

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**ESCUELA DE POSGRADO**

**TESIS PARA OBTENER  
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO  
EN GERENCIA EN AGRONEGOCIOS**

**EFECTO DEL NPK DEL SUELO Y EL PISO  
ALTITUDINAL EN LA ACIDEZ DEL MUCÍLAGO DEL  
CACAO CRIOLLO (*Theobroma cacao* L.) EN EL  
DISTRITO DE COPALLÍN, BAGUA, AMAZONAS**

**Autor: Bach. Guillermo Idrogo Vásquez**

**Asesor: Mg. Walter Daniel Sánchez Aguilar**

**Registro: (.....)**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2019**

# AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



## ANEXO 6-H

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS DE MAESTRÍA (X)/DOCTORADO ( ) EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

**1. Datos de autor 1**  
 Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): Idrogo Vasquez Guillermo  
 DNI N°: 25429881  
 Correo electrónico: Guillermo.idrogo@untrm.edu.pe  
 Nombre de la Maestría (X) / Doctorado ( ): \_\_\_\_\_

**Datos de autor 2**  
 Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): \_\_\_\_\_  
 DNI N°: \_\_\_\_\_  
 Correo electrónico: \_\_\_\_\_  
 Nombre de la Maestría ( ) / Doctorado ( ): \_\_\_\_\_

**2. Título de la tesis para obtener el grado académico de Maestro ( ) / Doctor ( )**  
Efecto del NPK del suelo y el piso altitudinal en la calidad del mucilago del cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en el distrito de Copallín, Bagua, Amazonas.

**3. Datos de asesor 1**  
 Apellidos y nombres: Sánchez Aguilar Walter Daniel  
 DNI, Pasaporte, C.E N°: 86623774  
 Open Research and Contributor-ORCID ( <https://orcid.org/0000-0002-9570-0970> )



**Datos de asesor 2**  
 Apellidos y nombres: \_\_\_\_\_  
 DNI, Pasaporte, C.E N°: \_\_\_\_\_  
 Open Research and Contributor-ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9570-0970> 0000-0003-3185-6778

**4. Campo del conocimiento** según Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)  
[https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde\\_ford.html](https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html)  
Biotecnología Agrícola, Biotecnología Alimentaria

**5. Originalidad del Trabajo**  
 Con la presentación de esta ficha, el( la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

**6. Autorización de publicación**  
 El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la Licencia *creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación -RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 21 Diciembre, 2022

[Firma]  
 Firma del autor 1

[Firma]  
 Firma del Asesor 1

\_\_\_\_\_  
 Firma del autor 2

\_\_\_\_\_  
 Firma del Asesor 2

## DEDICATORIA

Con mucho cariño y amor dedico el presente trabajo a mi esposa Guiovanna M. Campos Fernández y a mis hijos Luis G., Diana C., Claudia P. y Cristina M., por acompañarme siempre y darme las fuerzas en todo momento para seguir adelante y avanzar con mi formación profesional.

Con una consideración especial a mis A MIS PADRES Cristóbal Idrogo Campos (Q.E.P.D.) y Lucinda Vásquez Idrogo y a MIS HERMANOS, que seguimos unidos a pesar de la distancia que nos separa y damos todo sin esperar nada a cambio, para cumplir las metas más importantes de nuestra vida.

A mis colegas y amigos Oscar J.A. (Q.E.P.D.), Manuelito C.A., Erik A.S., Armntrong F.J., Lizette M.F., por sus iniciativas para seguir adelante y por lo que es más importante, por su apoyo moral. Y, a todas las personas que me apoyan desinteresadamente en todo momento con sus palabras alentadoras.

**Guillermo Idrogo Vásquez**

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia y mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.

A mi Alma Mater “Universidad Nacional Agraria La Molina” y a mi referente laboral “Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas” que me ha permitido continuar con mi formación profesional, laboral y moral

A mi asesor de tesis el Ing. Walter Sánchez Aguilar, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

A APROCAM, en la persona del Gerente Mario Zulueta Vásquez, al personal técnico y administrativo y a los socios cacaoteros de la cooperativa, por permitirme los granos de cacao provenientes de sus parcelas y que me ha permitido desarrollar el presente trabajo de investigación.

A los miembros del jurado M. Sc. Efraín Manuelito Castro Alayo, MSc. Erick Auquiñivín Silva y a la Mg. Lizette Daniana Méndez Fasabi, por sus aportes científicos y su acertada colaboración en la evaluación y corrección del informe de investigación.

Al PNIA, porque durante la ejecución del Proyecto Cacao N°16808-2016 “Desarrollo de un cultivo iniciador para incrementar la eficiencia en el proceso de fermentación de cacao criollo nativo (*Theobroma cacao* L.) en la Asociación de Productores Cafetaleros y Cacaoteros-APROCAM de Amazonas” me permitió el uso de los equipos de laboratorio adquiridos en el marco del proyecto.

Al INDES-CES, por su apoyo en el procesamiento de las muestras de suelos en el Laboratorio de Aguas y Suelos.

A todos mis amigos y a todas aquellas personas que, de una u otra forma, colaboraron en la realización de esta investigación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Ph.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA**  
**Rector**

**Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES**  
**Vicerrector Académico**

**Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA**  
**Vicerrectora de Investigación**

**Dr. EFRAÍN MANUELITO CASTRO ALAYO**  
**Director de la Escuela de Postgrado**

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 6-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (X)/ DOCTOR ( )

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada EFFECTO DEL NPK DEL SUELO Y EL PISO ALTITUDINAL EN LA ACIDEZ DEL MUCILAGO DEL CACAO CRIOLLO (Theobroma cacao L.) EN EL DISTRITO DE COPALLÍN, BAGUA, AMAZONAS;

cuyo autor GUILLERMO IDROGO VÁSQUEZ es estudiante del \_\_\_\_\_ ciclo/egresado (X) de la Escuela de Posgrado, Maestría (X) / Doctorado ( ) en GERENCIA EN AGRONEGOCIOS, con correo electrónico institucional guillermo.idrogo@untrm.edu.pe



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 15 de Julio de 2018

Firma y nombre completo del Asesor

Mg.Sc. Walter Daniel Sánchez Aguilera

## JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



---

M. Sc. Efraín Manuelito Castro Alayo

**Presidente**



---

Dr. Erick Aldo Auquiñivin Silva

**Secretario**



---

Mg. Lizette Daniana Méndez Fasabi

**Vocal**

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 6-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (X) / DOCTOR ( )

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

EFFECTO DEL NPK DEL SUELO Y EL PISO ALTITUDINAL EN LA ACIDEZ DEL MUCILAGO  
DEL CACAO CRIOLLO (*Theobroma cacao* L.) EN EL DISTRITO DE COPALLIN, BAGUA, AMAZONAS.

presentada por el estudiante ( ) / egresado (X) GUILLERMO IDROGO YAÑGUEZ

de la Escuela de Posgrado, Maestría (X) / Doctorado ( ) en GERENCIA EN  
AGRONEGOCIOS

con correo electrónico institucional guillemaidrogo@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:



- La citada Tesis tiene 24 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 22 de julio del 2019

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....  
.....



# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 6-5

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (X) / DOCTOR ( )

En la ciudad de Chachapoyas, el día 22 de julio del año 2019, siendo las 9:00 horas, el aspirante GUILLERMO IDROGO VASQUEZ, Asesorado por Mg. WALTER DANIEL SÁNCHEZ AGUILAR, defiende en sesión pública presencial (X) / a distancia ( ) la Tesis titulada: EFFECTO DEL NPK DEL SUELO Y EL PISO ALTITUDINAL EN LA ACIDEZ DEL MUCÍLOGO DEL CACAO CRIOLLO (Theobroma cacao L.) EN EL DISTRITO DE COPALLA, BAEVA, AMAZONAS, para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor ( ) en GERENCIA EN AGRONEGOCIOS, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, conformado por:

Presidente: MSc. EFRAIM MANUELITO CASTRO ALOYO

Secretario: MSc. ERICK AQUIÑIVIN SILVA

Vocal: Mg. LIZETTE DANIANA MÉNDEZ FASAGI



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis de Maestría (X)/Doctorado ( ), en términos de:

A probado (X) por Unanimidad (X)/Mayoría ( ) Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 11:00 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor ( ).

SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

OBSERVACIONES:

## ÍNDICE

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS.....	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	ix
ÍNDICE .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	16
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	37
2.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	37
2.2 MATERIAL EXPERIMENTAL .....	38
2.2.1 Material botánico .....	38
2.2.2 Materiales y equipos utilizados .....	38
2.3 MÉTODOS .....	39
2.3.1 Diseño de la investigación.....	39
2.3.2 Tratamientos del estudio .....	40
2.3.3 Características del área experimental .....	40
2.4 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO .....	41
2.4.1 Del suelo .....	41
2.4.2 Del mucílago .....	42
2.5 ANÁLISIS DE DATOS.....	43
III. RESULTADOS.....	48
IV. DISCUSIÓN.....	56
V. CONCLUSIONES.....	60

<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>61</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseño de la investigación .....	40
Tabla 2. Análisis de Varianza (ANOVA).....	44
Tabla 3. Resultados del cálculo de los parámetros de las parcelas.....	46
Tabla 4. Resultado de los cálculos de los parámetros de las plantas .....	47
Tabla 5. Nivel de clase de los factores en estudio .....	48
Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA). Para la variable grado de acidez del mucílago de cacao según Altitud, Niveles de fertilizantes NPK del suelo y sus interacciones (Altitud x Fertilizantes).....	49
Tabla 7. Medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según Niveles de Fertilizantes NPK del suelo.....	49
Tabla 8. Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao por Niveles de fertilizantes NPK del suelo según Tukey a 95% de confianza. ..	51
Tabla 9. Medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según Piso altitudinal. ....	51
Tabla 10. Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao por Piso altitudinal según Tukey a 95% de confianza. ....	52
Tabla 11. Medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según la interacción Piso altitudinal por Niveles de fertilizantes NPK del suelo. ....	53
Tabla 12. Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao en interacción Piso altitudinal por Niveles de Fertilizantes NPK del suelo según Tukey a 95% de confianza. ....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según Niveles de Fertilizantes NPK del suelo.....	50
Figura 2. Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según Pisos Altitudinales.....	52
Figura 3. Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según la interacción Piso altitudinal por Niveles de fertilizantes NPK del suelo. ....	54
Figura 4. Croquis de distribución de los tratamientos en el área experimental .....	66
Figura 5. Mapa de ubicación.....	67

## RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es muy utilizado en la industria alimentaria por lo que el área de cultivo va incrementando. Sin embargo, existe una escasa información acerca del papel que cumplen los factores ambientales en la calidad del grano de cacao y el producto procesado. En este estudio se evaluó los efectos del contenido de nutrientes NPK del suelo y el factor altitudinal, con el grado de acidez del mucílago del cacao, teniendo en cuenta que esta característica es responsable de los posteriores procesos de fermentación y de la calidad final del “cacao fino y de aroma”. La investigación con la Cooperativa de Servicios Múltiples APROCAM de Bagua en Amazonas. Las parcelas de cacao se adecuaron a un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial, en donde se consideró 9 tratamientos por repetición, además se realizó un muestreo aleatorio estratificado. Los efectos principales entre pisos altitudinales y niveles de NPK del suelo, no reportó grado de significancia estadística; por lo que, pese a las diferencias matemáticas, estadísticamente la variable grado de acidez del mucílago de cacao es igual para todos los tratamientos.

**Palabras claves:** Cacao, nutrientes del suelo, mucílago, índice de acidez, zonas de vida.

## **ABSTRACT**

Cocoa (*Theobroma cacao* L.), is generally widely used in the food industry, so the area under cultivation is increasing. However, there is little information about the role of environmental factors in the quality of the cocoa bean and the processed product. This study evaluated the effects of the NPK nutrient content of the soil and the altitude factor, with the degree of acidity of the cocoa mucilage, taking into account that this characteristic is responsible for the subsequent fermentation processes and the final quality of the "cocoa". fine and aromatic". Research with the APROCAM Multiple Services Cooperative of Bagua in Amazonas. The cocoa plots were adapted to a completely randomized block design (DBCA) with a factorial arrangement, where 9 treatments per repetition were considered, in addition, a stratified random sampling was carried out. The main effects between altitudinal floors and soil NPK levels did not report a degree of statistical significance; Therefore, despite the mathematical differences, statistically the variable degree of acidity of the cocoa mucilage is the same for all treatments.

**Keywords:** Cocoa, soil nutrients, mucilage, acidity index, life zones.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El cacao es un producto de mucha importancia económica y estratégica en nuestro país, porque permite mejorar la calidad de vida de las familias dedicadas a este cultivo; además, es un producto que viene siendo promovido por los programas de desarrollo alternativo para la erradicación de cultivos ilícitos.

A nivel mundial, considerando al mercado emergente de China, existe una demanda insatisfecha de cacao, especialmente de los cacaos criollos o nativos, debido a su alta calidad en cuanto se refiere a su valor nutritivo, fino aroma y sabor, que le hacen diferente de los cacaos forasteros y trinitarios. Razones por las cuales y según Barrientos (2015), el crecimiento de la producción del cacao se ha convertido en algunas localidades de Perú en una importante fuente de ingresos de los agricultores cacaoteros, mejorando así el producto bruto interno (PBI) de cada región. Este esfuerzo está permitiendo que estos productores, a pesar de no manejar su cultivo con tecnologías medias a altas, se integren, directa o indirectamente, al mercado internacional, debido a las exportaciones en aumento del cacao orgánico especialmente, reconocidos por su gran calidad en eventos internacionales. Esta situación de rápido crecimiento, considerando que la mayoría son pequeños productores, está permitiendo que interioricen el aspecto de la sostenibilidad económica.

A nivel nacional, este cultivo permanente se siembra en las zonas de clima tropical, especialmente en la vertiente oriental de los andes, desde la Región Amazonas hasta la Región Puno, predominantemente en la parte baja de la selva peruana, entre los 300 y 900 msnm, incluyendo a las Regiones de Piura y Cajamarca por el norte del Perú. En el año 2014, el Perú produjo más de 30 mil toneladas de cacao, Barrientos (2015). Según el Censo Agropecuario (INEI, 2012), el cacao ocupó el segundo lugar como cultivo permanente después del café, con una superficie agrícola de 144,200 ha, una parte de las cuales se han instalado gracias a los programas de desarrollo alternativo en la selva peruana. El potencial de producción y la demanda expectante, motivan para que el cultivo sea sostenible en el tiempo, razones por las cuales amerita concentrar mayores esfuerzos económicos y técnicos a través de la investigación, tanto del sector estatal como privado.



El Perú ha sido calificado por la Organización Internacional del Cacao (2017) como un país en donde se produce y se exporta un cacao fino y de aroma, logrando el 36% de la producción mundial de este tipo. Sin embargo, en cuanto se refiere a la tecnología del manejo del cultivo, no está muy claro para el agricultor el efecto de los nutrientes que se aplican al suelo y cuál es su efecto en la calidad del mucílago o baba, uno de los responsables del sabor y la calidad final del producto procesado. Así mismo sostiene que, de los más de 50 países productores de cacao, solo 10 tienen las condiciones edáficas, climáticas y genéticas para producir cacao de fino aroma y sabor. Entre ellos está el Perú.

En el Perú, la Región Amazonas, es uno de los principales centros de origen del cacao y ostenta una alta diversidad y variabilidad de material genético verificable en las diferentes poblaciones, razas nativas o ecotipos de cacao, que se pueden encontrar en todas las zonas cacaoteras de la Región. Razón por la cual, INDECOPI en agosto del año de 2016, otorgó a los productores de la Región Amazonas la denominación de origen del CACAO NATIVO DE AMAZONAS, con el objetivo de proteger su producción y calidad y sus características singulares, respecto a otros productos similares.

Según información de la Dirección Regional de Agricultura, la Región Amazonas representa el 4% de la producción nacional de cacao en el Perú con 4,530 TM de cacao en grano seco, estimándose que existen alrededor de 7,254 ha de cultivo y con una productividad promedio de 700 a 900 kg/ha, involucrando a 5,500 agricultores cacaoteros aproximadamente. Siendo Italia uno de los principales mercados internacionales del cacao nativo de Amazonas.

Mengel y Kirkby (2000), mencionan a una investigación realizada hace más de 300 años, que la producción de madera, corteza y hojas de sauce, resultó del agua tomada del suelo y que el suelo sólo contribuyó de manera muy limitada al peso del material sintetizado por la planta. Sin embargo, ahora sabemos que además del agua y del CO<sub>2</sub>, los minerales (nutrientes) que se encuentran disponibles en el suelo determinan, en peso medible, la producción de material vegetal.

Con respecto al cacao, si bien es cierto que los rendimientos en grano de este cultivo, pueden ser buenos, sin embargo, cuando se refiere a las cualidades del

cacao, se encuentra que existe una escasa e inconsistente información técnica sobre los reales efectos de los factores ambientales en la calidad organoléptica del cacao. No obstante, algunos investigadores concluyen que su efecto es bajo si se compara con el efecto del genotipo y el tratamiento de post cosecha. Empero, los efectos individuales y/o sinérgicos de estos factores, podrían estar afectando (favorable y/o desfavorablemente) a los atributos organolépticos de la almendra del cacao. Por lo tanto, no se podría descartar la influencia de estos factores en la calidad final del producto. Así mismo, CAOBISCO / ECA / FCC (2015) menciona que, existen indicios de que, además de los efectos de los antecedentes genéticos y de las prácticas de post cosecha, el clima y el suelo pueden también contribuir a las diferencias de sabor, dando lugar a lo observado en los vinos y que se denomina efecto “terroir”, en francés y traducido como “terruño”, en español, a un conjunto de factores naturales derivados del suelo, topografía, microclima y la acción de la mano del hombre.

Así mismo, Quiroz (2012) sostiene que la calidad del cacao para el mercado mundial, depende del material genético a sembrarse, manejo del cultivo, manejo de post cosecha y del tostado del cacao en fábricas. También menciona que, la deficiencia de agua y nutrientes en el suelo, trae como consecuencia una reducción en el tamaño de las mazorcas y de las almendras. Además, origina variaciones significativas en la composición bioquímica de los cotiledones, considerando que el metabolismo del nitrógeno de la planta es sensible al medio ambiente.

Oltra (2017) menciona que la mayoría de las veces existe una relación entre las materias primas utilizadas en la elaboración o fabricación de un producto y el producto obtenido. Que mediante la fertilización se aportan nutrientes necesarios para el desarrollo de la viña, a su vez influirá en el desarrollo de las bayas y posteriormente en el mosto obtenido de esas bayas y finalmente en la calidad del vino. Para el caso del nitrógeno, en el proceso de elaboración del vino, las levaduras necesitan de nitrógeno y la calidad organoléptica es proporcional al buen funcionamiento de la fermentación y, ésta a una correcta nutrición de las levaduras. Durante la elaboración del vino, las levaduras utilizan nitrógeno en forma de amonio y aminoácidos en la fermentación.

Carlson (1990) menciona que, la fotosíntesis neta *in toto* (productividad) se determina por la disponibilidad de la luz, del CO<sub>2</sub>, del agua y de los nutrientes; por los modelos de desarrollo de la planta que determina tanto la velocidad de la fotosíntesis como por la velocidad de reinversión y, por las respuestas de la planta a las tensiones. Así mismo, manifiesta que la importancia del metabolismo del nitrógeno en las plantas agrícolas puede ser evaluada por la cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado a los cultivos y por la respuesta en el rendimiento obtenido, así como también por el valor del principal producto final del proceso.

Evans (1994) menciona que, en el pasado la investigación se centralizó particularmente en el hábito del crecimiento y geometría del cultivo, por cuanto éstos afectan su fotosíntesis. Actualmente se está dedicando mucha atención a otros factores que influyen sobre la tasa fotosintética. En el futuro cobrará importancia el estudio de los factores que ejercen influencia sobre los patrones de translocación, los mecanismos y capacidad de almacenaje grado de acidez y la síntesis de azúcares, proteínas y lípidos. Para el caso del trigo, el mismo Evans sostiene que en condiciones de menor fertilidad o cuando se aplican escasas cantidades de fertilizantes nitrogenados, el espigado suele provocar un pronunciado agotamiento del nitrógeno del suelo, existiendo poca absorción durante el llenado del grano. De modo que, virtualmente, todo el nitrógeno de este proviene de la movilización desde las hojas y tallos, dirigiéndose hacia el grano un 66 – 75% del nitrógeno total de la planta. Finalmente, Evans asevera que, los efectos de las condiciones ambientales sobre el almacenamiento de proteína no se estudiaron exhaustivamente. Parece que las temperaturas elevadas reducen más el almacenamiento de almidón que el de proteína, como también ocurre en el caso de la deficiencia de agua.

Por otro lado, Quiroz (2012) manifiesta que la deficiencia de agua y nutrientes en el suelo, trae como consecuencia una reducción en el tamaño de las mazorcas y de las almendras. Además, originan variaciones significativas en la composición bioquímica de los cotiledones. Con respecto al tiempo entre la cosecha y la apertura de la mazorca, manifiesta que, algunos técnicos recomiendan guardar en pilos (montón), las mazorcas maduras, para iniciar la fermentación en dos o tres días, de esta manera las mazorcas han perdido algo de agua y tiene menos jugos, lo que favorece la iniciación de la fermentación y la elevación de la temperatura, lográndose, de esta manera, que las almendras pierdan hasta un 40% de azúcares

del hilio, un 50% del volumen y un 4% de la humedad de la pulpa. Con esta práctica se ha conseguido una buena fermentación y disminuir la acidez de las almendras. En el Ecuador se ha realizado este proceso en el clon CCN-51 con resultados buenos sobre la disminución de la acidez y el incremento de la suavidad de las almendras en este material.

Está claro que el estudio de los componentes de los alimentos y en especial del cacao, tiene gran relevancia en la calidad y desarrollo aromático, debido a que en función del tratamiento al cual sean sometidas las almendras o los granos, dependerá el contenido de estos componentes. Por mencionar, los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el sabor, color y la estabilidad de los mismos. Los valores de acidez pueden ser muy variables, por ejemplo, en el caso de las frutas, varían desde 0,2 a 0,3 %, en manzanas de poca acidez hasta de 6 %.

Portillo (2007) menciona que en estudios anteriores sobre ciertos parámetros químicos de la fermentación explican que la constante elevación del pH de la pulpa durante la fermentación

se atribuye a la desasimilación del contenido de ácido cítrico por las levaduras y las bacterias lácticas y la sustitución por los ácidos lácticos y acéticos menos disociados. Que, el descenso del pH en la pulpa es atribuible al metabolismo del ácido cítrico por acción de las levaduras anaeróbicas, ya que el etanol formado es oxidado a ácido acético (bacterias acéticas) el cual migra hacia los cotiledones. Como resultado de su investigación encontró que valores bajos de pH ( $\leq 4,5$ ) en los cotiledones disminuyen el potencial aromático en el cacao, en tanto que valores alrededor de 5,0 – 5,5 conducen a un incremento del potencial, por lo que remociones de 24 horas favorecen el incremento del pH.

El cacao considerado el “alimento de los dioses”, es un alimento rico en minerales, vitaminas y fibra, razones que hace ofrecer numerosos beneficios al consumidor. Además, tiene propiedades nutricionales y terapéuticas, aprovechadas para la elaboración de diversos productos, MINAGRI (2016). Estas consideraciones han permitido que, actualmente el cultivo del cacao en el Perú continúe incrementando su área cultivada debido a la creciente demanda en el mercado nacional e internacional de cacao, según Dedenham (2014). Sin embargo, existe una escasa información acerca del papel que cumplen los factores ambientales en la calidad

del grano de cacao y por ende en el producto procesado. La finalidad del presente estudio fue la de evaluar los efectos del contenido de nutrientes NPK del suelo y el factor altitudinal (según Zonas de Vida del ámbito del estudio) en el grado de acidez del mucílago del cacao, característica responsable de los posteriores procesos de fermentación y por ende de la calidad final del “cacao fino y de aroma”.

El rasgo sobresaliente de la vida es la capacidad de las células vivas para tomar sustancias del ambiente y usarlas ya sea para la síntesis de sus componentes celulares o como fuente de energía, Mengel y Kirkby (2000). Desde este punto de vista, el presente trabajo de investigación comprende a la evaluación del grado de acidez del componente mucilaginoso del cacao y su relación con el contenido de NPK en el suelo y el piso altitudinal en dónde se encuentra el cultivo del cacao. Es decir: por un lado, el suelo y la altitud de acuerdo a la Zona de Vida (parte del ambiente) que viene a ser el soporte y fuente de nutrientes, agua y aire, y, por otro lado, está el cultivo de cacao (conjunto de células organizadas y con funciones específicas), como el medio que abastece de nutrientes y demás compuestos para la satisfacción de las necesidades de la humanidad.

En esta relación intervienen mecanismos denominados procesos metabólicos, en los cuales los nutrientes se convierten en material celular o suministro de energía. Los nutrientes esenciales requeridos por las plantas superiores son exclusivamente de naturaleza inorgánica. Este requerimiento exclusivo de nutrientes inorgánicos las distingue básicamente del hombre, de los animales y de un número de microorganismos que adicionalmente necesitan compuestos orgánicos. Entonces las plantas vienen a ser un conjunto de materia orgánica, agua y minerales con una distribución porcentual de 70, 27 y 3 %; éstos últimos en una porción comparativamente pequeña de la materia seca; sin embargo, son de una extrema importancia, debido a que permiten que la planta sintetice material orgánico: fotosintatos.

Según Latsague *et al.* (2011), mencionan que los nutrientes minerales tienen funciones esenciales y específicas en el metabolismo de las plantas, como activadores de reacciones enzimáticas, osmorreguladores y constituyentes de estructuras orgánicas. Asimismo, indica que el efecto de la fertilización con N, P y K sobre el contenido bioquímico foliar en plantas introducidas, hace que el contenido de clorofila *a*, clorofila *b* y carotenoides aumenten, contribuyendo a un

incremento en la tasa fotosintética. Resultados obtenidos señalan que la aplicación de N, P y K influye en el contenido de carbohidratos solubles, lo que se relaciona directamente con la síntesis de pigmentos y proteínas que aumentan significativamente con la aplicación de los tratamientos fertilizantes.

Brunetto de Gallignani *et al.* (2014) mencionan que el sabor, determinado por el gusto y el aroma, es la característica principal que determina la calidad de los granos de cacao y se encuentra influenciado por diversos factores como: el material genético o genotipo, condiciones de clima y suelo donde se desarrolla la planta, manejo agronómico que se le dé a la plantación y las tecnologías post cosecha. Durante el proceso de fermentación tiene lugar una serie de reacciones bioquímicas en el interior del grano de cacao que origina la muerte del embrión y la formación de los precursores del aroma (aminoácidos, péptidos y azúcares reductores), los cuales interaccionan en la etapa de tostado desarrollando el aroma específico del cacao. Por ello, para poder evaluar correctamente la calidad del cacao, no basta con estudiar los compuestos asociados directamente con el aroma y el sabor, sino que también es necesario estudiar los compuestos que los originan en las almendras: antes, durante y después de los procesos de fermentación y tostado. Entre los precursores del aroma, los aminoácidos, los azúcares reductores y el mucílago o baba, cumplen un rol relevante y, en su real dimensión, los factores ambientales del cultivo.

Guzmán y Segura (1989) manifestaron que se observó una disminución de la acidez durante la maduración de muchos frutos lo que indica una alta tasa metabólica en esta fase. Que los precursores de los ácidos orgánicos, en su mayoría, son otros ácidos orgánicos o azúcares. Por otro lado, ORTIZ *et al.*, (2009) reportó para los granos de cacao criollo fermentado por 5 días y secados al sol por 4 días valores de acidez titulable de 6 - 6,07%. Así mismo reporta valores de acidez titulable para los cotiledones: frescos (1,35%), fermentados (0,75%) y secos (0,70%). NOGALES *et al.*, (2006) en su trabajo de investigación de cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera encontró valores de acidez total de 0,27% para el cacao fermentado en cajón cuadrado y 0,33% para el cajón rectangular.

Álvarez *et al.*, (2002) señala que los valores de pH y acidez como índices importantes para evaluar los cambios de la pulpa y de las almendras de cacao durante las fermentaciones naturales que se dan alrededor de la pulpa o mucílago y de la muerte del embrión en los cotiledones durante el mismo. El valor del pH como índice de calidad podría estar asociado con los niveles de ácido cítrico de los frutos maduros recién cosechados.

Torres (2012) manifiesta que el grano de cacao está formado por la semilla, que supone del 78 al 82% del peso del grano de cacao, y por la cáscara (10-16%) que la envuelve y la protege. Además, el grano contiene un pequeño porcentaje de humedad (5-8%). La composición de la semilla del cacao depende de factores como el genotipo o las condiciones de crecimiento del árbol (características del suelo, clima, horas de insolación, entre otros). Así mismo, que aproximadamente del 48 al 57% del peso de la semilla descascarillada y seca del grano de cacao corresponde a su contenido en lípidos. La fracción lipídica del cacao se conoce como la manteca de cacao y es la responsable de buena parte de las tan apreciadas propiedades sensoriales del chocolate. En la fracción grasa de la semilla de cacao, los ácidos grasos (AG) predominantes son mayoritariamente saturados (AGS), esteárico (C18:0 - 35%) y palmítico (C16:0 - 25%), pero también contiene una alta proporción de AG monoinsaturados (AGMI) representados casi exclusivamente por el ácido oleico (C18:1 - 35%) y una pequeña cantidad de poliinsaturados (AGPI) en forma de linoleico (C18:2 - 3%). El resto corresponde a un 2-5% de agua, un 11-16% de proteínas, un 6-9% de hidratos de carbono, un 2.6-4.2% de sales minerales y otro 2.1- 3.2% de fibra.

Según Caballero *et al.*, (2016) la fermentación se da cuando se combinan los alcoholes, ácidos, pH y humedad, de tal forma que estas condiciones permiten que el embrión en la almendra muera, el sabor amargo por la pérdida de teobromina disminuya, y se produzca un olor y sabor más acentuado a chocolate. Así mismo, que el porcentaje de acidez es un factor que determina la calidad del cacao, por lo que su contenido es de gran importancia para la industria chocolatera. Las almendras fermentadas presentan una acidez mayor al 1%, con base en ácido acético. Tomando en cuenta que los granos estudiados en este trabajo se sometieron a fermentación y secado se obtuvieron valores por debajo de los mencionados.

Kalvatchev *et al.*, (1998) indica que, las semillas de cacao están rodeadas por una pulpa aromática la cual procede de sus tegumentos. La pulpa mucilaginosa está compuesta por células esponjosas parenquimatosas, que contienen células de savia ricas en azúcares (10-13%), pentosas (2-3%), ácido cítrico (1-2%), y sales (8-10%). Durante el proceso de cosecha de las semillas de cacao (el producto de exportación), la pulpa es removida por fermentación e hidrolizada por microorganismos. La pulpa hidrolizada es conocida en la industria como "exudado". Durante la fermentación la pulpa provee el sustrato para varios microorganismos que son esenciales para el desarrollo de los precursores del sabor del chocolate, los cuales son expresados completamente después, durante el proceso de tostado. Aunque la pulpa es necesaria para la fermentación, a menudo hay más pulpa de la necesaria.

Romero y Zambrano (2012), refieren que la pulpa del cacao (*Theobroma cacao L.*) es un tejido parenquimático de color blanco formado por células alargadas derivadas del endocarpio que se fusiona con el tegumento de la semilla tomando consistencia mucilaginosa cuando alcanza la madurez. Dicho tejido representa 40-52% del peso fresco de la semilla madura y contiene mayoritariamente agua, azúcares simples, ácido cítrico, proteínas, grasas, aminoácidos, entre otros.

Según Torres (2012), en los granos de cacao el nutriente mayoritario fue la grasa (>40%) y la composición nutricional dependió del origen geográfico, siendo el cacao de Ecuador más rico en lípidos. En el chocolate negro en cambio, el nutriente mayoritario fueron los azúcares (>55%); y al igual que en los granos de cacao la composición nutricional de azúcares y grasa sólo dependió del origen geográfico, siendo también más ricos en lípidos los chocolates de Ecuador.

Así mismo, Romero y Zambrano (2012) concluyeron que, de acuerdo a los resultados obtenidos, se tiene que el contenido de azúcares varía considerablemente (> 40 %) entre los tipos de cacao. Del mismo modo, estos azúcares también varían entre las cosechas en los cultivares criollos, desarrollándose bajo condiciones edafoclimáticas distintas.

Martínez (2016) reporta que, en el grano de cacao también se encuentran otros componentes mayoritarios relevantes por su calidad nutricional, como las proteínas, la fibra y algunos minerales esenciales en la dieta, como el potasio, el magnesio y el fósforo.



Según Bertazo *et al.* (2011) que, los granos de cacao contienen 10 a 15% de proteína, que se compone de 52% y 43% de albúmina y globulina respectivamente. Así la fermentación y el tostado junto con el tipo de suelo, clima, condiciones de cosecha y secado, afectan en gran medida las características del cacao.

Finalmente, y según lo manifestado por Romero y Zambrano (2012) que, actualmente existe escasa información sobre la composición química de la pulpa fresca de cacaos criollos venezolanos.

## **GENERALIDADES DEL SUELO**

Para el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos USDA(1998), citado por Jordán (2005), el suelo es un cuerpo natural formado por una fase sólida (minerales y materia orgánica), una fase líquida y una fase gaseosa que ocupa la superficie de la tierra, organizada en horizontes o capas de materiales distintos a la roca madre, como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de materia y energía, que tiene capacidad para servir de soporte a las plantas con raíces en un medio natural. Los límites superiores del suelo son la atmósfera, las aguas superficiales poco profundas (es decir, que pueden soportar el crecimiento de raíces), las plantas vivas o el material orgánico que no ha comenzado a descomponerse. Los límites horizontales los constituyen áreas donde el suelo es invadido por aguas profundas (más de 2.5 m), materiales estériles, rocas o hielo. El límite inferior está constituido por la roca dura y continua. De manera arbitraria, la profundidad máxima del suelo se establece en 1.5 m.

Según Vera *et al.*, (2000), las características químicas de los suelos constituyen la principal limitante para el desarrollo y producción de cacao en la zona (zona sur del Lago Maracaibo, Venezuela). Las limitaciones impuestas por los bajos niveles de pH, materia orgánica, fósforo, calcio, magnesio, potasio y altos niveles de aluminio cambiable en estos suelos, indican la necesidad de aplicar fertilizantes y enmiendas no sólo para el contenido y balance de nutrientes sino para un buen desarrollo de raíces, las cuales se desarrollan en los primeros 20 cm del suelo.

La interacción entre los diferentes factores de formación y los procesos ha generado que el suelo cuente con una variedad de características, las cuales intervienen directa o indirectamente en la vida de las plantas en general y de los cultivos en particular, desde su crecimiento y desarrollo hasta la cosecha, objetivo primordial,

expresado en rendimiento del cultivo. Una o varias características están relacionadas con los contenidos de fósforo, de potasio y de nitrógeno en el suelo y éstos a su vez tienen relación con los contenidos de azúcares y proteínas en los granos de cacao y por ende en la calidad de éste y la baba o mucílago que protege a los granos.

## **EL NITRÓGENO EN EL SUELO**

Es uno de los elementos más ampliamente distribuidos en la naturaleza: atmósfera, hidrósfera y litósfera. Sin embargo, el suelo contiene sólo una fracción minúscula del N de la litósfera, y de este N del suelo sólo una proporción muy pequeña está disponible directamente para las plantas. La materia seca de las plantas contiene entre el 2 y 4% de N. Esta cantidad parece más bien baja en comparación con el contenido de Carbono, que es del orden del 40%. Sin embargo, el N es el constituyente elemental de numerosos compuestos orgánicos de importancia general (aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos). En el material vegetal, el N proteico es, por mucho, la fracción nitrogenada más importante y comprende cerca de 80 al 85% del N total. El nitrógeno de los ácidos nucleicos supone cerca del 10% y el N aminosoluble alrededor del 5% del N total en el material vegetal. Muchas especies se cultivan esencialmente para producir proteínas vegetales. En el material vegetativo, las proteínas son principalmente proteínas enzimáticas, mientras que en las semillas y los granos las principales fracciones proteicas son proteínas de reserva, según Mengel y Kirkby (2000). Así mismo, el INPOFOS (1997) menciona que el N es un componente de las vitaminas y los sistemas de energía en la planta. Es también un componente esencial de los aminoácidos, los cuales forman proteínas en las plantas.

## **EL FÓSFORO EN EL SUELO**

El P elemental es químicamente muy reactivo y por esta razón no está presente en su estado puro en la naturaleza. Se encuentra solamente en combinaciones químicas con otros elementos, según INPOFOS (1997). El fósforo en el suelo aparece casi exclusivamente en forma de ortofosfatos. El contenido total es del orden del 0.02 al 0.15% de P. Una cantidad bastante importante de este P está asociado con la materia orgánica del suelo, oscilando la proporción de P orgánico en suelos minerales entre un 20 y un 80% del P total. Desde el punto de vista de la nutrición vegetal, son

importantes tres formas de fosfato del suelo: fosfato en la solución del suelo, fosfato fácilmente disponible o lábil y, fosfato no disponible. El compuesto más importante en el que los grupos fosfato están unidos por enlaces pirofosfato, rico en transferencia de energía, es el adenosintrifosfato (ATP). Entre otros enlaces parecidos que se forman durante los procesos metabólicos está el uridin trifosfato (UTP), requerido para la síntesis de sacarosa. Otro compuesto orgánico de P es la fitina y se encuentra principalmente en las semillas. El ácido fítico es un éster hexafosfórico de inositol. La fitina en las semillas de las plantas se da como sales de Ca y Mg del ácido fítico y se sintetiza durante la formación de las semillas. Inmediatamente después de la polinización hay un aumento en el transporte de P hacia las semillas jóvenes en desarrollo, según Mengel y Kirkby (2000).

### **EL POTASIO EN EL SUELO**

El potasio K, al igual que el N y el P, es un elemento esencial para todos los organismos vivos. En fisiología vegetal es el catión más importante, no sólo por su contenido en los tejidos de las plantas, sino también por sus funciones fisiológicas y bioquímicas. El contenido medio de K de la corteza terrestre es del orden de 2.3%. La mayor parte de este K está unido a minerales primarios o está presente en las arcillas secundarias que conforman ampliamente la fracción de arcilla del suelo. Por esta razón los suelos ricos en arcilla son también generalmente ricos en K. Una de las varias funciones está en que el K no sólo favorece la translocación de fotosintatos recién sintetizados, sino que tiene también un efecto beneficioso sobre la movilización del material almacenado. Mengel y Kirkby (2000) encontraron que en el trigo de primavera el K aumentó la movilización de las proteínas almacenadas en hojas y tallos y promovió también la translocación de compuestos de degradación nitrogenados hacia los granos. Actúa como catalizador en los procesos de síntesis de azúcares, síntesis de proteínas, división celular, entre otros procesos, Asociación Fondo de Investigadores y Editores (2011).

### **PISOS ALTITUDINALES**

De acuerdo a la información verbal de los agricultores cacaoteros de la zona, quienes mencionan que el mejor cacao proviene de la zona media, ha permitido que la zona de estudio para la presente investigación sea separada en tres pisos altitudinales, bajo (menos de 700 msnm), medio (700 a 1000 msnm) y alto (más de

1000 msnm). Esta separación está basada en las Zonas de Vida del Mapa Ecológico del Perú y su respectiva memoria descriptiva, INRENA (1994). Las características de las Zonas de Vida que abarca el ámbito del estudio se describen a continuación:

#### **Monte espinoso – Tropical (mte – T)**

Se caracteriza por ser cálida y árida, altitudinalmente se extiende hasta los 700 msnm. La biotemperatura media anual máxima es de 25°C y la media anual mínima es de 23.4°C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 793 milímetros y el promedio mínimo de 162.9 milímetros. El relieve varía de ondulado a colinoso. Los suelos mayormente arcillosos de naturaleza calcárea y pH alrededor de 8.0, de escaso contenido de materia orgánica. Para la investigación se consideró a esta zona dentro del piso altitudinal bajo.

#### **Bosque muy seco – Tropical (bms – T)**

Esta Zona de Vida de características semiáridas, es conocida como sabana y altitudinalmente se extiende desde los 700 hasta los 1 000 msnm. La biotemperatura media anual máxima es de 25.4°C y la media anual mínima es de 24.8°C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 1019 milímetros y el promedio mínimo de 567 milímetros. El relieve es predominantemente colinoso. Los suelos mayormente arcillosos de naturaleza calcárea, profundos donde la topografía no es muy accidentada. Para la investigación se consideró a esta zona dentro del piso altitudinal medio.

#### **Bosque seco – Premontano Tropical (bs – PT)**

Esta Zona de Vida de características subhúmedas, altitudinalmente se extiende desde los 1000 hasta los 2 250 msnm. La biotemperatura media anual máxima es de 25.1°C y media anual mínima de 17.4°C. Mientras que la precipitación promedio anual es de alrededor de 1250 milímetros. El relieve comprende las estribaciones de las montañas cuya pendiente es accidentada. Estas áreas son muy susceptibles a la erosión. Los suelos mayormente arcillosos y de naturaleza calcárea, profundos donde la topografía no es muy accidentada. Para la investigación se consideró a esta zona dentro del piso altitudinal alto.

## EL CULTIVO DE CACAO

El *Theobroma* es un género de árboles endémicos de las regiones de Centro y Sudamérica. De las 22 especies conocidas, el *Theobroma cacao* es la única especie que se cultiva comercialmente. Este árbol es una especie muy exigente, pues no prospera en lugares demasiados altos, demasiado secos o fríos, y requiere estar protegido del viento y del sol excesivos. También necesita protección de los animales salvajes que se alimentan de sus frutos y puede marchitarse fácilmente debido a la acción de diversos tipos de hongos, según Lorena (2007).

Según el MINAGRI (2016), el cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie originaria de los bosques tropicales de América del Sur cuyo centro de origen está localizado en la región comprendida entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo: tributarios del río Amazonas. Pertenece a la familia de las esterculiáceas. Su nombre científico *Theobroma Cacao* L. le fue impuesto en 1758 por el botánico sueco Carlos Linneo, que significa en griego: “*alimento de los dioses*”. Desde el punto de vista botánico o genético, la especie *Theobroma cacao* L. se clasifica en:

**Criollo:** Tiene su origen en América Central precolombina. Primera variedad conocida en Europa introducida por los primeros colonizadores. Actualmente se cultiva en México, Guatemala y Nicaragua en pequeñas cantidades; así como en Venezuela, Colombia, Perú, islas del Caribe, Trinidad, Jamaica e isla de Granada. También en Madagascar, Java e islas Comores. Son árboles débiles, de lento crecimiento, bajo rendimiento y más susceptibles a enfermedades y plagas que otras variedades. Sin embargo, el fruto se caracteriza por ser dulce y producir un chocolate de menor amargor y de mejor calidad. Su sabor delicado, suave y complejo, y su aroma intenso, lo hacen un tipo de cacao exclusivo y demandado en los mercados más exigentes del mundo. Solo representa entre el 5% al 8% de la producción mundial, en la medida que su cultivo es muy difícil, propenso a plagas: esta situación ha influido en la limitada propagación e incluso disminución de sus áreas de cultivo. Entre las variedades más importantes de cacao criollo tenemos el Criollo porcelana (Maracaibo-Zulia), que es considerado uno de los mejores cacaos del mundo; el Criollo andino, que produce frutos rojos y verdes antes de madurar; y Criollo pentágono, que produce frutos con cinco bordes prominentes.

**Forastero:** Originario de la Alta Amazonía, es el de mayor producción en los países de África y Asia. Por ser resistente y poco aromático es principalmente usado para mezclar y dar cuerpo al chocolate. Introducido por los europeos en los territorios colonizados cuando la demanda de chocolate aumentó considerablemente a principios del siglo XX. Considerada como el cacao ordinario nativo de Brasil, Perú, Bolivia y Colombia. Se cultiva principalmente en: Perú, Ecuador, Colombia, Brasil Guayanas y Venezuela. Se ha expandido hacia el África Occidental (Costa de Marfil, Ghana, Camerún y Santo Tomé) y, posteriormente, hacia el sudeste asiático. Estas dos últimas regiones actualmente representan entre el 80% al 85% de toda la producción mundial. En base a la cata, este tipo de cacao es fuerte y amargo, ligeramente ácido; con mucho tanino y astringencia. Tiene una gran potencia aromática, pero sin finura ni diversidad de sabores. Sin embargo, tienen un excelente rendimiento, cosecha precoz, árbol vigoroso y resistente a las enfermedades. Se debe tener en cuenta que la variedad de cacao que se emplea para los chocolates considerados “corrientes” está hecho de esta variedad que, como vemos en las notas de cata, en general poseen un sabor amargo y sin sutilezas aromáticas. Hoy en día Costa de Marfil lidera la producción mundial de cacao forastero que se exporta fundamentalmente a Europa y Estados Unidos.

**Trinitario:** Híbrido entre el Criollo y el Forastero, originario de la isla Trinidad nunca se ha encontrado en estado silvestre. Se diseminó en América Latina y El Caribe y fue introducido en África alrededor del 1850. Es más aromático que el Forastero y más resistente que el Criollo. Representa entre el 10% al 15% de la producción mundial.

En el caso peruano, según MINANGRI (2016), también existen una serie de cultivares agrupados en grupos genéticos o germoplásmicos naturales y/o artificiales al que pertenecen los cultivares de cacao, están de acuerdo a la clasificación propuesta por Lachenaud, en 1997: a. Criollo, b. Forastero del Alto Amazonas o Amazonas, c. Forastero del Bajo Amazonas o Guayanas, y d. Nacional. Un quinto grupo genético (artificial), corresponde a los cultivares Trinitarios. Menciona también que, en el Perú se ha introducido la variedad productiva CCN-51, buscando una mayor rentabilidad económica en el marco de programas de apoyo a la sustitución de cultivos de la hoja de coca por éste y otros tipos de

cultivos. Asimismo, otra selección de variedades aromáticas “Cacao de Oro” busca rescatar la calidad organoléptica y el origen genético del cacao peruano. Son dos esfuerzos orientados hacia el cultivo principal y desconectado de las prácticas campesinas y de su entorno. Las variedades Trinitario, Forastero y CCN-51 son (moderadamente) resistentes a las enfermedades como la escoba de bruja, moniliasis, pudrición parda y poseen un mayor rendimiento promedio. Por su parte, la variedad Criolla y la Nativa son susceptibles a las enfermedades señaladas anteriormente, presentan un menor rendimiento, aunque son compensadas con su buena calidad. En tal sentido, el reto que enfrenta el productor peruano es buscar un híbrido dentro del grupo genético Criollo y Nativo, a fin de poder resistir a las enfermedades que aquejan al cacao fino; asimismo que aumente sus rendimientos, como respuesta a la mayor demanda.

Finalmente, según el MINAGRI (2016), en la cadena del cacao, todas las actividades de producción, manejo y procesamiento de cacao afectan el desarrollo de la calidad y del sabor. El desarrollo del sabor del cacao es influenciado por la composición genética del grano (potencial genético de sabor), las condiciones ambientales previas a la cosecha que repercuten sobre la incidencia de plagas y enfermedades, el proceso de post cosecha (fermentación y secado), y la manufactura (tostado, molienda y conchado, etc.). La tarea principal de los productores es garantizar una producción de buena calidad por medio de un buen control del cacaotal (incluyendo control de plagas y enfermedades), así como de buenas prácticas de manejo en cosecha y post cosecha, considerando en el año 2012 la producción nacional de cacao fue de 60 mil toneladas, involucrando a 40 mil familias dedicadas a su cultivo, razón por la cual en ese mismo año el cacao fue declarado Patrimonio Natural de la Nación, reconociéndose al cacao como uno de los cultivos más importantes del Perú, y en Octubre del 2013, fue declarado producto bandera. Las variedades más cultivadas de cacao son: Criollo: es el más antiguo y proviene de la selva norte. Forastero: es el más abundante y representa el 90 % de la producción mundial. Trinitario: originario de la isla de Trinidad, es un híbrido biológico natural, cruce del criollo y el forastero.

Los principales usos del cacao son: Cacao en polvo: para elaborar el chocolate y aromatizar diferentes tipos de bebidas, galletas, pasteles, etc. Pulpa de cacao: elaboración de bebidas como licores con café y gaseosas. Manteca de cacao: se

utiliza en la fabricación de medicamentos, cosméticos, jabones, etc. Jugo de cacao: para la elaboración de mermeladas y jaleas. Algunas de las propiedades medicinales del cacao, es que posee gran cantidad de minerales y vitaminas, y es uno de los alimentos que contiene antioxidantes, también posee anandamida que ayuda en el tratamiento de la depresión, entre otros beneficios para la salud humana.

Se trata de un árbol de 6 a 10 metros de altura y según el manejo del cultivo, la frondosidad puede sobrepasar los 3 metros de diámetro; sus hojas perennes tienen hasta unos 300 mm de longitud. Las flores y los frutos crecen del tronco del árbol y de las ramas más gruesas. Los frutos son una baya grande y oval que cuando son maduros tienen una longitud variable, entre 100 mm a 350 mm y un peso que puede oscilar desde 200 g hasta aproximadamente 1 kg, según Torres (2002). Debido a su relación con la investigación, es importante señalar que, y según DEVIDA (2014), el cacao posee raíz pivotante y su longitud y forma final varían dependiendo principalmente de la estructura, textura y el contenido de nutrientes en el suelo. Las raíces secundarias se extienden horizontalmente y de ellas se diversifican otras categorías más de raíces. Así mismo, Batista (2009) y CATIE (1999) mencionan que las plantas mayores a 6 meses, el 80 por ciento del sistema radicular se establece en los 20 primeros centímetros de la superficie del suelo, mientras que en términos generales y según las características edafoclimáticas, las raíces secundarias, que son el soporte de absorción de agua y nutrientes, se encuentran en los primeros 20 a 30 cm de la superficie del suelo.

## **REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL CACAO**

Según Sáenz y Cabezas (s/f), en términos de la ecofisiología de un cultivo y como lo es el cacao, el crecimiento de una especie vegetal es un ejercicio energético de transformación de la radiación solar incidente, en forma de energía química localizada en las zonas de almacenamiento o de cosecha. El almidón, la sacarosa y otros sacáridos, las grasas y los aceites hacen parte de compuestos energéticos, base para la alimentación humana y animal. La cantidad y calidad de éstos, conforman el rendimiento agronómico. El complemento entre los factores edafoclimáticos dominantes, hacen que los rendimientos de esa cantidad y calidad sean altos o bajos.



## **Precipitación**

La precipitación pluvial mínima y máxima manejable es 1,400 y 3,000 mm, respectivamente y óptima de 1,500 a 2,500 mm bien distribuidos a lo largo del ciclo. Presenta baja tolerancia al déficit de agua y en los meses con menos de 100 mm se genera déficit hídrico lo que afecta la floración y el brote de hojas.

## **Temperatura**

El rango de temperatura promedio anual va de 23 a 30° C, siendo el óptimo de 25°C.

## **Altitud**

Se cultiva casi desde el nivel del mar hasta los 1,200 msnm, siendo el óptimo de 500 a 800 msnm.

## **Humedad**

Necesita una humedad relativa anual promedio de entre el 70 y 80%.

## **Viento**

El cultivo del cacao requiere estar libre de vientos fuertes persistentes a lo largo del ciclo productivo, necesita de árboles forestales como cortina rompe viento.

## **Luminosidad**

La luminosidad es variable dependiendo del ciclo productivo en el que se encuentre, siendo del 40 al 50% para el cultivo en crecimiento (menor de 4 años) y del 60 al 75% para plantación en producción (mayor de 4 años).

## **Suelo**

Se adapta bien en suelos de profundidad: de 0.60 – 1.50 metros. Textura media (franco, franco-arcilloso, franco - arenoso). No son recomendables suelos finos o muy gruesos. Poca tolerancia a suelos arcillosos pesados debido a una baja aireación y filtración del agua. Porosidad de los suelos de 20-60% con buena retención de humedad. Un buen drenaje es esencial y deseable. El manto freático deberá estar a una profundidad mayor de 1.5 metros. Topografía plana a ligeramente ondulada, con pendiente no mayor de 25%. El pH óptimo de 5.5 a 7.0 % y materia orgánica: > de 3%. Relación carbono/nitrógeno (C/N): mínimo 9. – CIC mayor a 25 meq/100 g de suelo y una saturación de bases: > del 35%.

## TÉRMINOS BÁSICOS

La IFA (2002) considera que dieciséis elementos son esenciales para el crecimiento de una gran mayoría de plantas y éstos provienen del aire y del suelo circundante. En el suelo, el medio de transporte es la solución del suelo. Estos se dividen cuantitativamente en dos categorías: macronutrientes (primarios y secundarios) y micronutrientes o microelementos. Los macronutrientes, que son del interés del presente estudio, se necesitan en grandes cantidades y aplicadas si el suelo es deficiente en uno o más de ellos.

Para la misma IFA (2002), los macronutrientes son nitrógeno, fósforo y potasio. Donde el Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o de amonio

( $\text{NH}_4^+$ ). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes. El Fósforo (P), que suple de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad. El Potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades.

## **EL MUCÍLAGO DEL CACAO**

Según Arteaga (2013), el mucílago o pulpa de cacao viene a ser una sustancia viscosa, generalmente hialina que contienen las plantas de cacao. La fruta del cacao contiene de 30 a 50 semillas o almendras. La pulpa mucilaginoso está compuesta por células esponjosas parenquimatosas, que contienen células de savia ricas en azúcares (10-13%), pentosas (2-3%), ácido cítrico (1-2%), y sales (8-10%). Aunque la pulpa es necesaria para la fermentación, a menudo hay más pulpa de la necesaria. El exceso de pulpa, que tiene un delicioso sabor tropical, ha sido usado para preparar: jalea de cacao, alcohol y vinagre, nata y pulpa procesada. Aproximadamente de 40 litros de pulpa se pueden obtener de 800 kilos de semillas frescas.

Para Vallejos *et al.* (2016), las semillas de cacao están rodeadas de un mucílago que contiene de 10 a 15% de azúcar, 1% de pectina y 1,5% de ácido cítrico. Parte de este mucílago o pulpa es necesaria para la producción de alcohol y ácido acético en la fermentación de las almendras, pero, entre el 5 a 7% drena como exudado. Normalmente se desperdician más de 70 litros por tonelada de este material mucilaginoso.

Guzmán *et. al.* (2008) menciona que el proceso de fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.) comprende la eliminación del mucílago y la formación dentro de la almendra de las sustancias precursoras del sabor y aroma del chocolate; cuando las almendras no se fermentan, o cuando, este proceso es realizado en forma deficiente, se produce el llamado cacao corriente.

Según Álvarez *et al.* (2002), al fruto del cacao se conoce como “mazorca o baya” formada por una cáscara en cuyo interior se encuentran las almendras rodeadas de un mucílago o pulpa de sabor dulce y ácido. El mucílago provee de las condiciones adecuadas para el proceso de fermentación y para la formación de las sustancias precursoras del sabor y aroma del chocolate.

## **ÍNDICE DE ACIDEZ**

Según Negri (2005), en un trabajo realizado en leche, menciona que habitualmente se denomina acidez de la leche a la acidez actual y la potencial. La acidez actual representa a los grupos H<sup>+</sup> libres, mientras que la acidez potencial incluye todos

aquellos componentes de la leche que por medio de la titulación liberan grupos H<sup>+</sup> al medio. Para su determinación se agrega a la leche el volumen necesario de una solución alcalina valorada hasta alcanzar el pH donde cambia el color de un indicador, generalmente fenolftaleína, que cambia de incoloro a rosado a pH 8,3. La acidez titulable constituye, fundamentalmente, una medida de la concentración de proteínas y de fosfatos en leches de buena calidad higiénica-sanitaria. Su medición se hace por titulación y corresponde a la cantidad en volumen de solución de hidróxido de sodio utilizada para titular 10 ml de leche en presencia de fenolftaleína. Este resultado expresa el contenido en ácido láctico.

## **OBJETIVOS:**

### **Objetivo general**

- Determinar el efecto del contenido de N, P y K del suelo en el grado de acidez del mucílago del cacao criollo (*Theobroma cacao* L.), de acuerdo al piso altitudinal en donde se cultiva el cacao del distrito de Copallín, Bagua, Región Amazonas.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la influencia del contenido de NPK del suelo en el grado de acidez del mucílago del cacao.
- Determinar la influencia de la altitud en el grado de acidez en el mucílago del cacao.

## **VARIABLES DE ESTUDIO**

### **- Variables independientes:**

- . Contenido de NPK en el suelo.
- . Piso altitudinal en donde está instalado el cultivo de cacao.

### **- Variables dependientes:**

- . Grado de acidez del mucílago del cacao criollo antes del inicio de la fermentación.
- . pH del mucílago del cacao criollo antes del inicio de la fermentación.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en las parcelas de los socios productores de cacao criollo de la Cooperativa de Servicios Múltiples APROCAM, correspondientes al distrito de Copallín, provincia de Bagua de la Región Amazonas, según se puede apreciar en el Mapa 01 del Anexo; el área de estudio está ubicado en la margen derecha del río Utcubamba y a 20 Km. del centro de la ciudad capital de Bagua, con una elevación que se inicia a los 466 msnm hasta los 1200 msnm. La ciudad capital lleva el mismo nombre de Copallín y se encuentra a 690 msnm, con las siguientes coordenadas: 17M – 0785448 y UTM – 9372118. El distrito está conectado con otras ciudades por una red de vías carrozables, a través de las cuales se movilizan las cosechas y los insumos agrícolas y ganaderos, siendo ésta también otra de las actividades de importancia económicas.

#### 2.1.1 Características agroclimáticas

Precipitación promedio	: 61.9 mm
Temperatura promedio	: 27.7 °C
Humedad relativa	: 90.0 %

Los datos meteorológicos del campo experimental, fueron registrados durante la conducción de la investigación.

#### 2.1.2 Características edafológicas

Drenaje interno	: Bueno a moderado
Topografía	: Ligeramente ondulada en la parte baja y accidentada en la parte alta del área de investigación.
Textura	: Franco arcillo arenosa a arcillosa.
Color	: Pardo amarillento en la parte baja a pardo rojizo en la parte alta del área de investigación.
Pendiente	: 45 % a 60 %.

### **2.1.3 Características fisicoquímicas de los suelos investigados**

Según Torres (1995), el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) se desarrolla eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 6,0 a 6,5. El pH es una de las características más importantes de los suelos porque contribuye a regular la velocidad de descomposición de la materia orgánica, así como la disponibilidad de los elementos nutritivos, lo que fue considerado con anterioridad en el análisis de suelo, en donde el pH varía desde 5.77 hasta 8.31 (cuadro 4 del Anexo). El contenido de Nitrógeno varía entre 0.23 % y 0.34 %, el contenido de Fósforo varía entre 2.44 ppm y 19.28 ppm; mientras que el Potasio varía entre 97.95 ppm y 574.55 ppm.

## **2.2 MATERIAL EXPERIMENTAL**

### **2.2.1 Material botánico**

Para el experimento se utilizaron plantas de cacao nativo fino de aroma (*Theobroma cacao* L.) en plena producción y con un promedio de peso de cocos o mazorcas de 912.3 gr/coco; presentando un promedio de 45 granos por mazorca, caracterizados por poseer un sabor suave y aromático. Las mazorcas evaluadas presentaron una forma alargada con una punta pronunciada, ligeramente arqueada y aguda.

### **2.2.2 Materiales y equipos utilizados:**

Materiales y equipos de campo: Lampa, pico, machete, cuchillo de monte, bolsas plásticas, cinta métrica, etiquetas para identificar las muestras de suelo y de cacao, GPS, cámara fotográfica, vernier.

Materiales de laboratorio: placas de metal, desecador de vidrio con agente deshidratante, espátulas, magneto, bolsas de polipropileno, material de vidrio.

Equipos de laboratorio: estufa, incubadora con termostato, refrigeradora, balanza analítica, balanza de precisión, selladora, potenciómetro, licuadora, equipo de titulación, HPLC, computadora portátil, cámara digital.

Reactivos: solución de hidróxido de sodio 0,1 N, biftalato ácido de potasio, fenoftaleina, agua destilada, ácido clorhídrico.

## **2.3 MÉTODOS**

### **2.3.1 Diseño de la investigación**

Estuvo adecuada a un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial. Para el tamaño de muestra dentro de cada estrato (altitud) se empleó el método de proporciones. Cada unidad experimental se estableció de acuerdo con las parcelas cacaoteras y a la topografía del terreno (fig.6 (Anexo)), la asignación de los tratamientos se realizó en forma aleatoria (López & González, 2013); por lo tanto, el número de unidades experimentales fueron (9 tratamientos x 5 repeticiones) de 45 y el número total de observaciones fueron 90.

De cada planta seleccionada aleatoriamente y georreferenciada se tomó 01 muestra de suelo de una calicata ubicada a 01 m de distancia del tallo o tronco de la planta de cacao y a 25 cm de profundidad. De la misma planta seleccionada y georreferenciada de cacao se recolectó al azar un fruto o “mazorca”, del cual se extrajo el mucílago el mismo día de la cosecha y se colocó en una congeladora del Laboratorio de APROCAM, para evitar el inicio de la fermentación. El total de las muestras se trasladaron a los laboratorios respectivos de la UNTRM para los análisis correspondientes. Los datos obtenidos de las observaciones en las unidades experimentales fueron procesados mediante el programa estadístico SAS, y sometidos a un análisis de varianza (ANVA) al 5 % de significancia mediante la prueba de Tukey.

### 2.3.2 Tratamientos del estudio

A continuación, se presentan los tratamientos del presente estudio:

Tabla 1. Diseño de la investigación

FACTOR A: ALTITUD – Z.V.	FACTOR B: NIVELES DE NPK	COMBINACIONES	TRATAMIENTOS
A1 = < 700 msnm ( <u>mte</u> – T)	B1 = Bajo	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	T1
	B2 = Medio	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	T2
	B3 = Alto	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	T3
A2 = 700 – 1000 msnm ( <u>bms</u> – T)	B1 = Bajo	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	T4
	B2 = Medio	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	T5
	B3 = Alto	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	T6
A3 = 1000 - > msnm ( <u>bs</u> – PT)	B1 = Bajo	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	T7
	B2 = Medio	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	T8
	B3 = Alto	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	T9

### 2.3.3 Características del área experimental

En la Figura 01 del Anexo se presenta el Croquis de distribución de los tratamientos en el área experimental.

- Área total del experimento : 2 025 m<sup>2</sup>
- Largo de la parcela : 45.0 m
- Ancho de la parcela : 45.0 m
- Área de la unidad experimental : 81.0 m<sup>2</sup>
- Área efectiva del ensayo : 1 296 m<sup>2</sup>
- Área neta a evaluar : 81.0 m<sup>2</sup>



## 2.4 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

La conducción del experimento se detalla a continuación.

### 2.4.1 Del suelo

En el aspecto edáfico, el muestreo de suelos se realizó de acuerdo a una secuencia metodológica establecida en el Soil Survey Manual (2017) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Cada punto muestreado se ubicó a 01 metro de distancia de la planta de cacao, el mismo que fue georreferenciado, según Anexo 1 (página 67), la muestra de suelo se extrajo de una calicata hecha a una profundidad de 25 cm, de acuerdo a las características morfológicas de la planta de cacao, Batista (2009) y CATIE (1999). Los análisis de las muestras de suelos se realizaron con fines de fertilidad, para conocer la textura, el pH, CIC, contenido de N, P y K en el suelo.

Previamente, las muestras de suelos fueron sometidas a secado en bandejas, mullidas y posteriormente separadas las partículas ajenas al suelo mediante un tamiz. Los análisis de las características se realizaron según los métodos que a continuación se indica:

<b><u>CARACTERÍSTICA</u></b>	<b><u>MÉTODO</u></b>
- Análisis mecánico	Hidrómetro de Bouyoucos.
- Conductividad eléctrica:	Conductivímetro
- pH	Potenciómetro
- Nitrógeno total	Microkjeldahl
- Fósforo disponible	Olsen modificado
- Potasio disponible	Peech
- CIC	Acetato de Amonio

Los análisis de las muestras mencionadas se realizaron en los Laboratorios de Aguas y Suelos del INDES-CES de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú. En el Cuadro 01 del Anexo se muestran los resultados del análisis de suelos.

De los resultados obtenidos, se encontró que los suelos cacaoteros del distrito de Copallín, donde se realizó la investigación, presentan una textura predominantemente arcillosa y en una menor cantidad de suelos con textura franco arcillo arenosa. Con respecto al pH, se encontró que oscila entre los valores de 5.77 y 8.35, con predominio de los suelos con pH alto que se encuentran por debajo de los 500 msnm. La capacidad de intercambio catiónico varía entre 23.4 y 36.13 meq/100g de suelo.

#### **2.4.2 Del mucílago**

Se emplearon como muestras de cacao los frutos maduros recién cosechados de las plantas seleccionadas aleatoriamente y luego georreferenciadas, de las parcelas identificadas de los socios de la cooperativa APROCAM de la provincia de Bagua. Luego se abrieron y se verificaron su buena calidad: maduración uniforme de la mazorca, tamaño sobresaliente, sin ataque de plagas y enfermedades, entre otros aspectos relacionados con la calidad. En el laboratorio de APROCAM se extrajo manualmente 20 gr del mucílago o baba de las semillas de cada mazorca muestreada, cantidad lo suficientemente grande para realizar los análisis, antes del inicio de la fermentación. Este líquido viscoso y dulce fue conservado en bolsas sintéticas transparentes y estériles a -20°C, en estado congelado, hasta su correspondiente análisis. Antes de realizar el análisis, las muestras fueron descongeladas en baño de María por 5 minutos. Después se agitaron durante 10 segundos y finalmente, permanecieron a temperatura ambiente por 15 minutos, previo a realizar los correspondientes análisis.

Los análisis de las muestras de mucílago se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología de Alimentos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias - FICA, de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú. En el Cuadro 02 del Anexo se detallan los análisis obtenidos del mucílago del cacao.

## 2.5 ANÁLISIS DE DATOS

El presente trabajo de investigación adoptó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo factorial, con 9 tratamientos, y 5 repeticiones, los datos obtenidos de las observaciones en las unidades experimentales fueron evaluados mediante el programa estadístico SAS versión 9.4 y sometidos a un análisis de varianza (ANVA) al 5 % de significancia; y se usó la prueba de Tukey al 95% del nivel de confianza para establecer las diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Para la transformación de datos se utilizó la herramienta estadística raíz cuadrada  $\sqrt{x + 0.5}$ , para que los datos obtenidos de un conteo o cuando dentro del rango de observaciones se presentan ceros o si los datos son expresados en porcentaje o son proporciones de la muestra total, éstos sigan una distribución normal es apropiada la transformación raíz cuadrada mientras que la homogeneidad se mantiene indistintamente de la escala de transformación de datos empleada tal como menciona Ribeiro, O (2018); además para permitir que la data tomada en las unidades de experimentos biológicos mantengan su homogeneidad y normalidad, en especial en el caso de un DBCA, y sigan el modelo aditivo, necesariamente se tiene que hacer una transformación de datos, puesto que ello disminuye la influencia de los valores atípicos (Quinn & Keough, 2002).

### 2.5.1. Modelo Aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + A_j + B_k + (AB)_{jk} + e_{ijk}$$

**Donde:**

$Y_{ijk}$  = Representa la observación correspondiente al nivel (i) del factor A y al nivel (j) del factor B

$\mu$  = Es el efecto medio verdadero de la media global

$\beta_i$  = Efecto del i – ésimo Bloque.

$A_j$  = Efecto producido por el nivel j – ésimo del factor A

$B_k$  = Efecto producido por el nivel k – ésimo del factor B.

$(AB)_{jk}$  = Efecto producido por la interacción del nivel  $j$  – ésimo del factor A con el nivel  $k$  – ésimo del factor B.

$e_{ijk}$  = Efecto producido por el error.

### 2.5.2. Esquema del Análisis de Varianza

Tabla 2. Análisis de Varianza (ANOVA)

F.V.	GL	SS	CM	F	E(CM)
Tratamientos	t-1	SS <sub>t</sub>	$\frac{SS_t}{t-1}$	$\frac{CM_t}{CM_E}$	$\sigma^2 + t \theta_a^2$
Bloque/Repetición	r - 1	SS <sub>r</sub>	$\frac{SS_b}{r-1}$	$\frac{CM_b}{CM_E}$	$\sigma^2 + r \theta_a^2$
A	a - 1	SS <sub>A</sub>	SS <sub>A</sub> /(a -1)	$\frac{CM_A}{CM_E}$	$\sigma^2 + rb \theta_a^2$
B	b - 1	SS <sub>B</sub>	SS <sub>B</sub> /(b -1)	$\frac{CM_B}{CM_E}$	$\sigma^2 + ra \theta_b^2$
AB	(a-1)(b-1)	SS <sub>AB</sub>	SS <sub>AB</sub> /(b -1)(b-1)	$\frac{CM_{AB}}{CM_E}$	$\sigma^2 + rab \theta_{ab}^2$
Error	ab(t - 1)	SS <sub>E</sub>	SS <sub>E</sub> /ab(t -1)		$\sigma^2$
Total	abt - 1	SS <sub>T</sub>			

Fuente: Elaboración propia

### 2.5.3. Población y Muestra

- **Población**

En el presente trabajo de investigación, la población para este estudio estuvo constituida por todas las plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en plena producción, sembradas en las tres Zonas de Vida (Altitudes), del distrito de Copallín de la provincia de Bagua.

- **Muestra**

Para calcular el tamaño de muestra y que ésta sea representativa, en el presente trabajo se efectuó dos determinaciones o procedimientos: el primero para determinar el número total de parcelas a ser georreferenciadas y evaluadas. El segundo para determinar el número de unidades de observación a ser evaluadas en cada tratamiento.

- Para seleccionar el número total de parcelas y que ésta muestra sea representativa, se utilizó el método aleatorio estratificado de afijación. Para ello se emplearon las siguientes fórmulas:

Tamaño total de la muestra

$$n = \frac{\sum_{i=1}^l N_i P_i Q_i}{NE + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^l N_i P_i Q_i}$$

Tamaño de cada estrato

$$n_i = n \left( \frac{N_i}{\sum_{i=1}^l N_i} \right) = n \left( \frac{N_i}{N} \right) = n(W_i)$$

$$E = \frac{d^2}{Z_{1-\alpha/2}^2}$$

**En donde:**

$Z_{1-\alpha/2}$  = Nivel de confianza al 90% (1.645)

P = Probabilidad de ocurrencia (a favor) de la categoría (0.5)

q = Probabilidad de no ocurrencia (en contra) de la categoría (0.5)

N = Universo o población (18 parcelas)

E = Error máximo de estimación

n = Tamaño de la muestra

$N_i$  = Tamaño de población en cada estrato

$n_i$  = Tamaño de muestra en cada estrato

d = Nivel de precisión

Tabla 3. Resultados del cálculo de los parámetros de las parcelas

Nivel de confianza (90%)	Z	1.645
Tamaño de la población objetivo	N	18 parcelas
Probabilidad de éxito	P	50%
Probabilidad de fracaso	Q	50%
Nivel de precisión o error de muestreo	D	10%
Error de estimación	E	0.00369
Tamaño de muestra	N	14 parcelas
Bajo	ni	4
Medio	ni	5
Alto	ni	5

Fuente. Elaboración propia

- Cálculo del tamaño de muestra a evaluar dentro de cada unidad experimental. Para ello se empleó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_t^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + Z_t^2 * p * q}$$

**En donde:**

Z = Nivel de confianza al 90% (1.645)

P = Probabilidad de ocurrencia (a favor) de la categoría (0.5)

q = Probabilidad de no ocurrencia (en contra) de la categoría (0.5)

N = Universo o población (2500 plantas)

e= % Error máximo permisible (0.1)

n = Tamaño de la muestra

Tabla 4. Resultado de los cálculos de los parámetros de las plantas

Nivel de confianza (95%)	Z	1.645
Tamaño de la población objetivo	N	2500 plantas
Probabilidad de éxito	P	50%
Probabilidad de fracaso	Q	50%
Nivel de precisión o error de muestreo	E	10%
Tamaño de muestra/ha	N	66 plantas/ha
Tamaño de muestra en cada Repetición		18
Unidades de observación a evaluar		2

### III. RESULTADOS

Después de recolectar la información y los datos experimentales de las variables evaluadas en la presente investigación, se procedió a su procesamiento y a realizar el análisis estadístico mediante pruebas e indicadores estadísticos, obteniéndose los resultados siguientes:

En la siguiente tabla que se encuentra a continuación, se muestra la información procesada en el Sistema de Análisis Estadístico (SAS), para la realización del ANOVA de los factores piso altitudinal y niveles de fertilizantes NPK del suelo en la variable grado de acidez del mucílago de cacao.

Tabla 5. Nivel de clase de los factores en estudio

<b>Clase</b>	<b>Niveles</b>	<b>Valores</b>
<b>Bloques</b>	5	I II III IV V
<b>Altitud</b>	3	A1 A2 A3
<b>Fertilización</b>	3	B1 B2 B3
Número de observaciones leídas		45
Número de observaciones usadas		45

De los datos obtenidos en la tabla 06: Análisis de Varianza para los efectos principales, Pisos altitudinales y Niveles de Fertilizantes NPK del suelo, así como para las interacciones, se aprecia que no tienen grado de significancia estadística; por lo que, pese a las diferencias matemáticas, estadísticamente la variable grado de acidez del mucílago de cacao es igual para todos los tratamientos.

De otro lado el coeficiente de variabilidad es de 41,273%, la varianza alcanza un valor de 0.352, lo cual evidencia la conducción óptima del estudio realizado en campo, asimismo los tratamientos muestran una Acidez Media de mucílago de 2,826%.



Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA). Para la variable grado de acidez del mucílago de cacao según Altitud, Niveles de fertilizantes NPK del suelo y sus interacciones (Altitud x Fertilizantes).

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Modelo</b>	12	23.69257213	1.97438101	1.45	0.1946
<b>Bloques</b>	4	16.22188209	4.05547052	2.98	0.0337
<b>Altitud</b>	2	0.45653284	0.22826642	0.17	0.8463
<b>Fertilizantes</b>	2	0.03190324	0.01595162	0.01	0.9883
<b>Altitud*Fertilizantes</b>	4	6.98225396	1.74556349	1.28	0.2973
<b>Error</b>	32	43.54355551	1.36073611		
<b>Total corregido</b>	44	67.23612764			

**CV = 41.273%   R<sup>2</sup> = 0.352   DS = 1.66   Acidez Media = 2.826**

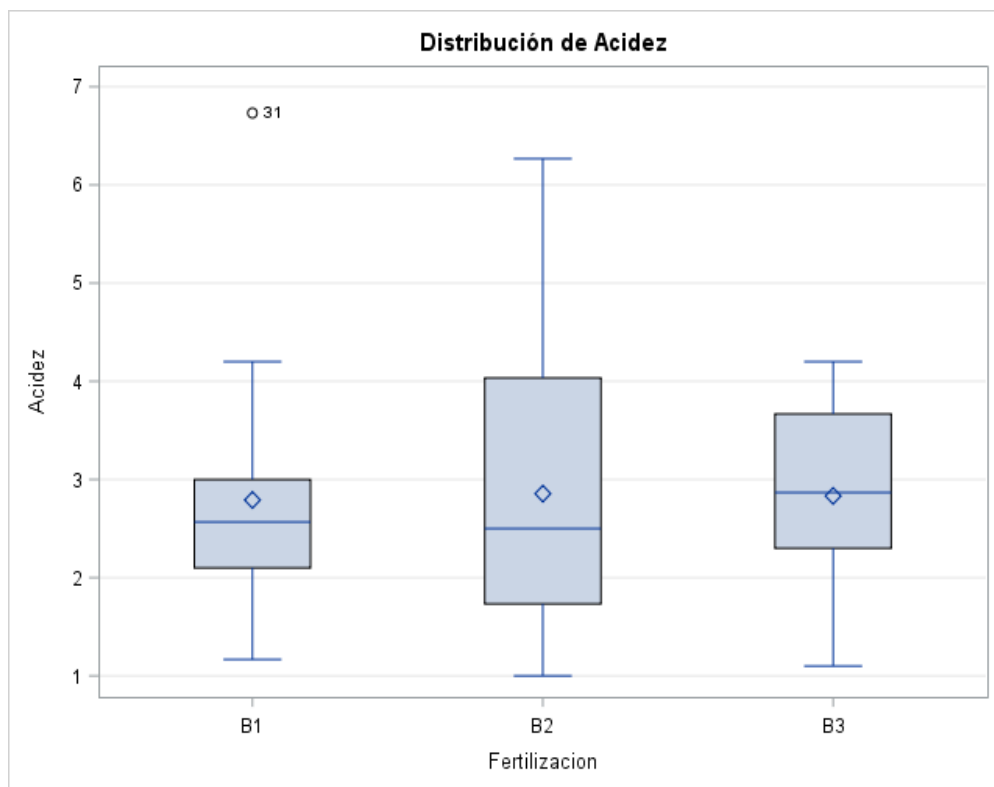
### 3.1 Determinación de la influencia del contenido de NPK del suelo en el grado de acidez del mucílago del cacao.

Tabla 7. Medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según Niveles de Fertilizantes NPK del suelo.

<b>Fertilizantes</b>	<b>Media</b>	<b>E.E.</b>	<b>N</b>	<b>Intervalo de confianza al 95%</b>	
				<b>LI</b>	<b>LS</b>
<b>B1</b>	2.790	0.340	15.000	2.060	3.520
<b>B2</b>	2.856	0.383	15.000	2.034	3.677
<b>B3</b>	2.832	0.239	15.000	2.320	3.344

Como se detalla en la tabla 7: medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según Niveles de Fertilizantes NPK del suelo y la Figura 01, comparación de medias para la misma variable, se observa que el nivel de fertilizantes bajo obtuvo un menor valor en cuanto a la acidez del mucílago del cacao que es de 2.790% y los mayores valores en grado de acidez lo obtuvieron con los niveles de fertilizantes medio (B2) y fertilizantes alto (B3) con 2,856% y 2,832% respectivamente.

Figura 1. Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según Niveles de Fertilizantes NPK del suelo.



En la tabla 08: Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao por Niveles de fertilizantes NPK del suelo según Tukey a 95% de confianza, se muestran los datos para comparación de medias usando la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey al 95% de confianza, donde se observa un solo grupo (A) para la variable grado de acidez del mucílago de Cacao por Niveles de fertilizantes NPK del suelo.

Tabla 8. Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao por Niveles de fertilizantes NPK del suelo según Tukey a 95% de confianza.

<b>Fertilizantes</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	<b>Agrupamiento</b>
B2	2.856	15	1.361	A
B3	2.832	15	1.361	A
B1	2.790	15	1.361	A

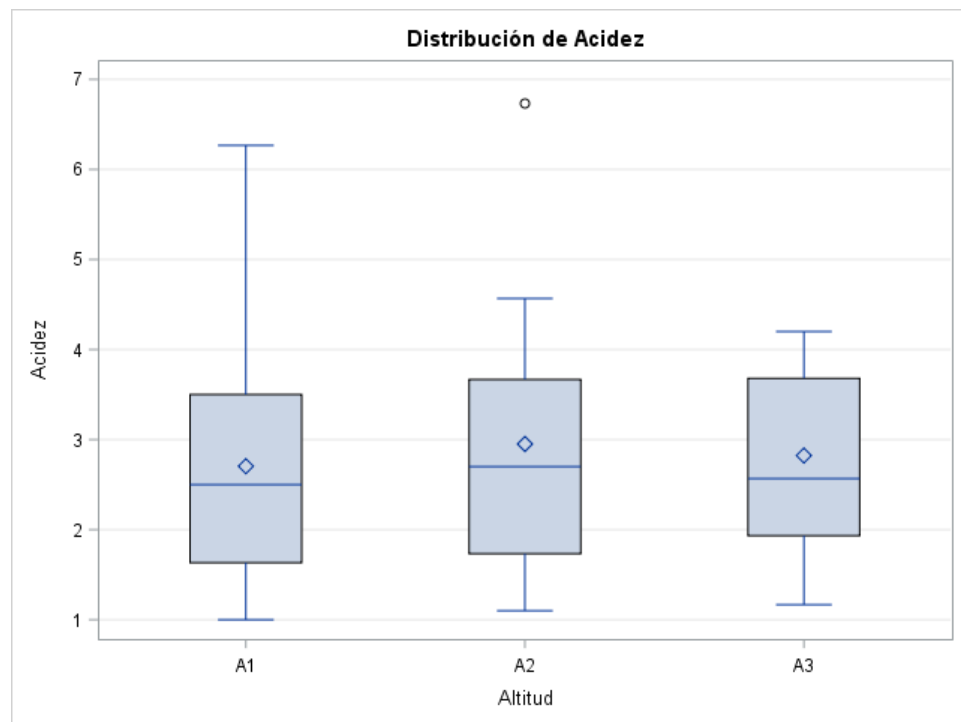
### 3.2 Determinación de la influencia de la altitud en el grado de acidez en el mucílago del cacao.

Tabla 9. *Medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según Piso altitudinal.*

<b>Altitud</b>	<b>Media</b>	<b>E.E.</b>	<b>N</b>	<b>Intervalo de confianza al 95%</b>	
				<b>LI</b>	<b>LS</b>
<b>A1</b>	2.700	0.350	15.000	1.940	3.460
<b>A2</b>	2.951	0.361	15.000	2.177	3.725
<b>A3</b>	2.823	0.250	15.000	2.288	3.359

Como se detalla en la tabla 05: medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según Piso altitudinal y la figura 02: Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según Pisos Altitudinales., se observa que el piso altitudinal bajo obtuvo un menor valor en cuanto a la acidez del mucílago del cacao que es de 2,700% y los mayores valores en grado de acidez lo obtuvieron los pisos altitudinales medio (A2) y alto (A3) con 2,951 y 2,823%, respectivamente.

Figura 2. Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según Pisos Altitudinales.



En la tabla 10: Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao por Pisos Altitudinales según Tukey a 95% de confianza, se muestran los datos para comparación de medias usando la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey al 95% de confianza, donde se observa un solo grupo (A) para la variable grado de acidez del mucílago de cacao por Pisos Altitudinales.

Tabla 10. Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao por Piso altitudinal según Tukey a 95% de confianza.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Agrupamiento
A2	2.951	15	1.361	A
A3	2.823	15	1.361	A
A1	2.700	15	1.361	A

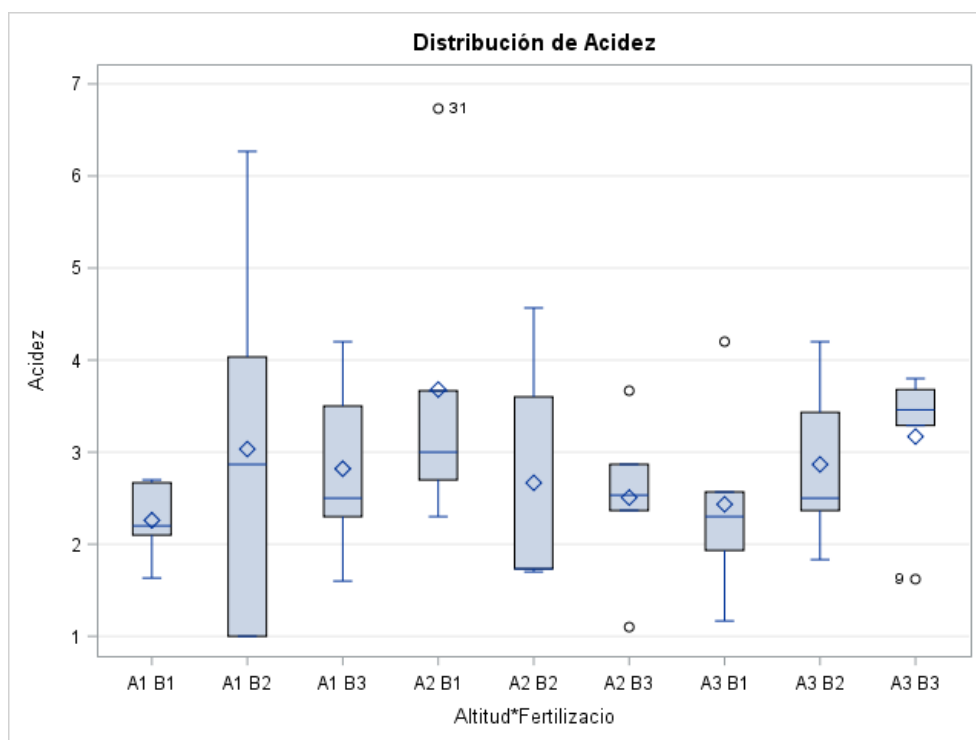
### 3.3 Análisis de la interacción del contenido de fertilizantes NPK del suelo con el Piso Altitudinal en el grado de acidez en el mucílago del cacao.

Tabla 11. Medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según la interacción Piso altitudinal por Niveles de fertilizantes NPK del suelo.

Tratamientos	Media	E.E.	Intervalo de confianza al 95%	
			LI	LS
<b>T1</b>	2.260	0.200	1.710	2.810
<b>T2</b>	3.033	0.994	0.274	5.793
<b>T3</b>	2.820	0.460	1.543	4.097
<b>T4</b>	3.680	0.795	1.472	5.888
<b>T5</b>	2.667	0.598	1.005	4.328
<b>T6</b>	2.507	0.417	1.349	3.664
<b>T7</b>	2.433	0.501	1.044	3.823
<b>T8</b>	2.867	0.421	1.697	4.037
<b>T9</b>	3.170	0.397	2.067	4.273

Como se detalla en la Tabla 11: medias de la variable grado de acidez del mucílago de Cacao según la interacción Piso altitudinal por Niveles de fertilizantes NPK del suelo y la Figura 03: Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según la interacción Piso altitudinal por Niveles de fertilizantes NPK del suelo, se observa que la interacción piso altitudinal bajo y Nivel de fertilizantes NPK bajo (T1) obtuvo un menor valor en cuanto a la acidez del mucílago del cacao que es de 2,260% y los mayores valores en grado de acidez lo obtuvieron las interacciones piso altitudinal alto con nivel de fertilizantes NPK alto (T9) y piso altitudinal medio con nivel de fertilizantes NPK bajo (T4) alcanzando valores de 3,170% y 3,680%, respectivamente.

Figura 3. Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao según la interacción Piso altitudinal por Niveles de fertilizantes NPK del suelo.



En la Tabla 11: Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao en interacción Piso altitudinal por Niveles de Fertilizantes NPK del suelo según Tukey a 95% de confianza, se muestran los datos para comparación de medias usando la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey al 95% de confianza, donde se observa un solo grupo (A) para las interacciones Piso Altitudinal por Niveles de Fertilizantes NPK del suelo en relación a la variable grado de acidez del mucílago de cacao.

Tabla 12. Comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao en interacción Piso altitudinal por Niveles de Fertilizantes NPK del suelo según Tukey a 95% de confianza.

Tukey Agrupamiento	Nivel de Altitud	Nivel de Fertilizantes	N	Acidez	
				Media	Dev std
A	A1	B1	5	2.260	0.44203450
A	A1	B2	5	3.033	2.22218863
A	A1	B3	5	2.820	1.02810505
A	A2	B1	5	3.680	1.77821385
A	A2	B2	5	2.667	1.33793584
A	A2	B3	5	2.507	0.93208433
A	A3	B1	5	2.433	1.11922844
A	A3	B2	5	2.867	0.94221669
A	A3	B3	5	3.170	0.88853813

#### IV. DISCUSIÓN

La presente investigación relacionada a determinar el grado de relación que existe entre los nutrientes NPK aportados por el suelo y su efecto en las características del mucílago del cacao no hace más que corroborar su importancia, teniendo en cuenta que Taiz y Zeiger (2006) hacen referencia que las plantas de cierto modo son los “mineros” de la corteza terrestre para luego absorber los nutrientes minerales del del suelo y distribuirlos a las diferentes partes de la planta para su utilización en importantes funciones bioquímicas.

En el análisis realizado para medir los efectos principales entre pisos altitudinales y niveles de NPK del suelo, así como para las interacciones, no se encontró grado de significancia estadística, por lo que, pese a las diferencias matemáticas, estadísticamente la variable grado de acidez del mucílago de cacao es igual para todos los tratamientos. Los resultados en la presente investigación se relacionan con la investigación realizada por Sánchez et al. (2005), con materiales híbridos de cacao, quienes no detectaron el efecto de la aplicación de distintas dosis 50, 100, 200, 400%, de fertilizante NPK (100%= 46 g·planta<sup>-1</sup> de N, 35 g de P y 40 g de K) sobre el rendimiento; sugiriendo la necesidad de profundizar en las causas que originan este tipo de comportamiento entre las que destaca la amplia variabilidad del material vegetal que usualmente existe en las plantaciones comerciales. Así, en un estudio amplio que comprendió diez localidades en el oriente colombiano (Bueno, 2000) en el cual se evaluaron diferentes dosis, siendo la más alta de 368 g·planta<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> de N, 90 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 600 g de K<sub>2</sub>O, quienes también no hallaron diferencias significativas con relación a un testigo sin fertilizante. Por otro lado, Saldaña (s/f) menciona que el cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivándose desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud. Sin embargo, en latitudes cercanas al ecuador las plantaciones desarrollan normalmente en mayores altitudes que van del orden de los 1,000 a 1,400 msnm. Observándose valores normales de fertilidad, temperatura, humedad, precipitación, viento y energía solar, y que, la altitud constituye un factor secundario.

En la evaluación de la influencia del contenido de fertilizantes NPK del suelo en el grado de acidez del mucílago del cacao se observa que el nivel bajo de fertilizantes presentó un menor valor en cuanto a la acidez del mucílago del cacao que es de



2,790 y los mayores valores en porcentaje de sólidos solubles o grado de acidez lo obtuvieron con los niveles de fertilizantes medio (B2) y fertilizantes alto (B3) con 2,856% y 2,832%, respectivamente. Este resultado tiene alguna relación con la información recogida de los propios cacaoteros, quienes manifestaron durante la fase de campo que, en los cacaos mejor fertilizados el mucílago es de mejor calidad. Sin embargo, según Tukey a 95% de confianza, se muestran los datos para comparación de medias usando la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey al 95% de confianza, donde se observa un solo grupo (A) para la variable grado de acidez del mucílago de cacao por niveles de fertilizantes NPK del suelo. Lo cual demuestra que no existen diferencias significativas con el nivel de fertilizantes en suelo. Teniendo en cuenta la importancia que se le atribuye al mucílago para las siguientes fases de la fermentación del grano de cacao, lo cual se confirma con los comentarios efectuados por Álvarez C.; Pérez E.; Lares M. (2002), que el mucílago provee las condiciones adecuadas para el proceso de fermentación y para la formación de las sustancias precursoras del sabor y aroma de chocolate. Por otro lado, es preciso tener en cuenta el papel que cumple uno de los fertilizantes evaluados, el Nitrógeno del suelo, que cuando está en la planta constituye aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, coenzimas, fosfolípidos y clorofilas, entre otras moléculas y cuando falta, limita el crecimiento de las plantas. También y concordante con los resultados de la investigación, Ortiz y Álvarez (2015) concluyeron que no se evidenció efecto de los tratamientos sobre el nivel nutricional de las hojas de los árboles de cacao, aunque el nivel de K y N fue mayor en el tratamiento con el elemento K. Este tratamiento, aunque no produjo el mayor número de fruto ni de semillas por fruto, pero si fue el de mayor peso por fruto y del peso húmedo de semillas por fruto. Los análisis foliares evidenciaron deficiencia del elemento fósforo en todos los tratamientos evaluados. Se obtuvo en promedio de 1322,03 kilogramos de granos secos por hectárea por año pese a este buen rendimiento no hubo ningún efecto de los tratamientos sobre los componentes de rendimiento analizados en este ensayo. Al enfrentar tratamientos, se evidenció que el tratamiento con potasio promovió el aumento del peso fresco de las semillas en comparación con el tratamiento nitrógeno-roca fosfórica-potasio (N-RF-K) y que el tratamiento con nitrógeno (N), contabilizó más cantidad de semillas por fruto que los tratamientos con nitrógeno y potasio (NK), y (N-RF-K). En la investigación relacionada con plantas de *Berberidopsis corallina*, Latzague y colaboradores

(2011) mencionan que el contenido de proteínas solubles totales aumenta significativamente en hojas tratadas con fertilizante N, P y K respecto del control, observando estas diferencias entre el tratamiento T0 (NOP0K0) y aquellos que incluyen nitrógeno en su combinación. La fotosíntesis produce azúcares solubles a partir de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, pero este proceso no puede realizarse sin la producción de proteínas, enzimas y moléculas de transferencia de electrones tales como clorofila, ADP y ATP, todas ellas moléculas orgánicas que tienen nitrógeno y fósforo como constituyente fundamental.

La influencia de la altitud en el grado de acidez en el mucílago del cacao, la comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao por Pisos Altitudinales según Tukey a 95% de confianza, se muestran los datos para comparación de medias usando la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey al 95% de confianza, donde se observa un solo grupo (A) para la variable grado de acidez del mucílago de cacao por Pisos Altitudinales, lo que se concluye que no existió diferencias significativas, aunque se observan diferencias matemáticas que indican que en el piso altitudinal bajo se obtuvo un menor valor en cuanto a la acidez del mucílago del cacao que es de 2,700% y los mayores valores en grado de acidez lo obtuvieron los pisos altitudinales medio (A2) y alto (A3) con 2.951 y 2,823%, respectivamente, lo cual se acerca a la información verbal de los cacaoteros de la zona muestreada, quienes mencionan que el cacao nativo de altura presenta mejores características en cuanto calidad y aroma de buen sabor. Así mismo, Brunnetto de Gallignani (2014) en un trabajo de investigación concluyeron acerca de los contenidos de sacarosa, glucosa y fructosa para el día cero (sin fermentar) y para el último día de fermentación (día 3) para las diferentes variedades de cacao estudiadas, donde observaron que, a mayor contenido de sacarosa en los granos sin fermentar, mayor es el contenido de fructosa y glucosa al final de la fermentación. Adicionalmente, se aprecia las diferencias significativas en el contenido de los azúcares entre las variedades Merideño San Juan y Zea que son cacaos genéticamente equivalentes, pero cultivados en zonas diferentes. Estas diferencias se pueden atribuir a diferencias en las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolló el cultivo y la cosecha. También mencionan que, Zambrano y col. estudiaron algunos parámetros asociados con los compuestos de aroma y sabor para estos cacaos y reportaron diferencias en el contenido de grasas, azúcares

totales, pirazinas, cafeína y teobromina, justificando que las diferencias en las condiciones edafoclimáticas generaron cambios en el comportamiento químico de los precursores de aroma y sabor.

En la interacción del contenido de fertilizantes NPK del suelo con el Piso Altitudinal en el grado de acidez en el mucílago del cacao en la comparación de medias de la variable grado de acidez del mucílago de cacao se observa que la interacción piso altitudinal bajo y Nivel bajo de fertilizantes NPK (T1) obtuvo un menor valor en cuanto a la acidez del mucílago del cacao que es de 2,260% y los mayores valores en grado de acidez lo obtuvieron las interacciones piso altitudinal alto con nivel alto de fertilizantes NPK (T9) y piso altitudinal medio con nivel bajo de fertilizantes NPK (T4) alcanzando valores de 3,170% y 3,680% respectivamente y, según Tukey a 95% de confianza, se muestran los datos para comparación de medias usando la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey al 95% de confianza, donde se observa un solo grupo (A) para las interacciones Piso Altitudinal por Niveles de Fertilizantes NPK del suelo en relación a la variable grado de acidez del mucílago de cacao, relacionándose favorablemente con lo discutido en los párrafos anteriores.

## V. CONCLUSIONES

1. Para las condiciones de estudio, el efecto de las variables evaluadas Niveles de Fertilizantes NPK en el suelo y Pisos Altitudinales, así como las interacciones, no presentaron significancia estadística, apreciándose igualmente que estadísticamente la variable grado de acidez del mucílago de cacao fue igual para todos los tratamientos. Desde el punto de vista fertilizantes del suelo, el Nitrógeno es un nutriente constituyente del azúcar y cuando el cultivo de cacao tiene bajo suministro de N, por lo general disminuye el rendimiento y contrariamente, el producto cosechado tiene un alto contenido de azúcar. En cambio, si hay grandes disponibilidades de N en el suelo, normalmente se obtiene un alto rendimiento físico de un producto con bajo contenido de azúcar, afectando así la calidad final del chocolate. Por lo tanto, la importancia de conocer la dosis óptima de fertilizantes en el suelo, incluido al N.
2. Pese a no existir diferencias significativas en las variables evaluadas en el presente trabajo de investigación, se presentaron diferencias matemáticas entre los datos obtenidos y procesados tanto en campo como en laboratorio. Con respecto a la variable Pisos Altitudinales no se aprecia la relación estadística con la acidez del mucílago, teniendo en cuenta que existe comentarios de los agricultores cacaoteros de la relación que existe entre la calidad del grano de cacao cuando estos son cosechados en zonas productoras de altura.
3. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad es de 41.273% y la varianza alcanza un valor de 0.352, lo cual evidencia la conducción óptima del estudio realizado en campo.
4. Los tratamientos evaluados muestran una Acidez Media del mucílago de 2.826 que, conjuntamente con el contenido de azúcares y las restantes propiedades constituye el sustrato fundamental para el crecimiento de levaduras y otros microbios durante la fermentación de la semilla, con el fin de generar las sustancias precursoras responsables del sabor y aroma característicos del cacao nativo o criollo.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar investigaciones sobre las respuestas a los niveles de fertilidad del suelo y sus efectos en la calidad del mucílago del cacao, especialmente en la relación nitrógeno del suelo y contenido de azúcares en el mucílago, entendido a éste, como uno de los precursores de la fermentación, por ende, de la calidad del chocolate como producto final.
- Realizar investigaciones de las condiciones ambientales que regulan la expresión de las enzimas para que las plantas tomen y asimilen el nitrógeno del suelo, a fin de hacer más eficiente la fertilización.
- Realizar investigaciones considerando el inicio y culminación de las lluvias, lo que a su vez está relacionado con las condiciones edafoclimáticas, debido a que el cacao presenta más de un ciclo de cosecha, por las precipitaciones, específicamente.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROBANCO (2012). Asistencia Técnica Dirigida en manejo del cultivo de cacao. Boletín Técnico. Lima, Perú.
- Álvarez C.; Pérez E.; Lares M. (2002). Morfología de los frutos y características físico – químicas del mucílago del cacao de tres zonas del estado de Aragua. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, United States of America. 1141 p.
- Arteaga E., Y. (2013). Estudio del desperdicio del mucílago de cacao en el Cantón Naranjal (Provincia del Guayas). Universidad Estatal de Milagro. Ecuador.
- ASOCIACIÓN FONDO DE INVESTIGADORES Y EDITORES (2011). Biología una perspectiva evolutiva. Ed. Lumbreras. Lima, Perú.
- Barrientos F, P. (2015). La cadena de valor del cacao en el Perú y su oportunidad en el mercado mundial. Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.
- Batista L. (2009). Guía Técnica, el Cultivo de Cacao. Santo Domingo, República Dominicana.
- Brunetto de Gallignani, Orozco C., Delgado C., Clavijo R., Gallignani de Bernardi, Ayala M., Zambrano G. (2014). Desarrollo de un método analítico para la determinación de glucosa, fructosa y sacarosa en muestras de cacaos criollos venezolanos. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Estado Mérida, Venezuela.
- Caballero P., J.F, Avendaño A., C.H., Gonzáles A., N.A. y López E., S. (2016). Influencia del tipo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en las características del fermento y secado. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- CAOBISCO / ECA / FCC. (2015). Cacao en Grano: Requisitos de Calidad de la Industria del Chocolate y del Cacao. University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad.
- CATIE. (1999). Estudio del sistema radicular del árbol de cacao (*Theobroma cacao* L.). Costa Rica.
- DEVIDA. (2004). Paquete tecnológico del cultivo de cacao fino de aroma. Lima, Perú.

- Evans L. T. (1994). Fisiología de los cultivos: Perspectivas para la ciencia retrospectiva. Sociedad Americana de Agronomía.
- Guzmán A., R; Pérez E; Álvarez C; Lares M; Rodríguez P. (2008). Caracterización fisicoquímica y nutricional de almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.) frescas y fermentadas provenientes de la Región de Río Chico, Estado Miranda. V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica VI Jornadas Científicas de Biomedicina y Biotecnología Molecular. Venezuela.
- ICCO (2017). Organización Internacional del Cacao
- IFA - Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes - FAO. (2002). Uso de fertilizantes. París, Francia.
- INPOFOS - Instituto de la Potasa y el Fósforo. (1997). Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Querétaro, México.
- INRENA. (1994). Mapa Ecológico del Perú y Memoria Descriptiva. Lima, Perú.
- Jordán L., A. (2005). Manual de edafología. Universidad de Sevilla. España.
- Kalvatchev Z., Garzaro D., Guerra C., F. 1998. THEOBROMA CACAO L.: Un nuevo enfoque para nutrición y salud. Agroalimentaria N° 6, 1998. Caracas, Venezuela.
- Latsague M., Sáez P., Mora M. (2011). Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, sobre el contenido foliar de carbohidratos, proteínas y pigmentos fotosintéticos en plantas de *Berberidopsis corallina* Hook.f. Universidad Católica de Temuco y Universidad de Concepción. Chile.
- Loayza P., M. y Maldonado L., M. (2015). Propuesta de proyecto para el fortalecimiento de la competitividad de los productores de cacao del valle Primavera – VRAEM orientado a mercados con beneficios diferenciados. Tesis. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- López, E., & González, B. (2013). Diseño y análisis de experimentos fundamentos y aplicaciones en agronomía. Guatemala: Mundi prensa.
- Lorena A., C. (2007). Contenido de Ácidos Grasos de la manteca proveniente de mezclas, en distintas fracciones, de semillas de *Theobroma cacao* y *Theobroma bicolor* y su uso en la manufactura de chocolate. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

- MINAGRI (2016). Estudio del cacao en el Perú y en el Mundo. Un análisis de la producción y el comercio. Lima, Perú.
- Martínez G., N. C. (2016). Evaluación de componentes físicos, químicos, organolépticos y del rendimiento de clones universales y regionales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en las zonas productoras de Santander, Arauca y Huila. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Mengel K. y Kirkby E. (2000). Principios de nutrición vegetal. Ed. International Potash Institute, Basel, Switzerland.
- Meza E., A.A. (2010). Fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 en dos diseños de cajas de madera. Tesis. Universidad Agraria de la Selva, Tingo María. Perú.
- Negri L. M. (2005). Manual de Referencias técnicas para el logro de leche de calidad. 2º ed., 2005, INTA. Argentina.
- Oltra C., M. A. (2017). ¿Qué relación existe entre la fertilización y la calidad del vino? Universidad de Alicante. España. De: [www.fertirrigacion.com](http://www.fertirrigacion.com)
- Ortiz V., K.L. y Álvarez L., R. (2015). Efecto del vertimiento de subproductos del beneficio de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre algunas propiedades químicas y biológicas en los suelos de una finca cacaotera, Municipio de Yaguará, (Huila). Colombia.
- Portillo L., E.; Graziani de Farinas L. y Betancourt E. (2007). Análisis Químico del Cacao Criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Venezuela.
- Quinn, G., & Keough, M. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ribeiro-Oliveira, J. P., Santana, D. G. de, Pereira, V. J., & Santos, C. M. dos. (2018). Data transformation: an underestimated tool by inappropriate use / Transformação de dados: uma ferramenta subestimada pelo uso inapropriado. *Acta Scientiarum. Agronomy*, (0). <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35300>
- Romero C. y Zambrano A. (2012). Análisis de azúcares en pulpa de cacao por colorimetría y electroforesis capilar. Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela.



- Saldaña G.,A. M. ( ). Manual de agroforestería con énfasis en cacao y café. Proyecto Especial Pichis Palcazú – INADE. Lima. Perú.
- Sáenz C., B. y Cabezas- G., M. (s/f). Un acercamiento a la ecofisiología del cacao. Bogotá, Colombia.
- Said, M. B., Musa, M. J. (1988). And integrated approach towards quality improvement of Malaysian cocoa beans. In conferencia internacial de investigacion en cacao (10a. Santo Domingo, República Dominicana, 1987). Proceedings. Lagos NG. 767 – 773 pp.
- Sánchez, L.; Parra, D.; Gamboa1, E.y Rincón, J. (2005). Rendimiento de una plantación comercial de cacao ante diferentes dosis de fertilización con N P K, en el sureste del estado Táchira, Venezuela. En: Bioagro 17(2): 119-122. Nota Técnica.
- Taiz L. y Zeiger E. (2006). Fisiología vegetal. Vol I. Publicaciones de la Universitat Jaume I Castellón. España.
- USDA - United States of Department of Agriculture (2017). Soil Survey Manual. Soil Science División Staff. Agriculture Handbook N° 18.
- Vallejos T., C. A; Díaz O., R.; Morales R., W.; Soria V., R.; Vera C., J. F.; Baren C., C. (2016). Utilización del mucílago de cacao, tipo nacional y trinitario, en la obtención de jalea. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador.
- Vera M.; Rosales H.; Ureña N. (2000). Caracterización físico – química de algunos suelos cacaoteros de la zona sur del lago de Maracaibo, Venezuela.

## ANEXOS

Figura 4. Croquis de distribución de los tratamientos en el área experimental

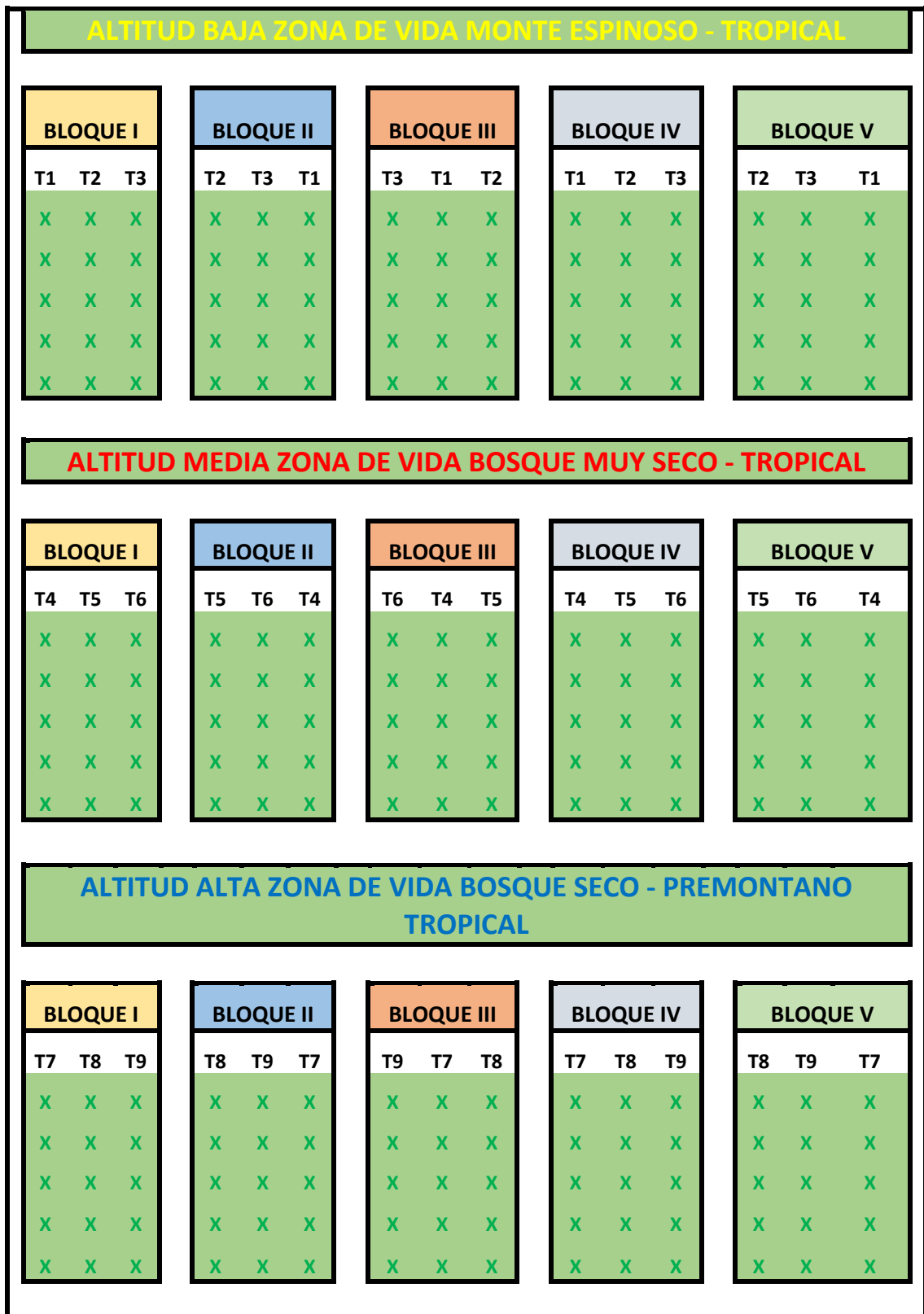
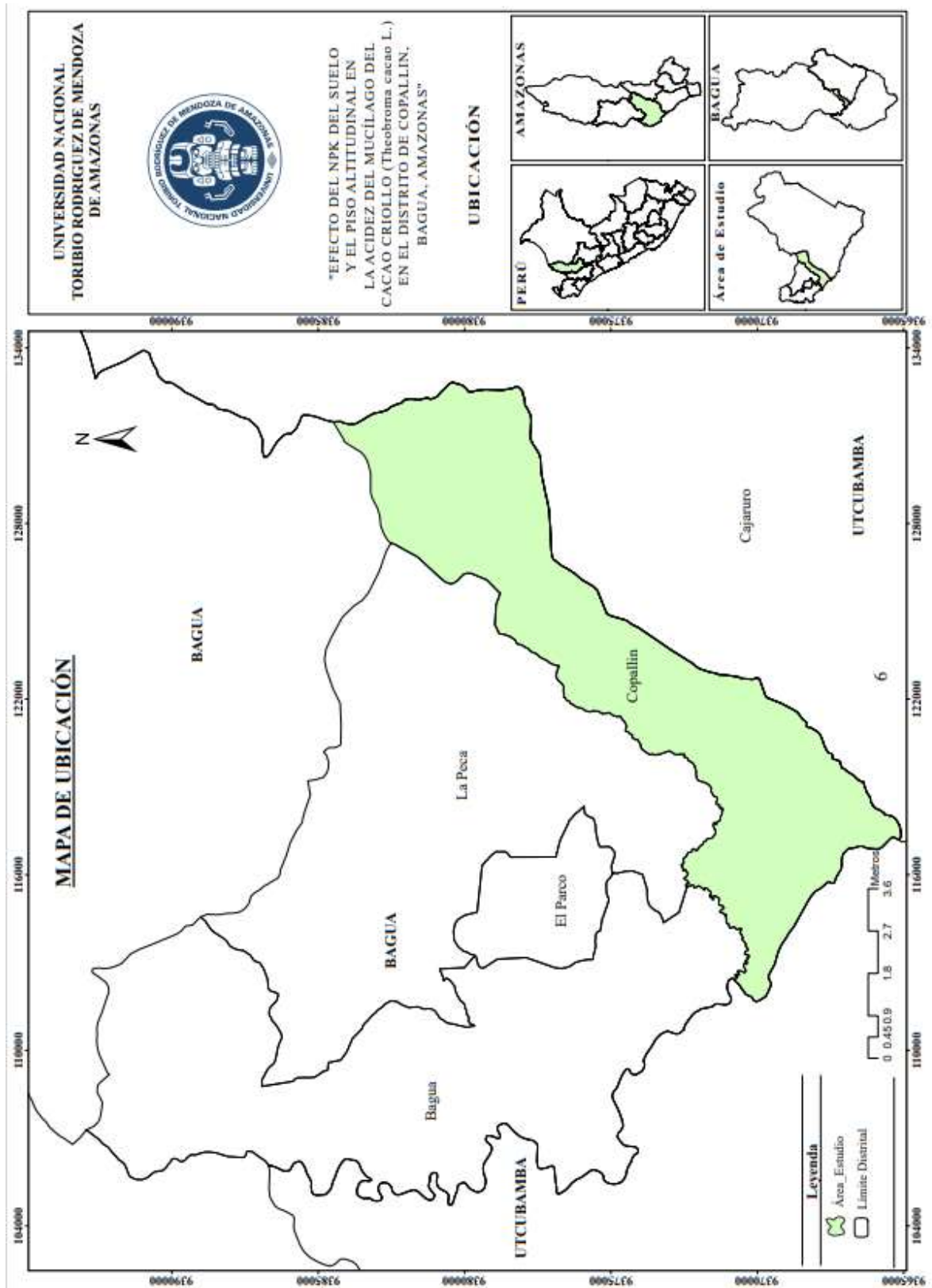


Figura 5. Mapa de ubicación





Trabajo de recolección de muestras realizado en el área de estudio



Trabajo realizado en el área de estudio

## **DATOS OBTENIDOS EN CAMPO**

N° DE MUESTRA	NOMBRES / APELLIDOS	LUGAR	ALTITUD : msnm	MUCÍLAGO									SUELO					
				pH directo	pH destilada	R1	R2	R3	acidez	R1	R2	R3	pH	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Tx	CIC
1	FERMÍN PANAGONZÁLES	PAN DE AZÚCAR	1086	4.45	4.39	4.37	4.40	4.40	1.93	1.60	2.10	2.10	7.56	0.32	4.37	461.25	Ar.	32.2
2			1080	4.39	4.27	4.27	4.27	4.27	4.20	4.20	4.20	4.20	7.59	0.33	5.52	427.09		
3			1070	6.30	5.03	5.03	5.03	5.03	1.83	1.90	1.80	1.80	7.73	0.31	13.51	388.08		
4			1064	4.85	4.26	4.26	4.27	4.26	2.57	2.60	2.50	2.60	7.60	0.33	4.85	427.71		
5			1061	5.03	5.85	5.82	5.86	5.86	2.50	3.50	2.00	2.00	6.83	0.34	7.93	471.10		
6			1056	4.68	4.77	4.75	4.78	4.79	1.17	0.90	1.30	1.30	7.46	0.33	4.56	486.55		
13	FRANCISCO MENDOZA ARRASCUE	EL PORVENIR	1146	4.81	4.84	4.81	4.86	4.86	2.30	1.30	2.80	2.80	6.14	0.34	1.00	444.93	Ar A	32.8
14			1147	4.53	4.14	4.18	4.10	4.15	3.43	2.90	3.80	3.60	7.78	0.30	6.77	410.12		
15			1136	5.99	5.95	5.88	5.99	5.99	0.27	0.20	0.30	0.30	7.98	0.32	4.95	418.53		
16			1144	5.79	5.12	5.11	5.12	5.12	1.73	1.60	1.80	1.80	7.85	0.29	5.43	425.02		
17			1139	5.25	3.81	4.47	4.50	2.47	2.37	2.40	2.30	2.40	7.82	0.33	7.25	437.44		
18			1157	4.46	4.50	4.24	4.31	4.96	4.20	4.70	3.40	4.50	8.12	0.34	7.25	236.88		
19	APOLINARIO BUSTAMANTE	PAN DE AZÚCAR	1090	4.39	4.23	4.22	4.23	4.23	3.33	4.00	3.00	3.00	6.34	0.33	1.58	430.85	Ar	30.4
20			1084	4.57	4.38	4.39	4.37	4.39	4.20	4.50	3.60	4.50	6.78	0.33	2.64	473.50		
21			1075	4.11	3.91	3.90	3.92	3.92	4.93	5.00	4.90	4.90	6.85	0.23	2.54	396.13		
22			1070	4.38	4.29	4.29	4.30	4.27	4.73	4.70	4.90	4.60	6.97	0.10	1.96	419.03		
23			1066	5.15	4.70	4.68	4.71	4.71	2.47	2.60	2.40	2.40	6.68	0.33	2.16	390.41		
24			1064	4.40	4.33	4.36	4.34	4.29	7.27	8.20	6.50	7.10	6.29	0.29	3.90	574.55		
55	CÉSAR ZELADA CALDERÓN	CHONZALAGUNA	1211	4.52	4.54	4.54	4.54	4.54	2.23	2.30	2.20	2.20	6.31	0.33	4.56	389.16	Ar	28
56			1212	4.35	4.75	4.73	4.76	4.76	1.90	2.30	1.70	1.70	5.96	0.32	2.35	444.60		
57			1212	4.44	4.35	4.18	4.43	4.45	2.27	2.50	2.20	2.10	5.77	0.32	8.41	417.07		
58			1213	4.70	4.56	4.56	4.56	4.56	2.20	2.20	2.20	2.20	5.89	0.33	4.56	407.16		
59			1216	4.77	4.49	4.41	4.46	4.60	3.33	3.60	3.20	3.20	6.24	0.33	3.89	404.28		
60			1216	4.58	4.54	4.55	4.58	4.48	2.10	2.50	1.90	1.90	6.32	0.32	2.64	393.32	Ar	26.4
7	SEGUNDO JUAN BUSTAMANTE	PAN DE AZÚCAR	965	4.73	4.15	4.16	4.14	4.16	1.73	1.70	1.80	1.70	7.60	0.34	9.18	377.29	F Aren	31.3
8			964	5.11	4.60	4.59	4.60	4.60	2.30	1.90	2.50	2.50	7.00	0.32	3.60	399.97		
9			960	4.22	4.25	4.23	4.26	4.26	3.00	2.80	3.10	3.10	6.99	0.29	5.81	408.39		
10			959	4.72	4.69	4.63	4.72	4.72	3.67	4.00	3.50	3.50	6.84	0.27	3.02	426.17		
11			958	4.84	3.99	3.96	4.00	4.00	6.73	7.00	6.60	6.60	6.31	0.31	2.83	398.78		
12			957	4.59	4.54	4.55	4.52	4.54	2.70	2.60	2.80	2.70	6.87	0.33	6.10	448.15		
25	DIONY TENORIO MEGO	PAN DE AZÚCAR	952	4.52	4.19	4.23	4.17	4.17	4.97	5.10	4.90	4.90	6.82	0.28	5.14	284.80	Fr Ar A	27.2
26			945	4.88	4.22	4.22	4.22	4.22	3.60	3.60	3.60	3.60	7.17	0.34	13.80	389.67		
27			947	4.30	4.36	4.36	4.37	4.35	3.13	3.10	3.30	3.00	6.80	0.31	4.85	372.27		
28			948	4.65	4.34	4.35	4.34	4.34	2.03	2.10	2.00	2.00	6.72	0.32	2.93	249.09		
29			949	4.23	4.29	4.26	4.30	4.30	2.83	2.10	3.20	3.20	6.73	0.33	2.25	282.38		
30			950	4.83	4.17	4.19	4.16	4.16	4.30	5.10	3.90	3.90	7.11	0.27	5.14	231.64		

31	DELICIA CUBAS	PILLUANA	952	4.89	5.68	5.64	5.70	5.70	1.43	1.50	1.40	1.40	7.37	0.32	7.93	208.26	Fr A	23.2
32			945	4.59	4.58	4.59	4.58	4.58	4.57	4.50	4.60	4.60	6.70	0.32	9.27	362.53		
33			948	4.41	4.29	4.29	4.29	4.29	1.10	1.10	1.10	1.10	7.00	0.33	14.76	255.11		
34			954	5.01	4.52	4.52	4.52	4.52	1.70	1.70	1.70	1.70	7.09	0.31	11.78	254.74		
35			954	4.35	4.20	4.22	4.15	4.22	2.87	2.70	3.20	2.70	6.88	0.31	16.78	306.49		
36			952	4.28	4.24	4.25	4.23	4.25	1.73	1.50	2.20	1.50	6.97	0.29	12.45	341.55		
37			952	5.00	4.95	4.90	4.98	4.98	2.47	2.00	2.70	2.70	7.02	0.29	13.12	277.26	Fr Ar A	26.4
38			951	4.75	4.75	4.70	4.77	4.77	2.53	1.60	3.00	3.00	6.53	0.32	17.26	248.58		
39	ELOY ACUÑA	PILLUANA	948	4.78	4.55	4.54	4.56	4.56	2.97	3.10	2.90	2.90	6.78	0.25	9.56	298.29		
40			947	4.98	4.25	4.25	4.25	4.25	3.67	3.60	3.50	3.90	7.00	0.27	16.78	355.12		
41			946	4.88	4.54	4.52	4.55	4.55	2.37	2.50	2.30	2.30	6.96	0.32	17.45	335.08		
42			946	4.74	4.46	4.45	4.44	4.50	2.13	2.20	2.00	2.20	7.03	0.31	19.28	288.49		
43	MIGUEL RAMÍEZ CUBAS	LLUHUANA	901	4.86	5.00	4.99	5.00	5.00	2.80	2.80	2.80	2.80	6.56	0.17	8.99	225.46	Ar	30.4
44			902	4.30	4.43	4.42	4.43	4.43	4.47	5.00	4.20	4.20	7.55	0.27	9.76	158.28		
45			900	4.97	4.61	4.77	4.78	4.27	2.60	2.50	2.80	2.50	7.66	0.28	8.89	132.28		
46			898	4.40	4.36	4.35	4.37	4.35	4.23	4.10	4.50	4.10	7.32	0.29	7.64	144.72		
47			893	4.42	4.36	4.36	4.35	4.36	3.37	4.00	2.10	4.00	6.65	0.29	6.29	161.91		
48			894	4.79	4.66	4.65	4.67	4.65	6.73	6.00	8.20	6.00	7.20	0.23	8.99	314.68		
49	ALTAMIRANO	LLUHUANA	921	4.44	4.47	4.42	4.50	4.50	4.40	4.20	4.50	4.50	7.19	0.31	8.31	381.71	Fr Ar A	33.9
50			923	4.42	3.85	3.86	3.84	3.84	9.57	9.50	9.60	9.60	6.88	0.15	4.18	97.95		
51			925	4.88	4.29	4.28	4.30	4.30	7.33	6.60	7.70	7.70	6.74	0.32	6.20	195.41		
52			925	4.39	4.24	4.27	4.23	4.23	3.37	3.50	3.30	3.30	6.96	0.32	8.99	257.66		
53			926	5.06	5.37	5.35	5.40	5.35	1.83	2.00	1.50	2.00	6.94	0.33	14.85	299.70		
54			926	4.93	4.74	4.74	4.74	4.74	2.87	2.90	2.80	2.90	6.92	0.27	9.37	241.31		
61			530	4.19	4.42	4.58	4.34	4.34	2.10	1.90	2.20	2.20	7.93	0.11	1.87	389.71		
62			529	5.26	4.28	4.29	4.28	4.28	2.70	2.30	2.90	2.90	7.84	0.18	0.91	394.21		
63			530	4.23	4.19	4.18	4.20	4.20	2.67	2.80	2.60	2.60	8.11	0.23	2.93	474.78		
64			530	4.43	4.39	4.38	4.40	4.40	1.63	1.90	1.50	1.50	8.12	0.09	1.00	407.92		
65			531	4.97	4.90	4.91	4.90	4.90	2.20	2.00	2.30	2.30	8.09	0.16	1.87	422.03		
66	530	4.66	4.37	4.36	4.39	4.36	3.20	3.50	2.60	3.50	8.03	0.14	1.29	391.67				
67	532	4.52	4.21	4.30	4.18	4.15	5.57	5.50	5.60	5.60	8.10	0.11	1.77	470.31	Ar	36.1		
68	MARIO ZULOETA	MIRAFLORES	529	4.77	4.14	4.15	4.12	4.15	2.47	2.60	2.20	2.60	8.11	0.10	1.60	401.50		
69			526	5.80	4.15	4.13	4.18	4.14	3.43	3.30	3.40	3.60	8.09	0.11	1.10	414.25		
70			528	4.20	3.98	3.97	4.01	3.97	2.33	2.00	3.00	2.00	8.35	0.18	2.44	477.81		
71			524	4.00	3.89	3.90	3.89	3.88	6.27	6.60	6.10	6.10	8.16	0.23	6.39	489.40		
72			527	4.27	4.07	4.12	4.04	4.06	3.57	4.00	3.60	3.10	8.15	0.10	3.21	389.63		
1B-1	EDMUNDO LLANOS ZELADA	TOMAQUE	455	4.72	4.63	4.60	4.63	4.65	1.17	1.50	1.00	1.00	8.14	0.11	2.73	291.19	Ar	35.4
1B-2			447	4.38	4.16	4.13	4.17	4.19	3.07	3.00	3.10	3.10	8.31	0.10	3.60	292.39		
1B-3			450	4.38	4.28	4.30	4.24	4.29	4.03	4.20	3.90	4.00	8.26	0.16	7.45	394.39		
1B-4			450	4.45	4.28	4.35	4.30	4.20	3.88	4.10	3.45	4.10	8.18	0.09	3.02	399.16		



<b>2B-1</b>	MIGUEL ALVARES	BAGUA	441	5.27	5.17	5.17	5.17	5.16	1.00	1.00	1.00	1.00	8.03	0.23	6.68	254.43	Fr Ar A	28.4
<b>2B-2</b>			448	4.57	4.51	4.52	4.52	4.50	2.80	2.80	2.90	2.70	8.06	0.28	4.75	399.03		
<b>2B-3</b>			439	4.62	4.66	4.59	4.69	4.69	2.13	2.00	2.20	2.20	8.09	0.16	5.43	375.69		
<b>2B-4</b>			435	4.72	4.72	4.64	4.81	4.71	6.07	5.00	7.20	6.00	8.08	0.23	4.08	440.64		
<b>2B-5</b>			442	4.73	4.59	4.59	4.57	4.60	4.17	5.10	3.60	3.80	7.65	0.23	3.70	383.31		