla 7.

Rendimiento promedio del cultivo de cacao

Tratamiento	Codificación	Fertilización aplicada	Mazorcas planta (cm)
Tratamiento 1	T1	100N–40P–120K + Foliar (B, Zn, Ca)	1,480b
Tratamiento 2	T2	120N–50P–140K + Foliar (B, Zn, Ca)	1,620ab
Tratamiento 3	T3	140N–60P–160K + Foliar (B, Zn, Ca)	1,820a
Tratamiento 4	T4	160N–70P–180K + Foliar (B, Zn, Ca)	1,860a
Tratamiento 3	Testigo	Fertilización convencional	1,320c
Error Experimental (EE)		52.6	
Coeficiente de variación (Cv)		4.6%	

Nota. Promedio de mazorcas cosechadas. Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

La comparación de medias muestra una tendencia clara de incremento del

rendimiento a medida que se intensifica el manejo nutricional del cultivo. Este comportamiento responde a la suma de efectos positivos observados en las variables anteriores, tales como mayor número de mazorcas por planta y mayor número de semillas por mazorca, lo que se traduce directamente en un aumento del rendimiento total. El error experimental relativamente bajo indica una adecuada precisión en la medición de esta variable.

4.3. Rentabilidad de los tratamientos evaluados

4.3.1. Relación beneficio/costo de los tratamientos

Los resultados del análisis beneficio/costo, presentados en la Tabla 7, muestran diferencias entre tratamientos, destacándose nuevamente T3 y T4 como los tratamientos con mayor rentabilidad. Estos tratamientos se ubicaron en el grupo estadístico superior, mientras que el testigo presentó la relación beneficio/costo más baja.

Tabla 8.

Relación beneficio/costo de los tratamientos

Tratamiento	Codificación	Rendimiento (kg/ha)	Relación B/C
Tratamiento 1	T1	1,480.37 U	1.42b
Tratamiento 2	T2	1,620.40 U	1.56ab
Tratamiento 3	T3	1,820.45 U	1.71a
Tratamiento 4	T4	1,860.46 U	1.74a
Tratamiento 5	Testigo	1,320.33 U	1.29c

Nota. Promedio de mazorcas cosechadas por planta. Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

La comparación de medias indica que, aunque los tratamientos fertilizados implicaron mayores costos de producción, estos fueron compensados por el incremento en el rendimiento, generando mayores beneficios económicos. Este

resultado evidencia que la fertilización edáfica combinada con aplicación foliar no solo mejora las variables agronómicas, sino que también optimiza el retorno económico del sistema productivo.

5. DISCUSIONES

Los resultados obtenidos para el diámetro de las mazorcas evidencian un incremento progresivo conforme aumentaron las dosis de fertilización edáfica NPK complementadas con la aplicación foliar de boro, zinc y calcio. Los tratamientos T3 y T4 alcanzaron diámetros promedio de 8,91 y 9,04 cm respectivamente, superando significativamente ($p \leq 0,05$) al tratamiento testigo, el cual presentó un valor promedio de 6,95 cm. Este incremento representa una diferencia aproximada del 29,9% respecto al testigo, lo que refleja el impacto positivo de la fertilización balanceada sobre el desarrollo físico del fruto. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Rodríguez (2024), quien obtuvo diámetros promedio de hasta 8 cm en mazorcas de cacao con aplicación foliar de zinc, y con Escobar (2023), quien reportó un incremento significativo en el tamaño del fruto al combinar fertilización edáfica con calcio y boro. La similitud entre los valores observados sugiere que el efecto sinérgico de estos nutrientes favorece procesos de división y elongación celular, lo que se traduce en frutos de mayor tamaño.

El número de mazorcas por planta mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. Los tratamientos T3 y T4 registraron promedios de 41,80 y 42,15 mazorcas por planta, respectivamente, mientras que el tratamiento testigo alcanzó solo 28,90 mazorcas por planta. Esta diferencia representa un incremento aproximado del 45,8% en los tratamientos con mayor nivel de fertilización, lo que evidencia una mejora considerable en la capacidad productiva del cultivo. Estos resultados son comparables con los obtenidos por Rosado (2023), quien reportó valores de hasta 42,40 mazorcas por planta en tratamientos con fertilización foliar, y por Escobar (2023), quien obtuvo un promedio de 34 mazorcas por planta en tratamientos fertilizados, frente a 19 mazorcas en el

testigo. La coincidencia en los valores indica que la fertilización combinada favorece la floración, el cuajado y la retención de frutos, aspectos clave para la productividad del cacao.

En relación con el número de semillas por mazorca, los tratamientos T3 y T4 registraron promedios de 45,20 y 46,10 semillas por mazorca, respectivamente, superando de manera significativa al tratamiento testigo, que presentó un promedio de 34,60 semillas. Esto representa un incremento cercano al 33,2%, lo cual evidencia una mejora en los procesos reproductivos del cultivo. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Rodríguez (2024), quien señaló que la aplicación de zinc favorece la fecundación y el llenado del grano, incrementando el número de semillas por fruto. Asimismo, Rosado (2023) reportó un mayor número de semillas en tratamientos con fertilización foliar, atribuyendo este efecto a una mejor disponibilidad de micronutrientes durante las fases críticas del desarrollo del fruto. El rendimiento promedio del cultivo presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Los tratamientos T3 y T4 alcanzaron rendimientos de 1.820 y 1.860 kg/ha, respectivamente, mientras que el tratamiento testigo registró un rendimiento de 1.320 kg/ha. Este incremento equivale a un aumento de hasta 40,9% en los tratamientos fertilizados respecto al testigo. Estos valores son consistentes con los reportados por Escobar (2023), quien obtuvo incrementos significativos en el rendimiento del cacao al aplicar fertilización edáfica complementada con calcio y boro, y por Rosado (2023), quien evidenció un aumento del rendimiento asociado a la fertilización combinada. La similitud de los resultados refuerza la hipótesis de que el manejo nutricional integral es determinante para maximizar la productividad del cultivo.

El análisis beneficio/costo mostró diferencias claras entre tratamientos. Los

tratamientos T3 y T4 presentaron relaciones beneficio/costo de 1,71 y 1,74 respectivamente, mientras que el testigo alcanzó un valor de 1,29. Esto implica que, por cada dólar invertido, los tratamientos T3 y T4 generaron una ganancia neta de \$0,71 y \$0,74, respectivamente, frente a \$0,29 del tratamiento testigo. Estos resultados concuerdan con los reportados por Fajardo (2021), quien obtuvo una rentabilidad de 0,97 dólares por dólar invertido en tratamientos con micronutrientes, y con Haro (2022), quien reportó relaciones beneficio/costos superiores a 1,70 en tratamientos con aplicación de boro y otros bioinsumos. La coincidencia entre los distintos estudios demuestra que una fertilización balanceada no solo contribuye a incrementar la producción, sino que también mejora la rentabilidad del sistema productivo.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos y las discusiones generadas se puede realizar las siguientes conclusiones:

La fertilización edáfica con NPK, combinada con aplicaciones foliares de boro, zinc y calcio, incrementó el diámetro de las mazorcas de cacao hasta en un 29,9 % en comparación con el tratamiento testigo, lo que evidencia una mejora significativa en el desarrollo físico del fruto.

Los tratamientos con fertilización combinada aumentaron el número de mazorcas por planta hasta en un 45,8%, lo que refleja una respuesta positiva del cultivo en términos de floración, cuajado y retención de frutos.

El número de semillas por mazorca se incrementó hasta en un 33,2% en los tratamientos fertilizados, lo que contribuyó directamente al aumento del rendimiento del cultivo.

El rendimiento del cacao se incrementó hasta en un 40,9% en los tratamientos con mayor nivel de fertilización, alcanzando valores superiores a 1.800 kg/ha.

Los tratamientos T3 y T4 registraron las mejores relaciones beneficio/costo (1,71 y 1,74), lo que demuestra que la fertilización edáfica complementada con aplicaciones foliares constituye una alternativa técnica y económicamente viable para la producción de cacao.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda a los productores de cacao implementar programas de fertilización que combinen dosis intermedias y altas de NPK con aplicaciones foliares de boro, zinc y calcio, debido a que estos tratamientos demostraron

incrementos superiores al 40 % en el rendimiento del cultivo y una mayor rentabilidad económica.

Es aconsejable realizar análisis de suelo y foliares de forma periódica, con el fin de ajustar las dosis de nutrientes y evitar desequilibrios nutricionales que puedan afectar la eficiencia productiva del cultivo.

Se sugiere priorizar tratamientos similares a T3, ya que presentan una relación óptima entre incremento productivo y costos de fertilización, evitando incrementos innecesarios en la inversión.

Se recomienda realizar estudios complementarios que evalúen la respuesta del cultivo a largo plazo y en diferentes condiciones agroclimáticas, incorporando variables como calidad del grano y contenido de grasa.

7. BIBLIOGRAFIA

- Abad, A., Acuña, C., y Efraín, N. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. *Revista Internacional de administracion(7)*, 58-83. doi:<https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>
- Alarcón, S. M. (2024). *Importancia del mejoramiento genético en el cultivo de cacao (Thebroma cacao L) [tesis de grado, Universidad tecnica de babahoyo]* *dspace*. Obtenido de Tesis de Grado. Universidad Técnica de Babahoyo: <https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/84adfc23-65d1-47f7-84d4-4537767bb729/content>
- Amay, A. (2023). EFECTO DE TRES DOSIS DE BIOL SOBRE LA FLORACIÓN DE CACAO (*Thebroma cacao L*) CCN51 EN EL CANTON LA TRONCAL. *Tesis de Grado*. Universidad Agraria del Ecuador, Milagro. Obtenido de <https://n9.cl/l2bwhl>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador. Quito- Ecuador*. Obtenido de <https://n9.cl/s01y3>
- Bean, t. b. (2024). *Asociación para el fomento del chocolate*. Obtenido de <https://n9.cl/0de9l>
- Biagro S.A. (2021). Fertilizantes, macro y micronutres para el desarrollo del cultivo. *Scielo*, 26(2). doi:<https://revistas.uclave.org/index.php/biagro>
- Borja, C. (2025). *Función del boro y micronutrientes en el desarrollo agronómico de las plantas*. Obtenido de Borax agronómico: <https://agricultura-espanol.borax.com/resources/agronomy-notes/boron-in-plant-nutrition/functions-of-boron-in-plant-nutrition>
- Carmona, L. (2022). Efecto de la concentración del potasio (K+) sobre el desarrollo morfológico y procesos fisiológicos de plántulas de cinco

genotipos de *Thebroma cacao* L L. *Revista Facultad de Agronomía*, 121.
doi:1669-9513

Cevallos, C., Cedeño, G., Francisco, G., y Velasquez, S. (2022). efectividad de momentos y fuentes de aplicaciones foliares de calcio, boro y zinc en el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional. *SciELO* , 38(3).
doi:<http://dx.doi.org/10.29393/chjaa38-29pvar10029>

Escobar, Y. S. (2023). *EFFECTOS DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA COMPLEMENTADO CON CALCIO Y BORO EN EL CULTIVO DE CACAO (Thebroma cacao L), EL DESEO, MILAGRO [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador] Centro de Información Agraria*. Obtenido de <https://n9.cl/18483q>

Fertilab. (2020). *Reconocimiento de deficiencias nutricionales N-P-K-Ca-Mg*. Obtenido de

<https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/Reconocimiento%20de%20deficiencias.pdf>

Flores, A. R. (21 de 05 de 2021). *Efectos de la fertilizacion Edafica [Tesis grado Uviversidad Agraria del Ecuador] UAE*. Obtenido de <https://n9.cl/ak0km>

García, A. (2025). Deficiencia de boro (B) en cacao. *PlantwisePlus Knowledge Bank*. Factsheet for Farmers. Obtenido de <https://doi.org/10.1079/pwkb.202078005>

García, L., y Paredes, M. (2021). Efectos del uso de fertilizantes químicos en la productividad y calidad del suelo. *Artículo Científico*. Vol. 3 (4) - Pg 253-257. *Revista Latinoamericana de Ciencias Agrícolas*. Obtenido de <https://n9.cl/rj0id1>

Hernández, R., y Fernández, C. (1991). *Metodología de la Investigación*. McGill University. McGraw-Hill, Montreal - Canadá. Obtenido de <https://n9.cl/l9l5h>

Kapalia, H. (2021). *Huertos Ecuador*. Obtenido de

<https://huertosecuador.com/cacao/23646>.

López, C., y Otto, A. (2021). *Universidad de Quevedo*. Obtenido de Respuesta del cacao nacional y ccn51 a la fertilización con elementos menores en sistemas bajo riego en la zona de mocache [Tesis de pregrado Universidad técnica estatal de Quevedo: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4261>

López, M. J. (2021). Obtenido de https://cefaecuador.org/wp-content/uploads/2022/05/Guia_2.pdf.

Macias Cepeda, J. D. (2022). *Dspace*. Obtenido de <https://n9.cl/pap22>

Moran, E. (Abril de 2025). EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL USO DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS EN LA CALIDAD Y RENDIMIENTO DEL CACAO (*Thebroma cacao L L.*). *Tesis de Grado*. Universidad Agraria del Ecuador, Milagro. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BARZOLA%20MORAN%20ELIAN%20JOSUE%201.pdf>

Mosquera, M. M. (2020). *EFECTOS DEL FOSFORO Y AZUFRE SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAZORCAS, EN UNA PLANTACIÓN DE CACAO (Thebroma cacao L L.) CCN-51, EN LA ZONA DE BABAHOYO [Tesis de grado, Universidad Técnica De Babahoyo]*. *dspace.utb*. Obtenido de <https://n9.cl/sup3z>

Muños, R. J. (2022). El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante la fermentación. *Aytbua* , 7(25), 36-51. doi:<http://doi.org/10.5281/zenodo.6326782>

Nancy, H. M. (2022). *Evaluación del efecto nutricional de las micorrizas y boro en el rendimiento del cultivo de cacao [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador CIA UAE]*. Obtenido de

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/HARO%20MONTTOYA%20NANCY%20EUGENIA.pdf>

Nogales, J. ((2024)). *El origen del cacao Poscosecha Cacao*. Obtenido de <https://n9.cl/ox7t1>

Nutresa, G. (12 de 10 de 2021). Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Thebroma cacao L L.*). *Compañía Nacional de Chocolates*. Nutricion y Fertilización. Obtenido de https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2024/02/PDF_WEB_FOLLETO_NUTRICION_Y_FERTILIZACION.pdf

Paredes, N. M. (2022). *Manual del cultivo de cacao sostenible para la Amazonía ecuatoriana*. Obtenido de <https://short.do/2clblg>

Perez, A. (10 de 5 de 2023). *Metodología de la Investigacion Aplicada*. Obtenido de Facultad de Ingeniería Mecánica y de Manufactura - Universidad Autónoma de Manizales: <https://share.google/OfChpvu7tlM0bMWNu>

Rodríguez, A. A. (2024). *Efecto del boro, manganeso y zinc en la producción de cacao (Thebroma cacao L l.) [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador], Centro de informacion Agraria*. Obtenido de <https://n9.cl/bkcxa>

Rodríguez, G., Pradenas, H., y Basso, C. (1 de Noviembre de 2020). Efecto de dosis de nitrógeno en la agronomía y fisiología de plantas de las plantas de maracuyá. *Artículo científico*. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Obtenido de <https://archivo.revistas.ucr.ac.cr//index.php/agromeso>

Rodriguez, N., Chavez, B., Gómez, I., y Vásquez, M. (2022). El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante la fermentación. *Alianzas y Tendencias BUAP* (25). doi:<http://doi.org/10.5281/zenodo.6326782>

- Rosado, R. A. (2023). *Efecto De Dos Tipos De Fertilización Edáfica Y Foliar En El Cultivo De Cacao (Thebroma cacao L L.) En El Cantón Naranjal [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador] centro de Informacion Agraria.* Obtenido de <https://n9.cl/hqqsf>
- Sotomayor, Sandra. (2024). *DEL MONTE AG.* Obtenido de Importancia de la fertilización en el cultivo de cacao en Ecuador: <https://delmonteag.com.ec/importancia-de-la-fertilizacion-en-el-cultivo-de-cacao-en-ecuador/>
- Schwarz, Z. y. (28 de 1 de 2021). *Tendencias del sector químico.* Obtenido de zschimmer-schwarz: <https://n9.cl/2csp3>
- Sembralia. (2021). *Zinc en el Cultivo de Plantas. Funciones, deficiencia, síntomas y fuentes del micronutriente zinc en la agricultura.* Obtenido de <https://n9.cl/x99uu>
- Verdezoto, V., Cusquillo, D., Verdezoto, C., y Álvarez, V. (2021). Ordenamiento de fincas productoras de cacao nacional (*Thebroma cacao L, L.*), mediante sistemas agroforestales renovados. *Artículo de Investigación.* Revista Social Fronteriza. Obtenido de <https://www.revistasocialfronteriza.com/ojs/index.php/rev/article/view/216>
- Vinueza, S. (2022). *Thebroma cacao L. Species Plantarum 2.*
- Yalilé, L. (13 de 7 de 2025). *Infobae.* Obtenido de <https://www.infobae.com/america/america-latina/2025/07/13/un-estudio-revela-que-el-cacao-nacio-en-la-amazonia-de-ecuador/>

ANEXOS

Anexo 1. Color y variedades de Cacao/Varietal usada



Varietal Cacao Nacional
(1)

Varietal Cacao
Trinitario (2)

Varietal Cacao CCN-51
(3)

Nota. La variedad con la que se trabajó en esta investigación fue la Varietal CCN-51(3).
Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 1

Diámetro de mazorcas



Nota. Diámetro medido con calibrador. Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Tabla 9.

Libreta de campo variable diámetro de mazorcas

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
T1	7,70	7,95	7,88	7,75
T2	8,25	8,40	8,50	8,30
T3	8,80	8,95	9,05	8,85
T4	8,95	9,10	9,15	8,95
T5	6,85	7,00	6,90	7,05

Nota. Datos tomados en campo para el diámetro de mazorcas. Elaborado por: Elaboración propia. 2026.

Tabla 10.

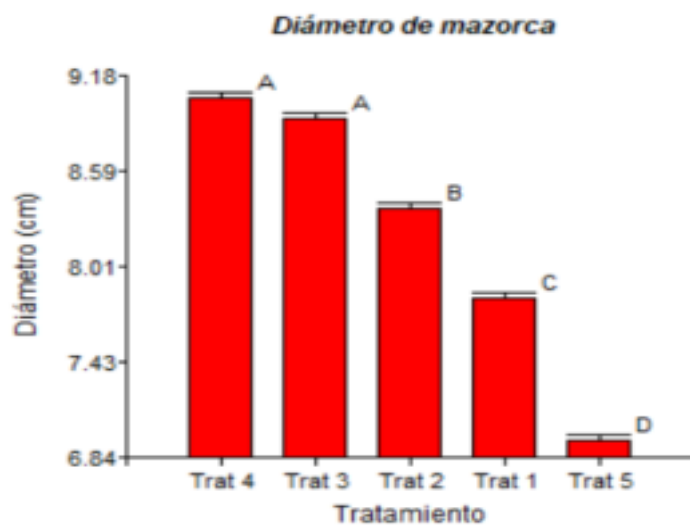
ANDEVA (ANOVA) de diámetro de mazorcas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Diámetro (cm)	20	1.00	0.99	0.83	
Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)					
FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	11.88	7	1.70	368.32	<0.0001
Tratamiento	11.76	34	2.94	638.31	<0.0001
Bloque	0.12	3	0.04	8.33	0.0029
Error	0.06	12	4.6		
Total	11.93	19			
Coeficiente de variación (CV%): 8.3					
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.15299					
Error: 0.0046	gl:12				
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Trat 4	9.04	4	0.03	A	
Trat 3	8.91	4	0.03	A	
Trat 2	8.36	4	0.03	B	
Trat 1	7.82	4	0.03	C	
Trat 5	6.95	4	0.03	D	

Nota. Medias con letras diferentes presentan diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 2

Diámetro de mazorcas



Elaborado por: Elaboración propia. 2026.

Figura. 3*Conteo de mazorcas por planta*

Nota. Conteo de mazorcas por planta por tratamiento y repetición.

Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Tabla 11.*Libreta de campo variable número de mazorcas*

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
T1	33,80	34,60	34,10	34,50
T2	36,90	38,20	37,80	37,50
T3	41,20	42,10	41,90	42,00
T4	41,80	42,30	42,50	41,90
T5 (Testigo)	28,40	29,10	29,20	28,90

Nota. Datos tomados en campo para el número de mazorcas por planta. Fuente: Elaboración propia. 2026.

Tabla 12.*ANDEVA (ANOVA) de número de mazorcas*

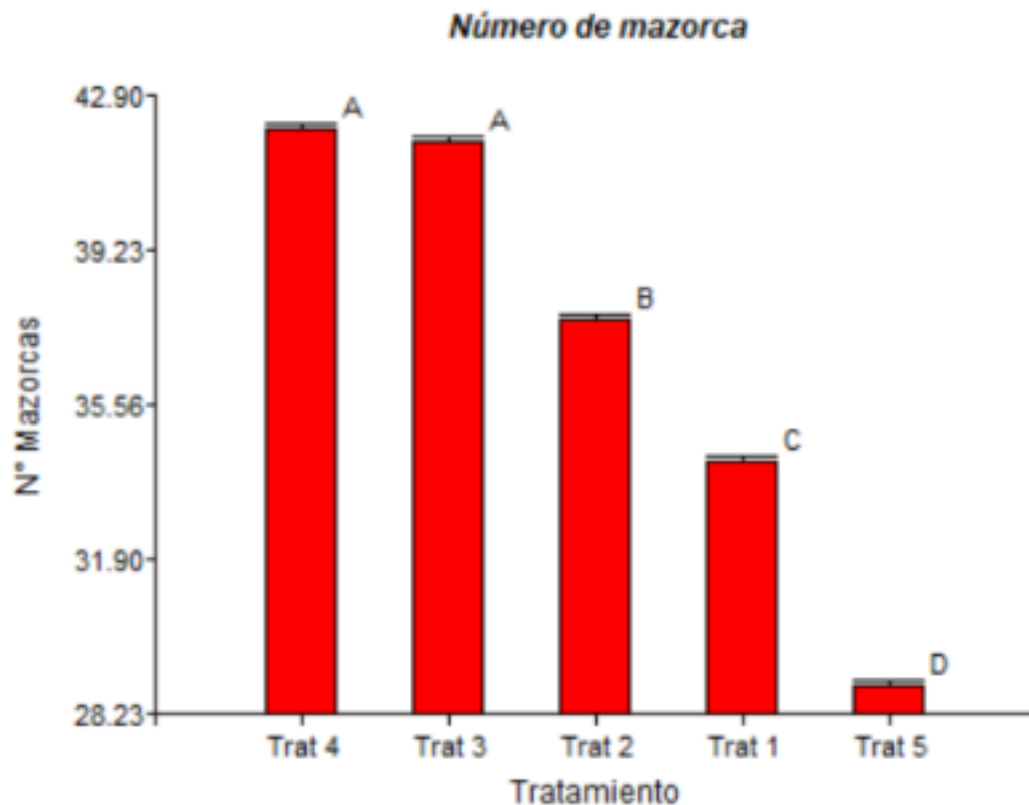
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Nº mazorcas	20	1.00	0.99	0.57	
Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)					
FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	493.26	7	70.47	1613.72	<0.0001

Tratamiento	491.27	4	122.82	2812.60	<0.0001
Bloque	1.99	3	0.66	15.22	0.0002
Error	0.52	12	0.04		
Total	493.79	19			
<i>Coefficiente de variación (CV%): 5.7%</i>					
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.47098					
Error: 0.00437	gl:12				
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Trat 4	42.13	4	0.10	A	
Trat 3	41.80	4	0.10	A	
Trat 2	37.60	4	0.10	B	
Trat 1	34.25	4	0.10	C	
Trat 5	28.90	4	0.10	D	

Nota. Medias con letras diferentes presentan diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 4

Número de mazorcas por planta



Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 5*Conteo número de semillas por mazorca*

Nota. Conteo número de semillas por mazorca por tratamientos y bloques.
 Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Tabla 13.*Libreta de campo variable número de semillas por mazorca*

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
T1	37,90	38,60	38,20	38,90
T2	41,10	42,00	42,30	41,60
T3	44,60	45,40	45,60	45,20

T4	45,80	46,50	46,40	45,70
T5 (Testigo)	34,10	35,00	34,80	34,50

Nota. Datos tomados en campo para el número de semillas por mazorca. Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Tabla 14.

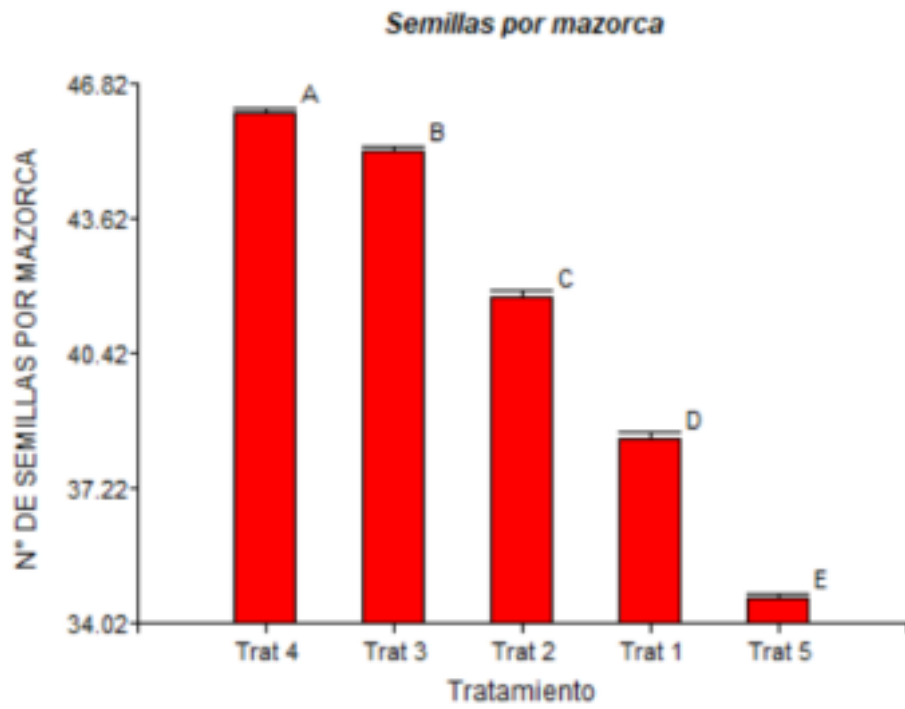
ANDEVA (ANOVA) de número de semillas por mazorca

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Nº mazorcas	20	1.00	1.5	0.65	
Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)					
FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	368.89	7	52.70	725.20	<0.0001
Tratamiento	366.85	4	91.71	1262.09	<0.0001
Bloque	2.04	3	0.68	9.35	0.0018
Error	0.87	12	0.07		
Total	369.76	19			
<i>Coefficiente de variación (CV%): 6.5%</i>					
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.60757					
Error: 0.0727	gl:12				
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Trat 4	46.10	4	0.13	A	
Trat 3	45.20	4	0.13	B	
Trat 2	41.75	4	0.13	C	
Trat 1	38.40	4	0.13	D	
Trat 5	34.60	4	0.13	E	

Nota. Medias con letras diferentes presentan diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 6

Número de semillas por mazorca



Nota. Conteo número de semillas por mazorca. Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 7*Peso de cacao seco*

Nota. Peso de cacao seco, húmedo y mazorca, para sacar rendimientos.
 Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Tabla 15.*Libreta de campo variable peso de semillas y mazorcas (rendimientos)*

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
T1	1455	1495	1500	1470
T2	1600	1640	1635	1605
T3	1805	1835	1850	1790
T4	1845	1875	1890	1830
T5 (Testigo)	1300	1340	1335	1305

Nota. Datos tomados en campo para el rendimiento de tratamientos. Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Tabla 16.*ANDEVA (ANOVA) rendimiento*

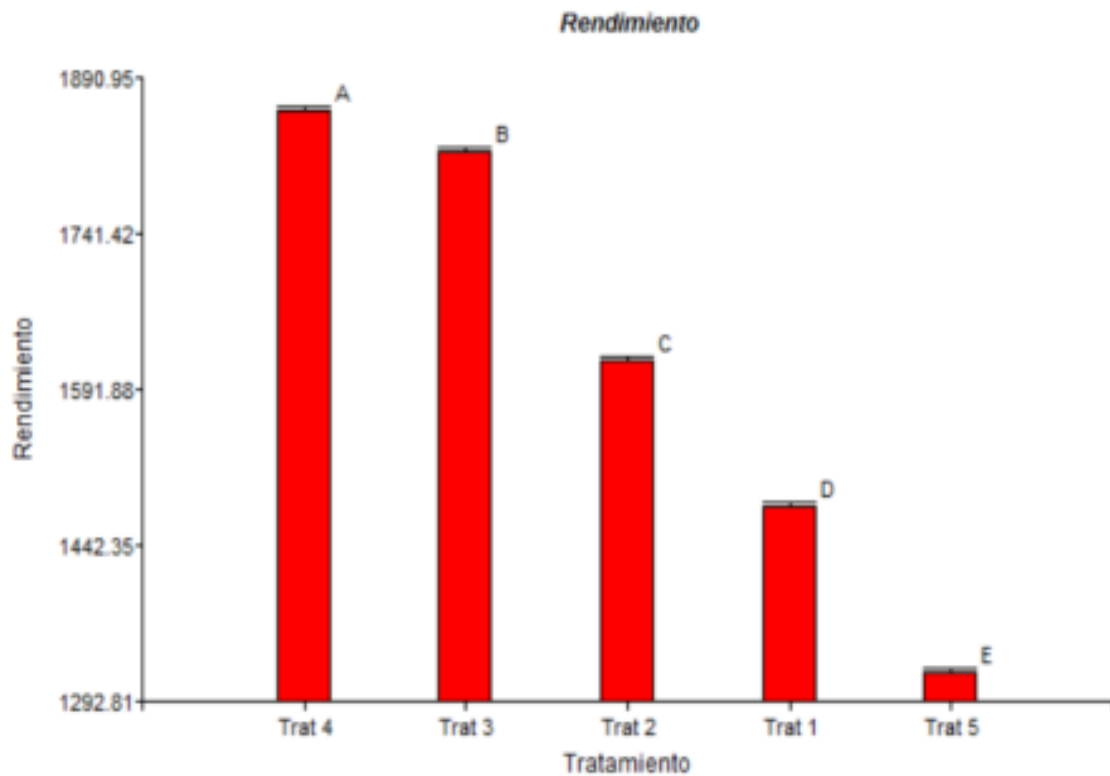
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Nº mazorcas	20	1.00	1.00	0.46	
Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)					
FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	836470.00	7	119495.71	2108.75	<0.0001
Tratamiento	828800.00	4	207200.00	3656.47	<0.0001
Bloque	7670.00	3	2556.67	45.12	<0.0001
Error	680.00	12	56.57		
Total	837150.00	19			
<i>Coeficiente de variación (CV%): 4.6%</i>					

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=16.96640				
Error: 56.6667	gl:12			
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Trat 4	1860.00	4	3.76	A
Trat 3	1820.00	4	3.76	B
Trat 2	1620.00	4	3.76	C
Trat 1	1480.00	4	3.76	D
Trat 5	1320.00	4	3.76	E

Nota. Medias con letras diferentes presentan diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 8

Gráfica estadística Rendimiento de cultivo



Nota. Gráfica de análisis Anova para Rendimiento de cultivo. Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 9
Escala de mazorcas



Nota. Escala de mazorcas (metros). Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 10
Letrero distintivo de área experimental



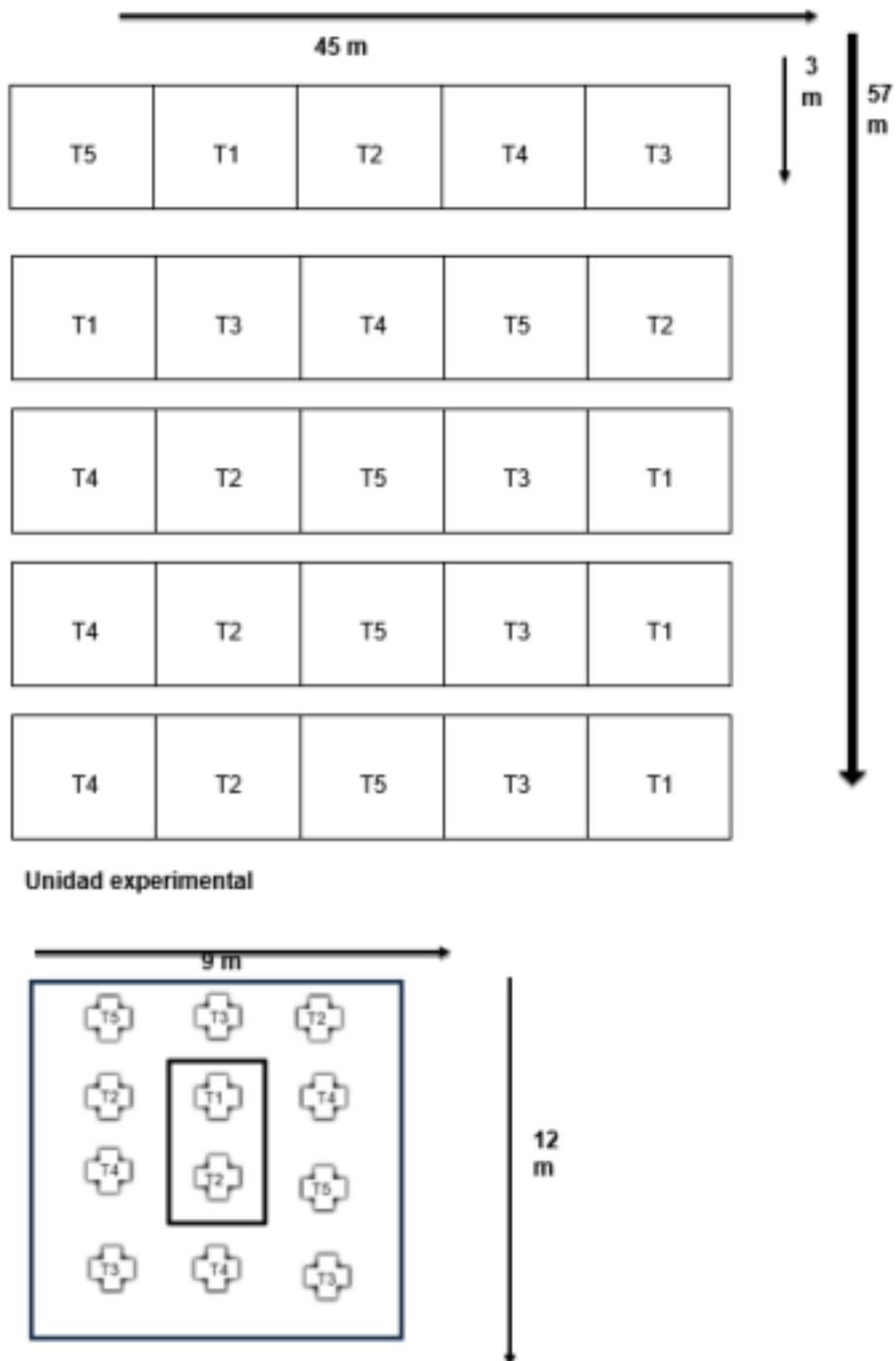
Nota. Letrero distintivo de área experimental. Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Tabla 17.*Tratamientos considerados*

T1	Manejo integral con NPK al suelo más aplicación foliar completa de Boro, Zinc y Calcio.
T2	Aplicación exclusiva de fertilización edáfica con NPK.
T3	Uso de fertilización foliar líquida que contiene Boro, Zinc y Calcio combinados.
T4	Combinación de NPK en suelo acompañado de una aplicación foliar parcial.
T5 (Testigo)	Sin aplicación de fertilizantes, manejo básico del cultivo.


Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 11
Croquis experimental



Fuente: Elaboración propia. 2026.

Tabla 18.
Simbología de tratamientos

Símbolo para representar los tratamientos	
---	---

Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 13
Ficha técnica del Calcio, Boro, Zinc



BIO Ca-B-Zn

Quelutados con Aminoácidos

ANÁLISIS FÍSICO:

Color: Negro
Olor: Característico
Aspecto: Líquido soluble
pH: 2.50

COMPONENTE	CONCENTRACIÓN (%)
Calcio	15.00%
Boro	2.00%
Zinc	4.00%
AMINOÁCIDOS LIBRES	4.00%
NITRÓGENO	7.00%

REGISTRO:
1835-F-AGR-0

¿QUÉ ES BIO Ca-B-Zn?
BIO Ca-B-Zn, es un fertilizante inorgánico con alto contenido de macro y micro elementos muy soluble en agua, los cuáles cubren las carencias de estos elementos en las plantas y sus posibles afectaciones por carencia de estos, también es un potenciador de crecimiento de las plantas, que puede ser utilizado desde la siembra hasta la cosecha.
Su alto contenido de boro ayuda en el amone y cuaje de frutos.
Se deriva de quelato de Calcio es una formulación de microgranulados quelados con EDTA y sulfato de zinc y del ácido bórico y contiene un 15% de calcio, un 4% de zinc, un 2% de boro un 7% de nitrógeno, un 4.46% Ácidos Fulvicos enriquecidos de aminoácidos.

VENTAJAS:
BIO Ca-B-Zn: Altamente soluble Ayuda a activar las enzimas vegetales responsables de la síntesis de proteínas.
BIO Ca-B-Zn: Mejora las condiciones de los nutrientes del suelo, lo que resulta en rendimientos potencialmente más altos. Complementa la disponibilidad de nutrientes necesario para mejorar el conjunto de frutos.
BIO Ca-B-Zn: Aumento del desarrollo de los dedos (bananos y plátanos).
BIO Ca-B-Zn: Está directamente involucrada en la formación y desarrollo de frutos. El zinc ayuda a activar las enzimas responsables de la síntesis de proteínas.
BIO Ca-B-Zn: Se utiliza en la formación de clorofila y algunos carbohidratos y en la conversión de almidones en azúcares. El zinc ayuda a procesos como la división celular y la síntesis de suero en flores y brotes, especialmente durante la floración. La eficiencia del boro se expresa en los puntos de crecimiento de las raíces y el follaje.





www.agritec.ec | @agritec.ec

Fuente: Agritec, 2025.

Figura. 14

Ficha técnica del Calcio, Boro, Zinc

BIO Ca-B-Zn: también en las estructuras de floración y fructificación. El boro es importante para la síntesis y división de la pared celular.

BIO Ca-B-Zn: Puede mejorar el cuajado de frutos o nueces en comparación con las plantas deficientes en muchos cultivos. El boro y el zinc también se aplican después de la cosecha en algunos cultivos de árboles perennes para aumentar la salud primaveral de las partes finales, incluidos los tubos de polen.

BIO Ca-B-Zn: La aplicación foliar es más eficiente y rápida para llevar el nutriente a los tejidos objetivo (hojas), sin embargo, tanto el zinc como el boro aplicados al suelo pueden ser efectivos para aumentar el nivel del nutriente aplicado en la planta.

BIO Ca-B-Zn: Combate Las deficiencias de calcio normalmente aparecen durante los etapas de crecimiento rápido, floración y / o fructificación. Pudrición del final de la flor es un ejemplo de deficiencia de calcio.

PRESENTACIONES:
250 cc - 500 cc - Litro - Galón - 20 litros y 200 litros

INCOMPATIBILIDAD:
No presenta incompatibilidad con la mayoría de productos de uso agrícola más frecuentemente utilizados. Es recomendable realizar una prueba de compatibilidad antes de realizar una aplicación.

NOTA IMPORTANTE:
El fabricante asume plenas garantías sobre las características técnicas del producto y su aptitud para las aplicaciones recomendadas; sin embargo, no asume ninguna responsabilidad sobre uso imprudente, excesivo o indebido puesto que las condiciones de aplicación están fuera de su control.

PRECAUCIONES:
Durante la mezcla y aplicación utilizar el equipo de protección adecuado. Evite almacenar una vez abierto el envase. Ya que es un producto higroscópico y podría afectar su apariencia física. Este producto puede tener concentraciones de Cloro (Cl-) superiores al 2% y concentraciones de Sodio (Na2O) superiores al 1%.

BIO Ca-B-Zn
FERTILIZANTE LÍQUIDO INORGÁNICO

AGRITEC
www.agritec.ec

Fuente: Agritec, 2025

Figura. 15
Ficha técnica del Cacao Producción (NPK)





ANÁLISIS FÍSICO:

Color: Bicolor (rojo y negro)
 Olor: Característico
 Aspecto: Sólido Granular

Componente	Contenido (kg/50kg)
NITRÓGENO	14.0%
FOSFÓRICO	8.0%
POTASIO	24.0%

REGISTRO:
 1824-F-AGR-0

RECOMENDACIONES DE USO:
CONSULTE CON UN TÉCNICO PROFESIONAL

Las dosis de aplicación deben estar dirigidas por un técnico profesional, evaluando el estado nutricional, requerimiento nutricional y condiciones fisiológicas de la planta, así como también las condiciones del clima y propiedades físico-químicas del suelo.

Durante la preparación y aplicación del producto "NO COMER, BEBER O FUMAR".

En caso de contacto prolongado usar ropa de protección y guantes resistentes a químicos.

Si existe excesivo polvo, utilice mascarilla y gafas.

Lavarse las manos y áreas expuestas, con jabón y agua luego de la aplicación.

No demorar en sacarse los zapatos o cambiarse de ropa luego de la aplicación.

No emplear este envase para ningún otro fin.

No reemplazar o depositar el contenido en otros envases.

Conservar el envase en lugar seguro lejos de los alimentos, los niños y los animales.

Después de usar el contenido, inutilice el envase y deposítelo en el lugar designado por las autoridades para este fin.



Fuente: Agritec, 2025

Figura. 16

Ficha técnica del Cacao Producción (NPK)



ADVERTENCIA:
 Las recomendaciones para la aplicación y almacenamiento del producto, se utilizarán solo como una guía. AGRITEC garantiza productos de alta calidad, sin embargo, renunciamos a cualquier responsabilidad por daños derivados del almacenamiento y la aplicación del producto u otro uso del producto después de la entrega.

INCOMPATIBILIDAD:
 No presenta incompatibilidad con la mayoría de productos agrícolas; se recomienda realizar una prueba a pequeña escala antes de utilizar el producto.












www.agritec.es

agritec.es

Fuente: Agritec, 2025

Figura. 18

Calcio, Boro, Zinc Certificado de registro por Agrocalidad



Gobierno del Ecuador
GUILLELMO LASSO
PRESIDENTE

CERTIFICADO DE REGISTRO DE FERTILIZANTES, ENMIENDAS DE SUELO Y PRODUCTOS AFINES DE USO AGRICOLA

Nombre Comercial: BIOTEC Ca-B-Zn

Composición Declarada:

Tipo de Componente	Composición	Concentración
Composición garantizada	CALCIO (CaO)	15.00 p/v %
Composición garantizada	NITRÓGENO (N)	7.00 %
Composición garantizada	BORO (B)	2.00 p/v %
Composición garantizada	ZINC (Zn)	4.00 p/v %
Composición garantizada	Ácido Fólico	4.45 p/v %
Composición garantizada	Aminoácidos libres	4.00 p/v %

Tipo de Producto: FERTILIZANTES INORGÁNICOS

Subtipo de Producto: Macro + Micro + Otros

Nombre del Fabricante / Formulador: ARTAL SMART AGRICULTURE

País de Origen: España


Tipo de Formulación: Líquido

Numero de Registro: 1835-F-AGR-G

Titular del Registro: AGRITEC-EC S.A.S.

Fecha de Emisión: 14 de junio de 2023

Fecha de Registro: 14 de junio de 2023



Firmado electrónicamente por:
DANIEL ALEJANDRO SUAREZ TIPAN


COORDINADOR DE REGISTROS DE INSUMOS AGROPECUARIOS

Agencia de Regulación y Control de Insumos Agropecuarios

Dirección: Av. Eloy Alfaro N°350 y Av. Amazonas

Código postal: 170179 / Quito Ecuador

Teléfono: +593 2 182 8650 / www.agrocalidad.gov.ec



Fuente: Agritec, 2025

Figura. 19

Cultivo de cacao – Área experimental



Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 20

Manejo cultural del ensayo



Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 21

Monitoreo y toma de datos



Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 22

Aplicación de fertilizantes



Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 23*Recolección de frutos*

Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 24*Toma de datos peso de granos*

Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 25*Dosificación de tratamientos*

Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 26*Labores de mantenimiento*

Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 27
Aplicación de fertilizante por tratamiento



Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 28
Monitoreo de cultivo



Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 29
Toma de datos número de mazorcas



Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 30
Toma de datos número de granos por mazorca



Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 31
Área experimental



Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 32
Revisión docente guía



Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Figura. 33
Visita docente guía




TRAILLO DIBI TITULACHYAS PRES.EIHTACIO COMO
HEALTHSITO FAJUII. LA ODTNCE:IIION oIU. TITI.U.D. o

Figura. 34

Datos tomados en campo. Medición de variables

Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.

Tratamiento	Bloque	Diametro de mazorcas (cm)	Mazorcas por planta	Semillas por mazorca	Rendimiento por Ha.
T1	1	7.7	33.8	37.9	1455
T1	2	7.95	34.6	38.6	1495
T1	3	7.88	34.1	38.2	1500
T1	4	7.75	34.5	38.9	1470
T2	1	8.25	36.9	41.1	1600
T2	2	8.4	38.2	42	1640
T2	3	8.5	37.8	42.3	1635
T2	4	8.3	37.5	41.6	1605
T3	1	8.8	41.2	44.6	1805
T3	2	8.95	42.1	45.4	1835
T3	3	9.05	41.9	45.6	1850
T3	4	8.85	42	45.2	1790
T4	1	8.95	41.8	45.8	1845
T4	2	9.1	42.3	46.5	1875
T4	3	9.15	42.5	46.4	1890
T4	4	8.95	41.9	45.7	1830
 T5	1	6.85	28.4	34.1	1300
T5	2	7	29.1	35	1340
T5	3	6.9	29.2	34.8	1335
T5	4	7.05	28.9	34.5	1305

Fuente: Elaborado por: El Autor 2026.