



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**INCIDENCIA DE ZEOLITAS SOBRE LA EFICIENCIA EN
LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA EN EL CULTIVO DE
CACAO (*Theobroma cacao*)**
TRABAJO EXPERIMENTAL

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR
AMBI CELI ISAAC SANTIAGO

TUTOR
ING. CANTOS SANCHEZ EDWIN ALBERTO, M.Sc

MILAGRO – ECUADOR

2023



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
"DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ"
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **ING. CANTOS SANCHEZ EDWIN ALBERTO, M.Sc**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **INCIDENCIA DE ZEOLITAS SOBRE LA EFICIENCIA EN LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*)**, realizado por el estudiante **AMBI CALI ISAAC SANTIAGO**; con cédula de identidad **N° 0957961246** de la carrera **INGENIERÍA AGRONÓMICA**, Ciudad Universitaria "Dr. Jacobo Bucarón Ortiz" **Milagro**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

ING. CANTOS SANCHEZ EDWIN ALBERTO, M.Sc

TUTOR

Milagro, 28 de Marzo del 2023



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

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: **“INCIDENCIA DE ZEOLITAS SOBRE LA EFICIENCIA EN LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*)”**, realizado por el estudiante **AMBI CALI ISAAC SANTIAGO**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Macias Hernández David, M.Sc
PRESIDENTE

Ing. Peña Haro Cesar, M.Sc
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Cantos Sánchez Edwin, M.Sc
EXAMINADOR PRINCIPAL

Milagro, 28 de Marzo del 2023

Dedicatoria

Esta tesis se la dedico a Dios por darme sabiduría, fortaleza, a mis padres y a mis hermanos que siempre han estado a mi lado ayudándome en todo momento brindándome su apoyo incondicional, sin ello no sería posible cumplir con esta meta.

Agradecimiento

Le agradezco a Dios y a mis padres Ing. Ambi Vera Italo Wenceslao e Ing. Celi Herán Martha Azucena por saber guiarme con amor y paciencia, a mis hermanos por brindarme siempre su apoyo.

También le agradezco a la Universidad Agraria Del Ecuador y a su personal docente por los conocimientos brindados, a mi tutor Ing. Cantos Sanches Edwin Alberto, M.Sc por toda la ayuda brindada y guiarme en el proceso de mi tesis.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **AMBI CELI ISAAC SANTIAGO**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **“INCIDENCIA DE ZEOLITAS SOBRE LA EFICIENCIA EN LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*)”** para optar el título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, 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 autor 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, 28 de Marzo del 2023

AMBI CELI ISAAC SANTIAGO
C.I. 0957961246

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general	7
Índice de tablas	11
Índice de figuras.....	12
Resumen	13
Abstract.....	14
1. Introducción.....	15
1.1 Antecedentes del problema.....	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema	16
1.2.1 Planteamiento del problema	16
1.2.2 Formulación del problema	16
1.3 Justificación de la investigación	17
1.4 Delimitación de la investigación	17
1.5 Objetivo general	17
1.6 Objetivos específicos.....	18
1.7 Hipótesis	18
2. Marco teórico.....	19
2.1 Estado del arte.....	19
2.2 Bases teóricas	22

2.2.1 Origen del cacao	22
2.2.2 Distribución del cultivo de cacao	22
2.2.3 Clasificación Taxonómica	23
2.2.4 Importancia del cultivo de cacao en el Ecuador	23
2.2.5 Morfología de la planta de cacao	23
2.2.5.1. Raíces.....	23
2.2.5.2. Ramas	23
2.2.5.3. Hojas	23
2.2.5.4. Flores	24
2.2.5.5. Fruto	24
2.2.6 Requerimientos edafoclimáticos	24
2.2.6.1. Temperatura	24
2.2.6.2. Luminosidad.....	24
2.2.6.3. Precipitación.....	24
2.2.6.4. Altitud.....	25
2.2.6.5. Suelo y pH.....	25
2.2.7 Fertilización para el cultivo de cacao	25
2.2.8 Fertilización orgánica	25
2.2.9 Zeolita.....	26
2.2.9.1. Fórmulas de las zeolitas.....	26
2.2.9.2. Historia de las zeolitas.....	26
2.2.9.3. Estructura de la zeolita	27
2.2.9.4. Zeolita en la agricultura	27
2.2.9.5. Propiedades de las zeolitas	27
2.2.9.6. Aplicaciones de las zeolitas	28

2.2.9.7. Zeolita natural.....	28
2.2.9.8. Zeolitas como fertilizantes edáficos.....	28
2.3 Marco legal.....	29
3. Materiales y métodos	31
3.1 Enfoque de la investigación	31
3.1.1 Tipo de investigación.....	31
3.1.2 Diseño de investigación	31
3.2 Metodología	31
3.2.1 Variables	31
3.2.1.1. Variable independiente	31
3.2.1.2. Variable dependiente	31
3.2.2 Tratamientos.....	32
3.2.3 Diseño experimental	32
3.2.4 Recolección de datos	32
3.2.4.1. Recursos.....	33
3.2.4.2. Métodos y técnicas	33
3.2.4.3. Manejo agronómicos del ensayo	33
3.2.4.4. Descripción de las variables	34
3.2.5 Análisis estadístico.....	35
4. Resultados	36
4.1 Evaluar la respuesta agronómica de la aplicación de zeolita en el cultivo de cacao	36
4.1.1 Mazorcas por plantas (n).....	36
4.1.2 Diámetro de mazorcas (cm)	37
4.1.3 Longitud de mazorcas (cm).....	38

4.1.4 Peso de 100 granos de cacao (g).....	39
4.2 Identificar la mejor dosis de zeolitas con fertilizantes edáficos en el rendimiento del cacao	40
4.2.1 Productividad (kg/ha).....	40
4.3 Realizar un análisis en relación beneficio/costo de los tratamientos en estudio	41
4.3.1 Análisis económico (b/c).....	41
5. Discusión	42
6. Conclusiones.....	44
7. Recomendaciones.....	45
8. Bibliografía.....	46
9. Anexos	56

Índice de tablas

Tabla 1. Tratamientos para evaluar	32
Tabla 2. Análisis de varianza ANOVA.....	35
Tabla 3. Mazorcas por plantas (n).....	36
Tabla 4. Diámetro de mazorcas (cm)	37
Tabla 5. Longitud de mazorcas (cm).....	38
Tabla 6. Peso de 100 granos de cacao (g)	39
Tabla 7. Productividad (kg/ha)	40
Tabla 8. Análisis económico (b/c)	41
Tabla 9. Análisis de varianza de mazorcas por plantas	57
Tabla 10. Análisis de varianza de diámetro de mazorcas	57
Tabla 11. Análisis de varianza de longitud de mazorcas	58
Tabla 12. Análisis de varianza de peso de 100 granos de cacao	58
Tabla 13. Análisis de varianza de productividad	59
Tabla 14. Costos de mantenimiento del cacao -CCN-51	60

Índice de figuras

Figura 1. Croquis de campo de las parcelas experimentales.....	56
Figura 2. Área experimental con sus respectivos tratamientos.....	61
Figura 3. Fertilizantes (NPK y ZEOLITA), con sus respectivas dosis por tratamientos.....	61
Figura 4. Cosecha por tratamientos.....	62
Figura 5. Toma de datos de número de mazorcas por plantas.....	62
Figura 6. Toma de datos de diámetro de mazorcas.....	63
Figura 7. Toma de datos de longitud de mazorcas.....	63
Figura 8. Granos de cacao por tratamientos.....	64
Figura 9. Peso de 100 granos de cacao.....	64
Figura 10. Vista del tutor.....	65
Figura 11. Revisión del experimento de campo.....	65

Resumen

La siguiente investigación se realizó en el cantón Milagro, perteneciente a la provincia del Guayas. Tuvo como finalidad evaluar la incidencia de la zeolita sobre la eficiencia en la fertilización edáfica en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). Fue una investigación experimental, donde se evaluó distintas dosis de zeolitas como ayuda a la fertilización edáfica para el cultivo de cacao. Se utilizó un Diseño experimental de Bloques Completo al Azar (DBCA), cabe indicar que estuvo conformado por cinco tratamientos correspondientes al uso de fertilizantes más zeolita en cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: Mazorcas por plantas (n); Diámetro de mazorcas (cm); Longitud de mazorcas (cm); Peso de 100 granos de cacao (g); Productividad (kg/ha); Análisis económico (b/c). Los tratamientos fueron (Tabla 1). Las medias de los tratamientos fueron sometido al análisis de la varianza y validados con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad estadística. Los resultados fueron los siguientes La aplicación de zeolita mostro diferencias significativa en la característica agronómica del cultivo con referencia al testigo. El mayor número de mazorca, lo presento el T4 donde se aplicó 40% de zeolita con 33.25 mazorca promedio diferenciando al testigo que alcanzo promedio de 28 mazorca. El peso de 100 granos fue influenciado en función de la dosis de Zeolita, a mayor porcentaje de Zeolita en la fertilización mayor peso del grano. El adicionar 40% de zeolita a la fertilización básica, incremento los rendimientos con 1810.96 kg/ha encontrado una diferencia en la producción de 386,44 kg/ha cuando no se aplica zeolita. El mayor beneficio costo se obtuvo con el T4 (fertilización edáfica + 40% de Zeolita) con 1.8, producto del mayor rendimiento que genero mayores ventas.

Palabras claves: Cacao, fertilización, Rendimiento , Zeolitas, ,

Abstract

The following investigation was carried out in the Milagro canton, belonging to the Guayas province. Its purpose was to evaluate the incidence of zeolite on the efficiency of edaphic fertilization in the cocoa crop (*Theobroma cacao*). It was an experimental investigation, where different doses of zeolites were evaluated as an aid to edaphic fertilization for cocoa crops. I use an experimental Design of Complete Random Blocks (DBCA), it should be noted that it consisted of five treatments corresponding to the use of fertilizers plus zeolite in four repetitions. The variables evaluated were: Ears per plant (n); Ear diameter (cm) ; Ear length (cm); Weight of 100 cocoa beans (g); Productivity (kg/ha); Economic analysis (b/c). The treatments were (Table 1). The means of the treatments were submitted to the analysis of variance and validated with the Tukey test at 5% statistical probability. The results were as follows: The application of zeolite showed significant differences in the agronomic characteristic of c cultivation with reference to the witness. The highest number of ears was presented in T4 where 40% zeolite was applied with an average ear of 33.25, differentiating the control that reached an average of 28 ears. The weight of 100 grains was influenced depending on the dose of Zeolite, the higher the percentage of Zeolite in the fertilization, the greater the weight of the grain. Adding 40% of zeolite to the basic fertilization increased yields with 1810.96 kg/ha, finding a difference in production of 386.44 kg/ha when zeolite is not applied. The greatest cost benefit was obtained with T4 (soil fertilization + 40% Zeolite) with 1.8, product of the higher yield that generated higher sales.

Keywords: Cocoa, fertilization, Yield, Zeolites

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

En el continente americano el cultivo de cacao ha crecido desde México llegando a Brasil, estos dos países representan el 40% de la producción total. Mientras que en los países como Ecuador tiene el 24 %, Colombia 9 %, República Dominicana 9%, Perú 6 % y Venezuela 4%. Cabe indicar que Ecuador es el país que posee mayor intervención dentro de los mercados mundiales con un 63 % (Crespo, 2021).

El (MAG) en el 2017 dice que hay 490.000 ha sembradas de cacao, estando la Costa ecuatoriana como el territorio donde se cultiva más con 79,49% del área, por otro lado, la Sierra llega a un 13,52% y Oriente tiene un 6,99%. Cabe indicar que Manabí tiene el área más sembrada con 92,839ha, pero tiene una mínima productividad de 13, 60%, Los Ríos con 84,222ha. pero tiene una mayor productividad de 23,56% y Guayas con 79,768ha y una productividad de 32,03%). Ecuador está en los cinco países como mayor exportador de cacao a nivel mundial con una producción de 240 000 tn (Jumbo, 2019).

La fertilización orgánica que se están empleando en los cultivos agrícolas es un alternativa sustentable y sostenible que promueve y mejora la salud del agro sistemas (suelos y medio ambiente), disminuyendo el uso de fertilizantes convencionales (Potesta, 2018).

La zeolita es un nutriente orgánico de forma mineral natural, este fertilizante tiene la ventaja de retener humedad del suelo, también mejora la absorción de otros nutrientes y mejorar la conversión de nitrógeno en los distintos cultivos (Miranda, 2021).

También la zeolita es un mejorador de suelo, ya que posee propiedades físicas y químicas, por esta razón su uso es recomendable para los efectos de acidez en los suelos agrícolas (Valentin, 2019).

La producción y uso de fertilizantes orgánicos como la zeolita puede llegar a ser una de las alternativas de manejo agronómico en la fertilización edáfica en los cacaotales, a base de la implementación de ello se puede disminuir los efectos de la nutrición química, ya que ayuda a cubrir los requerimientos nutricionales de los cultivos, baja los costos de producción y por su efectividad agronómica ya que es un biofertilizante natural (Luna, 2015).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La problemática que se presenta en el cantón Milagro en las cacaoteras de pequeños agricultores es que no realizan nuevas estrategias por parte de los productores sobre la labor de fertilización, para que con ello posean una mayor eficacia de nutrientes ya que es uno de los principales manejos agronómicos que deben brindar a sus cultivos, por lo que es de vital importancia dentro del ciclo de la planta porque deben estar bien nutridas, para obtener un alto crecimiento, desarrollo y rendimientos.

Las personas dedicadas a sus plantaciones de cacao están acostumbrados a aplicar grandes cantidades de fertilizantes químicos, con el objetivo de mejorar el cultivo, no obstante, no tiene conocimiento del daño que provoca al suelo y el impacto ambiental del ecosistema por la contaminación, entre otros factores (suelos saturados, erosionados, etc.), esta práctica de campo ha llegado a ocasionar pérdidas al momento de no poder absorber los nutrientes por parte de las plantas, provocando bajas pérdidas en la producción de cacao.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál de las dosis de zeolitas será efectivo sobre la eficiencia en la fertilización edáfica en el cultivo de cacao, en el cantón Milagro?

1.3 Justificación de la investigación

Por esta razón la presente investigación hace referencia y nos permite conocer la dosis de fertilizantes adecuados para la planta de cacao, así mismo nos permitirá utilizar fertilizantes orgánicos como es el caso de la zeolita, ya que este mineral natural es capaz de retener humedad del suelo, mejorar las propiedades físicas y químicas del mismo para la absorción eficiente de nutrientes y aparte la zeolita ayuda a desarrollar con más rapidez y fuerza a las plantas, aumentando su producción.

El trabajo de investigación nos otorga comprender nuevos métodos o estrategias de manejos agronómicos para tener mejores resultados y brinda conocimiento más tecnificado a los pequeños agricultores cacaoteros sobre la aplicación de fertilizantes e inclusive ayuda a reducir la contaminación ambiental que hoy en día es uno de los problemas principales que se debe siempre tener en cuenta en la agricultura.

1.4 Delimitación de la investigación

El trabajo de investigación y campo tuvo dos delimitaciones las cuales comprendieron de:

- **Espacio:** el lugar donde se realizó el ensayo de campo fue en el cantón milagro, perteneciente a la provincia del Guayas.
- **Tiempo:** El tiempo que demoró el trabajo investigativo (recopilación de información y campo), fue de 7 meses (junio a diciembre) del presente año lectivo.

1.5 Objetivo general

Evaluar el efecto de aplicación de zeolitas en la fertilización edáfica en el cultivo de cacao.

1.6 Objetivos específicos

- Evaluar la respuesta agronómica de la aplicación de zeolita en el cultivo de cacao.
- Identificar la mejor dosis de zeolitas con fertilizantes edáficos en el rendimiento del cacao.
- Realizar un análisis en relación beneficio/costo de los tratamientos en estudio.

1.7 Hipótesis

Al menos uno de los tratamientos en estudio sobre la aplicación de dosis de zeolitas en la fertilización edáfica ayuda en los aspectos agronómicos y rendimiento del cultivo de cacao.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Díaz, Liriano, y Abreu (2019), aplicaron distintas mezclas de zeolita natural con fertilizantes de fórmula completa, en la respuesta agronómica del cultivo de papa. Se estudiaron cuatro tratamientos con dosis de 1490 kg/ha y dosis adicional de urea de 150kg/ha: T1 testigo absoluto, T2 fórmula completa 8-9-14, T3 con 6-7-10 (75 % de nutrientes y 25 % de zeolita natural) y T4 con 4-4,5-7 con un 50 % de nutrientes y 50 % de zeolita natural. Se evaluó la altura de, el número de tubérculos, el rendimiento por planta, el rendimiento del cultivo. Los resultados mostraron que mediante la adición de zeolita natural al 25 y 50 % a la fórmula completa aumentó la altura de la planta. Los componentes del rendimiento se ven favorecidos con la aplicación de fertilizantes y zeolita, el tratamiento con 75 % de fórmula completa y 25 % de zeolita obtuvo rendimientos superiores con 29,46 t ha⁻¹.

Villarreal, Barahona, y Castillo (2013), mencionan que estudiaron el efecto de la zeolita sobre la eficiencia de uso de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de arroz. Utilizaron seis tratamientos con dosis de N de 80 kg ha⁻¹ mezclado con distintos % de zeolita (0; 15; 25; 35 y 45%). Los mejores rendimientos de grano se obtuvieron con 80 kg N + 45% Zeolita ha⁻¹ y 80 kg N +15% Zeolita ha⁻¹. Se logró un incremento en la EUFN de un 7% con la adición de Zeolita natural. Pero no hubo diferencia estadística entre las diferentes dosis de zeolita utilizadas.

Soca y Villarreal (2015), hicieron mezclas de roca fosfórica con zeolita sobre el desarrollo de los cultivos de sorgo y papa. Utilizaron cinco tratamientos (NPK; NK + 2 g de mezcla; NK + 3 g; NK + 4 g y NK + 5 g). Los resultados demostraron que la mezcla de la roca fosfórica con zeolita permite alcanzar un incremento en el rendimiento de los cultivos, mejorando las variables del suelo y los índices foliares.

Castillo (2018), estudió el efecto de tres dosis de zeolitas en el cultivo de arveja, los tratamientos utilizaron fueron: aplicación en alta, media y baja se zeolita y un testigo absoluto. Se evaluó; porcentajes de germinación, altura de la planta, días a la floración, número de vainas por plantas, número de granos por vaina, rendimiento y la relación beneficio/costo. Los resultados dieron que la aplicación con alta dosis de zeolita (Quantum) mostro mayor promedio en las evaluaciones. Así mismo en el análisis económico del rendimiento en kg que tuvo una mayor rentabilidad económica de 7.363,89 USD/ha.

Rivadeneira (2016), describe que realizó la aplicación de tres dosis de zeolita para optimizar el rendimiento del cultivo de Fresa. Los tratamientos evaluados fueron: Tratamiento 1= 100 g de zeolita/m² (1 t/ha), Tratamiento 2= 200 g de zeolita/m² (2 t/ha) y Tratamiento 3= 300 g de zeolita/ m² (3 t/ha) y el Tratamiento 4= testigo sin zeolita. Las variables fueron: % de prendimiento de plántula, número de flores por planta, número de frutos por planta, rendimiento por categoría, rendimiento total y el costo beneficio de cada tratamiento. Los resultados mostraron que el T2 tuvo el mayor resultado en todas las variables. para los rendimientos en la categoría extra tuvo 2470,17 kg/ha comparado con el T4 fue de 1583,8 kg/ha. En la categoría "1" se el T2 sigue siendo mayor con 1301,53 kg/ha a comparación del testigo que fue de 643,19 kg/ha. En el rendimiento total el T2 alcanzó los rendimientos altos con 4554,16 kg/ha mientras que el T4 tuvo 2979,95 kg/ha respectivamente. Según el análisis costo beneficio el T2 obtuvo el mejor resultado al presentar un índice de 2,43 y el T4 obtuvo un índice de 1,59.

Quishpe (2015), dice que realizó una evaluación del rendimiento del maíz aplicando dos niveles de zeolita y dos niveles de urea, en cuanto a los resultados en las variables de estudio fueron, en altura de planta siendo la dosis de 4 kg.

zeolita y 2 kg. urea con 128,22 y 167,33 cm. a los 90 días, en la inflorescencia por planta en el tratamiento con zeolita 2 kg. y 1 kg. urea con 86 y 85,89 días, en la variable diámetro de mazorca la zeolita con 4 kg. y 2 kg. urea con 20,33 y 18,78 cm. con respecto a la variable longitud de mazorca la zeolita 4 kg. y 1 kg. urea con 23,67 y 22,00 cm. Para la variable peso de gramos se presenta en la fertilización de 4 kg. con 687,78g, así como en la urea 1 kg. con 607,78g.

Apaza (2017), comenta en su estudio que determinó el rendimiento de la producción de Rúcula en ambiente controlado con el uso de zeolita natural de roca fosfórica, los factores de estudio fueron los tres niveles de zeolita natural (T1 100g, T2 60g y T3 20g) y T4 de testigo. Los resultados mostraron que el T1 tuvo una mayor germinación de semillas con 96%, seguido del T2 con 90% y el T3 con un 85% a comparación del T4 que tuvo un 50% de las semillas con baja viabilidad. Para la variable altura fue el T1 de 28,05 cm, seguido del T2 con 24,45 cm, T3 con 19,8 cm y el T4 fue de 17,2 cm. Para el peso de la Rúcula que obtuvo mayor rendimiento fue el T1 que obtuvo 2,27 kg m⁻², seguidamente del T2 que logró obtener 2,02 kg m⁻², asimismo el T3 logró obtener 1,91 kg m⁻² y T4 fue el más inferior con un resultado de 0,57 kg m⁻². El análisis económico demostró una alta rentabilidad la tuvo el T1 con un beneficio neto de 357.101 Bs ha⁻¹, seguido del T2 con 317.621 Bs ha⁻¹, el T3 con 305.581 Bs ha⁻¹ y el T4 con 47.700 Bs ha⁻¹.

Castro (2015), manifiesta que realizó evaluación de tres fuentes de zeolitas en la producción del cultivo de arveja y la salinización del suelo. Las variables fueron: días a la emergencia, altura de planta, días al inicio de la floración, número de vainas/ planta, número de granos /vaina, días a la cosecha en vaina verde, rendimiento de parcela neta en vaina verde, rendimiento por ha en vaina verde (kg), Conductividad eléctrica y Análisis económico. Los resultados dieron que para la

altura de planta a los 30, 45 y 60 días hubo diferencias significativas, en donde el T 3 con un valor de 19.95 cm presento el promedio más alto a los 30 días, 27.85 cm a los 45 días y un valor de 45.35 cm los 60 días. Los T2 y T3 sobresalieron en, número de vainas por planta, granos por vaina, días a la cosecha y óptimos rendimientos en vaina verde. El análisis económico determinó que el T2 tuvo el mejor ingreso neto (6312.0 USD) con un beneficio costo B/C de 2.22 dólares; sin existir diferencias significativas para conductividad eléctrica, materia orgánica, Ph del suelo y macro y microelementos.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Origen del cacao

El cultivo de cacao dio sus inicios como nativo de la zona de los trópicos húmedos de del continente americano, más detallado en el noroeste de América del Sur en la Amazonía (Ariza, 2019).

Historias de la especie de cacao se dice que es oriunda de la selva amazónica por lo estudios ecológicos que se le ha realizado ya que soporta distintas condiciones ambientales, esto hace referencia que los primeros consumidores del grano de cacao se datan a los años 4.000 (Gómez, 2016).

2.2.2 Distribución del cultivo de cacao

La aparición de los árboles de cacao se haya en las selvas tropicales de la cuenca Amazónica y Orinoco en los años 4 mil. Las primeros cultivares se hayan en Centroamérica en el país de Honduras hace 1100 a. C entre 600 y 400 años a. C, luego se esparció a Belice por los Olmeca en los años 900 a. C. Se dice que puede haber llegado hasta Mesoamérica (Quevedo, 2016).

Se encontró de manera silvestre en las selvas neotropicales en la Amazonía en los países como: Perú, Ecuador y Colombia, puedo llegar al Sur de América en los

países de África y Asia. Cabe indicar que en Ecuador se lo conoce como la Pepa de Oro así se dio en nombre en el siglo XIX (Gutiérrez, 2019).

2.2.3 Clasificación Taxonómica

Según Mato (2020), describe que el cacao se le dio la siguiente taxonomía, perteneciendo al reino Plantae, tiene una clase y subclase (Angiosperma y dicotiledónea), pertenece al orden Malvales, a la familia Esterculiácea y su nombre científico es *Theobroma cacao* L.

2.2.4 Importancia del cultivo de cacao en el Ecuador

A nivel mundial en el año 2016 se tenía 3992 millones de tn de cacao. Los países americanos que muestran la mayor exportación son: Brasil, Colombia, Ecuador, México, República Dominicana, esto países son los que hacen envíos a países de Europa y Asia (Valverde, 2016).

2.2.5 Morfología de la planta de cacao

2.2.5.1. Raíces

La planta de cacao tiene tres clases de raíces, la raíz principal que es el eje de anclaje; una raíz secundaria que es el soporte y crece a los costados y como ultimo pelos radicales que son los delegados de absorber agua y nutrientes (Hilario, 2019).

2.2.5.2. Ramas

EL árbol está conformado por un tronco en forma de trípode, tiene una altura de 80cm a 1m, de aquello se deriva las yemas auxiliares (hasta 8) o ramas (4 hasta 6) que crecen en forma lateral (Alcívar y Loor, 2016).

2.2.5.3. Hojas

Son de color verde al principio y después se tornan marrón, tiene un tamaño de largo de 40 a 60cm y de ancho de 10 a 15 cm, con una base redondeada, también son coriáceas o cartáceas simples, entera ligera e irregularmente sinuadas,

angostamente ovadas a obovado-elípticas, ligeramente asimétricas. El pecíolo es de 14-27 mm de largo (Copa, 2017).

2.2.5.4. Flores

Las flores están pegadas a las ramas del árbol o tronco de un tamaño pequeño son de color rosado rojizo, la flor tiene 5 pétalos, 5 estambres y un pistilo. Cabe indicar que el árbol puede producir hasta 6000 flores en el año (Rivera, 2017).

2.2.5.5. Fruto

El fruto es una baya ovalada de distintos colores dependiendo a la variedad (verde, amarillo, rojo, etc.), su tamaño puede llegar alcanzar hasta los 25 cm, dentro se encuentra hasta 40 granos de cacao que llegan a pesar 1.8g cada uno de ellos, envuelto por una pulpa de color blanco dulce de distintos sabores, aromas y grado de acidez (Herrera, 2017).

2.2.6 Requerimientos edafoclimáticos

2.2.6.1. Temperatura

La planta de cacao necesita unas temperaturas mínimas de 18 a 21°C Y máximas de 30 a 32°C, si llega a pasar estas temperaturas puede causar daños y provocar pérdidas en la productividad (Rodríguez, 2016).

2.2.6.2. Luminosidad

La hora luz son de vital importancia para la planta para realizar el proceso de la fotosíntesis, por lo tanto, no requiere de luz lumínica menor del 50% ya que limita los rendimientos, pero si necesita luz lumínica superior al 50% (Mamilovich, 2018).

2.2.6.3. Precipitación

Necesita de 1600 a 1800mm al año, pero hay regiones que puede soportar precipitaciones mínimas de 1000mm, e inclusive llegar a pasar a los 3000 mm, pero no es recomendable por la elevada humedad (Capa, 2015).

2.2.6.4. Altitud

Dependiendo a las zonas la planta de cacao puede llegar a establecerse en altitudes de 0 hasta los 800 msnm, pero existen cultivares que han llegado a soportar altitudes de 1000 y 1400 msnm (Noles, 2020).

2.2.6.5. Suelo y pH

Toleran suelos de textura franca (arcillo-arenosa o areno-arcillosa); con un 25% de materia orgánica, buenos drenajes y un pH de 5,0 a 7,0 (Arahuanaza, 2018).

2.2.7 Fertilización para el cultivo de cacao

La fertilización es una de las labores mas necesarios que debe tener una plantación de cacao, se debe saber que hay nutrientes que son suplidos por el aire, agua o el suelo (C, H, O). los elementos nutricionales requeridos en mayor cantidad son: N, P, K, Ca, Mg y S, pero así mismo hay elementos de menos cantidad que necesita tales como: Zn, Cu, B, Fe, Mn y Mo, teniendo en cuenta que todos son indispensables para un buen crecimiento y desarrollo (Vargas, 2016).

Mejía, Gaviria, Mesa, Zuluaga, y Muñoz (2019) dicen las técnicas de nutrición ya sea de forma química u orgánica otorga a los agricultores cacaoteros el uso eficaz de sus productos o nutrientes, esto también beneficia al cuidado del medio ambiente, si se realiza de la forma correcta puede llegar alcanzar altos rendimientos y una fruta de muy buena calidad (p. 12).

2.2.8 Fertilización orgánica

Otra forma de fertilización es la de utilizar fertilizantes orgánicos ya que ellos también favorecen al crecimiento de los cultivos por poseer propiedades físicas, químicas y biológicas muy necesarias como aporte para el suelo ayudando a mejorar la aireación, retener humedad e incrementar la capacidad de la planta para absorber otros nutrientes (Pisco, 2018).

2.2.9 Zeolita

Son un grupo de aluminosilicatos cristalinos e hidratados de aluminio, con cationes alcalinos y alcalinotérreos, con una ordenación tridimensional (tectosilicatos), ya que contribuye gran capacidad para incorporar y ceder agua y cationes, sin cambios en el edificio cristalino, forma el grupo mineral más variado y extenso de la corteza terrestre (Angamarca, 2020).

También son minerales de aluminosilicatos hidratados de Na, Ca, Mg, K y otros alcalinos y alcalinos térreos que se hayan en forma natural en la tierra. Tienen una estructura cristalina eléctricamente cargada para retener cationes y aniones. Existen otros tipos de Zeolitas naturales de acuerdo con su composición mineralógica y son Clinoptilolita, Chabatiza, Heulandita, Modernita, Filippsita, Silicalita y Heroinita entre otras (Campo, 2004).

2.2.9.1. Fórmulas de las zeolitas

Según Torres (2015), menciona que existen distintas fórmulas, esto depende las zeolitas, el cual existen las siguientes: Laumontita $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; Clinoptilolita $(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})_{2-3} \text{Al}_3(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$; tilbita $\text{NaCa}_2\text{Al}_2\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$; Phillipsita $(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca})_{1-2} (\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{166} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Erionita $(\text{K}_2, \text{Ca})_5\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{728} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Faujasita $(\text{Na}_2\text{Ca}) \text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{128} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Chabazita $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{126} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Natrolita $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{102} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Thomsonita $\text{NaCa}_2\text{Al}_5\text{Si}_5\text{O}_{206} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Mordenita $(\text{Ca}, \text{Na}_2\text{K}_2) \text{Al}_2\text{Si}_{10}\text{O}_{24} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; Epistilbita $\text{CaAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{165} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Analcima $\text{Na}, \text{AlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ y Heulandita $3\text{Al}_3(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

2.2.9.2. Historia de las zeolitas

El nombre de la zeolita deriva del griego "zeo" hervir y "lithos" piedra que significa piedra hervida, puesto por un investigador sueco, Barón de Cronstedt en 1756. Donde halló muchas variedades de zeolitas en cavidades de rocas basálticas, también describe que se manejaron desde la antigüedad cerca de los 2000 años como material de construcción y estos materiales fueron descubiertos en los años 1700 D.C como un mineral raro (Loza, 2008).

En los años 100 en Japón utilizan las zeolitas en los suelos ya que son capaces de neutralizar suelos volcánicos ácidos por que controlan la liberación amonio y otros cationes de fertilizantes (Galvez, 2019).

2.2.9.3. Estructura de la zeolita

Las zeolitas son tectosilicatos y su estructura básica es el tetraedro de silicio (SiO_4). También se clasifican en: fibrosas, tubulares, cadenas de tetraedros y cadenas de anillos de 4 miembros conectados simples y dobles. La estructura del tectosilicato, forma parte de tetraedros unidos por sus 4 vértices a otros tetraedros, originando una malla de extensión tridimensional compleja (Meza, 2015).

2.2.9.4. Zeolita en la agricultura

En la agricultura la zeolita sirve para mejorar la calidad de los suelos agrícolas, puede absorber plaguicidas, actúa como vehículos transportadores de diferentes sustancias activas, permite incrementar la eficiencia de los agroinsumos, mejora la estructura del suelo y protege a los cultivos (Méndez y Lira, 2019).

También eleva la CIC del suelo, reduce la contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Además, se transforma en un depósito de humedad en el suelo. Cabe indicar que la zeolita tiene una estructura resistente y estable que se conserva activa en el suelo, otorgando retener el N, K, Ca, Mg y micronutrientes en la rizósfera para ser absorbidos por las plantas; también posee la propiedad de su potencial de uso agronómico: contribuye a reducir en 25% la dosis de fertilización convencional (Farinango, 2020).

2.2.9.5. Propiedades de las zeolitas

Ferrando (2020), manifiesta que la zeolita posee tres propiedades importantes que realizan la cuales son: el intercambio catiónico, proceso por el cual no sufren cambios apreciables en su estructura; adsorción (tamiz molecular), proceso por el

cual adsorber moléculas de fijos tamaños dependiendo del tamaño de sus poros; y hidratación-deshidratación (un tipo especial de adsorción), proceso por el cual posee la capacidad para ganar y perder agua reversiblemente.

2.2.9.6. Aplicaciones de las zeolitas

Según Campo (2004), dice que las aplicaciones que se le dan a las zeolitas en diferentes ámbitos hoy en día son las siguientes:

Acuicultura: Filtración de amonio en pisciculturas, medio para biofiltros.

Agricultura: Control de olores, medio ambiental y alimentación.

Horticultura: Flores, vegetales, follajes, crecimiento hidropónico.

Casas: Control de olores de mascotas.

Productos Industriales: Absorbente de aceites, separador de gases.

Residuos Radiactivos: Descontaminación y remediación de lugares contaminados.

Tratamiento de agua: Filtración, remoción de metales pesados, piscinas.

Aguas Servidas: Remoción de amonio, fósforo y metales pesados en aguas servidas y lodos.

2.2.9.7. Zeolita natural

Es un mineral de aluminosilicatos microporosos cristalinos neutros, oriundo de rocas volcánicas existen 45 tipos, la cual la clinoptilolita es el más puro, efectivo y barato. Se aplican en la remoción eficiente de metales pesados (industria, agricultura, ganadería, protección del medio ambiente) (Senmache y Reyes, 2020).

Los tipos de zeolitas naturales, lo cual solo un grupo reducido resaltan por su bajo costo, accesibilidad, cantidad, pureza y disponibilidad para aplicarlas en diferentes procesos. En este grupo pertenece el tipo Mordenita, clinoptilolita, Chabazita, Erionita, ferrierita y Filipsita. Las zeolitas naturales a comparación de las sintéticas están formadas de 2 tipos de porosidad: primaria, atribuible a la presencia de microporos y secundaria, debida a los mesoporos (Gálvez, 2018).

2.2.9.8. Zeolitas como fertilizantes edáficos

La zeolita no actúa como fertilizante, pero permite recuperar la eficiencia de los fertilizantes y disponibilidad controlada de los cationes que las plantas que lo utilizan y otras ventajas que tiene (Soca y Daza, 2016).

2.3 Marco legal

“EXPEDIR LA NORMATIVA GENERAL PARA PROMOVER Y REGULAR LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA-ECOLÓGICA-BIOLÓGICA EN EL ECUADOR”

CAPÍTULO I OBJETIVOS Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Artículo 1. OBJETO. - La presente Normativa tiene como objetivo establecer el marco general para promover la investigación, la transferencia de tecnología, la capacitación y regular la producción, procesamiento, comercialización, etiquetado, almacenamiento, promoción y certificación de productos orgánicos de origen agropecuario, incluido la acuicultura, en el Ecuador.

Artículo 2. FINALIDAD. - La finalidad de esta Normativa elevar la competitividad del sector agropecuario, incluido la acuicultura, proteger la salud de los consumidores, preservar el dinamismo vital del ambiente y mejorar la calidad de vida de los actores de la cadena productiva de productos orgánicos a través de la investigación, la transferencia de tecnología y la capacitación para el desarrollo de la agricultura orgánica.

Artículo 3. ÁMBITO. - El presente instrumento será de aplicación obligatoria para las personas naturales y jurídicas, domiciliadas o con establecimiento permanente dentro del territorio en el Ecuador, que se presten a incursionar o intervengan en cualquiera de las fases que comprenda la cadena de producción orgánica de productos de origen agropecuario, incluida la acuicultura.

Artículo 4.- Para efectos de esta Normativa, se utilizará los términos “ecológico” o “biológico” como sinónimos de “orgánico”, incluido sus abreviaturas siempre que estas abreviaturas hagan referencia a productos obtenidos bajo métodos de producción orgánica (Vizcaíno, 2013).

REGLAMENTO (UE) 2018/848 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CE) n.o 834/2007 del Consejo

La producción ecológica es un sistema general de gestión agrícola y producción de alimentos que combina las mejores prácticas en materia de medio ambiente y clima, un elevado nivel de biodiversidad, la conservación de los recursos naturales y la aplicación de normas exigentes sobre bienestar animal y sobre producción que responden a la demanda, expresada por un creciente número de consumidores, de productos obtenidos a partir de sustancias y procesos naturales. Así pues, la producción ecológica desempeña un papel social doble aprovisionando, por un lado, un mercado específico que responde a una demanda de productos ecológicos por parte de los consumidores y, por otro, proporcionando al

público bienes que contribuyen a la protección del medio ambiente, al bienestar animal y al desarrollo rural.

El cumplimiento de rigurosas normas de sanidad, medio ambiente y bienestar animal en la producción de productos ecológicos es inherente a la elevada calidad de dichos productos. Tal y como se subraya en la Comunicación de la Comisión, de 28 de mayo de 2009, sobre la política de calidad de los productos agrícolas, la producción ecológica forma parte de los regímenes de calidad de los productos agrícolas de la Unión, junto con las indicaciones geográficas y las especialidades tradicionales garantizadas, de conformidad con el Reglamento (UE) n.º 1151/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo (4), y los productos de las regiones ultraperiféricas de la Unión, de conformidad con el Reglamento (UE) n.º 228/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo (5). En este sentido, la producción ecológica persigue en el marco de la política agrícola común (PAC) los mismos objetivos inherentes a todos los regímenes de calidad de los productos agrícolas de la Unión.

En particular, los objetivos de la política de producción ecológica se encuentran incorporados de forma implícita a los objetivos de la PAC, al garantizarse que los productores reciben una retribución justa por cumplir las normas de producción ecológica. Además, la creciente demanda de productos ecológicos por parte de los consumidores crea condiciones idóneas para un mayor desarrollo y expansión del mercado de esos productos y, por tanto, para el aumento de los ingresos de los productores que se dedican a la producción ecológica (Ley Oficial de la Unión Europea, 2018).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El trabajo investigativo se realizó mediante una investigación experimental, por medio de la recopilación de los resultados de las variables a medir sobre la aplicación de distintas dosis de zeolitas como ayuda a la fertilización edáfica para el cultivo de cacao. Además, se utilizó niveles de conocimiento de exploración ya que se obtuvieron diferentes resultados de cada tratamiento en estudio, descriptiva por las respuestas de cada unidad experimental y correlacional por lo que realizó los análisis en las aplicaciones de los productos utilizados como fertilizantes y corroborar la producción del cultivo.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño que se usó fue de tipo experimental, por lo cual se emplearon un Diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA), esto se debe a los factores que puedan intervenir en el estudio (distanciamiento, canales, otros cultivos, etc.), cabe indicar que estuvo conformado por cinco tratamientos correspondientes al uso de fertilizantes más zeolita en cuatro repeticiones.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

Para la variable independiente que es el factor para manipular, en este caso la utilización de fertilizantes NPK con diferentes dosis de Zeolita.

3.2.1.2. Variable dependiente

Mientras que la variable dependiente es el factor para medir por cada uno de los tratamientos tales como:

- Mazorcas por plantas (n)
- Diámetro de mazorcas (cm)
- Longitud de mazorcas (cm)
- Peso de 100 granos de cacao (g)
- Productividad (kg/ha)
- Análisis económico (b/c)

3.2.2 Tratamientos

Los tratamientos que se utilizaron en esta investigación experimental fueron conformados por cinco tratamientos, los cuales cuatro de ellos son la fertilización convencional (NPK) y una fertilización a base de (zeolita) en forma edáfica y un tratamiento como testigo absoluto, su aplicación fue al inicio de la investigación y a los 30 días, así mismo tuvo cada tratamiento sus respectivas dosis, como se menciona en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos para evaluar

Tratamientos	Fertilizantes	Dosis /ha	Frecuencia de aplicación
T1	NPK + Zeolita	(100-50-100) + (10%)	0-30 días
T2	NPK + Zeolita	(100-50-100) + (20%)	0-30 días
T3	NPK + Zeolita	(100-50-100) + (30%)	0-30 días
T4	NPK + Zeolita	(100-50-100) + (40%)	0-30 días
T5	Testigo (NPK)	(100-50-100)	0

Ambi, 2022

3.2.3 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue el Diseño Bloques Completo al Azar, estuvo conformado por cinco tratamientos, cuatro repeticiones, donde tuvo un total de 20 parcelas experimentales, cabe indicar que tres árbol de cacao fueron la unidad experimental para las distintas evaluaciones para la toma de los datos de las variables a medir.

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

Los recursos que se utilizaron para la recopilación de datos y campo fueron repartidos de la siguiente manera:

- ✓ **Recursos bibliográficos:** tesis, libros, artículos de revistas, documentos y sitios web, folletos, entre otros.
- ✓ **Equipos de oficina:** computadora, impresora, lapiceros, hojas de impresión, etc.
- ✓ **Equipos de campo:** letreros, libreta de campo, gigantografía, cinta métrica, calibrador, estacas cinta de muestreo, vestuario adecuado para las aplicaciones (botas, guantes, gorra, etc.), fertilizantes.
- ✓ **Recursos humanos:** fue ejecutado por el tesista, revisado por el docente guía.
- ✓ **Recursos económicos:** el trabajo de investigación fue financiado por el tesista realizando los gastos correspondientes.

3.2.4.2. Métodos y técnicas

Los métodos que se utilizaron en cada uno de los tratamientos fueron la fertilización convencional y orgánica, el cual estuvo enfocado en que tratamiento produce un mayor rendimiento al cultivo de cacao, para los resultados obtenidos en campo de cada una de las variables como toma de datos y tabulaciones de esta, se utilizó los métodos deductivos, inductivo. Mientras que las técnicas fueron el manejo del ensayo y la forma de medición de las variables como se detalla a continuación:

3.2.4.3. Manejo agronómico del ensayo

- **Planta de cacao:** se utilizó una plantación ya establecida con la variedad CCN51, donde se realizaron las diferentes labores de campo.

- **Control de malezas:** se lo realizó de forma mecánica utilizando una guadaña para contar la arvense y mantener el cultivo libre de maleza por medio de esta labor evitamos la competencia y la asimilación de los nutrientes.
- **Control de plagas y enfermedades:** se aplicaron productos a base de cobre como fungicida para prevenir la diseminación de los hongos que atacan a la mazorca. La dosis fue 750ml/ha de Cooper esparcido con bomba de motor.
- **Riego:** el riego se realizó cada 8 días, utilizando un riego subfoliar. Esto se lo realizo para mantener la humedad del suelo adecuada.
- **Fertilización:** se lo realizó de forma convencional NPK y orgánica ZEOLITA en forma edáfica en distintas dosis, antes de cada aplicación se limpió la hojarasca que se encontró alrededor de cada planta, un día después del riego, para que tenga una mejor absorción de los nutrientes por medio de las raíces. La dosis de zeolita estuvo en función a la tabla 1.
- **Cosecha:** se realizó las cosechas cuando las mazorcas presento madurez fisiológica, con una tijera se cortaron las mazorcas cosechables y se evaluó las variables dependientes.

3.2.4.4. Descripción de las variables

- **Mazorcas por plantas (n):** se contabilizó las mazorcas cosechadas en cada unidad experimental en el cultivo de cacao en el tercio medio del arbusto.
- **Diámetro de mazorcas (cm):** de cada unidad experimental se midió 10 mazorcas el diámetro, utilizando una cinta métrica, esto estuvo expresado en centímetros.

- **Longitud de mazorcas (cm):** de las 10 mazorcas evaluadas en la variable anterior se tomó la longitud, utilizando una cinta métrica, su promedio estuvo expresado en centímetros.
- **Peso de 100 granos de cacao (g):** de cada unidad experimental se cogió 100 granos, el cual se pesó con una balanza digital, esto fue expresado en gramos.
- **Productividad (kg/ha):** se obtuvieron de la producción de cada tratamiento, ajustando el peso de la semilla a una merma del 15% de humedad en el momento de las cosechas, fue extrapolada a kilogramos/hectárea
- **Análisis económico (b/c):** Se realizó en función de los costos fijos y costos variables e ingreso bruto resultado de la venta del producto en cada uno de los tratamientos en estudio.

3.2.5 Análisis estadístico

Los resultados recopilados de cada una de las variables a medir de los tratamientos en estudio fueron analizados en dos programas como Excel para el análisis mientras que el Infostad es para la tabulación de los datos. Así mismo pasaron mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error tipo 1 (<0.005), para observar las diferencias estadísticas entre tratamientos y con ello se comprobó si se cumple o no la hipótesis planteada. Como se detalla en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis de varianza ANOVA

Fuente de Variación		Grados de libertad
Tratamientos	$(t - 1) (5 - 1)$	4
Repeticiones	$(r - 1) (4 - 1)$	3
Error	$(Gl\ t) \times (Gl\ R) (5-1) * (4-1)$	12
Total	$(t \times r - 1) (5 \times 4 - 1)$	19

Ambi, 2022

4. Resultados

4.1 Evaluar la respuesta agronómica de la aplicación de zeolita en el cultivo de cacao.

4.1.1 Mazorcas por plantas (n)

Esta variable se registró en cada uno de los tratamientos, se contabilizó todas las mazorcas cosechadas después de la aplicación de la primera dosis los datos se registran en la tabla 3. Según el análisis de varianza en la variable mazorca por planta los datos registraron que la aplicación de zeolita en diferentes porcentaje marcaron diferencias significativa entre tratamiento en función del porcentajes, el porcentaje de variación registro 4.60%.

Según la interpretación de las medias con la prueba de Tukey al 5% de significancia indica que el mayor promedio lo obtuvo el T4 donde se adiciono el 40% de zeolita a la dosis de fertilizantes con promedio de 33.25 mazorca en igualdad estadística del porcentaje del 30% y 10% de zeolita con promedio de 32.93 y 30,18 respectivamente, el testigo que solo se aplicó NPK obtuvo el menor promedio de 28.15 mazorca

Tabla 3. Mazorcas por plantas (n)

Tratamientos	Mazorcas por plantas (n)	
T4 NPK + Zeolita (40%)	33.25	a
T3 NPK + Zeolita (30%)	32.93	a b
T1 NPK + Zeolita (10%)	30.18	a b c
T2 NPK + Zeolita (20%)	30.00	b c
T5 Testigo (NPK)	28.15	c
CV.	4.60	%

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Ambi, 2022

4.1.2 Diámetro de mazorcas (cm)

La variable diámetro de mazorca se presenta en la tabla 4, según el análisis de varianza con respecto a la dosis de Zeolita en diferentes porcentajes con el fertilizante de cacao indican que los tratamientos no presentaron variabilidad estadísticas entre ellos, ya que esta variable es una característica genotípica de la mazorca, los datos tuvieron una variación de 2.79%.

La validación de las media con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad estadística indica que los promedios no presentaron variación estadística pero si diferencia numérico siendo el promedio mayor de diámetro el T4 (11.05 cm), donde se aplicó el 40% de Zeolita con referencia al fertilizantes edáfico, en menor promedio fue el testigo con 10.58 cm.

Tabla 4. Diámetro de mazorcas (cm)

Tratamientos	Diámetro de mazorcas (cm)	
T4 NPK + Zeolita (40%)	11.05	a
T3 NPK + Zeolita (30%)	10.93	a
T2 NPK + Zeolita (20%)	10.80	a
T1 NPK + Zeolita (10%)	10.73	a
T5 Testigo (NPK)	10.58	a
CV.	2.79	%

Medias con una letra común no son significativamente diferentes
 Ambi, 2022

4.1.3 Longitud de mazorcas (cm)

Los promedios de longitud de mazorca se presentan en la tabla 5, según los resultados del análisis de varianza la aplicación de Zeolita influye en la variable antes mencionada con referencia al tratamiento testigo que no se adiciono Zeolita con un coeficiente de variación de 5.70%.

La zeolita influye en el alargamiento de la mazorca según la validación de las media con la prueba de Tukey indica que el T3 donde se aplico fertilizantes con el 30% de Zeolita el promedio de 25.13 en igualdad estadística de los tratamientos con zeolita que fluctúan de 23,85 a 22.80 cm, a diferencia del testigo (Fertilización edáfica) con 22.05 cm.

Tabla 5. Longitud de mazorcas (cm)

Tratamientos	Longitud de mazorcas (cm)	
T3 NPK + Zeolita (30%)	25.13	a
T2 NPK + Zeolita (20%)	23.85	a b
T4 NPK + Zeolita (40%)	23.70	a b
T1 NPK + Zeolita (10%)	22.80	a b
T5 Testigo (NPK)	22.05	b
CV.	5.70	%

Medias con una letra común no son significativamente diferentes
Ambi, 2022

4.1.4 Peso de 100 granos de cacao (g)

La variable peso de 100 grano de cacao se presenta en la tabla 6. Los granos se pesaron una vez que se secaron las muestras de cada uno de ellos tratamientos, según el análisis de varianza se encontró que la zeolita influye en la variable peso del grano demostrando variabilidad estadística entre tratamiento, los resultados tuvieron una variación de 1.69%.

Los tratamientos se validaron la prueba de Tukey para encontrar diferencia estadística, siendo el T4 quien presentó el mayor promedio de peso de grano con 146.95, indicando que a este tratamiento se aplicó zeolita en una concentración del 40%, seguido del T3 con 30% de zeolita con 144.93 g y T2 20% zeolita con 144.78 g, superando estadísticamente al T1 (zeolita 10%) 141.45 g y al testigo con 136.60 g.

Tabla 6. Peso de 100 granos de cacao (g)

Tratamientos	Peso 100 granos de cacao (g)	
T4 NPK + Zeolita (40%)	146.95	a
T3 NPK + Zeolita (30%)	144.93	a b
T2 NPK + Zeolita (20%)	144.78	a b
T1 NPK + Zeolita (10%)	141.45	b c
T5 Testigo (NPK)	136.60	c
CV.	1.69	%

Medias con una letra común no son significativamente diferentes
Ambi, 2022

4.2 Identificar la mejor dosis de zeolitas con fertilizantes edáficos en el rendimiento del cacao.

4.2.1 Productividad (kg/ha)

La productividad fue considerada en esta investigación los promedios obtenidos se presenta en la tabla 7. La zeolita es un catalizador que ayuda a la eficacia del fertilizantes, según el análisis de varianza se encontró variabilidad estadística entre los tratamientos con un coeficiente de variación de 5.19%.

El mayor rendimiento según el análisis de validación de las medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad estadística, lo obtuvo el T4 donde se aplicó Fertilizantes a base de nitrógeno, fósforo y potasio más la aplicación de Zeolita con un 40% en base a la dosis del edáfico, con 1810.96 kg/ha, seguido del T3 el mismo que se aplicó la misma dosis de fertilizantes químicos que los demás tratamientos pero sumado la Zeolita con 30%, del fertilizantes, superando estadísticamente a los demás tratamientos en su rendimiento, siendo el menor promedio el Testigo con 1424.52 kg/ha

Tabla 7. Productividad (kg/ha)

Tratamientos	Productividad (kg/ha)	
T4 NPK + Zeolita (40%)	1810.96	a
T3 NPK + Zeolita (30%)	1767.52	a b
T2 NPK + Zeolita (20%)	1608.36	b c
T1 NPK + Zeolita (10%)	1580.37	b c
T5 Testigo (NPK)	1424.52	c
CV.	5.19	%

Medias con una letra común no son significativamente diferentes
Ambi, 2022

4.3 Realizar un análisis en relación beneficio/costo de los tratamientos en estudio

4.3.1 Análisis económico (b/c)

La variable relación beneficio costo se presenta en la tabla 8, donde se puede analizar los rubros económicos, de ingreso y egreso, los tratamientos varían en el costo de la zeolita y los jornales de aplicación en dos frecuencias siendo el T4 el mayor costo variable con \$70 por el uso de cuatro sacos de zeolita en dos aplicaciones, reflejando En el mayor costo total de 1699.54. Esta inversión ayudó a la eficiencia de los fertilizantes reflejando en mayor rendimiento que al comercializar generó \$3054.20, siendo esto la mayor relación beneficio costo con 1.8, la que indica que por cada dólar que invierte el agricultor obtiene ganancia de \$0.80.

Tabla 8. Análisis económico (b/c)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5
Rend/trat kg/ha	1580.37	1608.36	1767.52	1810.96	1424.52
Red/ Aj. 10%	1422.33	1447.52	1590.77	1629.86	1282.07
Rendimiento QQ	31.36	31.91	35.07	35.93	28.26
Precio por QQ	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00
Costo variable	25.00	40.00	55.00	70.00	0.00
Costo Fijo	1629.54	1629.54	1629.54	1629.54	1629.54
Costo total	1654.54	1669.54	1684.54	1699.54	1629.54
Beneficio B	2665.31	2712.51	2980.94	3054.20	2402.46
Utilidad	1010.77	1042.97	1296.40	1354.66	772.92
R B/C	1.61	1.62	1.77	1.80	1.47

Ambi, 2022

5. Discusión

Los datos obtenidos en esta investigación en función de la aplicación de la zeolita en diferentes porcentajes con relación a la dosis del fertilizantes edáfico a base de Nitrógeno 100kg/ha Fosforo 50kg/ha y potasio 100kg/ha, se puede mencionar que la zeolita favorece la adsorción de los fertilizantes demostrando que en los tratamientos donde se aplicó zeolita tuvieron mayor cantidad de mazorca, que el tratamiento cinco que también tenía la misma dosis de fertilizantes edáfico en la misma fecha la aplicación pero no se sumó ninguna dosis de zeolita, algo parecido obtuvo Castillo (2018), en un ensayo en cultivo de arveja donde utilizó mayor dosis de zeolita, encontró mayor cantidad de vaina por planta, número de grano y rendimiento.

El mayor rendimiento de acuerdo a los diferentes tratamientos donde la finalidad era probar la eficiencia del fertilizantes en base a diferentes porcentaje de zeolita, en el cultivo de cacao, demuestra que el utilizar 40% de zeolita con relación al fertilizantes aplicado incremento la producción con 1810.96 kg/ha presentando una diferencia de 386.44kg/ha con relación al testigo que se le aplicó nutrición sin zeolita, siendo este una alternativa de utilizar una mayor cantidad de zeolita para mejorar nuestra productividad estos resultados concuerda con Apaza (2017), quien determinó el rendimiento de la producción de Rúcula en ambiente controlado con el uso de zeolita natural de roca fosfórica, utilizando tres niveles (T1 100g, T2 60g y T3 20g) y T4 de testigo. Los resultados mostraron que el mayor rendimiento fue el T1 que obtuvo 2,27 kg m⁻², seguidamente del T2 que logró obtener 2,02 kg m⁻², asimismo el T3 logró obtener 1,91 kg m⁻² y T4 fue el menor promedio. Además de la productividad la Zeolita mejora las condiciones de suelo, cataliza los nutrientes y ayuda a intercambiar los cationes, permitiendo los nutrientes disponibles

para la planta (Farinango, 2020).indica que el uso de Zeolita también eleva la CIC del suelo, reduce la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

El utilizar zeolita ayudo a obtener una mayor rentabilidad al cultivo de cacao ya que la zeolita incrementa la eficiencia de los fertilizantes reflejándose mayor cantidad de flores, mazorca, peso y rendimiento (1810.96 kg/ha) , el aplicar zeolita el incremento su rendimiento generando un mayor ingreso bruto (3054.20) aunque su costo de inversión se amplió fue justificado en una mayor rentabilidad \$1354.66 a diferencia del testigo que fue menor la inversión sin embargo su rendimiento fue inferior alcanzando un ingreso neto de \$772.92. El T4 (Fertilización básica más zeolita 40%) su relación beneficio costo fue de 1.80, lo mismo que indica que el agricultor invierte más y recibe mayor utilidad por hectárea. Siendo el cultivo de cacao una alternativa económica para los pequeño y grandes agricultores. Rivadeneira (2016), utilizó tres dosis de zeolita para optimizar el rendimiento del cultivo de Fresa. Tratamiento 1= 100 g de zeolita/m² (1 t/ha), Tratamiento 2= 200 g de zeolita/m² (2 t/ha) y Tratamiento 3= 300 g de zeolita/ m² (3 t/ha) y el Tratamiento 4= testigo sin zeolita. Según el análisis costo beneficio el T2 obtuvo el mejor resultado al presentar un índice de 2,43. De igual manera Castro (2015), manifiesta que realizó evaluación de tres fuentes de zeolitas en la producción del cultivo de arveja y la salinización del suelo. El análisis económico determinó que el T2 tuvo el mejor ingreso neto (6312.0 USD) con un beneficio costo B/C de 2.22 dólares; sin existir diferencias significativas para conductividad eléctrica, materia orgánica, Ph del suelo y macro y microelementos.

6. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación de la aplicación de diferentes porcentajes de Zeolitas junto al fertilizante básico al cultivo de cacao se concluye lo siguiente:

La aplicación de zeolita mostró diferencias significativas en la característica agronómica del cultivo con referencia al testigo.

El mayor número de mazorca, lo presentó el T4 donde se aplicó 40% de zeolita con 33.25 mazorca promedio diferenciando al testigo que alcanzó promedio de 28 mazorca.

La variable Longitud no presentó variabilidad estadística los tratamientos que se adicionó zeolita, superaron todos al testigo.

El peso de 100 granos fue influenciado en función de la dosis de Zeolita, a mayor porcentaje de Zeolita en la fertilización mayor peso del grano.

El adicionar 40% de zeolita a la fertilización básica, incrementó los rendimientos con 1810.96 kg/ha encontrando una diferencia en la producción de 386,44 kg/ha cuando no se aplica zeolita.

El mayor beneficio costo se obtuvo con el T4 (fertilización edáfica + 40% de Zeolita) con 1.8, producto del mayor rendimiento que generó mayores ventas.

7. Recomendaciones

De acuerdo a todas las experiencias en esta investigación se realizan las siguientes recomendaciones:

Aplicar Zeolitas antes de la aplicación de los fertilizantes para que beneficie la adsorción del mismo.

Utilizar dosis mayores al 30% de Zeolita con relación al fertilizante edáfico para incrementar los rendimientos.

Realizar nuevos ensayos de fertilización edáfica combinado con zeolita para verificar resultados de estas investigaciones en diferentes sectores para obtener mayor información.

Realizar análisis de suelo antes de la aplicación de fertilizantes para conocer la disponibilidad de los nutrientes y la asimilación de los mismo cuando se aplica zeolita.

Dar a conocer resultados a los cacaoteros de diferentes zonas aledañas una vez que se presenten los resultados de la investigación.

8. Bibliografía

- Alcívar, J., y Loor, M. (2016). Respuesta del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) a la poda y fertilización orgánica y química. Calceta: ESPAMMFL. Recuperado de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/461/1/TA57.pdf>
- Angamarca, N. (2020). Evaluación de zeolitas naturales en el cultivo asociado de RAY GRASS (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). Cuenca-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19157/1/UPS-CT008823.pdf>
- Apaza, I. (2017). Evaluación de niveles de zeolita natural en el comportamiento agronómico del cultivo de la rúcula (*Eruca sativa* Mill) en ambiente controlado en la comunidad de Kallutaca. La Paz-Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés. Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18375/TM-2547.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arahuanaza, N. (2018). Factores específicos en el proceso de adopción de tecnología en cacao y otras prácticas de producción en cultivos nativos en Tamshiyacu, Distrito de Fernando Lores, Región Loreto 2018". Iquitos - Perú: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Recuperado de http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5796/Never_tesis_titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ariza, J. (2019). Fuentes y niveles de silicio en el incremento del rendimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) y reducción de la incidencia de moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cif y Par). Tingo María – Perú: Universidad

Nacional Agraria de la Selva. Recuperado de
http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1599/JCAM_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Campo, N. (2004). Uso de zeolitas en nutrición animal. Minera Formas.
 Recuperado de
http://www.mineraformas.cl/docs/zeolitas_nutricion_animal.pdf

Campo, N. (2004). Aplicaciones de zeolitas en la descontaminación del medio ambiente. Minera Formas. Recuperado de
http://www.mineraformas.cl/docs/zeolitas_medio_ambiente.pdf

Capa, E. (2015). "Efecto de la fertilización orgánica y mineral en las propiedades del suelo, la emisión de los principales gases de efecto invernadero y en las diferentes fases fenológicas del cultivo de café (*Coffea arábica* L.)". Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Castillo, A. (2018). "Efecto de la aplicación de tres dosis de zeolita, en la producción del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), en el sector de San José de Chaltura, Cantón Antonio Ante, Provincia de Imbabura". Espejo– El Ángel– Carchi: Universidad Técnica de Babahoyo. Recuperado de
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4378/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000092.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castro, E. (2015). Evaluación de tres fuentes de zeolitas en la producción de cultivo de arveja *Pisum sativum* L y la salinización del suelo en Chaltura provincia de Imbabura. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
 Recuperado de
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18374/1/tesis->

047%20Maestr%20en%20Agroecolog%20y%20Ambiente%20-%20CD%20362.pdf

Copa, B. (2017). Caracterización Morfológica de árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) con potencial productivo y tolerancia a monilia (*Moniliophthora roreri* Cif & Par. Evans et al.) en el área IIb Y VI, de la región Alto Beni-Bolivia. Viacha - Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés. Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/13311/T-2421.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Crespo, F. (2021). Evaluación del efecto de tres hormonas naturales en el enraizamiento de estacas de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51, en el recinto Zhucay, en la provincia de cañar. Milagro-Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. Recuperado de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CRESPO%20PRADO%20FLAVIO%20ELIAS.pdf>

Diario Oficial de la Unión Europea . (2018). Actos legislativos. Unión Europea. Recuperado de [file:///C:/Users/HP/Downloads/UNIDAD%201/Reglamento%202018-848%20Producci%C3%B3n%20ecol%C3%B3gica%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/UNIDAD%201/Reglamento%202018-848%20Producci%C3%B3n%20ecol%C3%B3gica%20(1).pdf)

Díaz, H., Liriano, R., y Abreu, E. (2019). Evaluación agronómica de fertilizantes de fórmula completa mezclados con zeolita natural en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Centro Agrícola*, 46(1). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000100024

Farinango, L. (2020). Efecto de zeolita y vermi compost en el mejoramiento del suelo para la producción de rosas (*Rosa sp*), variedad "Mondial" en la

plantación florícola "Mary Roses" Tabacundo, cantón Pedro Moncayo, Pichincha. Ibarra-Ecuador: Universidad Técnica del Norte. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10236/2/PG%20782%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Ferrando, T. (2020). Uso de zeolitas para la reducción de fosfatos en el agua. Gandia: Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/158439/Ferrando%20-%20Uso%20de%20zeolitas%20para%20la%20reducci%3b%20de%20fosfatos%20en%20el%20agua.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Galvez, C. (2018). Efecto de la zeolita como sustrato en pinus *Pseudostrobus* sp. para el mejoramiento y conservación de suelos. Puebla, Pue: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Recuperado de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/7913>

Galvez, Q. (2019). Efecto de zeolita y fertilización FERDIN en *Ananas comosus* L. Merrill Híbrido MD-2 en Satipo. Satipo-Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7362/T010_72855360_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gómez, L. (2016). "Factores que determinan la rentabilidad del cultivo de cacao en el distrito de Polvora". Universidad Nacional Agraria de la Selva. Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1014/ECO2016001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gutiérrez, D. (2019). "Manejo de labores culturales del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) de la finca Dos hermanos en la ciudad de Montalvo".

- Babahoyo – Los Ríos – Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Recuperado de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6478/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000190.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Herrera, H. (2017). "La producción del cacao y el desarrollo humano local de Tocache-San Martín. 2006-2015". Trujillo - Perú: UNITRU. Recuperado de http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8653/herreraponce_hitler.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hilario, C. (2019). "La cadena de valor del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su relación con el bienestar económico-social de las familias del distrito de Constitución, provincia Oxapampa, Región Pasco: 2018-2019". Huánuco - Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán-Huánuco. Recuperado de <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/5112/TEC00351H53.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jumbo, J. (2019). Fertilización edáfica con tres niveles de silicato de calcio y tres de nitrógeno en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Quinsaloma. Quevedo – Los Ríos – Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Recuperado de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3831/1/T-UTEQ-0167.pdf>
- Loza, S. (2008). La zeolita y sus usos en la agricultura en el cultivo de pimiento híbrido Salvador (PS 456296) y tomate híbrido Heatware VFFNT. Guayaquil-Ecuador: Universidad de Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3079/1/Tesina%20en%20Pimiento%20Segundo%20Loza%20Carabajo.pdf>
- Luna, S. (2015). Respuesta de un cultivo asociado de alfalfa (*Medicago sativa*) y RYE GRASS (*Lolium perenne*) establecido a la aplicación edáfica de zeolita.

- Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8871/1/UPS-CT005068.pdf>
- Mamilovich, L. (2018). Efecto del biol y estiercol de ovino en las propiedades del suelo y crecimiento del cacao (*Theobroma cacao* L.) en el vivero forestal de la Facultad de R.N.R. - UNAS. Tingo María - Perú: Universidad Nacional Agraria de La Selva. Recuperado de http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1525/LHMS_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mato, R. (2020). Promoción del manejo del cultivo de cacao en el distrito de Padre Abad. Pucallpa-Perú: Universidad Nacional de Ucayali. Recuperado de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4820/UNU_AGRONOMIA_2020_M_RONALD-MATO.pdf?sequence=1
- Mejía, P. A., Gaviria, G. A., Mesa, E. M., Zuluaga, J. D., y Muñoz, M. S. (2019). Conceptos de fertilización para el cultivo de aguacate. Rionegro - Antioquia: SENNOVA del SENA.
- Méndez, B., y Lira, R. (2019). Uso potencial de la zeolita en la agricultura sustentable de la nueva revolución verde. *Ecosist. Recur. Agropec.*, 6(17), 191-193. Recuperado de <http://ri.ujat.mx/bitstream/20.500.12107/3166/1/1810-12397-1-PB.pdf>
- Meza, A. (2015). Evaluación del efecto bactericida mediado por zeolitas dopadas con nanopartículas de plata en *Escherichia coli*. Ensenada, B. C.: Universidad Autónoma de Baja California. Recuperado de <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/bitstream/20.500.12930/405/1/ENS082032.pdf>

- Miranda, C. (2021). Incidencia de la zeolita sobre el aprovechamiento de nutrientes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el cantón Durán. Milagro-Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. Recuperado de [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MIRANDA%20CASTRO%20CARLOS%20ALFREDO\(1\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MIRANDA%20CASTRO%20CARLOS%20ALFREDO(1).pdf)
- Noles, M. (2020). Evaluación de enmiendas orgánicas: efectos en la producción y fitosanidad del cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivar CCN.51. Machala: UTMACH. Recuperado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16142/1/TTUACA-2020-IA-DE00025.pdf>
- Pisco, N. (2018). Efecto de fertilizantes compuestos, utilizando suelos ácidos como sustrato en el crecimiento de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tocache. Tingo María - Perú: Universidad Nacional de La Selva. Recuperado de http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1536/NCPG_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Potesta, J. (2018). Efecto del abono orgánico líquido bajo la técnica drench en las propiedades del suelo y la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico en el centro poblado alto Palcazú. Tingo María-Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva. Recuperado de https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1424/JSPC_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quevedo, C. (2016). Etiología y ensayos de antiesporulación de la moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cip y Par) en frutos de cacao, en el distrito de San Juan de Bogote, provincia de Morropón. Piura, Perú: Universidad Nacional

de Piura. Recuperado de
<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/2097/AGR-QUE-POZ-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quishpe, R. (2015). Evaluación del rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*) con dos niveles de zeolita y dos niveles de urea en la finca Paraíso Escondido, cantón Pagua, provincia de Cotopaxi, año 2013. La Maná-Cotopaxi: Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado de
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3513/1/T-UTC-00790.pdf>

Rivadeneira, D. (2016). "Evaluación de tres dosis de zeolita para optimizar el rendimiento del cultivo de Fresa (*Fragaria x ananassa*), en el cantón Tulcán provincia del Carchi". Tulcán-Ecuador: Universidad Técnica Estatal del Carchi. Recuperado de
<http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/511/1/304%20Evaluacion%20de%20tres%20dosis%20de%20zeolita%20para%20optimizar%20el%20rendimiento%20del%20cultivo.pdf>

Rivera, J. (2017). Diversidad microbiológica del suelo en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) de origen trinitario y nacional en la zona de Buena Fé, provincia de Los Ríos. Quevedo – Los Ríos – Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Recuperado de
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2717/1/T-UTEQ-0083.pdf>

Rodríguez, E. (2016). "La agricultura convencional del cultivo de cacao y su efecto en la erosión del suelo agrícola versus bosque primario en Jauneche - Ecuador". Guayaquil - Ecuador: Universidad de Guayaquil. Recuperado de
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11547/1/TESIS%20EDUARDO%20RODRIGUEZ%202016.pdf>

- Senmache, N., y Reyes, W. (2020). Efecto de dietas con zeolita natural en el crecimiento y supervivencia del camarón de río *Cryphiops caementarius*. *Revista de Investigación Científica REBIOL*, 40(1), 30-38. Recuperado de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/2992/3320>
- Soca, M., y Villarreal, J. (2015). Influencia de zeolita y roca fosfórica sobre el desarrollo de los cultivos de sorgo y papa. *Ciencia Agropecuaria*(23), 60-74. Recuperado de <http://revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/122/87>
- Soca, M; y Daza, C. (2016). Evaluación de fracciones granulométricas y dosis de zeolita para la agricultura. *Agrociencia*. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000800965
- Torres, R. (2015). Uso de zeolita y humos en el cultivo de zanahoria amarilla (*Daucus carota* L.). Cevallos-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18318/1/Tesis-112%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20367.pdf>
- Valentin, K. (2019). Efecto de dosis de zeolita en el cultivo de *Theobroma cacao* L. var. criollo en Satipo. Satipo-Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7292/T010_47737536_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Valverde. (2016). La situación actual del mercado mundial de cacao. Periódico del campo. El productor.

- Vargas, H. (2016). Efecto de dos bioestimulantes foliares en la productividad del cultivo de banano (*Musa acuminata*) cantón Simón Bolívar, provincia del Guayas. Milagro - Ecuador : Universidad Agraria del Ecuador .
- Villarreal, J., Barahona, L., y Castillo, O. (2013). Evaluación de zeolita sobre la eficiencia de fertilizantes notrogenados mediante técnica isotópica. *Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)*, 1-6. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Jose-Villarreal-2/publication/279532524_EVALUACION_DE_ZEOLITA_SOBRE_LA_EFICIENCIA_DE_FERTILIZANTES_NITROGENADOS_MEDIANTE_TECNICA_ISOTOPICA/links/5595a08208ae5d8f3930fd3b/EVALUACION-DE-ZEOLITA-SOBRE-LA-EFICIENCIA-DE-FER
- Vizcaíno, D. (2013). Instructivo de la normativa general para promover y regular la producción orgánica - ecológica - biológica en el Ecuador. Ecuador: AGROCALIDAD. Recuperado de <file:///C:/Users/HP/Downloads/UNIDAD%201/Instructivo%20produccion%20organica-ecologica-biologica%20en%20Ecuador.pdf>

9. Anexos

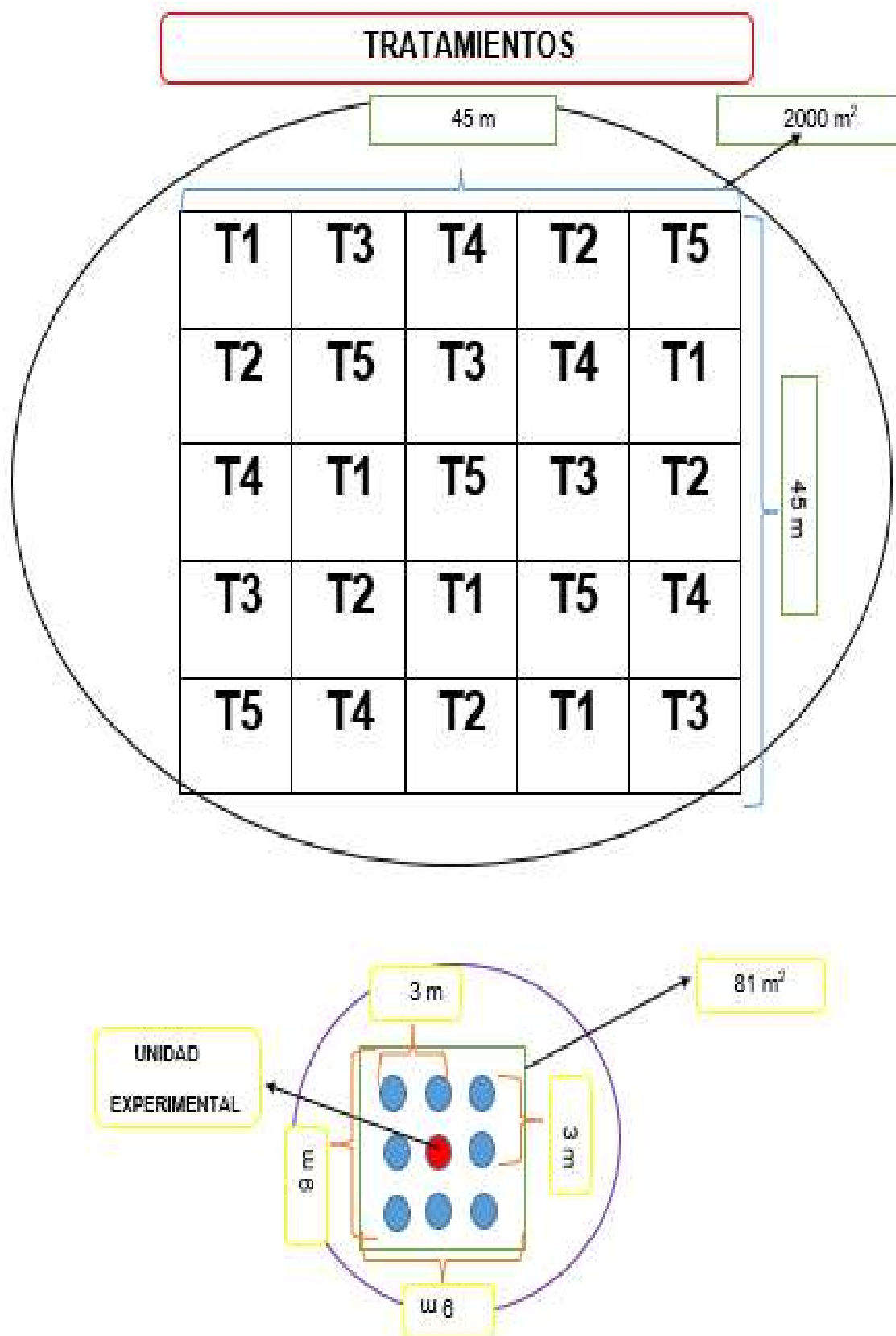


Figura 1. Croquis de campo de las parcelas experimentales
Ambi, 2022

Tabla 9. Análisis de varianza de mazorcas por plantas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de mazorcas por uni...	20	0.80	0.68	4.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	97.55	7	13.94	6.90	0.0019
TRATAMIENTOS	74.09	4	18.52	9.17	0.0012
REPETICIONES	23.46	3	7.82	3.87	0.0378
Error	24.23	12	2.02		
Total	121.78	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.20274*Error: 2.0193 gl: 12*

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T4 NPK + Zeolita	33.25	4	0.71	A
T3 NPK + Zeolita	32.93	4	0.71	A B
T1 NPK + Zeolita	30.18	4	0.71	A B C
T2 NPK + Zeolita	30.00	4	0.71	B C
T5 Testigo (NPK)	28.15	4	0.71	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)
 Ambi, 2022

Tabla 10. Análisis de varianza de diámetro de mazorcas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de mazorcas (cm)	20	0.64	0.43	2.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.91	7	0.27	3.01	0.0453
TRATAMIENTOS	0.53	4	0.13	1.47	0.2729
REPETICIONES	1.38	3	0.46	5.07	0.0171
Error	1.09	12	0.09		
Total	3.01	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.67959*Error: 0.0909 gl: 12*

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T4 NPK + Zeolita	11.05	4	0.15	A
T3 NPK + Zeolita	10.93	4	0.15	A
T2 NPK + Zeolita	10.80	4	0.15	A
T1 NPK + Zeolita	10.73	4	0.15	A
T5 Testigo (NPK)	10.58	4	0.15	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)
 Ambi, 2022

Tabla 11. Análisis de varianza de longitud de mazorcas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de mazorcas (cm)	20	0.58	0.33	5.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	29.59	7	4.23	2.35	0.0925
TRATAMIENTOS	21.58	4	5.40	3.00	0.0625
REPETICIONES	8.01	3	2.67	1.48	0.2684
Error	21.58	12	1.80		
Total	51.17	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.02232*Error: 1.7982 gl: 12*

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T3 NPK + Zeolita	25.13	4	0.67	A
T2 NPK + Zeolita	23.85	4	0.67	A B
T4 NPK + Zeolita	23.70	4	0.67	A B
T1 NPK + Zeolita	22.80	4	0.67	A B
T5 Testigo (NPK)	22.05	4	0.67	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)
 Ambi, 2022

Tabla 12. Análisis de varianza de peso de 100 granos de cacao

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de 100 granos (g)	20	0.86	0.78	1.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	429.21	7	61.32	10.48	0.0003
TRATAMIENTOS	263.21	4	65.80	11.25	0.0005
REPETICIONES	166.00	3	55.33	9.46	0.0017
Error	70.20	12	5.85		
Total	499.41	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.45131*Error: 5.8499 gl: 12*

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T4 NPK + Zeolita	146.95	4	1.21	A
T3 NPK + Zeolita	144.93	4	1.21	A B
T2 NPK + Zeolita	144.78	4	1.21	A B
T1 NPK + Zeolita	141.45	4	1.21	B C
T5 Testigo (NPK)	136.60	4	1.21	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)
 Ambi, 2022

Tabla 13. Análisis de varianza de productividad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	20	0.85	0.76	5.19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	492574.60	7	70367.80	9.73	0.0004
TRATAMIENTOS	385715.74	4	96428.94	13.33	0.0002
REPETICIONES	106858.86	3	35619.62	4.93	0.0186
Error	86777.36	12	7231.45		
Total	579351.96	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=191.66313*Error: 7231.4470 gl: 12*

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T4 NPK + Zeolita	1810.86	4	42.52	A	
T3 NPK + Zeolita	1767.52	4	42.52	A	B
T2 NPK + Zeolita	1608.36	4	42.52	B	C
T1 NPK + Zeolita	1580.37	4	42.52	B	C
T5 Testigo (NPK)	1424.52	4	42.52		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Ambi, 2022

Tabla 14. Costos de mantenimiento del cacao - CCN-51

Estado Inicial	:	Area Nueva			
Densidad	:	1111 plantas			
Extension	:	1Ha,			
DESCRIPCION	U.M	Cant.	COSTO UNIT.	SUB TOTAL (\$)	TOTAL (\$)
A.GASTOS DEL CULTIVO					868.54
Mano de obra					
Deshierbo (02 por año)	Jornal	15	15.00	225.00	
Poda de mantenimiento	Jornal	10	15.00	150.00	
Abonamiento	Jornal	3	15.00	45.00	
Insumos y materiales					
Urea	Unidad	4	40.00	172.00	
DAP	Unidad	2	42.00	91.14	
Muriato de potasio	Unidad	3	38.00	125.40	
Machetes	Unidad	1	10.00	10.00	
Tijera de Podar	Unidad	1	50.00	50.00	
B.COSECHA Y BENEFICIO					225.00
Mano de obra					
Cosecha de cacao	Jornal	10	15.00	150.00	
Quiebra	Jornal	3	15.00	45.00	
Fermentado	Jornal	1	15.00	15.00	
Secado	Jornal	1	15.00	15.00	
Insumos y materiales					451.00
Balde plástico	Unidad	2	10	20.00	
Machete corto	Unidad	1	10.00	10.00	
Tijera de cosecha	Unidad	1	50.00	50.00	
Podon	Unidad	1	5.00	5.00	
Costales	Unidad	8	2.00	16.00	
Fermentador 3 compartimientos	Unidad	1	350.00	350.00	
C.COMERCIALIZACION					85.00
Transporte de cacao	S/Kg	700	0.10	70.00	
Venta	Jornal	1	15.00	15.00	
TOTAL (\$)					1629.54

Costos totales del diseño experimental de campo
 Ambi, 2022



Figura 2. Área experimental con sus respectivos tratamientos
Ambi, 2022



Figura 3. Fertilizantes (NPK y ZEOLITA), con sus respectivas dosis por
tratamientos
Ambi, 2022



Figura 4. Cosecha por tratamientos
Ambi, 2022



Figura 5. Toma de datos de número de mazorcas por plantas
Ambi, 2022



Figura 6. Toma de datos de diámetro de mazorcas
Ambi, 2022



Figura 7. Toma de datos de longitud de mazorcas
Ambi, 2022



Figura 8. Granos de cacao por tratamientos
Ambi, 2022



Figura 9. Peso de 100 granos de cacao
Ambi, 2022



Figura 10. Vista del tutor Ambi, 2022



Figura 11. Revisión del experimento de campo Ambi, 2022