



UNAP



**FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

TESIS

**“COMPARATIVO DE OCHO MORFOTIPOS DE *Bixa orellana* L.
Y SUS EFECTOS SOBRE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS
Y DE RENDIMIENTO EN ZUNGAROCOCHA - SAN JUAN.2020”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
ALONSO GARCIA ALVES**

**ASESORES:
Ing. JOSE FRANCISCO RAMIREZ CHUNG, Dr.
Ing. JORGE YSAAC VILLACRES VALLEJO, M.Sc.**

IQUITOS, PERÚ

2022



UNAP

**FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS No. 0124-CGYT-FA-UNAP-2022.

En Iquitos, en el auditorio de la Facultad de Agronomía, a los 02 días del mes de diciembre del 2022, a horas 05:00pm. se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: **“COMPARATIVO DE OCHO MORFOTIPOS DE *Bixa orellana* L. Y SUS EFECTOS SOBRE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y DE RENDIMIENTO EN ZUNGAROCOCHA - SAN JUAN.2020”**, aprobado con Resolución Decanal No. 022-CGYT-FA-UNAP-2020, presentado por la Bachiller: **ALONSO GARCIA ALVES**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO (A) AGRÓNOMO**, que otorga la Universidad de acuerdo a la Ley y Estatuto.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante Resolución Decanal **No. 0106-CGYT-FA-UNAP-2022**, está integrado por:

- | | |
|--|------------|
| Ing. JULIO ABEL MANRIQUE DEL AGUILA, Dr. | Presidente |
| Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc. | Miembro |
| Ing. JULIO PINEDO JIMENEZ, Dr. | Miembro |

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas:

Satisfactoriamente

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la Tesis han sido: *Aprobado* con la calificación *Muy Buena*

Estando el Bachiller *Apto* para obtener el Título Profesional de *Ingeniero Agrónomo*

Siendo las *7:00 p.m.*, se dio por terminado el acto **ACADÉMICO**.

Ing. JULIO ABEL MANRIQUE DEL AGUILA, Dr.
Presidente

Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc.
Miembro

Ing. JULIO PINEDO JIMENEZ, Dr.
Miembro

Ing. JOSE FRANCISCO RAMIREZ CHUNG, Dr.
Asesor

Ing. JORGE YSAAC VILLACRES VALLEJO, M.Sc.
Asesor

JURADO Y ASESORES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Tesis aprobada en sustentación pública el día 02 de diciembre del 2022, por el jurado Ad-Hoc nombrado por el Comité de Grados y Títulos de la Facultad de Agronomía, para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO



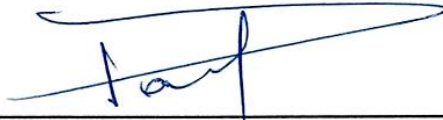
Ing. JULIO ABEL MANRIQUE DEL AGUILA, Dr.
Presidente



Ing. RONALD YALTA VEGA, M.Sc.
Miembro



Ing. JULIO PINEDO JIMENEZ, Dr.
Miembro



Ing. JOSE FRANCISCO RAMIREZ CHUNG, Dr.
Asesor



Ing. JORGE YSAAC VILLAGRES VALLEJO, M.Sc.
Asesor



Ing. FIDEL ASPAÑO VARELA, M.Sc.
Decano



RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD



Nombre del usuario:
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

ID de Comprobación:
75855940

Fecha de comprobación:
17.10.2022 08:31:02 -05

Tipo de comprobación:
Doc vs Internet

Fecha del Informe:
17.10.2022 08:36:04 -05

ID de Usuario:
Ocultado por Ajustes de Privacidad

Nombre de archivo: **TESIS RESUMEN ALONSO GARCIA ALVES**

Recuento de páginas: **55** Recuento de palabras: **10397** Recuento de caracteres: **61976** Tamaño de archivo: **671.15 KB** ID de archivo: **86926364**

27.6% de Coincidencias

La coincidencia más alta: **13.5%** con la fuente de Internet (<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/>).

27.6% Fuentes de Internet 767 Página 57

No se llevó a cabo la búsqueda en la Biblioteca

18.4% de Citas

Citas 40 Página 58

No se han encontrado referencias

0% de Exclusiones

No hay exclusiones

DEDICATORIA

A **Dios**, por iluminarme y guardarme a través de su palabra, por ser luz en los días de aflicción llenarme de gozo cuando entro en oración; por Él son los días ganados.

A mi **madre** y **tío** por el amor, apoyo y comprensión brindado siendo personas de Fe lo mejor me entregaron, con lo vivido aprendí a ser una persona justa.

A mi **abuelita** y **hermanos**, que siempre me expresan buenos deseos por ser mi motor y motivo para cada objetivo que me trazo

A mi **enamorada** y **amigos**, que con sus complicidad y apoyo desmedido estuvieron conmigo en mi formación académica.

AGRADECIMIENTO

A mi **Señor** que todo lo puedo por Él, que nada me falta por Él, que me mantiene fiel y firme a su Palabra y me brinda entendimiento y sabiduría.

A la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, por el conocimiento que adquirí durante mi formación académica y por cada momento vivido en la institución.

Al Ing. **José Francisco Ramírez Chung** por aceptar ser mi asesor y contribuir en el desarrollo de esta investigación, por brindar tiempo y dedicación, por las enseñanzas transmitidas durante mi formación. Al Ing. **Jorge Ysaac Villacrés Vallejo** quien permitió desarrollar este trabajo de investigación en las instalaciones del Taller de enseñanza e investigación en plantas medicinales de la Facultad de agronomía.

A mi madre **Rita** y tío **Alberto** por la paciencia que me han demostrado, el espejo de lucha y perseverancia que son para mí. A mi abuelita y hermanos por los momentos a mi lado, la felicidad que los embarga por el logro alcanzado. A cada miembro de mi familia por ser lo maspreciado que la vida nos a dado. A **Lesly** que comparte la lucha conmigo, por compartir a mi lado momentos felices y aun más los momentos difíciles, el equipo perfecto.

A mis amigos porque somos complices en nuestro desarrollo como profesionales. A **Marcelo Inuma Rios** por su gran amistad, por ser parte del desarrollo de este trabajo, por compartir conmigo desde el primer día de esta investigación, por brindarme sus conocimientos y ser mi compañero en esto; la dedicación de parte de los dos que hemos dado al trabajo de ambos.

A cada una de las personas los quiero enormemente.

ÍNDICE

	Página
PORTADA	1
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO Y ASESORES	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	8
1.2.1. Origen y distribución	8
1.2.2. Clasificación taxonómica	9
1.2.3. Ecología del cultivo	9
1.2.4. Descripción botánica	10
1.3. Definición de términos básicos	13
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	15
2.1. Formulación de las hipótesis	15
2.1.1. Hipótesis general	15
2.1.2. Hipótesis específicas	15
2.2. Variables y su operacionalización	15
2.2.1. Identificación de las variables	15
2.2.2. Operacionalización de las variables	17
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	18
3.1. Tipo y diseño	18
3.1.1. Tipo de investigación	18
3.1.2. Diseño metodológico	18
3.2. Diseño muestral	18
3.2.1. Población objetivo	18

3.2.2. Muestra	18
3.2.3. Criterios de selección	19
3.3. Procedimientos de recolección de datos.....	19
3.3.1. Diseño experimental.....	19
3.3.2. Características del área experimental.....	21
3.3.3. Instrumentos de recolección de datos	21
3.3.4. Toma de datos de las variables	22
3.4. Procesamiento y análisis de los datos	22
3.5. Aspectos éticos.....	23
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	24
4.1. Características agronómicas.....	24
4.1.1. De la altura de planta en metros de los morfotipos de achioté.....	24
4.1.2. De la longitud de pétalos en cm de los morfotipos de achioté.....	26
4.1.3. Del número de estambres de los morfotipos de achioté	29
4.2. Características de rendimiento.....	31
4.2.1. De la longitud de fruto de los morfotipos de achioté	31
4.2.2. Del número de semillas de los morfotipos de achioté	33
4.2.3. Del peso de 100 semillas de los morfotipos de achioté.....	35
4.2.4. Del % de bixina de los morfotipos de achioté	38
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	41
5.1. De la altura de planta, longitud de pétalo, número de estambres, longitud de fruto, número de semillas y peso de 100 semillas	41
5.2. Del porcentaje de bixina en los morfotipos de achioté estudiados	43
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	44
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	46
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN.....	47
ANEXOS	51
Anexo 1. Prueba de normalidad de errores del modelo I (residuales)	52
Anexo 2. Prueba de homogeneidad de variancias (residuales y predichos) mediante gráfico de dispersión	56
Anexo 3. Estadísticos descriptivos de ocho morfotipos de achioté	60
Anexo 4. Media y desviación estándar de las siete variables en ocho morfotipos de achioté.....	61

Anexo 5. Data de las variables cuantitativas de ocho morfotipos estudiados estudiadas	62
Anexo 6. Croquis del área experimental	63
Anexo 7. Análisis de suelo	64
Anexo 8. Datos meteorológicos	66
Anexo 9. Galería de fotos	67

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Análisis de variancia para altura de planta en metros de ocho morfotipos de achiotte (Bixa orellana)	25
Tabla 2. Prueba de tuckey para altura promedio de planta. Alfa = 0.05 DMS = 0.4967	25
Tabla 3. Análisis de variancia para longitud de pétalo en centímetros de ocho morfotipos de achiotte	27
Tabla 4. Prueba de tuckey para longitud de pétalo (cm). Alfa = 0.05 DMS = 0.4655	28
Tabla 5. Análisis de variancia para número de estambres de ocho morfotipos de achiotte	29
Tabla 6. Prueba de tuckey para número de estambres. Alfa = 0.05 DMS = 35.4527	30
Tabla 7. Análisis de variancia para longitud de fruto en cm para ocho morfotipos de achiotte	31
Tabla 8. Prueba de tuckey para longitud de fruto en cm. Alfa = 0.05 DMS = 0.6547	32
Tabla 9. Análisis de variancia para número de semillas de de ocho morfotipos de achiotte	34
Tabla 10. Prueba de tuckey para número de semillas. Alfa = 0.05 DMS = 6.7434	34
Tabla 11. Análisis de variancia para peso de 100 semillas de ocho morfotipos de achiotte	36
Tabla 12. Prueba de tuckey para peso de 100 semillas. Alfa = 0.05 DMS = 1.499	37
Tabla 13. Análisis de variancia de % de bixina de ocho morfotipos de achiotte	38
Tabla 14. Prueba de tuckey para % de bixina. Alfa = 0.05 DMS = 7.48	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Efectos de ocho morfotipos de achiote sobre las medias de altura de planta en metros.	26
Figura 2. Efecto de ocho morfotipos sobre las medias de longitud de pétalo en centímetros	28
Figura 3. Efecto de ocho morfotipos de achiote sobre el número de estambres.....	30
Figura 4. Efecto de los morfotipos de achiote sobre las medias de longitud de fruto en cm.....	33
Figura 5. Efecto de ocho morfotipos de achiote sobre las medias del número de semillas.....	35
Figura 6. Efecto de ocho morfotipos de achiote sobre las medias de peso de 100 semillas.....	37
Figura 7. Efecto de ocho morfotipos de achiote sobre el porcentaje de bixina.	39

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en el taller de enseñanza e investigación en plantas medicinales de la Facultad de agronomía de la UNAP. La investigación tuvo como objetivo generar información sobre comparativo de morfotipos y sus efectos sobre características agronómicas y de rendimiento en accesiones de *Bixa orellana* L. “achiote”, evaluándose la longitud de pétalos, número de estambres, longitud de frutos, número de semillas, peso de semillas y % de bixina. Se utilizó el Diseño Completamente al Azar, con 8 tratamientos y 4 repeticiones, distribuidos a razón de 5 plantas/morfotipo y la unidad de muestreo estuvo constituida por 4 plantas/morfotipo, haciendo un total de 32 plantas. Los resultados muestran: Para las seis variables cuantitativas (agronómicas y de rendimiento) se encontró que existe efectos bastantes significativos y de manera diferenciada de los morfotipos sobre estas seis variables expresados en medias estadísticamente distintas. Para la variable porcentaje de bixina (%), se demuestra que existe efectos bastante significativo y de manera diferenciada de los morfotipos sobre esta variable expresados en porcentajes estadísticamente distintas. Realizar trabajos sobre el efecto de los morfotipos de achiote en más variables cuantitativas considerando un mayor número de repeticiones por ensayo a fin de obtener una mejor estimación del comportamiento de las variables.

Palabras clave: Morfotipos, accesiones, *Bixa orellana*, bixina.

ABSTRACT

The research was carried out in the teaching and research workshop in medicinal plants of the Faculty of Agronomy of the UNAP. The objective of the research was to generate information on the comparative morphotypes and their effects on agronomic and yield characteristics in accessions of *Bixa orellana* L. "achiote", evaluating the length of petals, number of stamens, length of fruits, number of seeds, weight of seeds and % of bixin. The completely random design was used, with 8 treatments and 4 repetitions, distributed at a rate of 5 plants/morphotype and the sampling unit was constituted by 4 plants/morphotype, making a total of 32 plants. The results show: For the six quantitative variables (agronomic and yield) it was found that there are quite significant and differentiated effects of the morphotypes on these six variables expressed in statistically different means. For the variable Bixin percentage (%), it is demonstrated that there are quite significant and differentiated effects of the morphotypes on this variable expressed in statistically different percentages. To carry out work on the effect of achiote morphotypes on more quantitative variables considering a greater number of repetitions per trial in order to obtain a better estimate of the behavior of the variables.

Keywords: morphotypes, accessions, *Bixa orellana*, bixin.

INTRODUCCIÓN

La trascendencia de los colorantes de origen vegetal ha disminuido desde la introducción en el mercado de colorantes sintéticos. Sin embargo, algunos países están volviendo a priorizar el uso de colorantes naturales como sustitutos de los de origen mineral y sintético dado que en esos países se han prohibido su uso porque se encontraron indicios de efectos nocivos para la salud. **Del Rivero-Bautista et al (1).**

En tal sentido, debido a los pigmentos extraídos de sus semillas y su fácil manejo agronómico, por ser uno de los pocos colorantes autorizados para su uso en alimentación según la Organización Mundial para la Salud (OMS), debido a que son inocuos el cultivo de achiote representa un cultivo de exportación bastante eficiente. **Sánchez (2).**

El achiote (*Bixa orellana* L.) es una especie con origen en las zonas tropicales y de Suramérica y Centroamérica. **Morales (3).**

El achiote en nuestra zona es utilizado en la medicina natural, como condimento frito en manteca y usando el aceite para colorear masa, en las comunidades indígenas se usa para untarse el cuerpo como repelente y como tinte de fibras textiles; el arilo contiene la bixina o pigmento utilizado por la industria como colorante. **Mazzani et al (4).**

El Perú ha avanzado considerablemente en su estudio creando empresas dedicadas a su cultivo e industrialización; siendo Cuzco, Pasco, Junín y Ayacucho los principales departamentos en los que se cultiva. **Morales (3).**

Desde el punto de vista genético, los cultivares que existen en nuestra zona, muestran una variabilidad genética significativa tanto en caracteres cualitativos como cuantitativos observándose cultivares que presentan alta dehiscencia, baja producción y porcentaje de pigmentos (bixina) variables. **Del Rivero-Bautista et al (1).** Sobre esta base las instituciones de investigación realizan esfuerzos para encontrar

variedades promisorias, o para su conservación y aprovechamiento como por ejemplo las que se dan en condiciones ex situ, pero que dicho esfuerzo aún es insuficiente debido a que aún no hay cultivares mejorados.

Con este fin, para esta investigación nos planteamos la siguiente interrogante:

¿Existirán diferencias estadísticas significativas en los efectos de ocho morfotipos de achote (*Bixa orellana* L.) sobre características agronómicas y de rendimiento en condiciones de clima y suelo de Zungarococha en el año 2020?

Los objetivos para esta investigación que nos planteamos fueron los siguientes:

Determinar diferencias estadísticas significativas en los efectos de ocho morfotipos de achote (*Bixa orellana* L.) sobre características agronómicas y de rendimiento en condiciones de clima y suelo de Zungarococha en el año 2020.

Determinar diferencias estadísticas significativas en los efectos de ocho morfotipos de achote (*Bixa orellana* L.) sobre características agronómicas en condiciones de clima y suelo de Zungarococha en el año 2020.

Determinar diferencias estadísticas significativas en los efectos de ocho morfotipos de achote (*Bixa orellana* L.) sobre características de rendimiento en condiciones de clima y suelo de Zungarococha en el año 2020.

La importancia del presente trabajo de investigación radica en obtener información básica sobre accesiones promisorias en achote (*Bixa orellana* L.) presentes en el banco de germoplasma del taller de enseñanza e investigación en plantas medicinales de la Facultad de agronomía de la UNAP, lo cual nos permitirá establecer las bases sobre manejo agronómicos adecuados para este cultivo para un futuro programa de mejoramiento y la introducción de cultivares de alta producción y de óptima calidad, y que a su vez permitirá que los agricultores de la zona que se dedican a la producción de este cultivo obtengan mayores beneficios económicos y por ende mayor calidad de vida.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Existe muy poca información sobre trabajos de investigación desarrollados en este tema en la región que nos sirva como referencia para contextualizar el problema acerca a variabilidad genética en el achiote para encontrar variedades promisorias, o para su conservación y aprovechamiento, por lo que mencionaremos algunos antecedentes relacionados con el tema de otras zonas geográficas:

Hernández et al (5) refieren que en el pasado y aún en el presente, en algunas regiones tropicales como nuestra selva, se concentran esfuerzos casi por completo en pocos, o, a veces en un solo producto de exportación (café o cacao), hecho que convierte en una empresa, región o país en altamente vulnerables a fluctuaciones en la demanda de precios de estos productos en el mercado internacional. Se han hecho grandes inversiones en el desbosque, quema, plantío, infraestructura, y después de haber invertido es muy difícil de adaptar la producción de dichos productos a los problemas del mercado. Por lo tanto, se deberá siempre diversificar la agricultura, buscando su industrialización, para que el agricultor, a nivel de finca, al tener sistemas múltiples de producción, no sienta los efectos deprimentes de la fluctuación de precios. En este sentido el achiote, dadas sus características agronómicas, industriales y comerciales, puede ser una actividad altamente eficiente.

De la semilla de achiote se obtiene un pigmento usado como colorante el cual se considera inofensivo por lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo reconoce con nula toxicidad para el consumo humano y para la aplicación en la piel; Igualmente menciona que el achiote es una planta muy adaptable a

diferentes condiciones de suelo y clima y como cultivo puede dar una producción rentable. **Barrera et al (6)**.

Indica en su tesis **Campos Cedano (7)** los aborígenes de América poseían el conocimiento de muchas plantas medicinales, y transmitieron su sabiduría a los viajeros y misioneros españoles que llegaron a sus tierras, quienes recopilaron información y publicaron importantes obras donde se hace referencia al achiote como planta medicinal.

Manco Céspedes (8) señala que esta especie es utilizada desde tiempos pasados por nativos del Amazonas, aplicándolo en la piel, ya que protege de la radiación solar y de picaduras de insectos. En los Asháninkas lo empleaban para obtener fuego a partir de la fricción de los tallos secos, en la comunidad nativa de los Amahuacas del tallo del árbol confeccionan las puntas de sus flechas. La madera se utiliza para los trabajos de carpintería. Las semillas poseen propiedades estimulantes y digestivas.

El achiote es un arbusto domesticado en la Amazonia peruana desde la época prehispánica. Tiene gran potencial económico por sus diversas propiedades. Su principio activo, llamado bixina, se usa en la industria alimentaria, tintórea y cosmetológica mundial, también se usa como sahumero, antídoto y medicina. **www.peruecologico.com.pe (9)**.

De las semillas de Achiote se obtiene el colorante conocido como annatto que es el nombre con el que se conoce al extracto crudo, mientras que la bixina es la parte del colorante liposoluble y la norbixina la parte hidrosoluble; este colorante al no presentar ningún efecto negativo sobre la salud de las personas es muy requerido. **IMBAREX (10)**.

Según indica **Salm (11)** los colorantes a base de bixina son empleados en diversos rubros del mercado, como industrias de pastas y masa, productos lácteos, embutidos y conservas.

La caracterización morfológica juega un rol trascendental para posteriores investigaciones en el mejoramiento de cultivos y programas de conservación, el cual es utilizado en el estudio de la diversidad fitogenética a través de identificación fenotípica de los cultivos. **López et al (12)**.

Hernández et al (5) refieren el cultivo de achiote en América Tropical se basa en observaciones empíricas de campo, debido a que no se ha estudiado adecuadamente la variabilidad genética de las características agronómicas de esta planta. Además, el achiote presenta una variabilidad muy amplia observándose cultivares que difieren grandemente en su forma, tamaño y color de hojas, flores y frutos; así como la capacidad de producción por planta y contenido de colorante en sus semillas.

Del Rivero et al (1) se observa gran diversidad genética en los ecotipos de Bixa orellana en lo que refiere a hábito de crecimiento, forma de copa de la planta, coloración del tallo (gris, anaranjado y marrón), color de las hojas (verdes con diferentes tonalidades), coloración de flores (blancas y violetas de diferentes tonalidades), variabilidad con relación al fruto y número de semillas por fruto.

Del Ribero et al (1) señala que Arce Portuguez (1984) en su tesis estudió 81 plantas de achiote de la colección del CATIE, Costa Rica, procedentes de Honduras y Guatemala, donde registró relaciones de interés entre las características cualitativas y cuantitativas de la especie.

Moz Preza et al (13) en sus tesis indican para ampliar el valor relativo de una descripción es preferible incluir, junto a los datos morfológicos y agronómicos,

los datos con respecto a las prácticas culturales, condiciones climáticas y de suelo, fecha de siembra, entre otros.

En su investigación **Dhaliwal et al (14)** evaluaron descendencias de 53 tipos de Achiote; se recolectó datos relacionados con el vigor de las plantas, sus caracteres morfológicos, de rendimiento, calidad de las semillas y resistencia frente a plagas y enfermedades; para la producción de semillas se hicieron tres selecciones, observándose que son bastantes uniformes en sus descendencias.

Del Ribero et al (1) en su investigación indica que Enríquez y Salazar (1983) en su estudio obtuvieron base en datos de rendimiento, características de frutos e incidencia de enfermedades más exactamente la causada por *Oidium bixae*, concluyen que la formación de frutos es dependiente del ataque de plagas, enfermedades y polinización entomófila y existe alta variabilidad genética del rendimiento.

Taboada Cristal (15) en su tesis trabajó en la caracterización morfológica y determinación de la bixina en cultivares de achiote: observó que en cuanto a la altura promedio de cada planta, las variedades criollas exceden los 2 m; en tal sentido la variedad peruana presenta mayor ventaja para la cosecha debido a su porte bajo, en la longitud de los pétalos de la flor se observó que en variedades criollas sobrepasan o se encuentra por encima de los 3 cm de longitud, pero hubo también variedades criollas y una peruana con longitud por encima de los 2,5 cm y por último una variedad criolla por debajo de 2,5 cm, el número de estambres varía entre 350 y 420. Para la longitud de frutos se encontró frutos medianos entre 4,10 y 4,90 cm, frutos pequeños menores a 4,10 cm y frutos grandes mayores a 4,90 cm (la variedad peruana destaca en frutos grandes). Con respecto al número de semillas, se observó que no existe modificación con respecto al número de óvulos, la característica morfológica más notoria de la flor

es la coloración de los pétalos florales y en cuanto al contenido de colorante, la variedad peruana ocupa el primer lugar con un promedio de 4,01%.

López et al (12) evaluaron la morfometría de frutos y semillas de Achiote, encontraron frutos que tienen 0,37 – 4,6 cm de largo, 0,35 – 3,3 cm de ancho; el peso del fruto con semillas de 0,46 – 3.3 g, el número de semillas por fruto de 6,59 – 35; las semillas tienen una longitud de 0,02 – 0,5 cm y un ancho de 0,02 – 0,4 cm; el peso promedio de cada semilla es de 0,01 – 0,044 g, siendo el peso total de semillas contenidas en el fruto de 0,29 – 1,55 g; referente a la morfometría de fruto y semilla de achiote se observó que los frutos tenían forma oval, una baja espinosidad (dato positivo, debido a que se afirma que a mayor espinosidad, menos contenido de bixina) y por último buen número de semillas por fruto. Concluyendo que las variaciones de la morfometría podrían ser el resultado a distintos factores, como los geográficos o la influencia del ambiente.

Avalos Fernández (16) caracterizó morfológicamente variedades de Achiote donde en la evaluación de las Flores se observó que la floración fue escalonada, es decir, las cápsulas no maduran todas al mismo tiempo por lo que la planta puede tener varias cosechas durante el año. Las Hojas en su madurez se tornan algo coriáceas, quebradizas al tacto y se encuentran en la parte baja de la planta. El tamaño promedio de los frutos fue de 4,48 cm de longitud, diámetro de 3,07 x 3.01 cm y el grosor del exocarpo de 0,334 cm.

Young Ríos (17) señala en su trabajo sobre evaluación agronómica de siete ecotipos de achiote, que el mayor rendimiento de semilla seca/planta se encontró en el ecotipo Iquitos (Perú) 2,61 kg/planta; el rendimiento de semillas seca/ha fue de 935 a 2870 kg/ha, siendo este resultado superior a los promedios obtenidos en investigaciones pasadas. Los 4 ecotipos del CATIE (Costa Rica) presentaron los valores más alto de porcentaje de bixina (3,3; 3,13; 2,9 y 2,7) frente a los porcentajes de contenido de bixina de los ecotipos nacionales (2,39;

2,32 y 1,52) por lo que se demostró que el porcentaje de bixina es independiente del rendimiento. También se encontró que el número de semillas por cápsula oscila de 29,8 a 54 semillas. Para altura de la planta dos ecotipos del CATIE (Costa Rica) A8 y A4 registraron el mayor incremento 1,13 y 0,88 m respectivamente, demostrando mayor adaptabilidad a las condiciones de suelo y clima de la zona. El ecotipo Iquitos (Perú) registró el mayor número de semillas/cápsula, logrando un valor de 54 semillas.

Carvalho et al (18) señalan en los últimos años se trabajó mucho para obtener una mejora genética de la especie; con el fin de obtener una mayor productividad y principalmente el contenido de pigmentos. La concentración de los pigmentos, especialmente la bixina, superó el promedio de 2.5% y la productividad ya alcanza valores superiores a los 1500 kg/ha.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Origen y distribución

Choquecallata (19) y **Barrera & Utia (6)** señalan que el achiote es un árbol bajo oriundo de la América tropical, muy probablemente de la hoya amazónica, debido a que en esa zona crecen otras especies del género.

Antes de la conquista de América, se sembraba achiote en áreas que van desde México hasta Brasil; la planta tiempo después se introdujo a los continentes de África y Asia, cuyos países en la actualidad cultivan y explotan a gran escala en forma comercial y son los mayores productores de achiote en el mundo.

En el Perú, Quillabamba en Cusco y Puerto Bermúdez en Pasco cultivan el achiote con fines de exportación. **Diario Gestión (20)**.

1.2.2. Clasificación taxonómica

Moncada Martínez (21) clasifica taxonómicamente al achiote y se da como sigue:

- Reino : Plantae (vegetal)
- División : Embriofita
- Sub-división : Diploidalia
- Sección : Espermatofita (fanerógamas)
- Sub-sección : Angioesperma
- Clase : Dicotiledónea
- Orden : Parietales
- Familia : Bixaceae
- Género : Bixa
- Especie : ***Bixa orellana*** L.

1.2.3. Ecología del cultivo

a) Clima

Los factores climatológicos más importantes para el cultivo de achiote son los siguientes:

- Temperatura.
- Precipitación pluvial.
- Humedad relativa.

Según **Quiñones y Yunda (22)** temperaturas que están entre los 20 °C a 38 °C son las adecuadas para que la planta pueda desarrollarse.

Choquecallata (19) y **Quiñones & Yunda (22)** señalan que el achiote necesita precipitación pluvial entre 600 a 2000 mm al año siendo estos valores aceptables; la planta tolerante a sequías, en épocas secas la

planta entra en un estado de latencia e incluso la planta muestra una fuerte defoliación el cual se mejorará con el regreso de las lluvias.

En nuestro país, el achiote se desarrolla en regiones que presentan una alta diversidad microclimática y prospera bien entre 0 y 1600 m.s.n.m. Aunque su crecimiento es más rápido y vigoroso en las zonas bajas. **Campos (7)**.

b) Suelo

La planta prospera bien en una gran diversidad de suelos que van desde franco arenoso hasta franco arcillosos, esto gracias al sistema radicular bien desarrollado, se prefieren suelos profundos, drenados, aireados y con altos contenidos de materia orgánica; el rango de pH del suelo va de 4.3 a 8.7, siendo las mejores plantaciones los valores encontrados en pH de 5 a 7.5; el achiote es medianamente tolerante a la salinidad. **Quiñones & Yunda (22)**.

El achiote se adapta bien a los suelos que profundos, siendo óptimos aquellos con profundidad mayor de 1 m, no prospera en suelos mal drenados. **Choquecallata (19)**.

1.2.4. Descripción botánica

Como dicen **Barrera & Utia (6)** y **Moncada Martínez (21)** el achiote es un arbusto o árbol pequeño que mide de 3 a 5 metros de altura esto depende del tipo de manejo y según a las condiciones que se encuentre en su hábitat natural puede alcanzar hasta más de 10 metros.

Tallo y ramas

Presenta un tallo principal con ramificación dicotómica desde la base; la corteza es parda de la cual brota un látex rojizo; llega a desarrollar un

diámetro de 20 a 30 centímetros incluso más. Las ramas son generalmente delgadas, tendiendo a leñosas, su coloración varía del verde al morado. **Choquecallata (19), Moncada (21).**

Hojas

Las hojas son simples pudiendo presentar formas deltoidea o cordiforme dependiendo de la variedad, tienen ápice acuminado y borde cortado; el color de las hojas varía desde el verde claro al verde oscuro, con el envés verde claro algo plateado y la disposición de las hojas en las ramas es en forma alterna; son de tamaño variable puesto que depende del tipo de achiote cultivado pudiendo medir desde 7 a 20 cm de longitud, su ancho varía de 5 a 14 cm y el peciolo alcanza hasta los 5 cm. **Barrera & Utia (6).**

Raíz

La raíz es pivotante, bastante desarrollado cualidad para penetrar a profundidad cuando el suelo es pobre y le confiere control de la erosión. **Moncada (21).**

Flor

Según la investigación de **Barrera & Utia (6)** y **Moncada Martínez (21)** se muestra flores compuestas, actinomorfas, sexualidad hermafrodita; dispuestas en panículas terminales en ramas jóvenes; cada flor contiene 5 pétalos de color blanco, rosado o lila dependiendo de la variedad, 5 sépalos, estilo filiforme, estigma bilobulado, filamentos filiformes de color blanco, amarillo y violeta, con ovario elevado por un ginóforo con apariencia de ser supero, con rudimentos seminales que varían de 10 a 60 cápsulas, unilocular, a veces presenta falsos tabiques, pluriovulado, contiene anteras bitecas y de dehiscencia poricida, los estambres son

pequeños y numerosos; según la coloración de la flor las cápsulas son verdes, rojizas o amarillas. Flores Blancas, capsulas verdes y Flores rosadas, capsulas rojizas.

Fruto

Barrera y Utia (6). El fruto es una cápsula de forma redonda, acorazonada, lancetada u oblonga; la superficie cubierta por pelos que pueden ser largos, medianos, cortos, en forma de espinas y en otros no se muestran; presentan colores que van de verdes, rojas ocre y amarillas lo cual difiere de la variedad; la dehiscencia se muestra en ciertas variedades y en otras no, pudiendo ser esta completa o no; en el interior del fruto un arilo de colores variados recubre las semillas.

El fruto está formado por 2 lóbulos, aunque debido a cruzamientos naturales se encuentran frutos hasta con tres segmentos conteniendo mayor número de semillas; el contenido de semilla por fruto está entre 20 a 55 lo que se estima esté ligada con la polinización; con placenta inmadura se muestra color amarillo verdoso, en la madurez el color cambia a café claro u oscuro. **Barrera y Utia (6).**

Semillas

Pequeña de 3,5 - 5 mm de largo, ubicado en la placenta, sostenida por un pedúnculo, la semilla tiene forma piramidal, unida a la placenta por la parte más puntiaguda; la parte más gruesa tiene una mancha circular de color negro; la semilla está formada por una membrana porosa debajo el cual se forman los colorantes. **Barrera y Utia (6).**

La bixina es el colorante principal presente en las semillas compuesto clasificado como carotenoide, posee alto poder colorante. **Barrera y Utia (6).**

1.3. Definición de términos básicos

- **Diseño experimental.** Existen varios tipos de diseño experimental que se pueden emplear según sean las condiciones del entorno donde se ejecute la prueba. El diseño completo al azar, su uso se ha generalizado. El empleo erróneo del Diseño puede representar una pérdida en la precisión de un ensayo para estimar el efecto de tratamientos.
- **Características botánicas.** Las características botánicas de achiote son aquellas características que muestran una amplia variabilidad, observándose cultivares que difieren significativamente en forma, tamaño y color, de sus hojas, flores y frutos. **Hernández et al (5).**
- **Bixina.** La bixina es un colorante natural empleado extensamente en las industrias de alimentos y cosméticos, por su ventaja en cuanto a requerimientos legales. **C y R internacional (23).**

La bixina es un carotenoide que forma cristales rómbicos de color pardo rojizo que se funden a 198 grados centígrados; soluble en los álcalis, suele venderse en forma de sal sódica seca, en solución acuosa alcalina o en forma de emulsión en aceite de semilla de algodón. **Kirk & Othmer (24).**

- **Morfotipo.** Consiste en un tipo morfológico que caracteriza a un grupo de plantas o animales. (RAE).
- **Unidad experimental.** La unidad experimental es el elemento (planta, animal u objeto) al que se le modificará en forma planeada factores para revisar su respuesta.
- **Matriz básica de datos.** Consiste en un arreglo en forma de cuadrícula con tantas filas como accesiones existentes (n) y una columna para cada variable (p). **Franco & Hidalgo (25).**
- **Estadísticos simples.** Permiten estimar y describir el comportamiento de las diferentes accesiones en relación con cada carácter. Los más comunes son

el promedio, la media aritmética, el rango de variación, la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV), que se utilizan en el análisis de datos cuantitativos. **Franco & Hidalgo (25).**

- **Error experimental.** El error experimental es la variación de resultados debido a factores externos al experimento.
- **Pruebas de significancia.** Las pruebas de significación estadística sirven para comparar variables entre distintas muestras. Si la distribución de la muestra es normal se aplican los llamados test paramétricos. Si la distribución no puede asumirse normal se aplican las pruebas no paramétricas. El uso indiscriminado de muestras de distribución fuera de la normalidad conlleva el peligro de obtener conclusiones erróneas. **Calzada (26).**

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de las hipótesis

2.1.1. Hipótesis general

Existen diferencias estadísticas significativas en los efectos de ocho morfotipos de achiote (*Bixa orellana* L.) sobre características agronómicas y de rendimiento en condiciones de clima y suelo de Zungarococha en el año 2020.

2.1.2. Hipótesis específicas

- Existen diferencias estadísticas significativas en los efectos de ocho morfotipos de achiote (*Bixa orellana* L.) sobre características agronómicas en condiciones de clima y suelo de Zungarococha en el año 2020.
- Existen diferencias estadísticas significativas en los efectos de ocho morfotipos de achiote (*Bixa orellana* L.) sobre características de rendimiento en condiciones de clima y suelo de Zungarococha en el año 2020.

2.2. Variables y su operacionalización

2.2.1. Identificación de las variables

- **Variable independiente (X)**

X: Morfotipos de achiote (*Bixa orellana* L.)

- **Variables dependientes (Y)**

Y1: Características agronómicas

Y1.1.: Altura de la planta

Y1.2.: Longitud de pétalos

Y1.3.: Número de estambres

Y2: Características de rendimiento

Y2.1.: Longitud de frutos

Y2.2.: Número de semillas

Y2.3.: Peso de 100 semillas

Y2.4.: % de bixina

2.2.2. Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Categoría	Valores de la categoría	Medio de verificación
Variable independiente (X):							
Morfotipos de achiote.	Según la RAE, morfotipo es el tipo morfológico que caracteriza a un grupo determinado de organismos plantas o animales	Cualitativa	Morfología de la planta	Nominal politómico	M1 M2 M3 M4 M5 M6 M7 M8	No aplica	Formato de registro de datos morfológicos
Variable dependiente (Y):							
Características agronómicas y de rendimiento.	Rasgos fenotípicos de la planta	Cuantitativa	- Altura de la planta (cm) - Longitud de pétalos(cm) - Número de estambres - Longitud de frutos (cm) - Número de semillas. - %bixina.	Numérica de razón	- No dificultoso Poco dificultoso Difícultoso Muy dificultoso - Cortos Intermedios Largos - Escaso Normal Abundante - Pequeño Mediano Grande Muy grande - Bajo Regular Bueno	< de 2 m 2-3 m 3-5 m > de 5 m 2-2.5 cm 2.6-3.0 cm > de 3.0 cm 300-350 351-400 > 400 3-4.0 cm 4.1-4.9 cm 5.0 - 5.9 cm > 5.9 cm 1-2% 2-3% 3-5%	Formato de registro de toma de datos de evaluación

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue cuantitativo experimental, explicativo, transversal, descriptivo inferencial y prospectivo, en el que se buscaba conocer diferencias estadísticas, características agronómicas y de rendimiento de las variables en estudio; esto con la finalidad de dar con informaciones válidas como también para la toma de decisiones.

3.1.2. Diseño metodológico

El diseño de la investigación fue experimental puro, debido a que se mantuvo el control durante el experimento donde se comparó los efectos de la variable independiente sobre las variables dependientes y probar la relación existente.

3.2. Diseño muestral

3.2.1. Población objetivo

La población y la muestra proceden del banco de germoplasma de achiote pertenecientes a la facultad de agronomía. Tomando en consideración el modelo de tratamientos (Modelo I) la población objetivo evaluada fueron en total 40 plantas de achiote, distribuidos a razón de 5 plantas/morfotipo.

3.2.2. Muestra

La muestra tomada consistió en 4 plantas por cada morfotipo haciendo un total de 32 plantas que conformaron el tamaño de la muestra del experimento.

3.2.3. Criterios de selección

Las plantas utilizadas para el muestreo fueron las que se ubican en la parte central de cada unidad experimental para evitar el efecto borde.

a. Muestreo

Fue no probabilístico por conveniencia (4 plantas de la parte central/morfotipo).

b. Criterios de inclusión.

Conformaron la muestra total todas aquellas plantas que cumplieron con los requisitos de buena sanidad, competentes y de idiotipo al morfotipo que corresponden.

c. Criterios de exclusión.

No conformaron la muestra total todas aquellas plantas que no cumplieron con los requisitos de buena sanidad, competentes y de idiotipo que no corresponden al morfotipo bajo estudio.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

3.3.1. Diseño experimental

Para la recolección de datos de las variables en estudio se utilizó como técnica el Diseño Completamente al Azar (DCA), con 8 tratamientos y 4 repeticiones cuyo modelo aditivo lineal para cualquier dato y observación fue el siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Donde:

U = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i – ésimo morfotipo de achote

E_{ij}= Efecto del error correspondiente a la j - ésimo observación realizada en el i - ésimo morfotipo de achote.

Para la recolección de datos de las variables en estudio, se escogieron las plantas ubicadas en la parte central de la unidad experimental; para la veracidad de los datos se buscó precisión y objetividad mediante la disminución de los errores experimentales. Se utilizaron instrumentos de medición acorde con las variables como lo son: balanza gramera digital, vernier, descriptores morfológicos, así como un muestreo adecuado. Los datos cuantitativos se registraron en formatos elaborados por el autor (anexo 06) los cuales se hicieron durante el tiempo que duró la investigación registrando datos de: altura de la planta, longitud de pétalos, número de estambres, longitud de frutos, número de semillas y porcentaje de bixina.

Los ocho tratamientos en estudio corresponden a los ocho morfotipos de la investigación:

TRATAMIENTO	MORFOTIPO
T1	M1
T2	M2
T3	M3
T4	M4
T5	M5
T6	M6
T7	M7
T8	M8

32	M8	31	M8	30	M8	29	M8
25	M7	26	M7	27	M7	28	M7
24	M6	23	M6	22	M6	21	M6
17	M5	18	M5	19	M5	20	M5
16	M4	15	M4	14	M4	13	M4
09	M3	10	M3	11	M3	12	M3
08	M2	07	M2	06	M2	05	M2
01	M1	02	M1	03	M1	04	M1

Distribución de las unidades experimentales por morfotipo:

3.3.2. Características del área experimental

Del campo experimental:

- Largo del campo : 60.0 m
- Ancho : 30.0 m
- Área del campo experimental : 1800.00 m²

De las parcelas:

- Número de parcelas : 08
- Largo de la parcela : 25 m
- Ancho de la parcela : 2 m
- Área de la parcela : 50 m²

De los morfotipos:

- Número de morfotipos : 08
- Número de plantas por morfotipo : 05
- Distanciamiento entre planta : 5.0 m
- Distanciamiento entre hileras : 2.0 m

3.3.3. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos y con la finalidad de asegurar precisión y exactitud en la inferencia mediante el control de los errores aleatorios, errores sistemáticos y sesgos de selección e información se usó un tamaño de muestra adecuado (parcela neta) así como instrumentos de medición precisos, adecuados y calibrados de las variables tales como: reglas graduadas, balanza digital, vernier digital, descriptores morfológicos entre otros.

3.3.4. Toma de datos de las variables

La toma de datos de las variables en estudio se realizó en cada morfotipo de achiote. Se procedió a reconocer los órganos y los descriptores morfológicos planta por planta. En total fueron 07 características morfológicas cuantitativas. El proceso de toma de datos fue secuencial: árbol, flores, frutos y semillas.

3.4. Procesamiento y análisis de los datos

Los datos obtenidos mediante los instrumentos de medición de las variables de características agronómicas y de rendimiento conjuntamente con los morfotipos sirvieron para la construcción de la matriz básica de datos (MBD), las cuales luego del análisis exploratorio correspondiente se realizaron la prueba de normalidad y homogeneidad de variancias los análisis estadísticos univariados para el cual se utilizaron estadísticos descriptivos de resumen como la media, mediana, desviación estándar, valores mínimos, máximos y coeficiente de variabilidad. Así mismo se realizó un análisis de variancia para cada variable cuantitativa, así como sus respectivos gráficos en tres dimensiones. El software por el cual se procesó la información fue a través del software INFOSFAT versión 2017.

Esquema del análisis de variancia (Modelo I)

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad
Morfotipo	$t - 1 = 8 - 1 = 7$
Error	$t (n - 1) = 8 (4 - 1) = 24$
Total	$t n - 1 = (8) (4) - 1 = 31$

3.5. Aspectos éticos

El compromiso del responsable de esta tesis fue cumplir con las normas éticas que nos hacen un buen investigador como son la veracidad de los resultados obtenidos, manejar el cultivo correctamente; se respetó la metodología y se trabajó con total claridad.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Para los análisis estadísticos se realizó previamente la prueba de normalidad (Residuales) y de homogeneidad de variancias (Residuales y Predichos) de los datos originales de todas las variables dependientes, el cual se realizó mediante gráficos Q- Q Plot encontrándose valores de $r > 0.94$ así como poca dispersión de los datos para altura de planta, longitud de pétalos, número de estambres, longitud de frutos, número de semillas , peso de 100 semillas y % de bixina respectivamente. Dichos pruebas y resultados se muestran en el anexo del presente informe. Como consecuencia que se encontró, normalidad y homogeneidad de variancias en las siete variables de respuesta, se procedió a realizar análisis estadísticos paramétricos correspondientes a las pruebas de hipótesis, prueba de significancia de medias con sus correspondientes gráficos de efectos sobre las medias, cuyos resultados se muestran y se interpretan a continuación:

4.1. Características agronómicas

4.1.1. De la altura de planta en metros de los morfotipos de achote

En la tabla 1, del análisis de variancia de Fisher para la variable altura de planta en metros, se observó diferencias estadísticas significativas y en los pesos promedios de altura de planta entre los morfo tipos estudiados, con un (p valor de $0.0032 < 0.05$ error tipo I) . Igualmente y de acuerdo al resumen del modelo, se puede observar un r^2 igual a 0.56 y un r^2 ajustado igual a 0.43, indicándonos que el porcentaje de variación en la respuesta de la variable altura de planta es explicado en un 56% o de manera ajustada en un 43% debido a los morfotipos o al modelo notándose un no muy buen ajuste del modelo a los datos. El coeficiente de variación fue bajo (5.31%) otorgando confianza experimental a los mismos.

Tabla 1. Análisis de variancia para altura de planta en metros de ocho morfotipos de achote (*Bixa orellana*)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Morfotipo	1.36	7	0.19	4.33	0.0032
Error	1.08	24	0.04		
Total	2.44	31			

CV= 5.31% $r^2= 0.56=$ $r^2_{aj} = 0.43$

Los resultados encontrados en el análisis de variancia de la **tabla 1** se corroboran con la prueba de Tuckey para altura promedio en metros en la **tabla 2**, encontrándose dos grupos estadísticamente homogéneos, destacando los morfotipos M5 y M4 quienes ocuparon los primeros lugares con 4.18 y 4.15 cm de altura de planta, siendo superiores estadísticamente a los morfotipos M3y M1 mas no a los morfotipos M6, M11, M10, y M2. El M1 ocupó el último lugar con el menor promedio de altura de planta (3.50 m) en el ranqueo.

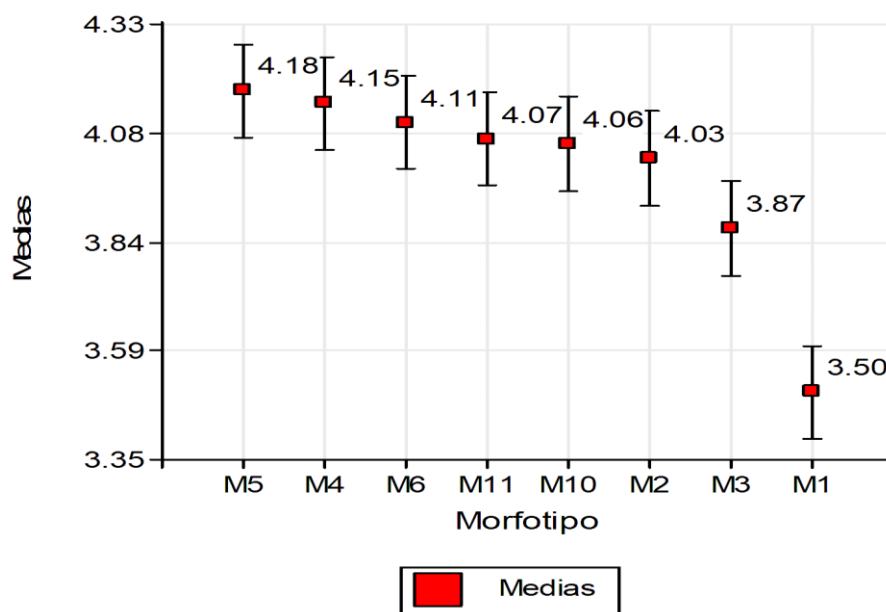
Tabla 2. Prueba de tuckey para altura promedio de planta. Alfa = 0.05 DMS = 0.4967

Morfotipo	Medias	n	E.E.	Significancia
M5	4.18	4	0.11	A
M4	4.15	4	0.11	A
M6	4.11	4	0.11	A
M11	4.07	4	0.11	A
M10	4.06	4	0.11	A
M2	4.03	4	0.11	A
M3	3.87	4	0.11	A B
M1	3.50	4	0.11	B

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

En la figura 1 se observa gráficamente los efectos de los morfotipos de achote, donde se nota a las morfotipos M5 y M4 con los mayores efectos y con efectos no traslapados con respectos al morfotipo M1 mas no a los demás morfotipos.

Figura 1. Efectos de ocho morfotipos de achiote sobre las medias de altura de planta en metros.



4.1.2. De la longitud de pétalos en cm de los morfotipos de achiote

En la **tabla 3**, del análisis de variancia de Fisher para longitud de pétalos en centímetros, se observa que existe diferencias estadísticas altamente significativas para morfotipos (p valor = $0.0001 < 0.05$ de error tipo I). De la misma manera, se observa y de acuerdo al resumen del modelo, se puede observar un r^2 igual a 0.80 y un r^2 ajustado igual a 0.74, indicándonos que el porcentaje de variación en la respuesta de la variable longitud de pétalo es explicado en un 80% o de manera ajustada en un 74% debido a los morfotipos, notándose un buen ajuste del modelo a los datos.

El coeficiente de variabilidad es muy aceptable (6.51%) datos poco dispersos con respecto a la media y que respaldan la confiabilidad experimental en el recojo de datos así como la prueba de significancia de medias a utilizar.

Tabla 3. Análisis de variancia para longitud de pétalo en centímetros de ocho morfotipos de achiote

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Morfotipo	3.84	7	0.55	13.88	<0.0001
Error	0.95	24	0.04		
Total	4.79	31			
CV = 6.51%	$r^2 = 0.80$	$r^2 = 0.74$			

Es importante indicar, que en términos de variancia, hay una gran contribución a la variancia total por parte de los morfotipos que los errores aleatorios.

Al existir significancia estadística en los efectos de los morfotipos con el estadístico de prueba de Fisher, se realizó la prueba de significancia de medias de tuckey, donde se detectó de manera específica tres grupos estadísticamente homogéneos, destacando en el primer grupo los morfotipos M3y M6 por tener los mayores promedio con 3,40 y 3.36 cm, siendo superiores estadísticamente a los morfotipos M4, M5 y M1, respectivamente.

Es importante indicar que la significancia encontrada con el análisis de variancia y la prueba de Tuckey para la variable longitud de pétalo, implica aceptar la hipótesis del investigador como verdadera, con un error muy bajo de cometer error tipo I (p valor menor al 1% con respecto al límite del 5% de error tipo I impuesto).

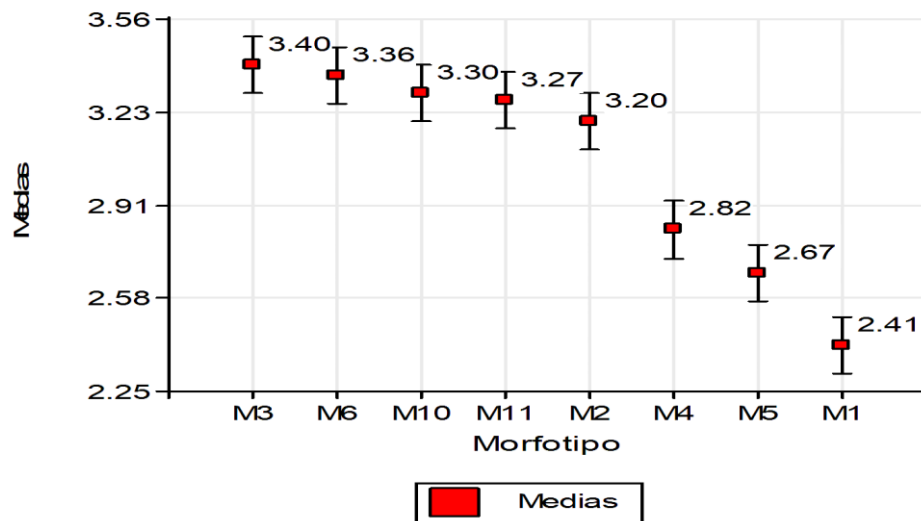
Tabla 4. Prueba de tuckey para longitud de pétalo (cm). Alfa = 0.05 DMS = 0.4655

Morfotipo	Medias	n	E.E.	Significancia
M3	3.40	4	0.10	A
M6	3.36	4	0.10	A
M10	3.30	4	0.10	A
M11	3.28	4	0.10	A B
M2	3.20	4	0.10	A B
M4	2.82	4	0.10	B C
M5	2.67	4	0.10	C
M1	2.41	4	0.10	C

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

En la figura 2 se observa los efectos de los morfotipos sobre las medias de longitud de pétalo, donde destaca en sus efectos los morfotipos M3 y M6 siendo de efectos traslapados con respecto a los morfotipos M10, M11 y M2 mas no a los morfotipos M4, M5 y M1 respectivamente.

Figura 2. Efecto de ocho morfotipos sobre las medias de longitud de pétalo en centímetros



4.1.3. Del número de estambres de los morfotipos de achote

En la tabla 5 del análisis de variancia para número de estambres, se observa diferencias estadísticas altamente significativas en los efectos de los morfotipos de achote (p valor < 0.05 de error tipo I) sobre las medias del número de estambres, con un coeficiente de variabilidad de 3.22%, indicándonos un grado de dispersión muy bajo de los datos con respecto a la centralidad de los mismos.

De acuerdo al resumen del modelo, se puede observar un r^2 igual a 0.89 y un r^2 ajustado igual a 0.85, indicándonos que el porcentaje de variación en la respuesta de la variable número de estambre es explicado en un 89% o de manera ajustada en un 85% debido a los morfotipos, notándose un notable ajuste del modelo con los datos de la variable número de estambres.

Tabla 5. Análisis de variancia para número de estambres de ocho morfotipos de achote

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Morfotipo	42744.47	7	6106.35	26.64	<0.0001
Error	5500.25	24	229.18		
Total	<u>48244.72</u>	31			
CV= 3.22%	$r^2 = 0.89$	$r^2 = 0.85$			

Es importante indicar, al igual que en el análisis de variancia anterior, la contribución a la variancia total de los errores sistemáticos es mucho mayor a los debidos a errores aleatorios.

En la **tabla 6** de la prueba de tuckey, se encontró hasta cuatro grupos estadísticamente homogéneos, destacando en el primer grupo los morfotipos M1y M6 con el mayor número de estambres con 455 y 441 superando estadísticamente a los demás morfotipos estudiados.

Los morfotipos de achote con el menor número de estambres fueron M2 y M11 con 373 y 333 estambres.

Sin lugar a dudas, la significancia encontrada con el análisis de variancia y la prueba de significancia de medias de Tuckey para la variable número de estambres, implica aceptar igualmente la hipótesis del investigador como verdadera, con un error muy bajo de cometer error tipo I (p valor menor que el 1% con respecto al límite del 5% de error tipo I impuesto).

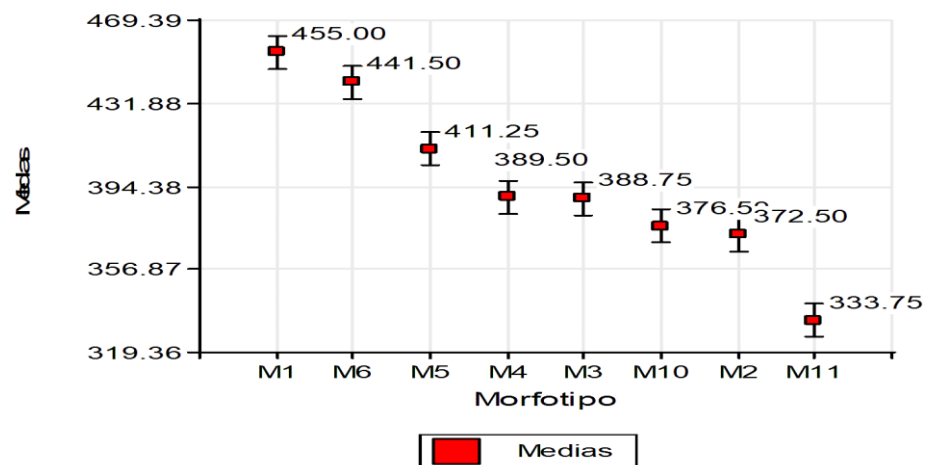
Tabla 6. Prueba de tuckey para número de estambres. Alfa = 0.05 DMS = 35.4527

Morfotipo	Medias	n	E.E.	Significancia
M1	455.00	4	7.57	A
M6	441.50	4	7.57	A B
M5	411.25	4	7.57	B C
M4	389.50	4	7.57	C D
M3	388.75	4	7.57	C D
M10	376.50	4	7.57	C D
M2	372.50	4	7.57	D
M11	333.75	4	7.57	E

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

En la **figura 3** se corrobora lo mencionado en la tabla 6, con la prueba de tuckey donde se observa gráficamente que el mayor efecto corresponde a los morfotipos M1 y M6 teniendo sus efectos no traslapado con respecto a los efectos de los demás morfotipos respectivamente.

Figura 3. Efecto de ocho morfotipos de achiotte sobre el número de estambres.



4.2. Características de rendimiento

4.2.1. De la longitud de fruto de los morfotipos de achiote

En la **tabla 7** del análisis de variancia para longitud de fruto en centímetros, se observa diferencias estadísticas altamente significativas en los efectos de los morfotipos (p valor < 0.05 de error tipo I) sobre las medias de longitud de frutos, así como un coeficiente de variación de 4.94%, indicándonos un grado de dispersión muy moderado de los datos con respecto a la centralidad de los mismos como es la media.

Igualmente, de acuerdo al resumen del modelo, se puede observar un r^2 igual a 0.89 y un r^2 ajustado igual a 0.86, indicándonos que el porcentaje de variación en la respuesta de dicha variable es explicado en un 89% o de manera ajustada en un 86% debido a los morfotipos, notándose igualmente un notable ajuste del modelo con los datos de la longitud de fruto.

Tabla 7. Análisis de variancia para longitud de fruto en cm para ocho morfotipos de achiote

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Morfotipo	15.70	7	2.24	28.69	<0.0001
Error	1.88	24	0.08		
Total	15.57	31			

CV=4.94% $r^2 = 0.89$ $r^2 = 0.86$

En la **tabla 8** relacionado con la prueba de significancia de medias de tuckey, se encontró igualmente hasta tres grupos estadísticamente homogéneos, destacando en el primer grupo los morfotipos M5y M3, con el mayor efecto y la mayor media de longitud de fruto en centímetros con 6.58 y 6.31 cm superando estadísticamente a M10, M11, M2, M6 y M1 mas no al M4. Entre M4 y M10 no se encontró significancia estadística respectivamente.

Es importante indicar que la significancia encontrada con el análisis de variancia y la prueba de Tuckey para esta variable cuantitativa, implica aceptar nuevamente, como en los otros casos, la hipótesis del investigador como verdadera, con un error muy bajo de cometer error tipo I (p valor menor que el 1% con respecto al límite del 5% de error tipo I impuesto).

Así mismo, es importante indicar, que la contribución a la variancia total por parte de los errores sistemáticos fue mucho mayor al de los aleatorios.

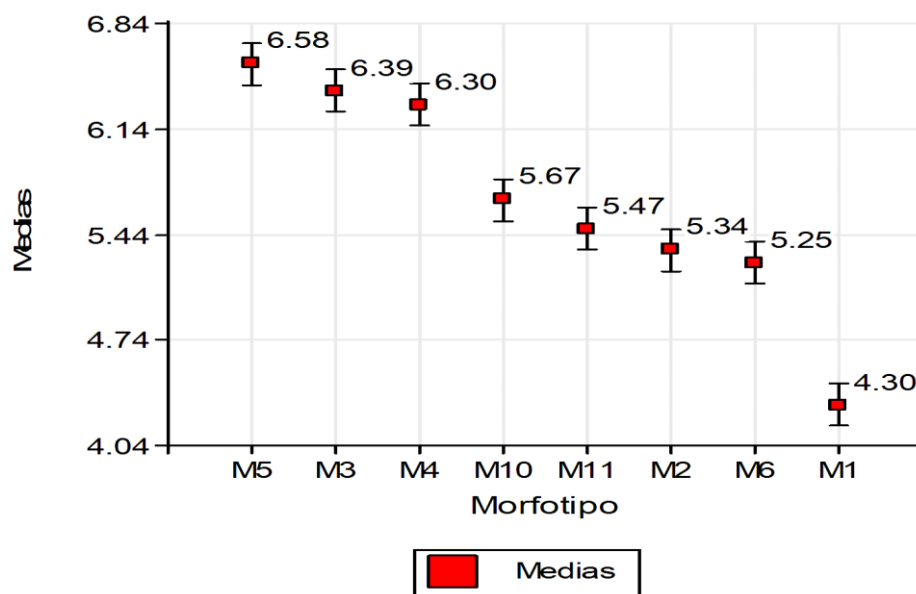
Tabla 8. Prueba de tuckey para longitud de fruto en cm. Alfa = 0.05 DMS = 0.6547

Morfotipo	Medias	n	E.E.	Significancia	
M5	6.580	4	0.14	A	
M3	6.390	4	0.14	A	
M4	6.300	4	0.14	A	B
M10	5.670	4	0.14		B C
M11	5.480	4	0.14		C
M2	5.340	4	0.14		C
M6	5.250	4	0.14		C
M1	4.310	4	0.14		D

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

En la **figura 4** se corrobora también lo mencionado anteriormente con la prueba de tuckey donde se observa gráficamente que los mayores efectos corresponde a los morfotipos M5, M3 y M4 teniendo sus efecto no traslapado con respecto a los efectos de los demás morfotipos respectivamente.

Figura 4. Efecto de los morfotipos de achiote sobre las medias de longitud de fruto en cm



4.2.2. Del número de semillas de los morfotipos de achiote

En la **tabla 09** del análisis de variancia para número de semillas de los ocho morfotipos de achiote, se observa diferencias estadísticas altamente significativas en los efectos de los morfotipos (p valor < 0.05 de error tipo I) sobre las medias del número de semillas por fruto, así como un coeficiente de variabilidad de 5.69%, indicándonos un grado de dispersión bajo de los datos con respecto a la media de los mismos. De acuerdo igualmente al resumen del modelo, se puede observar un r^2 igual a 0.97 y un r^2 ajustado igual a 0.96, indicándonos que el porcentaje de variación en la respuesta de dicha variable es explicado en un 97% o de manera ajustada en un 96% debido a los morfotipos, notándose igualmente un notable ajuste del modelo de los datos de la variable rendimiento número de semilla por fruto.

Tabla 9. Análisis de variancia para número de semillas de de ocho morfotipos de achiote

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Morfotipo	5516.88	7	788.13	95.05	<0.0001
Error	199.00	24	8.29		
Total	5715.88	31			
CV=5.69%	$r^2 = 0.97$	$r^2 = 0.96$			

En la **tabla 10** de la prueba de tuckey, se encontró igualmente hasta cinco grupos estadísticamente homogéneos, destacando en el primer grupo los morfotipos M2 y M6 con el mayor efecto y el mayor número de semillas con 68 y 63 semillas por fruto, superando estadísticamente M3, M1, M4, M5, M10 y M11.

Entre los morfotipos M6y M3 no se encontró significancia estadística así como entre M3 y M1.

La significancia estadística encontrada con el análisis de variancia paramétrico de Fisher y la prueba estadística de Tuckey para número de semillas por fruto, implica aceptar nuevamente como en los otros casos la hipótesis del investigador como verdadera, con un error muy bajo de cometer error tipo I (p valor menor que el 1% con respecto al límite del 5%, brindando confianza a la decisión de rechazar la hipótesis de trabajo.

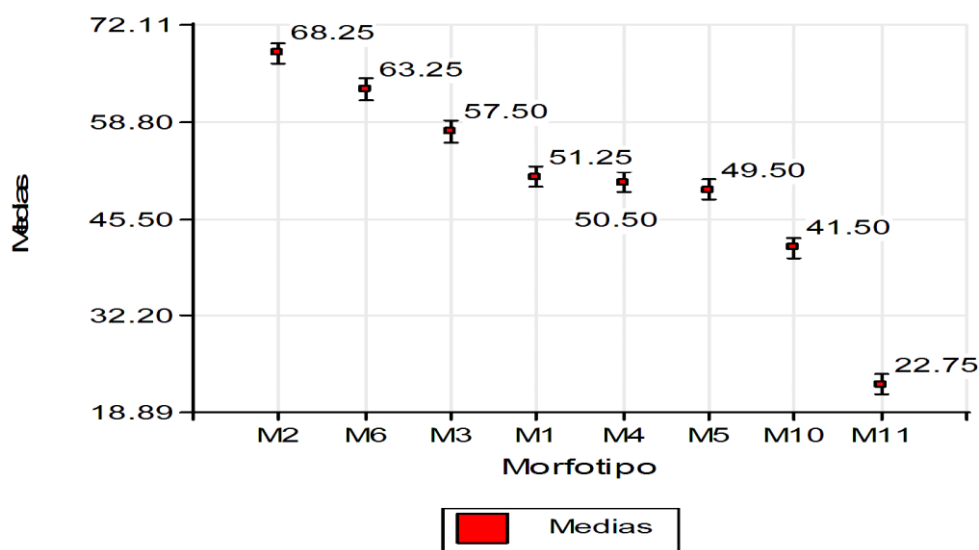
Tabla 10. Prueba de tuckey para número de semillas. Alfa = 0.05 DMS = 6.7434

Morfotipo	Medias	n	E.E.	Significancia		
M2	68.25	4	1.44	A		
M6	63.25	4	1.44	A	B	
M3	57.50	4	1.44		B	C
M1	51.25	4	1.44			C D
M4	50.50	4	1.44			D
M5	49.50	4	1.44			D
M10	41.50	4	1.44			E
M11	22.75	4	1.44			F

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

En la **figura 5** se corrobora lo mencionado con la prueba de tuckey donde se observa gráficamente que los mayores efectos corresponde a los morfo tipos M2 y M6 teniendo sus efecto no traslapado con respecto a los efectos de los demás morfotipos respectivamente.

Figura 5. Efecto de ocho morfotipos de achiote sobre las medias del número de semillas



4.2.3. Del peso de 100 semillas de los morfotipos de achiote

En la **tabla 11** del análisis de variancia para peso de 100 semillas en gramos, se observa diferencias estadísticas altamente significativas en los efectos de los morfotipos (p valor < 0.05 de error tipo I) sobre las medias de los pesos de 100 semillas, así como un coeficiente de variabilidad de 13.25%, indicándonos un grado de dispersión moderado de los datos con respecto a la centralidad de los mismos. De acuerdo al resumen del modelo, se puede observar un r^2 igual a 0.86 y un r^2 ajustado igual a 0.82, indicándonos que el porcentaje de variación en la respuesta de dicha variable es explicado en un 86% o de manera ajustada en un

82% debido a los morfotipos, notándose igualmente un notable ajuste del modelo con los datos de la variable peso de 100 semillas.

La contribución de los errores sistemáticos a la variancia total igualmente fue proporcionalmente mucho más grande que la debido a los errores aleatorios, indicándonos un control de la situación experimental muy aceptable otorgando validez interna a los resultados obtenidos.

Tabla 11. Análisis de variancia para peso de 100 semillas de ocho morfotipos de achiote

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Morfotipo	60.45	7	8.64	21.08	<0.0001
Error	9.84	24	0.41		
Total	70.29	31			
CV=13.25%	$r^2 = 0.86$	$r^2 = 0.82$			

En la **tabla 12** de la prueba de tuckey, se encontró igualmente dos grupos estadísticamente homogéneos, destacando en el primer grupo el morfotipo M6 con la mayor media de 6.62 gramos superando estadísticamente a los morfotipos M5, M1 y M11 mas no a los morfo tipos M4, M10, M2 y M3, . Entre los morfotipos M4, M10, M2 y M3 no se encontró significancia estadística entre ellos .

Los morfotipos M5, M1 y M11 obtuvieron los pesos de 100 semillas más bajos, con 3.62, 3.57 y 2.41 gramos y sin significancia estadística entre ellos.

La significancia encontrada con el análisis de variancia y la prueba de Tuckey para peso de 100 semillas en gramos implica igualmente aceptar como en los casos anteriores, la hipótesis del investigador como verdadera, con un error muy bajo de cometer error tipo I (p valor menor que el 1% con respecto al límite del 5% de error tipo I impuesto).

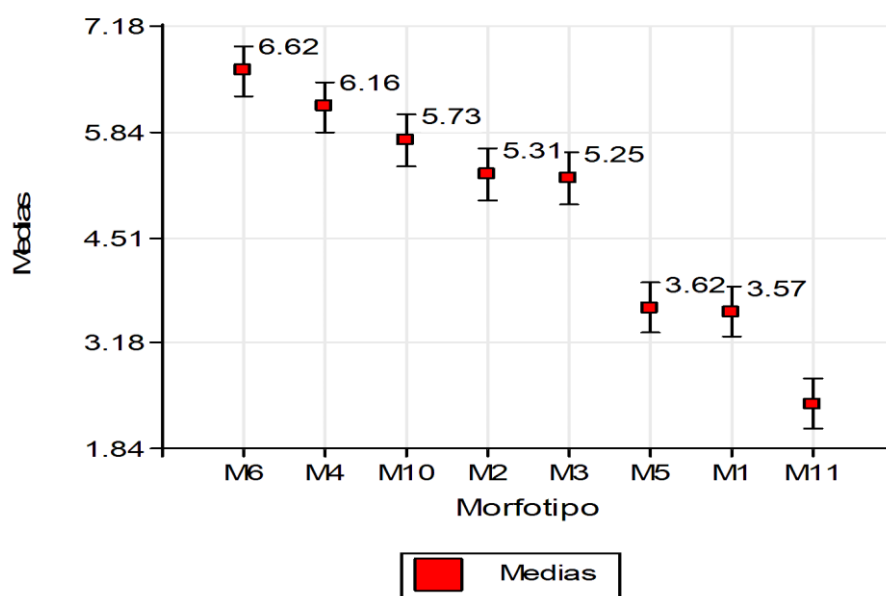
Tabla 12. Prueba de tuckey para peso de 100 semillas. Alfa = 0.05 DMS = 1.499

Morfotipo	Medias	n	E.E.	Significancia
M6	6.62	4	0.32	A
M4	6.16	4	0.32	A
M10	5.73	4	0.32	A
M2	5.31	4	0.32	A
M3	5.26	4	0.32	A
M5	3.62	4	0.32	B
M1	3.57	4	0.32	B
M11	2.41	4	0.32	B

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

En la **figura 6** se corrobora lo mencionado anteriormente en la prueba de tuckey donde se observa gráficamente que el mayor efecto corresponde al morfo tipo M6, teniendo sus efecto no traslapado con los morfotipos M4,M10,M2 y M3 , y si con los morfotipos M5, M1 y M11 respectivamente.

Figura 6. Efecto de ocho morfotipos de achote sobre las medias de peso de 100 semillas.



4.2.4. Del % de bixina de los morfotipos de achote

En la **tabla 13** del análisis de variancia para el porcentaje de bixina, se observa diferencias estadísticas altamente significativas entre los efectos de los morfotipos estudiados (p valor < 0.05) sobre el % de bixina. El coeficiente de variabilidad es aceptable otorgándonos confianza experimental en los datos (equivalencia inicial y durante el desarrollo del experimento). De acuerdo al resumen del modelo, se puede observar un r^2 igual a 0.93 y un r^2 ajustado igual a 0.90, indicándonos que el porcentaje de variación en la respuesta de dicha variable es explicado en un 93% o de manera ajustada en un 90% debido a los morfotipos, notándose igualmente un notable ajuste del modelo con los datos de la variable porcentaje de bixina (%).

La contribución de los errores sistemáticos a la variancia total igualmente fue proporcionalmente mucho más grande que la debido a los errores aleatorios, indicándonos un control de la situación experimental muy aceptable otorgando validez interna a los resultados obtenidos.

Tabla 13. Análisis de variancia de % de bixina de ocho morfotipos de achote

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Morfotipo	1563.14	7	223.31	31.87	<0.0001
Error	112.12	24	7.01		
Total	1675.26	31			

CV:16.95% r :0.93 r^2 :0.90

En la **tabla 14** de la prueba de tuckey, se encontró cinco grupos estadísticamente homogéneos, destacando en el primer grupo el morfotipo M10 , M11 y M1 con los mayores % de bixina equivalente 27.09%,24.14% y 21.35% sin superación estadística entre ellos pero si a los demás morfo tipos,

Los morfotipos M3 y M5 son los que tuvieron los menores porcentajes de bixina equivalente a 8.09 % y 1.35% respectivamente.

La significancia encontrada con el análisis de variancia y la prueba de Tuckey para porcentaje de bixina implica aceptar, la hipótesis del investigador como verdadera, con un error muy bajo de cometer error tipo I (p valor menor que el 1% con respecto al límite del 5% de error tipo I impuesto).

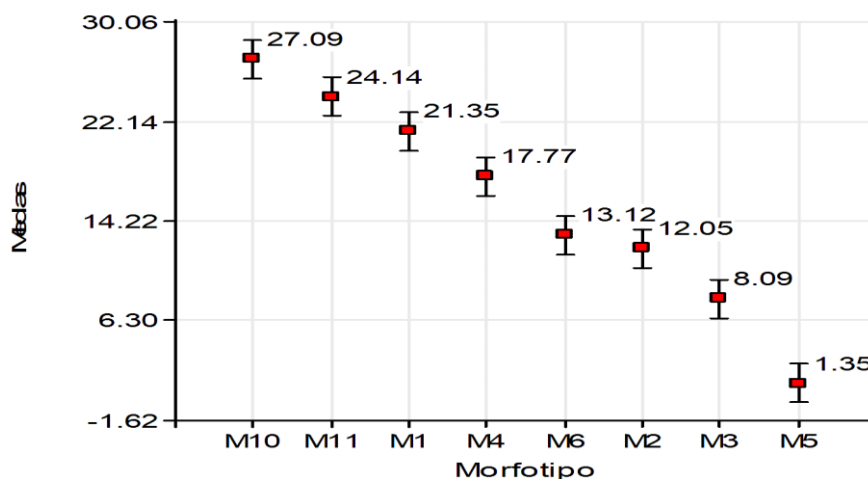
Tabla 14. Prueba de tuckey para % de bixina. Alfa = 0.05 DMS = 7.48

Morfotipo	Medias	n	E.E.	Significancia					
M10	27.09	3	1.53	A					
M11	24.14	3	1.53	A	B				
M1	21.35	3	1.53	A	B				
M4	17.77	3	1.53		B	C			
M6	13.12	3	1.53			C	D		
M2	12.05	3	1.53			C	D		
M3	8.09	3	1.53				D	E	
M5	1.35	3	1.53					E	

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

Tomando en consideración que el nivel de la investigación fue explicativo (causa – efecto) , se procedió a realizar el correspondiente gráficos de efectos cuyos resultados se reflejan en la figura 7 que se presenta a continuación.

Figura 7. Efecto de ocho morfotipos de achote sobre el porcentaje de bixina.



En la figura 7, se corrobora los efectos sobre el porcentaje de bixina de los morfotipos de achiote M10, M11 y M1 y con efectos no traslapados sobre los morfotipos M4, M6, M2, M13 y M5 respectivamente.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos y tomando en consideración los objetivos planteados en la presente investigación, pasamos a discutir los mismos:

5.1. De la altura de planta, longitud de pétalo, número de estambres, longitud de fruto, número de semillas y peso de 100 semillas

Los objetivos planteados en la presente investigación fue determinar diferencias estadísticas significativas en los efectos de ocho morfotipos de achiote (*Bixa orellana* L.) sobre características agronómicas y de rendimiento en condiciones de clima y suelo de Zungarococha en el año 2020.

De acuerdo a los resultados encontrados para seis variables cuantitativas entre agronómicas y de componentes de rendimiento, se encontró que existe efectos bastante significativo y de manera diferenciada de los morfotipos sobre estas seis variables expresados en medias estadísticamente distintas destacando por ejemplo el morfotipo M6 ocupó los primeros lugares en longitud de pétalo, número de estambres, número de semillas y peso de 100 semillas.

El morfotipo M3 esta en los primeros lugares en longitud de pétalo y longitud de fruto. Y el morfotipo M4 tuvo los mayores efectos en altura de planta y peso de 100 semillas.

Este comportamiento diferenciado y de manera significativa de los ocho morfotipos puede atribuirse al efecto genotípico de cada uno de los morfotipos estudiados así como a la procedencia de los mismos, el cual también se vio influenciado en sus expresiones fenotípicas por el medio ambiente, constituido principalmente por los factores suelos y clima de la localidad de Zungarococha San Juan así como su respectiva interacción genotipo – medio ambiente.

Este comportamiento es corroborado por **Hernández et al (5)** quienes refieren que el cultivo de achiote no se ha estudiado adecuadamente su variabilidad

genética de las características agronómicas de esta planta, presentando una variabilidad muy amplia observándose cultivares que difieren grandemente en su forma, tamaño y color de hojas, flores y frutos; así como la capacidad de producción por planta. Así mismo, **Del Rivero et al (1)** menciona una gran diversidad genética en los ecotipos de *Bixa orellana* en lo que refiere a hábito de crecimiento, forma de copa de la planta, coloración del tallo (gris, anaranjado y marrón), color de las hojas (verdes con diferentes tonalidades), coloración de flores (blancas y violetas de diferentes tonalidades), variabilidad con relación al fruto y número de semillas por fruto.

Igualmente **Moz Preza et al (13)** en sus tesis indican que para ampliar el valor relativo de una descripción es preferible incluir, junto a los datos morfológicos y agronómicos, los datos con respecto a las prácticas culturales, condiciones climáticas y de suelo, fecha de siembra, entre otros. (factores ambientales)

Nuestros resultados también se relaciona con los encontrado por **Taboada Cristal (15)** en su tesis trabajó en la caracterización morfológica y determinación de la bixina en cultivares de achote: observó que en cuanto a la altura promedio de cada planta, las variedades criollas exceden los 2 m; en la longitud de los pétalos de la flor se observó que se encuentra por encima de los 3 cm de longitud y en el número de estambres varía entre 350 y 420. Para la longitud de frutos se encontró frutos medianos entre 4,10 y 4,90 cm, frutos pequeños menores a 4,10 cm y frutos grandes mayores a 4,90 cm. Con respecto al número de semillas, se observó que no existe modificación con respecto al número de óvulos, la característica morfológica más notoria de la flor es la coloración de los pétalos florales.

5.2. Del porcentaje de bixina en los morfotipos de achiote estudiados

De acuerdo a los resultados encontrados para la variable porcentaje de bixina (%), se encontró que existe efectos bastante significativo y de manera diferenciada de los morfotipos sobre esta variable expresados en porcentajes estadísticamente distintas destacando claramente los morfotipos M10 y M11 con con 27.09% y 24.14% respectivamente y los morfotipos, en cambio los morfotipos M3y M5 ocuparon los últimos lugares con 8.09% y 1.35% respectivamente.

Estos resultados en cuanto a contenido de bixina se sustenta también en el factor genotípico así como en el factor ambiental para su respectiva expresión fenotípica, considerando al factor procedencia como un aspecto muy importante a considerar en las evaluaciones de contenido de bixina.

Esta diversidad de contenidos de bixina no se corrobora con lo mencionado por **Taboada Cristal (15)** en su tesis trabajó en la caracterización morfológica y determinación de la bixina en cultivares de achiote en la que menciona que contenido de colorante, la variedad peruana tiene un promedio de 4,01%.

Así mismo nuestros resultados es diferente a lo obtenido por **Carvalho et al (18)** quien señala que en los últimos años se trabajó mucho para obtener una mejora genética de la especie; con el fin de obtener una mayor productividad y principalmente el contenido de pigmentos. Él menciona que la concentración de pigmentos, especialmente de bixina, superó el promedio de 2.5% y la productividad de frutos ya alcanza valores superiores a los 1500 kg/ha.

Sería importante para futuros trabajos de investigación en estos morfotipos existentes en el taller de plantas medicinales de la facultad de agronomía de la universidad nacional de la amazonia peruana, evaluar el contenido de bixina mediante un método de determinación estándar a fin de corroborar los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en condiciones de clima y suelo de zungaro cocha San Juan, así como discutido los mismos y de acuerdo a los objetivos y las hipótesis de investigación planteadas en el presente trabajo de investigación, tomando en consideración la naturaleza de los tratamientos (modelo I o del analisis de variancia) se concluye lo siguiente:

1. En promedio de cuatro repeticiones, se encontró significancia estadística en los efectos de los morfotipos de achiote sobre la altura de planta, siendo los de mayor altura de planta el M5 y M4 con 4.18 y 4.15 m respectivamente.
2. En promedio de cuatro repeticiones, se encontró significancia estadística en los efectos de los morfotipos sobre la longitud de petalo en cm , siendo los morfotipos M3,y M6 los de mayor longitud de petalos con 3.40 cm y 3,36 cm
3. En promedio de cuatro repeticiones, se encontró significancia estadística en los efectos de los morfotipos sobre el numero de estambre, ocupando ls primeros lugares los morfotipos M1 y M6 I con 455 y 441 estambres ´por flor respectivamente.
4. En promedio de cuatro repeticiones, se encontró significancia estadística entre los efectos de los morfotipos sobre la longitud de fruto en centímetros, destacando los morfotipos M5y M3 con 6.58 cm y 6.39 cm de longitud respectivamente.
5. En promedio de cuatro repeticiones se encontró significancia estadística entre entre los efectos de los morfotipos sobre numero de semillas por fruto, destacando los morfotipos M2 y M6 con 68 y 63 semillas por fruto respectivamente
6. En promedio de cuatro repeticiones, se encontró significancia estadística entre los morfotipos de achiote en sus efectos sobre el peso de 100 semillas , destacando los morfotipos M6 y M4 con 6.62 y 6.16 gramos respectivamente.

7. En promedio de tres repeticiones, se encontró significancia estadística entre los morfotipos de achiote en sus efectos sobre el porcentaje de bixina, destacando los morfotipos 10 y 11 con 27.09% y 24.14% respectivamente.
8. En todos los casos se rechaza todas las hipótesis planteadas o de trabajo y se acepta la de la investigación a una probabilidad de cometer error tipo I de 0.05.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

Tomando en consideración los resultados obtenidos con base científica, se sugiere o recomienda lo siguiente:

- 1) A fin de tener una mejor estimación del comportamiento de las variables estudiadas, seguir estudiando el efecto de los morfotipos de achiote en más variables cuantitativas considerando un mayor número de repeticiones por ensayo.
- 2) Tomando en consideración las respuestas encontradas en las siete variables cuantitativas estudiadas en lo referente al ajuste de los datos, se sugiere realizar análisis descriptivo multivariado tomando como variable latente la variabilidad genética presente en dichos morfotipos de achiote.
- 3) Tomar en consideración el alto porcentaje de bixina encontradas en los morfotipos M10 y M11, se recomienda realizar trabajos de investigación en temas relacionados a tipos de extracción de colorantes así como sus propiedades nutraceuticas o medicinales .

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. **Del Rivero-Bautista N, Arias-Pérez I, De Dios-Durán F, Avalos Fernández J, Zaldívar-Cruz J.** Caracterización morfológica de una muestra local de *Bixa orellana* L., en Tabasco, México. *Agro Productividad* [en línea]. 2017 [consulta: 13 enero 2022]; 10(6):91-97. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1045/894>
2. **Sánchez Sánchez S.** Extracción de bixina de tres variedades de achiote (*Bixa orellana* L.) utilizando tres solventes [en línea] [tesis de ingeniería]. Tarapoto - Perú: UNSM; 2019 [consulta: 21 julio 2020]. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3543/FIAI%20-%20Sandra%20Sanchez%20Sanchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. **Morales Miranda M.** Factores restrictivos en la exportación de achiote (*Bixa orellana* Linneo) a los Estados Unidos en los periodos 2012-2016 [tesis de maestría]. Huancavelica - Perú: UNH; 2019. 133 p.
4. **Mazzani E, Marín C, Segovia V.** Estudio de la variabilidad existente en la colección de onoto (*Bixa orellana* L.) del CENIAP; FONAIAP; Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* [en línea]. 2000 [consulta: 14 enero 2022]; 17(6):492-504. Disponible en: <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26377/27003>
5. **Hernández Terrones TA, Trujillo León R, Arévalo Gardini E, Hernández Terrones JA.** Sistemas de producción de achiote en la Amazonía peruana. Tingo María – Perú: CORDEHUANUCO; 1988. 84 p.
6. **Barrera Ruiz MT, Utia Linares JL.** Evaluación del contenido de bixina en *Bixa orellana* L. (achiote) del banco de germoplasma de Zungarococha - facultad de agronomía - UNAP [tesis de ingeniería]. Iquitos, Perú: UNAP; 2019.

7. **Campos Cedano JC.** Identificación, caracterización y comportamiento ante principales enfermedades en (08) ocho morfotipos de *Bixa Orellana* “achiote”, en Zungarococha [tesis de ingeniería]. Iquitos - Perú: UNAP; 2014.
8. **Manco Céspedes E.** Achiote (*Bixa orellana*). Accesiones promisorias Banco de germoplasma de la SUDIRGEB - INIA. 2009; 1:9-13.
9. **www.peruecologico.com.** Achiote (*Bixa orellana*) [en línea]. 2020 [consulta: 18 jun 2020]. Disponible en: https://www.peruecologico.com.pe/flo_achiote_1.htm
10. **IMBAREX.** 2018. Annatto Colorante Vegetal [en línea]. [consulta: 17 jun 2020]. Disponible en: <https://www.imbarex.com/es/que-alimentos-usan-el-annatto-como-aditivo-natural/>
11. **Salm H.** Métodos de Análisis de Bixina. La Paz - Bolivia: Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Carrera de Ciencias Químicas UMSA; 1989.
12. **López SE, Caicedo M, Gil A, López A, Pazos AE.** Morfometría de fruto y semilla de *Bixa orellana* L. “achiote”. SCIENDO [en línea]. 29 de junio de 2018 [consulta: 29 abril 2020]; 21(2):213-6. Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/1903/1823>
13. **Moz Preza JC, Navarrete Jiménez AG, Núñez López ME.** Caracterización morfológica de cinco materiales de jocote de verano (*Spondia* spp.) con valor comercial e investigativo en la zona occidental de El Salvador [tesis de ingeniería]. San Salvador: UES; 2003. 151 p.
14. **Dhaliwal T S, Pérez-Pérez R, Jordán-Molero J, Torres-Sepúlveda A.** Selecciones prometedoras de achiote para la siembra de pruebas comerciales en Puerto Rico. Publicación miscelánea. 1965; 61:16.
15. **Taboada Cristal G.** Caracterización morfológica y determinación del contenido de bixina en cultivares de achiote (*Bixa orellana* L.) en Nor Yungas de La Paz [tesis de licenciatura]. La Paz - Bolivia: UMSA; 1993.

16. **Avalos Fernández JM.** Caracterización morfológica de dos variedades de achiote (*Bixa orellana*) en el municipio de Comalcalco, Tabasco [Tesina de maestría]. H. Cárdenas, Tabasco: COLPOS; 2013. 73 p.
17. **Young Rios F.** Evaluación agronómica de siete ecotipos de achiote (*Bixa orellana* L.) en Pucallpa [tesis de ingeniería]. Pucallpa - Perú: UNU; 1998. 66 p.
18. **Carvalho PRN, Silva MG da, Fabri EG, Tavares PE da R, Martins ALM, Spatti LR.** Concentração de bixina e lipídios em sementes de urucum da coleção do instituto agrônômico (IAC). Bragantia [en línea]. 2010 [consulta: 17 junio 2020]; 69:519-24. Disponible en:
<http://www.scielo.br/j/brag/a/WQyz4cXgWTHfPkQ7FVgJLJd/?lang=pt&format=pdf>
19. **Choquecallata HR.** Comercialización del achiote (*Bixa orellana* L.) en el Cantón Rosario - entre ríos, provincia Caranavi [en línea] [tesis de ingeniería]. La Paz - Bolivia: UMSA; 2008 [consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en:
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4312/T-1217.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
20. **Diario Gestión.** Economía: Producción de achiote en Perú se reduce y requiere promoción para reactivarla | Noticias gestión Perú [en línea]. Gestión. 2015 [consulta: 1 agosto 2020]. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/produccion-achiote-peru-reduce-requiere-promocion-reactivarla-107025-noticia/>
21. **Moncada Martínez AS.** Influencia de los reguladores de crecimiento kinetina y ácido giberélico sobre la germinación de semillas de *Bixa orellana* en cultivo in vitro [en línea] [tesis de ingeniería]. Loja - Ecuador: UTPL; 2016 [consulta: 7 enero 2021]. Disponible en:
https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/15743/1/Moncada_Martinez_Andrea_Stefania.pdf
22. **Quiñones Bravo X, Yunda Romero MC.** El achiote *Bixa orellana* L. como posible alternativa productiva para el departamento del Meta [en línea]. Rev Sist

Prod Agroecol. 2014 [consulta: 30 sep 2021];5(21):142-73. Disponible en:
<https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/646/693>

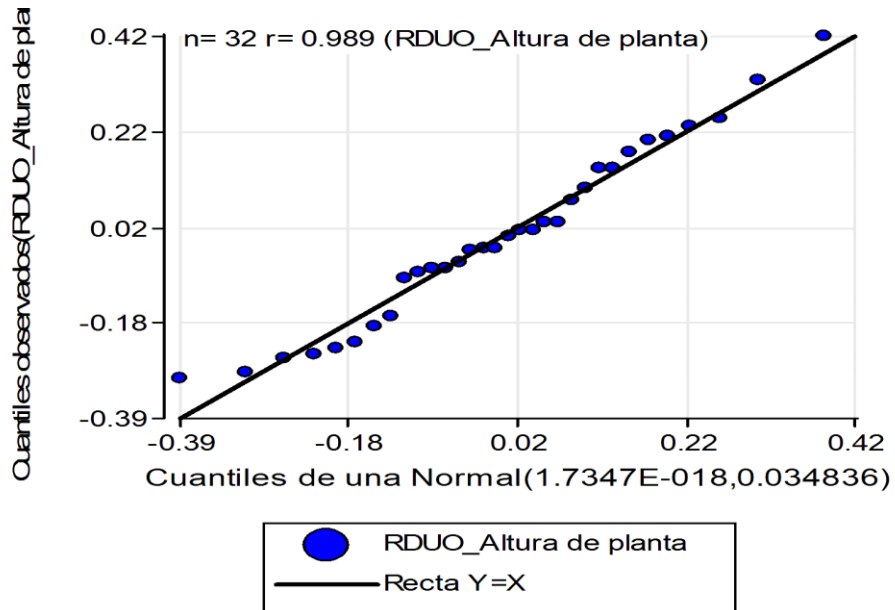
23. **C y R internacional**. El achiote, su producción, su industrialización. Lima - Perú; 1975.
24. **Kirk RE, Othmer DF**. Enciclopedia de tecnología química. En: Márquez JC, revisado. Unión Tipográfica. Márquez JC. México: Hispano-Americana; 1962. p. 494.
25. **Franco TL, Hidalgo R**. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico no. 8. Cali, Colombia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI); 2003. p 89.
26. **Calzada Benza J**. Métodos estadísticos para la investigación. 3.a ed. Lima – Perú: Editorial Jurídica; 1970. 643 p.
27. **Tello Treneman DB**. Tipo de tierra y su resistencia a la compresión del adobe con cáscara de arroz en Zungarococha [tesis de ingeniería]. Iquitos, Perú: UNAP; 2021. 62 p.

ANEXOS

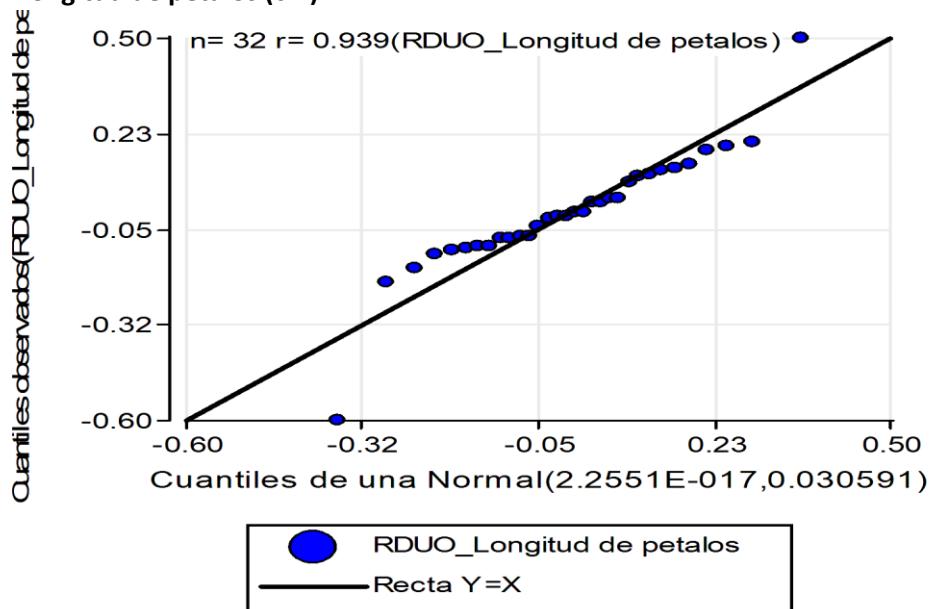
Anexo 1. Prueba de normalidad de errores del modelo I (residuales)

(Grafico QQ plot)

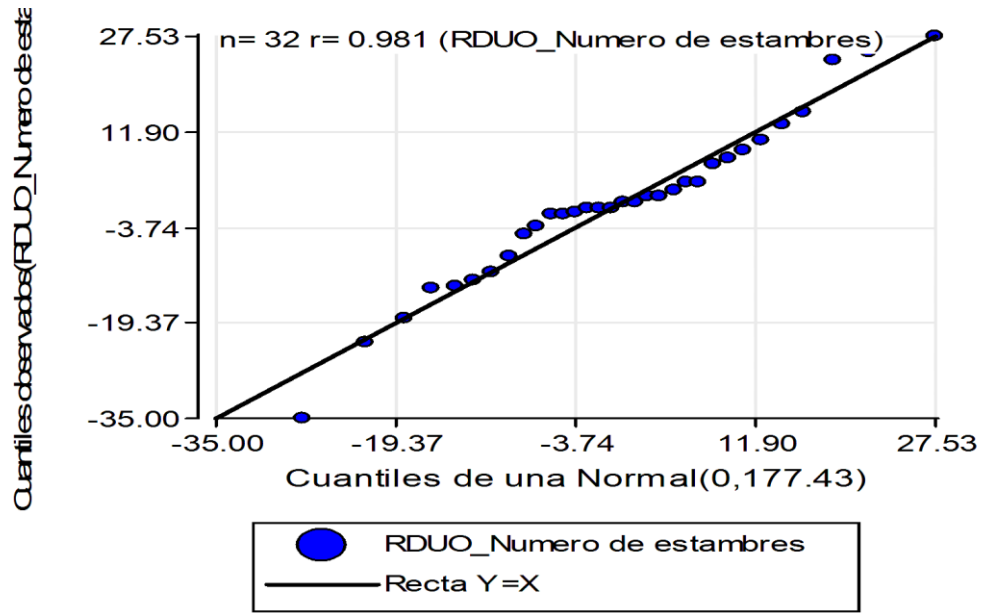
a) Altura de planta (m)



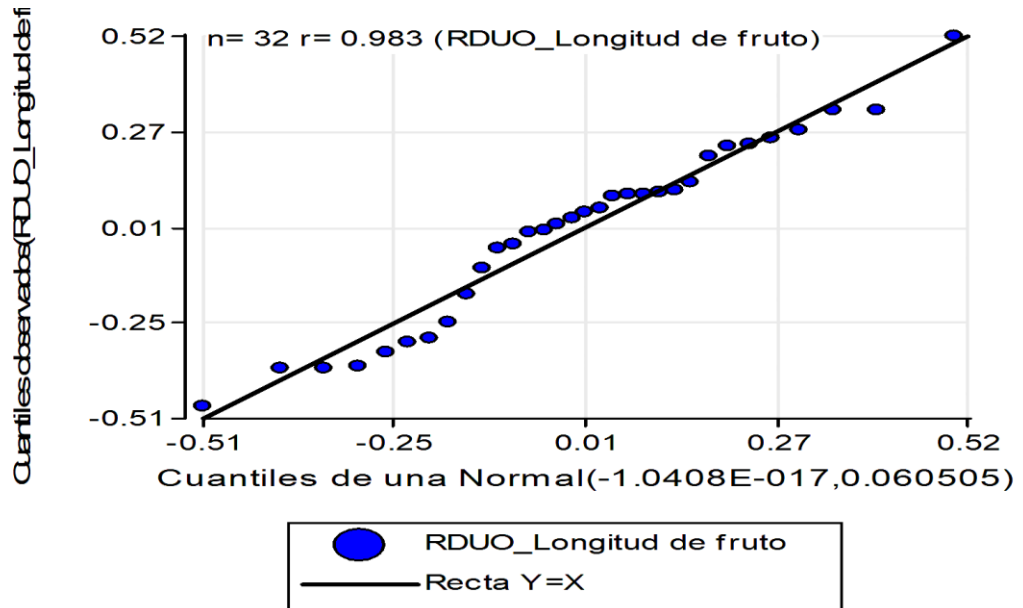
b) Longitud de pétalos (cm)



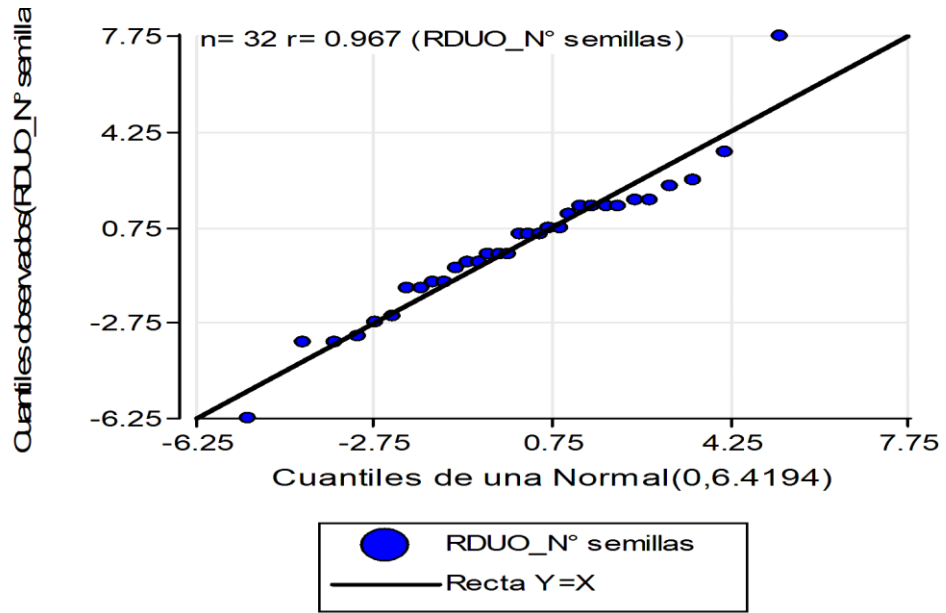
c) Numero de estambres



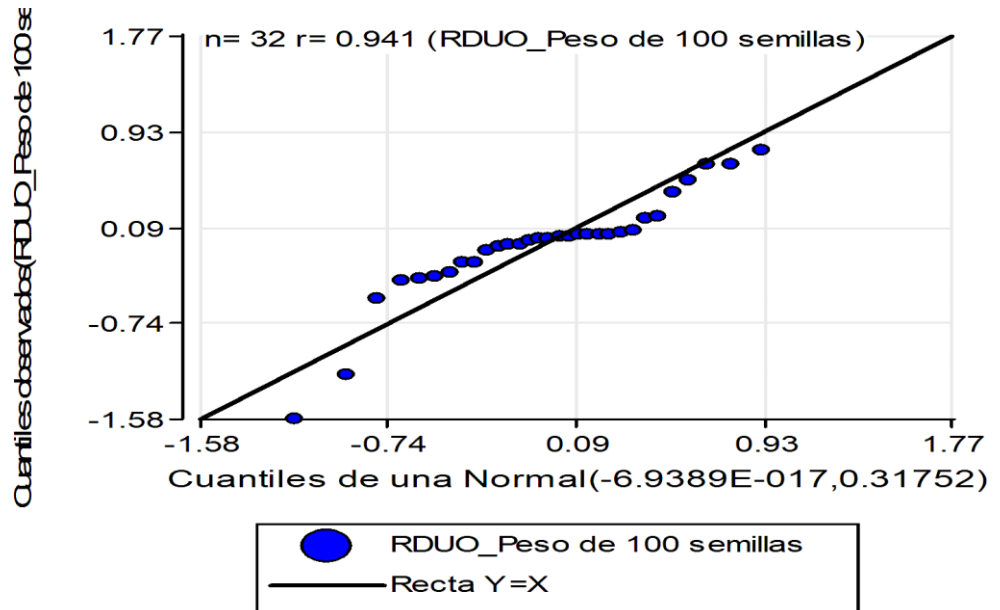
d) Longitud de frutos



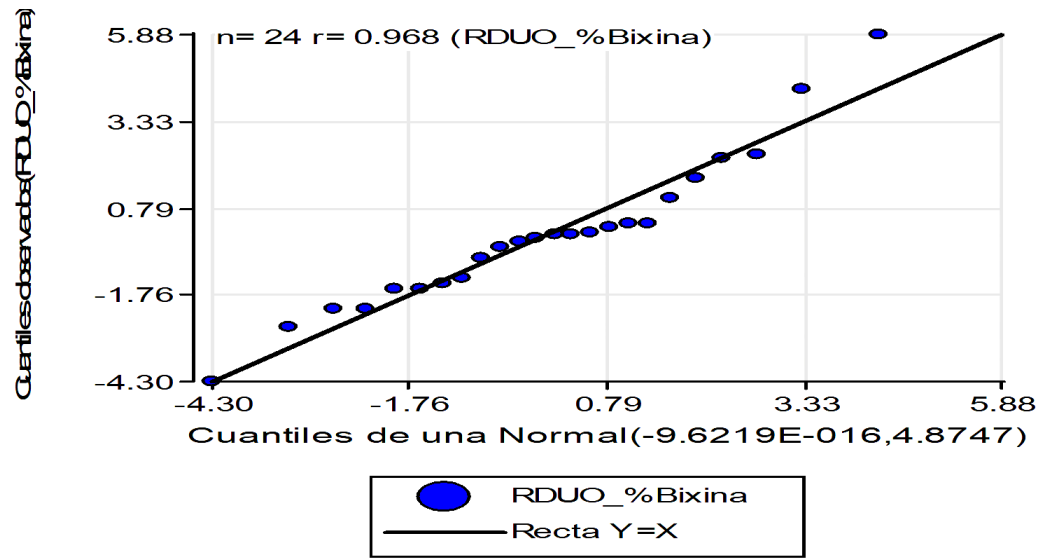
e) Numero de semillas



f) Del peso de 100 semillas

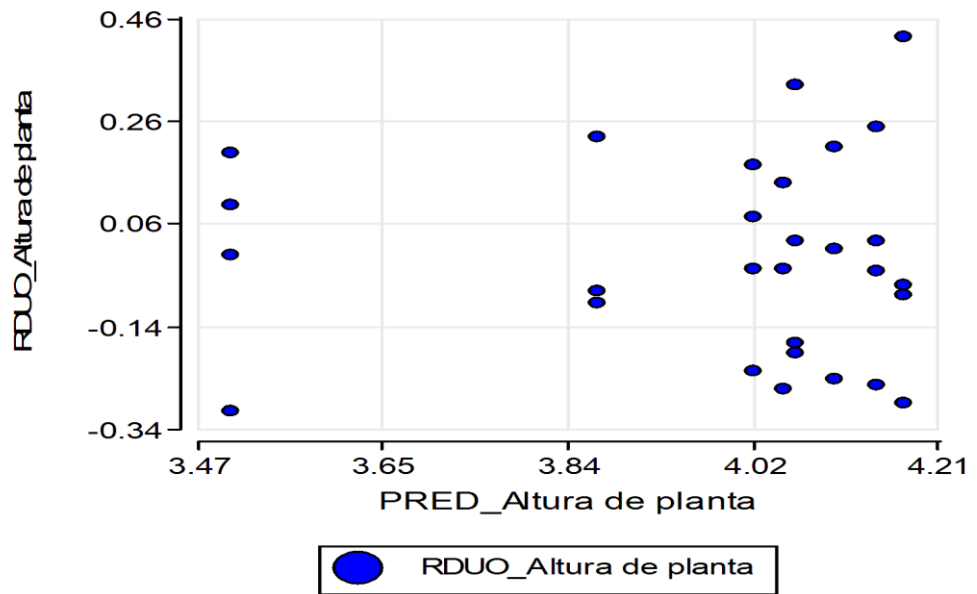


g) Del porcentaje de bixina

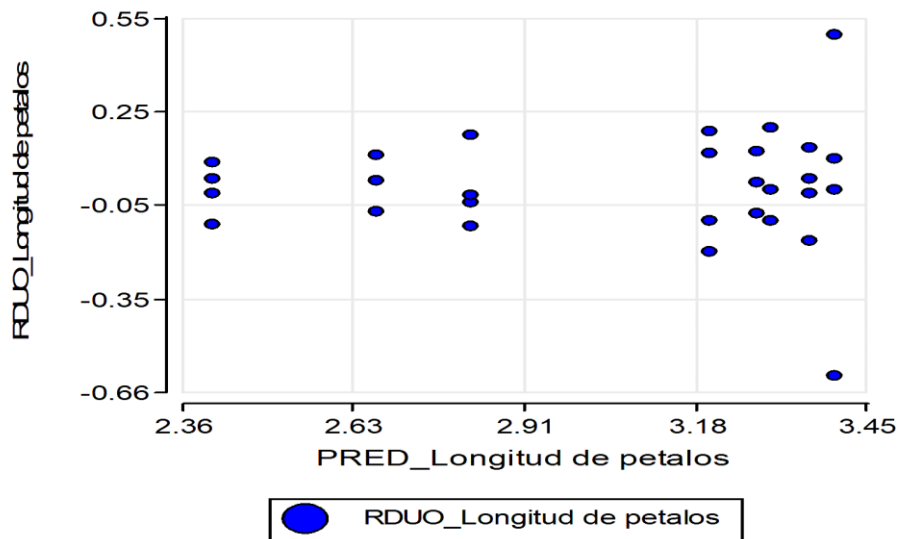


Anexo 2. Prueba de homogeneidad de variancias (residuales y predichos)
mediante grafico de dispersión

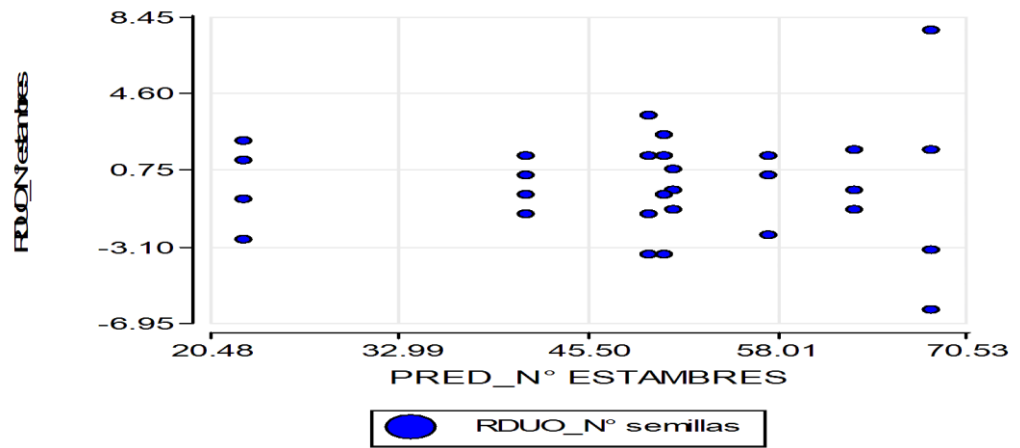
a) Altura de planta



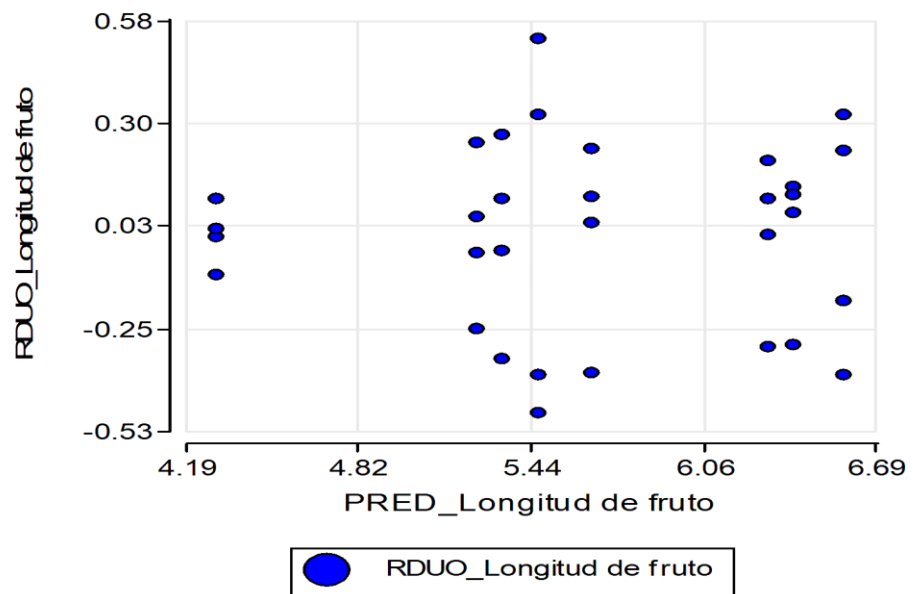
b) Longitud de pétalo



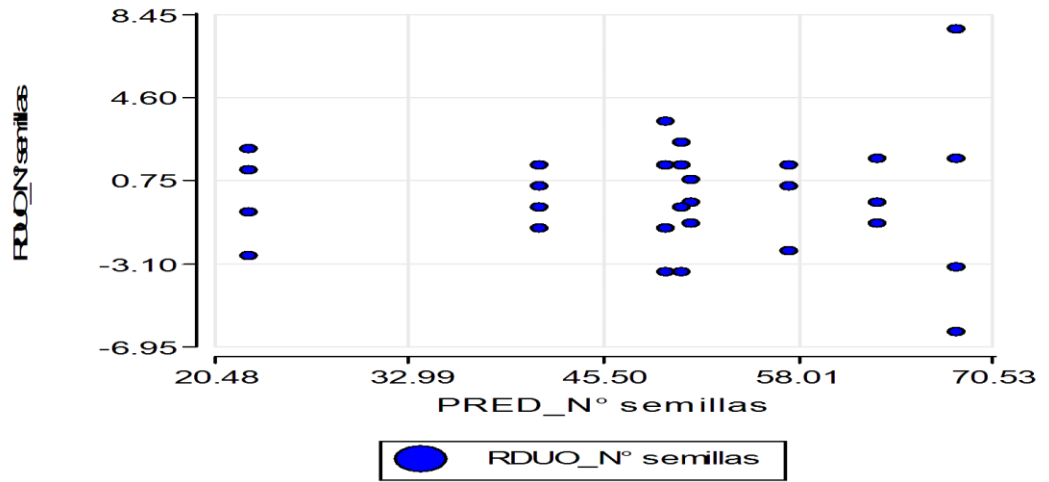
c) Numero de estambres



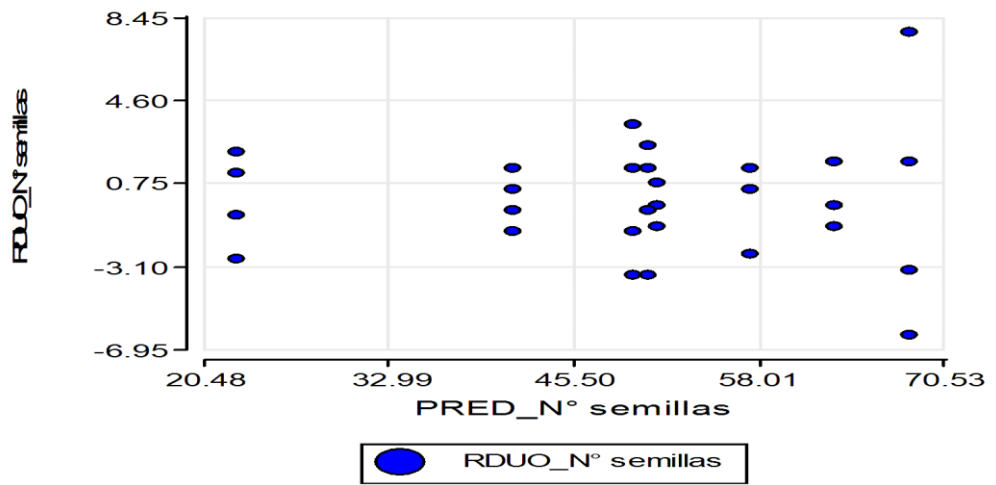
d) Longitud de fruto



e) Numero de semillas



f) Peso de 100 semillas



Anexo 3. Estadísticos descriptivos de ocho morfotipos de achiote

Morfotipo	Variable	Media	D.E.	Asimetría
M1	Altura de planta	3.50	0.22	-1.19
M1	Longitud de pétalos	2.41	0.09	-0.75
M1	Numero de estambres	455.00	26.46	-0.86
M1	Longitud de fruto	4.31	0.08	-0.36
M1	N° semillas	51.25	0.96	-0.85
M1	Peso de 100 semillas	3.57	0.03	-1.20
M10	Altura de planta	4.06	0.19	-1.11
M10	Longitud de pétalos	3.30	0.14	1.41
M10	Numero de estambres	376.50	18.06	0.69
M10	Longitud de fruto	5.67	0.26	-1.38
M10	N° semillas	41.50	1.29	0.00
M10	Peso de 100 semillas	5.73	0.57	0.99
M11	Altura de planta	4.07	0.24	1.15
M11	Longitud de pétalos	3.28	0.10	0.85
M11	Numero de estambres	333.75	11.06	-0.13
M11	Longitud de fruto	5.48	0.50	0.10
M11	N° semillas	22.75	2.22	-0.48
M11	Peso de 100 semillas	2.41	0.28	1.31
M2	Altura de planta	4.03	0.17	-0.75
M2	Longitud de pétalos	3.20	0.18	-0.13
M2	Numero de estambres	372.50	22.17	0.48
M2	Longitud de fruto	5.34	0.25	-0.62
M2	N° semillas	68.25	6.13	0.56
M2	Peso de 100 semillas	5.31	0.83	-1.47
M3	Altura de planta	3.87	0.15	1.98
M3	Longitud de pétalos	3.40	0.45	-0.64
M3	Numero de estambres	388.75	1.71	0.75
M3	Longitud de fruto	6.39	0.20	-1.87
M3	N° semillas	57.50	1.73	-1.54
M3	Peso de 100 semillas	5.26	1.39	0.39
M4	Altura de planta	4.15	0.21	0.00
M4	Longitud de pétalos	2.82	0.13	1.30
M4	Numero de estambres	389.50	10.75	-0.57
M4	Longitud de fruto	6.30	0.22	-1.19
M4	N° semillas	50.50	2.65	-0.86
M4	Peso de 100 semillas	6.16	0.47	1.21
M5	Altura de planta	4.18	0.30	1.26
M5	Longitud de pétalos	2.67	0.09	0.68
M5	Numero de estambres	411.25	8.54	-0.75
M5	Longitud de fruto	6.58	0.33	-0.23
M5	N° semillas	49.50	3.11	0.00
M5	Peso de 100 semillas	3.62	0.05	-1.52
M6	Altura de planta	4.11	0.18	-0.40
M6	Longitud de pétalos	3.36	0.13	-0.56
M6	Numero de estambres	441.50	1.29	0.00
M6	Longitud de fruto	5.25	0.21	0.00
M6	N° semillas	63.25	1.26	1.13
M6	Peso de 100 semillas	6.62	0.13	1.41

Anexo 4. Media y desviación estandar de las siete variable en ocho morfotipos de achiote

Morfotipo	Altura planta	Longitud de pétalo	N° estambres	Longitud de fruto	N° de semillas	Peso de 100 semillas
M1	3.50 +- 0.22	2.41+-0.49	455+-26.46	4.31+-0.8	51.25+-0.96	3.57+-0.03
M2	4.03+-0.17	3.20+-0.18	372.5+-0.50	5.34+-0.25	68.25+-6.13	5.31+-0.83
M3	3.87+-0.15	3.40+-0.45	388.75+-1.71	6.39+-0.20	57.70+-1.53	5.26+-1.39
M4	4.15+-0.21	2.82+-0.13	389.5+-10.75	6.30+-0.22	50.50+-2.65	6.16+-0.47
M5	4.18+-0.30	2.67+-0.09	411.25+-8.54	6.58+-0.33	49.50+-3.11	3.62+-0.05
M6	4.11+-0.18	3.36+-0.13	441.50+-1.29	5.25+-0.21	63.25+-1.26	6.62+-0.13
M10	4.06+-0.19	3.30+-0.14	376.5+-18.06	5.67+-0.26	41.50+-1.29	5.73+-0.57
M11	4.07+-0.24	3.28+-0.10	333.75+-11.6	5.48+-0.50	22.75+-2.22	2.41+-0.28

Anexo 5. Data de las variables cuantitativas de ocho morfotipos estudiados estudiadas

SOFTWARE: INFOSTAT

InfoStat/E

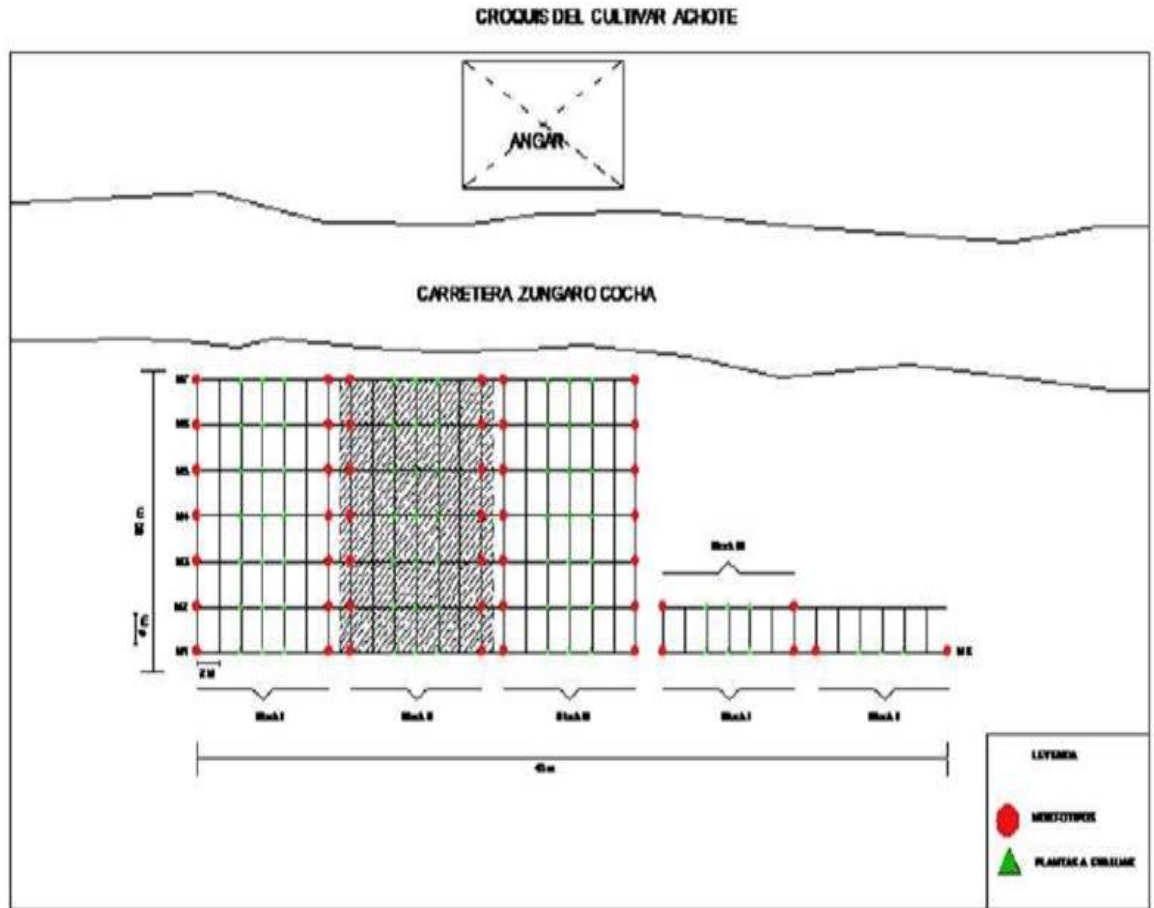
Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

V Data cuantitativos achiote

Caso	Morfotipo	Altura de planta	Longitud de petalo	numero de estambres	Longitud de fruto	Longitud de espinas	N°Semillas	Peso de 100 semillas	% Bixina
1	M1	3.50	2.30	480	4.30	2.00	50	3.60	23.00
2	M1	3.20	2.50	420	4.20	2.30	52	3.52	20.98
3	M1	3.60	2.40	450	4.40	2.40	51	3.58	20.07
4	M2	3.80	3.00	400	5.61	10.10	65	4.12	12.26
5	M2	4.00	3.39	350	5.01	9.20	62	5.96	11.83
6	M2	4.20	3.10	380	5.44	8.89	76	5.81	12.06
7	M3	3.80	3.40	389	6.52	11.00	55	7.03	6.51
8	M3	4.10	3.50	391	6.50	10.00	58	5.43	7.43
9	M3	3.80	3.90	387	6.10	8.00	59	3.67	10.33
10	M4	4.18	2.80	400	6.00	9.00	47	6.80	16.18
11	M4	4.40	2.70	386	6.50	10.00	53	6.20	23.65
12	M4	3.90	3.00	396	6.30	8.00	50	5.80	13.49
13	M5	3.89	2.70	400	6.40	1.20	46	3.55	1.23
14	M5	4.12	2.60	420	6.90	1.00	48	3.65	1.44

Categoría: Registros: 25*9 n = 1

Anexo 6. Croquis del área experimental



Fuente: Campos Cedano JC. Identificación, caracterización y comportamiento ante principales enfermedades en (08) ocho morfotipos de *Bixa Orellana* "achiote", en Zungarococha [tesis de ingeniería]. Iquitos - Perú: UNAP; 2014.

Anexo 7. Análisis de suelo



INFORME TECNICO DE ANALISIS DE SUELO

A : Sr. Diego Benjamín Tello Treneman
Asunto : Remite Resultado de análisis físicos, químicos de muestra de suelo.
Fecha de Muestreo : Iquitos, 15 de agosto del 2020
Ubicación : Puerto Almendra
Fecha : 08 de setiembre del 2020

Condición de muestras: Se recibió en el laboratorio de análisis químico una (01) muestra de suelo seco sin preservar ($pH < 2$), cuyos análisis practicados registran los siguientes resultados:

FECHA: IQ.10/09/20		MUESTRA SUELO	N° MUESTRA: 01
PARAMETROS:		UNIDAD	METODO
			CONCENTRACION
			M1
FISICOS:			
pH	-----	Potenciometría	4.01
Conduct. Eléctrica	Umhos	Conductimetría	6.12
Textura: -Arcilla	%	Bouyoc	75.60
-Arena	%	Bouyoc	21.30
-Limo	%	Bouyoc	3.10
QUIMICOS:			
Mat.Orgánica (M.O)	%	Oxidación (H_2O_2)	1.95
Calcio Ca^{+2}	meq/100g	Titrición	4.20
Magnesio Mg^{+2}	meq/100g	Titrición	2.30
Hierro Fe^{+2}	meq/100g	Espectrofotometría	0.15
Aluminio Camb.($Al^{+3} \rightarrow H^+, OH^-$)	meq/100g	Espectrofotometría	1.01
Fósforo P^{+3}	P.P.m.	Espectrofotometría	15.02
C.I.C.	-----	Cálculo	5.33

CONCLUSIONES:

- El pH nos indica que es un suelo fuertemente ácido.
- Por la materia orgánica es de condición baja.
- La textura nos indica que es un suelo franco arcilloso - arenoso fino.
- Baja concentración de cationes en minerales, nos indica deficiente C.I.C.

RECOMENDACIÓN:

- Se recomienda usar el suelo para cultivos de cítricos, yuca, plátano y árboles maderables.

Atentamente,


HORACIO FAREDES ARMAS
 Ing. QUIMICO
 C.I.P. 32512



INFORME TÉCNICO DE ANÁLISIS DE SUELO

A : Sr. Diego Benjamin Tello Treneman
Asunto : Remite Resultado de análisis físicos, químicos de muestra de suelo.
Fecha de Muestreo : Iquitos, 15 de agosto del 2020
Ubicación : Puerto Almendra
Fecha : 08 de setiembre del 2020.

Condición de muestras: Sin preservar – seca molida.

Análisis Físico	Unidad	Método	Concentración	
			M ₁	M ₂
pH		Potenciómetro	4.35	4.21
Conduct. Eléctrica	Umhos	Conductometría	5.80	5.74
Análisis Químicos				
Materia Orgánica (M.O)	%	Versenato	1.96	2.04
Textura				
Arcilla	%	Bouyoc	56.00	55.00
Arena	%	Bouyoc	40.00	43.00
Limo	%	Bouyoc	4.00	2.00

Legenda


M₁ : T₁ – 50%
M₂ : T₂ – 100%

Tipo de Suelo:

Conclusiones:

- Suelo fuertemente ácido, por registro del pH.
- Deficiente registro de la conductividad eléctrica; lo que indica poca capacidad de existencia e minerales.
- Para su aprovechamiento, se debe priorizar cultivos, centrales y maderables de textura promedio.
- Por su textura son suelos de caracterización franco mediana, arenillo –arenoso de acuerdo a ubicación.

Atentamente,


HORACIO PAREDES ARMAS
Ing. QUÍMICO
C.A.R. 3232

Fuente: Tello Treneman D. B. Tipo de tierra y su resistencia a la compresión del adobe con cáscara de arroz en Zungarococha [tesis de ingeniería]. Iquitos, Perú: UNAP; 2021. 62 p.

Anexo 8. Datos meteorológicos

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ



PERÚ
Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de
Meteorología e Hidrología del
Perú - SENAMHI

Dirección Zonal 8



**BICENTENARIO
PERÚ 2021**

ESTACION CLIMATOLÓGICA ORDINARIA "PUERTO ALMENDRAS"

DATOS METEOROLÓGICOS MENSUALES

Latitud : 03° 49' 42.86" S **Departamento:** Loreto
Longitud : 73° 22' 37.65" W **Provincia :** Maynas
Altitud : 93 m.s.n.m **Distrito :** San Juan Bautista

Año/Mes	2021				
	Precipitación	T. Max.	T. Min	T. Med.	H.R
Enero	564.8	31.4	23.2	27.0	86.9
Febrero	170.5	32.0	23.6	27.7	86.8
Marzo	376.5	31.1	22.3	28.2	86.4
Abril	265.3	31.7	23.3	27.5	85.9
Mayo	234.2	30.3	23.4	26.9	87.3
Junio	265.0	31.0	23.3	27.4	85.3
Julio	89.8	30.7	21.8	26.4	84.2
Agosto	112.8	33.2	22.7	28.1	82.1
Septiembre	189.9	33.3	23.0	28.1	82.5
Octubre	322.6	32.9	23.5	28.1	85.9
Noviembre	336.7	32.2	23.6	27.6	85.8
Diciembre	348.5	32.2	23.8	28.0	85.1

Año/Mes	2022				
	Precipitación	T. Max.	T. Min	T. Med.	H.R
Enero	195.4	32.8	23.4	28.0	82.4
Febrero	275.0	31.5	23.4	27.2	85.6
Marzo	309.4	30.6	23.5	26.9	87.1

Fuente: Banco de Datos SENAMHI

Información preparada para la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – Facultad de Agronomía.
 Ref. OFICIO N°211-D-FA-UNAP-2022
 /CBGR.

Iquitos, 02 de Junio de 2022.



Firmado digitalmente por PAREDES RIVEROS Marco Antonio FAU
 2011385078 hard
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 02.06.2022 14:40:22 -05:00

Firmado Digitalmente
MARCO ANTONIO PAREDES RIVEROS
 DIRECTOR ZONAL 8

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL



Av. Cornejo Portugal N°1842 - Iquitos
 Teléfono: 065-264804 - 96565645
 Email: mparedes@senamhi.gob.pe
 www.senamhi.gob.pe

Anexo 9. Galería de fotos

Vista de los ocho morfotipos estudiados



Morfotipo 2



Morfotipo 3



Morfotipo 4



Morfotipo 5



Morfotipo 6



Morfotipo 10



Morfotipo 11

