

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**“CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE  
ACHIOTE (*Bixa orellana* L.) EN IÑAPARI, MADRE DE DIOS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERA AGRÓNOMA**

**MARIA ZAFRA LAPATNIKOVA**

**LIMA-PERÚ**

**2023**











---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 Reglamento de Propiedad Intelectual)**

## Document Information

Analyzed document	Almonacid Rossmery REV.pdf (D158282080)
Submitted	2/9/2023 9:09:00 PM
Submitted by	Isabel
Submitter email	imontes@lamolina.edu.pe
Similarity	24%
Analysis address	imontes.unalm@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

<b>Universidad Nacional Agraria La Molina / OSCAR YOSHIHARU JHONCON YAGUE revisión.docx</b>		
<b>SA</b>	Document OSCAR YOSHIHARU JHONCON YAGUE revisión.docx (D142544024) Submitted by: imontes@lamolina.edu.pe Receiver: imontes.unalm@analysis.orkund.com	 1
<b>W</b>	URL: <a href="http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9673/AGmapiag1.pdf?sequence=3&amp;isAllowed=y">http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9673/AGmapiag1.pdf?sequence=3&amp;isAllowed=y</a> Fetched: 11/4/2021 6:43:20 PM	 7
<b>W</b>	URL: <a href="https://1library.co/title/efecto-acidos-humicos-compost-rendimiento-sandia-citrullus-variedad">https://1library.co/title/efecto-acidos-humicos-compost-rendimiento-sandia-citrullus-variedad</a> Fetched: 6/30/2022 9:21:50 PM	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5563/ruiz-vega-teresa-sofia...">https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5563/ruiz-vega-teresa-sofia...</a> Fetched: 2/8/2023 9:35:42 PM	 9
<b>Universidad Nacional Agraria La Molina / TESIS_KATHIA MAMANI Revisión.pdf</b>		
<b>SA</b>	Document TESIS_KATHIA MAMANI Revisión.pdf (D144398308) Submitted by: imontes@lamolina.edu.pe Receiver: imontes.unalm@analysis.orkund.com	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3266125">https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3266125</a> Fetched: 6/30/2022 9:21:50 PM	 1
<b>SA</b>	<b>ESTA ES LA ORIGINAL DE SANDIA TESIS GUAYARA.docx</b> Document ESTA ES LA ORIGINAL DE SANDIA TESIS GUAYARA.docx (D21922947)	 3
<b>SA</b>	<b>TESIS ALEJANDRA SOLIS SOTO.docx</b> Document TESIS ALEJANDRA SOLIS SOTO.docx (D83029839)	 1
<b>SA</b>	<b>TAMARA ILLESCAS.docx</b> Document TAMARA ILLESCAS.docx (D54629054)	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENFO1CH517s.pdf">https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENFO1CH517s.pdf</a> Fetched: 7/10/2020 5:56:01 PM	 7

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE  
ACHIOTE (*Bixa orellana* L.) EN IÑAPARI, MADRE DE DIOS”**

**MARIA ZAFRA LAPATNIKOVA**

Tesis para optar el Título de:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

\_\_\_\_\_  
Ph. D. Julio C. Alegre Orihuela  
**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_  
Dr. Ricardo R. Borjas Ventura  
**ASESOR**

\_\_\_\_\_  
Dr. Alberto M. Julca Otiniano  
**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_  
Mg. Sc. Karin Coronado Matutti  
**MIEMBRO**

**LIMA-PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo es dedicado a mis padres Irina y Amehed y a mi hermana Ania por el cariño, el apoyo incondicional y los ánimos en todo momento para culminar mi carrera, realizar esta tesis y motivarme siempre a seguir mis sueños y lograr mis objetivos.*

## **AGRADECIMIENTO**

Al Dr. Ricardo Borjas, por la paciencia, los consejos y el apoyo que he recibido durante la ejecución de la tesis.

A la empresa LXG Amazon Reforestry Investments SAC, especialmente a Martin Fariña Von Buchwald, Gerente, por facilitarme el tiempo y los recursos para realizar este trabajo.

A mis compañeros y amigos de LXG e Iñapari, por su apoyo para la evaluación de caracteres en el achiote y por creer en mí.

A mi familia y amigos de la UNALM, por ayudarme directa o indirectamente en la elaboración de mi tesis.

# ÍNDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>2</b>
2.1.	ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA .....	2
2.2.	IMPORTANCIA DEL GRANO .....	2
2.2.1.	Usos .....	3
2.3.	SITUACIÓN DEL ACHIOTE EN EL PERÚ .....	3
2.4.	COMERCIALIZACION DE ACHIOTE .....	3
2.5.	TAXONOMÍA Y DISTRIBUCIÓN .....	4
2.5.1.	Taxonomía .....	4
2.5.2.	Nombres comunes por región .....	4
2.6.	MORFOLOGÍA DE LA PLANTA .....	5
2.7.	REQUERIMIENTOS EDAFO-CLIMÁTICOS .....	6
2.8.	FENOLOGÍA DE LAS VARIEDADES DE ACHIOTE .....	6
2.9.	VARIABILIDAD Y DIVERSIDAD GENÉTICA .....	7
2.9.1.	Variedades .....	7
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
3.1.	UBICACIÓN Y MATERIAL VEGETAL .....	11
3.2.	MANEJO AGRONÓMICO .....	12
3.3.	TRATAMIENTOS .....	14
3.4.	VARIABLES .....	14
3.4.1.	Características vegetativas .....	15
3.4.2.	Características reproductivas .....	15
3.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	18
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>20</b>
4.1.	CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS VEGETATIVAS .....	21
4.1.1.	Forma de la copa .....	21
4.1.2.	Forma de la hoja .....	23
4.1.3.	Color de la hoja madura y de la nervadura central .....	24
4.2.	CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS REPRODUCTIVAS .....	26
4.2.1.	Color de la flor .....	26
4.2.2.	Color de la cápsula .....	27
4.2.3.	Espinas del fruto .....	28
4.2.4.	Forma del fruto .....	29

4.3.	EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS .....	32
4.3.1.	Altura y diámetro de tallo de achiote.....	32
4.4.	EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO	34
4.4.1.	Largo, ancho y grosor del fruto del achiote.....	34
4.4.2.	Longitud de las espinas y porcentaje de dehiscencia del fruto del achiote	35
4.5.	EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO .....	36
4.5.1.	Número de panículas por planta .....	36
4.5.2.	Peso se 100 granos de achiotes y rendimiento (t/ha).....	38
4.5.3.	Contenido de bixina.....	40
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>44</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Composición química de la semilla de achiote. ....	2
<b>Tabla 2:</b> Resumen de resultados de análisis de suelo en diferentes puntos del predio Tayta Pancho .....	12



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Lugar de estudio con achiote de los cultivares Sensient y Embrapa 37 sembrados en 2019. Proyecto – IÑAPARI / MADRE DE DIOS.....	13
<b>Figura 2:</b> Cartilla de evaluación fenológica de variedades de achiote en Madre de Dios.....	14
<b>Figura 3:</b> Ficha de evaluación para el cultivo de achiote en Madre de Dios.....	18
<b>Figura 4:</b> Fenología de los dos cultivares (Sensient y Embrapa 37) de achiote en Madre de Dios. ....	21
<b>Figura 5:</b> Frecuencia de la forma de la copa de achiote cv Sensient y Embrapa .....	22
<b>Figura 6:</b> Planta de <i>Bixa orellana</i> L., cv Sensient con forma de copa (A) ovoide, (B) Forma de copa hemisférica, (C) Forma de copa cónica y cv Embrapa 37 con (D) forma de copa ovoide, (E) forma de copa hemisférica, (F) forma de copa cónica.....	22
<b>Figura 7:</b> Frecuencia de la forma de la hoja en achiote cv Sensient y Embrapa 37.....	23
<b>Figura 8:</b> Hojas de la planta de <i>Bixa orellana</i> L. del cv Sensient con (A) forma cordada, (B) forma lanceolada y del cv Embrapa 37 (C) con forma cordada, y (D) forma lanceolada.....	23
<b>Figura 9:</b> Color de la hoja madura y de la nervadura central de la hoja de achiote cv Sensient y Embrapa 37. ....	24
<b>Figura 10:</b> Hojas de la planta de <i>Bixa orellana</i> L. del cv Sensient con color de hoja (A) verde claro y (B) verde oscuro y del cv Embrapa 37 con color de hoja (C) verde claro y (D) verde oscuro. Hojas del cv Sensient (E) con vena amarilla y verde clara. ...	25
<b>Figura 11:</b> Color de flor de achiote cv Sensient y Embrapa 37.....	26
<b>Figura 12:</b> Flores de la planta de <i>Bixa orellana</i> L. de (A) cv Sensient y (B) cv Embrapa 37.....	26
<b>Figura 13:</b> Color de fruto inmaduro y completamente maduro de achiote cv Sensient y Embrapa 37.....	27
<b>Figura 14:</b> Cápsulas de <i>Bixa orellana</i> L. (A) inmaduras del cv Sensient de color verde limón y amarillo, (B) capsulas inmaduras del cv Embrapa 37 de color verde limón y amarillo, (C) capsulas maduras del cv Sensient color rojo, (D) capsulas maduras del cv Embrapa 3.....	28
<b>Figura 15:</b> Espinas del fruto completamente maduro de achiote cv Sensient y Embrapa 37.....	29

<b>Figura 16:</b> (A) Cápsulas de <i>Bixa orellana</i> L. cv Sensient con espiniosidad alta y media, (B) cv Embrapa 37 con espiniosidad alta y media.....	29
<b>Figura 17:</b> Características de la forma del fruto completamente maduro de achiote cv Sensient y Embrapa 37. ....	30
<b>Figura 18:</b> (A) Cápsulas de <i>Bixa orellana</i> L. cv Sensient con forma ovoide, cónica, hemisférica y alargada, (B) cv Embrapa 37 con forma ovoide, cónica y alargada. ....	31
<b>Figura 19:</b> (A) Cápsulas de <i>Bixa orellana</i> L. cv Sensient con forma de ápice redondeado, obtuso, puntiagudo, (B) cv Embrapa 37 con forma de ápice redondeado, puntiagudo, agudo. ....	31
<b>Figura 20:</b> (A) Cápsulas de <i>Bixa orellana</i> L. cv Sensient con forma de base redondeado, plano, cordado, (B) cv Embrapa 37 con forma de ápice redondeado, plano, cordado. ....	32
<b>Figura 21:</b> Altura (gráfico superior) y diámetro de tallo (gráfico inferior) de las plantas de achiote cv Sensient y Embrapa 37.....	33
<b>Figura 22:</b> Largo (gráfico superior), ancho (gráfico central) y grosor (gráfico inferior) de las plantas de achiote cv Sensient y Embrapa 37.....	34
<b>Figura 23:</b> Cápsulas de <i>Bixa orellana</i> L. de la variedad Sensient y Embrapa 37 de (A) diferente alto (B) y de diferente ancho.....	35
<b>Figura 24:</b> Longitud de las espinas (gráfico superior) y porcentaje de dehiscencia (gráfico inferior) de las plantas de achiote cv Sensient y Embrapa 37.....	36
<b>Figura 25:</b> Número de panículas/planta (gráfico superior), Número de cápsulas por panícula (gráfico central) y Número de semillas por capsula (gráfico inferior) de las plantas de achiote cv Sensient y Embrapa 37.....	37
<b>Figura 26:</b> Panículas de <i>Bixa orellana</i> L. de la (A) variedad Sensient (B) y Embrapa 37.....	38
<b>Figura 27:</b> Peso de 100 semillas secas (12%), rendimiento de achiote cv Sensient y Embrapa 37.....	39
<b>Figura 28:</b> Contenido de bixina (%) de achiote cv Sensient y Embrapa 37.....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Resultados de la evaluación de caracteres cualitativos del cv Sensient.....	51
<b>Anexo 2:</b> Resultados de la evaluación de caracteres cualitativos del cv Embrapa 37 ...	52
<b>Anexo 3:</b> Resultados de la evaluación de caracteres cuantitativos del cv Sensient .....	53
<b>Anexo 4:</b> Resultados de la evaluación de caracteres cuantitativos del cv Embrapa 37 .	54

## RESUMEN

El achiote (*Bixa orellana* L.) es un cultivo originario de zonas tropicales, con gran potencial agroexportador por su uso en la industria y su contenido de fibra y proteínas. Sin embargo, está limitado a los rendimientos nacionales y el contenido de colorante (bixina) que son bajos. Aquí cobra importancia el estudio de la caracterización del material genético en un ecosistema determinado, siendo complicado en el caso del achiote debido a su alta variabilidad genética. El presente trabajo de investigación se realizó durante el periodo de cosecha grande comprendido entre mayo y julio de 2021 en arboles de 3 años de edad provenientes de accesiones de Brasil (introducidos en 2019), con el objetivo de evaluar su crecimiento y rendimiento bajo condiciones de Iñapari, Madre de Dios. El ensayo se instaló en dos zonas del fundo en cuestión con un diseño de bloques completos al azar con 2 tratamientos de 50 repeticiones cada uno. En los cultivares Sensient y Embrapa 37 se evaluaron caracteres cualitativos como la forma de hoja, color de flor, color de fruto inmaduro y maduro, forma de copa, color de hoja madura, color de nervadura y en la forma del fruto, de su ápice y de su base. En relación a la evaluación cuantitativa, se evaluó la altura de planta y diámetro de tallo, la longitud, anchura y grosor de los frutos, la espinosidad de frutos, el porcentaje de dehiscencia, el número de panículas por capsula, capsulas por panícula y granos por capsula evidenciándose diferencia estadística en ambos caracteres. El cultivar Sensient tuvo mejor rendimiento que el cultivar Embrapa 37, siendo 2.85 y 1.66 t/ha respectivamente que supera al rendimiento nacional. En porcentaje de bixina el cv Embrapa 37 presenta en promedio 4.2% y el cv Sensient 3.9%.

**Palabras clave:** Achiote, cultivares, caracteres, cuantitativo, cualitativo, rendimiento, bixina

## ABSTRACT

Annatto (*Bixa orellana* L.) is a crop native to tropical areas, with great agro-export potential due to its use in industry and its fiber and protein content. However, it is limited to domestic yields and low dye (bixin) content. Here the study of the characterization of genetic material in a given ecosystem becomes important, being complicated in the case of achiote due to its high genetic variability. The present research work was carried out during the large harvest period between May and July 2021 in 3-year-old trees from accessions from Brazil (introduced in 2019), with the objective of evaluating their growth and yield under conditions of Iñapari, Mother of God. The trial was installed in two areas of the farm in question with a randomized complete block design with 2 treatments of 50 repetitions each. In the Sensient and Embrapa 37 cultivars, qualitative characters such as leaf shape, flower color, immature and mature fruit color, cup shape, mature leaf color, vein color and the shape of the fruit, its apex were evaluated. and from its base. In relation to the quantitative evaluation, the plant height and stem diameter, the length, width and thickness of the fruits, the thornyness of the fruits, the percentage of dehiscence, the number of panicles per capsule, capsules per panicle and grains were evaluated. per capsule evidencing statistical difference in both characters. The Sensient cultivar had a better yield than the Embrapa 37 cultivar, being 2.85 and 1.66 t/ha respectively, which exceeds the national yield. In percentage of bixin, cv Embrapa 37 presents an average of 4.2% and cv Sensient 3.9%.

**Key words:** Annatto, cultivars, characters, quantitative, qualitative, yield, bixin.

## I. INTRODUCCIÓN

El achiote es un cultivo con gran potencial agroexportador, por su uso y sus propiedades químicas donde destaca su contenido en fibra y proteínas (Rey, 2012). Este grano representa una gran alternativa económica para las zonas rurales, especialmente en países en vías de desarrollo como el Perú particularmente en las regiones de Pasco, Cusco, Huánuco y Ucayali con producciones de 3,858 t, 2,128 t, 644 t y 332 t respectivamente (Albujar, 2020).

Sin embargo, su despegue se ve limitado a los bajos rendimientos que no permiten atender a la demanda internacional, además de la tonalidad que tiene el colorante en nuestras condiciones (Morales, 2019). Por tanto, urge encontrar alternativas que nos permitan consolidar nuestra producción.

Una alternativa para superar algunas barreras técnicas en la producción de esta especie y que además es barata y de corto plazo es la introducción de cultivares. Las introducciones de material genético deben ser efectuadas con sumo cuidado, para este fin son importantes los estudios de comportamiento de cultivares, ya que los mismos pueden tener un comportamiento diferenciado en función de la zona donde crezca.

En este contexto, los estudios de caracterización toman gran relevancia ya que nos ayudan a comprender el crecimiento y desarrollo de diversos materiales genéticos en agroecosistemas determinados. Además, este tipo de estudios son escasos bajo nuestras condiciones, lo cual deja un vacío que debe ser prontamente llenado para atender las necesidades tecnológicas de los pequeños productores de esta especie.

### **Objetivo general:**

- Evaluar las principales características agronómicas de dos variedades brasileñas de achiote (*Bixa orellana* L.) en la localidad de Iñapari, Madre de Dios (Perú).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Esta especie es nativa del trópico americano, particularmente la cuenca amazónica, ya que ahí podemos encontrar muchas especies silvestres de este género (Arce, 1999; Lourido y Martinez, 2010). Esta información la complementa Vallejo (1983), quien menciona que la podemos encontrar en forma natural desde el sureste de México, hasta el sur de Brasil y norte de Argentina, así como en varias islas del Caribe, y ha sido introducida como cultivo en muchos lugares, de ahí que puede ser encontrada en países tropicales de Asia y África, y en la región mediterránea de Europa.

### 2.2. IMPORTANCIA DEL GRANO

La tabla 1 se observa la composición química de las semillas de achiote. La semilla de esta especie tiene gran cantidad de carbohidratos, fibra cruda y almidón, y en menor proporción carotenoides (bixina y norbixina) (Tabla 1).

**Tabla 1: Composición química de la semilla de achiote.**

Compuesto	Concentración (% peso)
Carbohidratos totales	47.9
Fibra cruda	13.85
Almidón	13.17
Proteínas	12.82
Humedad	11.92
Pentosanos	11.35
Azucares totales	9.76
Extractos	5.22
Carotenoides totales	1.48
Pectina	0.35
Ceniza	6.92

Fuente: Rey (2012)

### **2.2.1. Usos**

Se sabe que antiguamente ha sido utilizado por tribus en la amazonia, como la Ashaninka para tinte en su piel o protegerse de insectos. Se conoce que tiene uso medicinal desde la semilla hasta las raíces. El colorante también es utilizado en la industria de cosméticos, pinturas, ceras y artesanías, también es usado en la industria alimenticia para colorear alimento de raciones o embutidos. Por último su uso en la gastronomía como condimento de varios platos (Falconi y Lobo, 2009).

### **2.3. SITUACIÓN DEL ACHIOTE EN EL PERÚ**

Según el anuario agrícola del SIEA de MIDAGRI del año 2019 (Albujar, 2020), la producción de achiote fue de 7,403 toneladas, y las principales regiones productoras fueron: Pasco (3,858 t), Cusco (2,128 t), Huánuco (644 t) y Ucayali (332 t). Se cosecharon 11,178 hectáreas de las cuales 6,755 se encuentran en Cusco y 3,443 en Pasco. El rendimiento nacional promedio en 2019 fue de 0.662 t/ha, siendo los departamentos con mejor rendimiento: Cajamarca (2.865 t/ha), Ucayali (1.956 t/ha) y Ayacucho (1.857 t/ha). El precio en chacra fue de S/. 3.73 el kg. La época productiva para ese año empezó en junio teniendo el pico más alto en agosto, decayendo en octubre. El precio más alto fue en la región de Madre de Dios en junio y tuvo un equivalente de S/. 7.10 el kg. El tiempo de siembra se encuentra entre los meses de octubre y febrero, que son donde hay más lluvia en las regiones de la sierra y de la selva peruana.

### **2.4. COMERCIALIZACION DE ACHIOTE**

Según lo reportado por el portal de SUNAT (2022) el Perú exportó achiote en mayor volumen hacia Estados Unidos con un FOB (\$) de 388,028.63; seguido por Japón con FOB (\$) de 4,006; España con un FOB (\$) de 3,958.99 y Chile con un FOB (\$) de 3,365. Se puede observar que en 2022 fueron mayores los valores frente al año 2021 donde lo reportado fue hacia Estados Unidos un FOB (\$) de 316,632.37; seguido por Venezuela con FOB (\$) de 24,500 y hacia Chile la exportación tuvo un FOB (\$) de 11,343. También se revisó información del año 2020, aquí los valores reportados fueron menores siendo Estados Unidos el país hacia el que se exportó más con un FOB (\$) de 230,074.97; Francia con un FOB (\$) de 8400 y Chile con un FOB (\$) de 3,044.22. Se observa una demanda mundial creciente de este producto colorante.



En relación a las importaciones SUNAT (2022) reporta que la demanda en el año 2022 fue mayor siendo los países importadores Kenia con FOB (\$) 38,065; Estados Unidos con FOB (\$) 11,659 y Canadá con FOB (\$) de 444.28; en el año 2021 fue Kenia con FOB (\$) 42,797.41 y Estados Unidos con FOB (\$) 8,919. en el año 2020 el ingreso de achiote al país fue principalmente de India con FOB (\$) 24,027; de Italia con FOB (\$) 21,640 y de Kenia con FOB (\$) 13,529.

SIICEX (2022) menciona que entre los años 2019 y 2020 el achiote exportado como condimento tuvo una variación negativa de 4%, igual para el achiote en polvo de 9% y el achiote en semilla de 53%, sin embargo, la variación fue positiva para colorantes hechos a base de achiote teniendo un incremento de 3%. Entre los principales países importadores de colorante estuvieron Estados Unidos y Japón y entre los principales exportadores a nivel mundial estuvieron Países bajos, España y Alemania, estando el Perú en el sexto puesto con un total de exportaciones valorizadas en US\$ 126.00 millones.

## **2.5. TAXONOMÍA Y DISTRIBUCIÓN**

### **2.5.1. Taxonomía**

La clasificación taxonómica de la planta según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1969) es el siguiente:

Reino: Plantae  
Phylum: Tracheophyta  
División: Magnoliophyta  
Clase: Magnoliopsida  
Orden: Malvales  
Familia: Bixaceae  
Género: *Bixa*  
Especie: *Bixa orellana*

### **2.5.2. Nombres comunes por región**

El achiote cuenta con numerosos nombres según el país en el que crece, conocerlos facilita la búsqueda de información sobre este cultivo para incentivar a la investigación. El nombre común en nuestro medio es achiote (Bonilla, 2009).

## 2.6. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA

El achiote tiene una raíz pivotante de la cual salen las secundarias y terciarias (de Oliveira *et al.*, 2008). Es bien desarrollada y le ayuda a adaptarse a condiciones de suelos pobres (Bonilla, 2009). La planta suele alcanzar entre 3 hasta 6.5 metros de altura y su tallo alcanza unos 30 cm de diámetro. Asimismo, la ramificación comienza desde la base. La copa posee forma globosa, hemisférica o cónica y el follaje puede alcanzar hasta más de 10 metros en diámetro si no se poda (Gonzales, 2006; Bonilla, 2009).

Las hojas se disponen de forma alterna y tienen peciolo corto. Son acorazonadas, enteras, de ápice acuminado y borde cortado. Su coloración en estado de madurez varía de verde claro a verde oscuro (Gonzales, 2006; Bonilla, 2009). La base es trunca, acorazonada, oval o lanceolada lisas en los bordes (Hernández, 2006). Asimismo la venación puede ser purpura, amarilla o verde claro (Akshatha *et al.*, 2011).

En su etapa productiva presenta flores de color rosado o blanco. Cada flor tiene 5 pétalos. Young (1998) menciona que encontró tres colores en las flores de achiote, blanco, lila y rosado. El fruto, que es una capsula, puede ser bisexual y hermafrodita (Hernandez, 2006). El fruto dehiscente puede tener forma hemisférica, ovoide o cónica. Están cubiertos por espinas suaves y largas, en algunos casos son lisas. El color cuando está madura la capsula puede ser rojo, café, verde o amarillo. El fruto es lo que presenta mayor variabilidad, en forma (ovoide, redondo, elíptico y cónico); espinosidad (sin espinas, muy baja, baja, alta y muy alta); longitud de espinas (muy cortas, cortas, largas y muy largas) (Gonzales, 2006).

Existe variación en la longitud de fruto (pequeño, mediano, grande y muy grande): forma de base de fruto (plana, cordata, atenuata); forma de ápice de fruto (redondeada, obtusa, aguda y puntiaguda) y porcentaje de dehiscencia (Taboada, 1993).

Las semillas están cubiertas por un arilo rojo o anaranjado (Arce, 1984), siendo este la parte que se comercializa, es decir, de donde obtiene el colorante (bixina). Cuando el arilo posee más del 2.5% de bixina, entonces puede ser usado como colorante. En Perú se ha reportado valores de contenido de bixina de 3.55% a 4.55% en las distintas accesiones con las que se hizo el estudio (Falconi y Lobo, 2009). En cada valva hay de 10 a 50 semillas (Bonilla, 2009) mientras que Falconi y Lobo (2009) mencionan que tienen de 40 a 60 semillas.

## **2.7. REQUERIMIENTOS EDAFO-CLIMÁTICOS**

La temperatura ideal para este cultivo debe oscilar entre los 20°C y 26 °C, con máximas de 36 °C a 38 °C y una mínima de 15 °C (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, 2010). Son plantas que crecen a pleno sol sin sombra (Barbosa *et al.*, 2009). Se dice que la temperatura ideal para el mejor desenvolvimiento del achiote esta entre 22°C a 27 °C (Ferreira, 2018). La humedad relativa ideal esta entre el 60 al 80%. A una humedad mayor presenta problemas con hongos como el mildiu (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, 2010).

En cuestión de suelos, el achiote desarrolla bien en cualquier tipo de suelos, pero de preferencia que estos sean profundos y con buen contenido de materia orgánica. El pH ideal esta entre 5 y 6.5 (Arce, 1999).

Se recomienda sembrar en zonas con pendientes menores de 5%, buen drenaje y una profundidad mayor a 0.9 metros. El achiote no resiste suelos mal drenados o con alto contenido de arcilla (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, 2010; Bonilla, 2009).

## **2.8. FENOLOGÍA DE LAS VARIETADES DE ACHIOTE**

Respecto a la fenología del achiote en nuestras condiciones carecemos de información, motivo por el cual presentamos referencias del comportamiento de esta especie en otras condiciones como en Brasil donde Vidal *et al.* (2013) mencionan que el achiote florece todo el año y la mayor floración se registra en los meses de setiembre, noviembre y diciembre mientras que la menor media fue en julio, información reportada en la localidad de Belem. Sin embargo, en Paraíba la floración más intensa ocurre entre los meses de febrero y marzo y la cosecha en junio/julio, asimismo entre la apertura floral y la madurez de los granos transcurren 100 a 140 días aproximadamente (de Oliveira *et al.*, 2008). El tiempo que demora la formación de la flor desde el brote es de tres a cuatro semanas según Nisha *et al.* (2012), mientras que la maduración del fruto dura entre 65 y 70 días. Arce (1999) menciona que después de la floración los frutos tardan de dos a tres meses en estar en punto de cosecha.

## 2.9. VARIABILIDAD Y DIVERSIDAD GENÉTICA

Es una especie alógama con alto porcentaje de polinización cruzada, lo cual hace difícil encontrar plantas fenotípicamente y genotípicamente iguales cuando son propagadas por semillas. Para caracterizar el achiote se usan ciertas características como: color de flor, la capsula (forma, color, tamaño, espinosidad, lóbulos), color de pigmento, época de floración y cosecha, tolerancia al mildiu, contenido de bixina, color de tallo y hojas, numero de semillas por capsula o porcentaje de dehiscencia (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, 2010; Bonilla, 2009; Arias *et al.*, 2017 ; Valdez *et al.*, 2017 ; Mantovani *et al.*, 2013). Aunque es un cultivo subexplotado, existe pocas investigaciones sobre su diversidad fenotípica siendo una de las ultimas reportadas por Nolasco *et al.* (2020) quienes han cuantificado las características de 149 acciones de achiote en siete departamentos del Perú. Cabe resaltar que por los años 80s los reportes se basaban solo en observaciones empíricas (Hernandez *et al.*, 1988)

En este sentido, estudiar el comportamiento del achiote en condiciones peruanas, es extremadamente útil ya que ayudará a los productores peruanos a mejorar su manejo agronómico.

### 2.9.1. Variedades

Falconi y Lobo (2009) mencionan que la SUDIRGEB-INIA en la EEA El Porvenir mantiene la colección nacional de germoplasma de achiote (*Bixa orellana* L.), constituida por 31 accesiones, en las cuales hay tres que han sido identificadas como promisorias. Entre ellas esta:

#### A. Accesoión PER001114:

Procedencia de la accesoión: Donación del CATIE, Costa Rica

Forma de copa: Cónica

Altura de planta: 3.5-4.0 m

Color de la flor: Lila

Forma de la hoja: Ovalada

Nº de racimos por planta: 200

Nº de cápsulas por racimo: 13-15

Forma de la cápsula: Ovoide

Longitud de las espinas: Cortas  
Espinosis: Muy baja  
Color de la cápsula madura: Verde rojizo  
Dehiscencia de la cápsula: Indehiscente  
Nº de semillas por cápsula: 35  
Peso de 100 semillas: 3.0 g  
Rendimiento de grano seco: 1500 kg/Ha  
Porcentaje de bixina: 3.55

**B. Accesoión PER001115:**

Procedencia de la accesoión: San Ramon, Chanchamayo  
Forma de copa: Cónica  
Altura de planta: 3.0 – 3.5 m  
Color de la flor: Lila  
Forma de la hoja: Ovalada  
Nº de racimos por planta: 120  
Nº de cápsulas por racimo: 14-19  
Forma de la cápsula: Elíptica  
Longitud de las espinas: Largas  
Espinosis: Alta  
Color de la cápsula madura: Verde amarillento  
Dehiscencia de la cápsula: Indehiscente  
Nº de semillas por cápsula: 40  
Peso de 100 semillas: 3.3 g  
Rendimiento de grano seco: 1000 kg/ha  
Porcentaje de bixina: 4.32

**C. Accesoión PER001119:**

Procedencia de la accesoión: Iquitos  
Forma de copa: Hemisférica  
Altura de planta: 3.0 -3.5 m  
Forma de la hoja: Ovalada  
Color de la flor: Blanco  
Nº de racimos por planta: 200

Nº de cápsulas por racimo: 13-16  
Forma de la cápsula: Hemisférica  
Longitud de las espinas: Muy larga  
Espinosa: Alta  
Color de la cápsula madura: Amarillo dorado  
Dehiscencia de la cápsula: Dehisciente  
Nº de semillas por cápsula: 60  
Peso de 100 semillas: 2.0 g  
Rendimiento de grano seco: 2000 kg/ha  
Porcentaje de bixina: 4.55

En Brasil, según Barbosa *et al.* (2009) se ha hecho una selección usando variedades con características genéticas definidas. Entre ellas está el Piave amarillo, compuesto por dos variedades creadas en Embrapa amazonía oriental: BR-36 y BR-37, esta variedad tiene buena producción de semillas y el porcentaje de bixina es de 5%. Menciona también que una variedad para colorante es considerada buena cuando el porcentaje de bixina es mayor a 2.5%, que el número de semillas por capsula no sea menor de 45, frutos indehiscentes y panículas con un promedio mayor de 25 capsulas.

En el estado de Para se tienen dos cultivares: Embrapa-36 (progenie 0097) y Embrapa-37 (progenie 0108). Embrapa-36 tiene un promedio de altura de 1.63 m y un porcentaje de bixina de 5-5.5%. Rinde 2 kg de semillas secas por planta por año. Embrapa-37 tiene un porte medio de 1.54 m, el porcentaje de bixina es de 5-5.5% y su productividad media es de 2.5 kg de semillas secas por planta por año.

Ferreira (2018) menciona que los cultivares más indicados para plantar son: Bico de pato, peruana paulista, Piave vermelha, Piave verde limón y peruana Para.

Bonilla (2009) menciona que el achiote presenta una alta variabilidad y para seleccionar las mejores plantas se toma en cuenta ciertos índices de rendimiento como el número de semillas por capsula, el porcentaje de dehiscencia y el contenido de bixina.

Los cultivares que fueron estudiados en Iñapari son:

- Embrapa-37: Introducido de Brasil en 2018 y sembrado en LXG en 2019 en la parcela Tayta Pancho 3.
- Sensient: Proporcionado por una empresa privada que vende colorantes, SENSIENT NATURAL COLORS. Ellos introdujeron esta variedad para que sea probada en el campo y mencionan que proviene de una plantación de la variedad Piave Vermelho.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN Y MATERIAL VEGETAL

Este experimento se realizó en las instalaciones del fundo LXG AMAZON REFORESTRY INVESTMENTS SAC, ubicado en el distrito de Nueva Esperanza, provincia de Iñapari, en la región de Madre de Dios. Las coordenadas geográficas (UTM) del fundo son Latitud: 11° 03'23.87'', Longitud: 69° 34'27.39'' a una altitud: 312 m.s.n.m. (Figura 1).

La temporada calurosa dura aproximadamente 3 meses, entre agosto y octubre. La temperatura máxima promedio diaria es más de 33 °C. El mes más cálido del año en Iñapari es setiembre, con una temperatura máxima promedio de 34 °C y mínima de 22 °C. La temporada fresca dura 6 meses, desde diciembre hasta junio, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 29 °C. El mes más frío del año en Iñapari es mayo, con una temperatura mínima promedio de 21 °C y máxima de 28 °C (Spark, 2016).

Las alta precipitaciones empiezan en octubre y van decayendo hasta abril, en ese lapso de tiempo existe una probabilidad de más del 43 % de presencia de alta intensidad de lluvias. El mes que tiene más precipitaciones en Iñapari es enero con un promedio de 22.5 días de precipitación. La temporada más seca es de abril a octubre. El mes con menos días mojados en Iñapari es Julio, con un promedio de 3.7 días (Spark, 2016).

En este experimento se usó la especie *Bixa orellana* cv Sensient y Embrapa 37, los mismos que se encuentran cultivados a una densidad de 800 plantas ha<sup>-1</sup> espaciadas en un modelo de 4 metros entre líneas x 2 metros entre plantas. El ensayo empezó el 20 de junio de 2021 y culminó el 13 de setiembre de 2021.

Ambos cultivares fueron sembrados en el 2019 conjuntamente con especies forestales como la caoba (*Swietenia macrophylla*), santa maria o lagarto caspi (*Calophyllum brasiliense*) y shihuahuaco (*Dypterix odorata*) con un diseño de 8 filas de achiote por 2 filas de forestal.



### 3.2. MANEJO AGRONÓMICO

En este trabajo, el achiote creció bajo un sistema de producción orgánico. Antes de la instalación del cultivo se aplicó cal agrícola (1 t/ha) para corregir el pH. Además, se incorporó 1 t/ha de humus de lombriz. Durante el crecimiento de la planta, en el mes de octubre (antes del comienzo del periodo de alta precipitación) se incorpora humus de lombriz (200 gramos por planta) enriquecido con MMB (Dosis de 1 Litro por hectárea que es un regenerador de suelo compuesto por *Azospirillum brasilense*, *Agrobacterium pusense*, *Ochrobactrum pseudogrignonense* y *Meyerozyma guilliermondii*) y *Trichoderma harzianum* (0.5 kg/ha).

Se tiene un análisis de suelo que se realizó en las parcelas de producción al instalar el proyecto, el cual fue consultado para ver los requerimientos adicionales de fertilización del cultivo y la corrección de pH (Tabla 2). Los resultados del análisis dieron que el pH promedio del área de cultivo fue de 5.49, siendo fuertemente ácido. La CE es muy baja, siendo su valor 0.29 dS/m. No presenta carbonato de calcio. La materia orgánica es baja: 0.4%, característica de los suelos de selva. La cantidad de fósforo en promedio es de 2.27 ppm resultando bajo, la de potasio es de clase media, 115.2 ppm. La CIC efectiva es 8.83 meq/100 gr resultando ser baja. En conclusión, es un suelo de textura franco arcillosa muy pobre en nutrientes que requiere grandes cantidades de fertilizante orgánico, cal agrícola y nutrientes para un buen desarrollo de las plantas.

**Tabla 2: Resumen de resultados de análisis de suelo en diferentes puntos del predio Tayta Pancho**

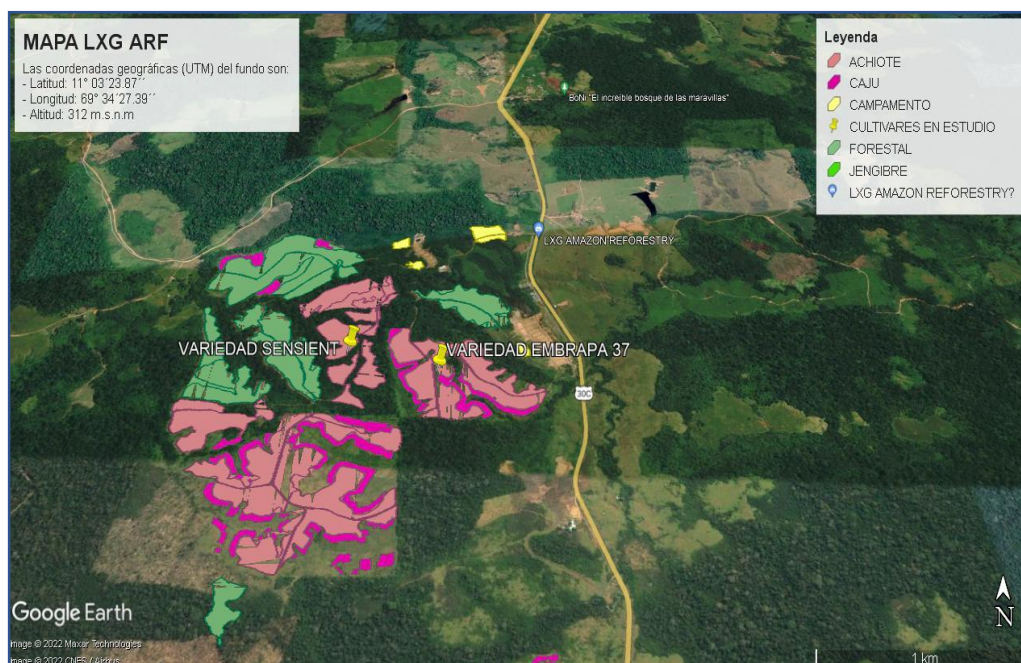
CE (dS/m) Relación 1:1	Textura	pH (relación 1:1)	M.O (%)	P (ppm)	K (ppm)	CaCO <sub>3</sub> (%)	CIC
0.29	Franco arcilloso	5.49	0.40	2.27	115.2	0	8.83

Fuente: Análisis de suelos por la UNALM (abril, 2017)

El control de malezas fue mecánico con el uso de una cultivadora rotativa que es jalado por un tractor. Este método de control fue aplicado para malezas que se encuentran en la hilera de la plantación. Entre plantas, para el control de malezas se usaron machetes y moto guadaña. Los residuos del control de malezas son dejados para que cubran el suelo como un mulch. La poda es una práctica que se realiza de manera bianual para controlar la altura de planta y ayude a tener plantas más productivas en los laterales y facilite la cosecha.

Durante el desarrollo del ensayo se detectó la presencia de algunas plagas como la chinche *Leptoglossus zonatus* que perfora los frutos al momento de alimentarse y genera aberturas que dan entrada a hongos o bacterias. También se observó la presencia de la larva de la polilla *Milgitha melanoleuca* que oviposita en las capsulas de achiote, perfora el fruto e ingresa a alimentarse de las semillas. Se notó la presencia de Trips de banda roja (*Selenothrips rubricinctus*) en etapa de floración. No se realizó un control para ninguna de las tres ya que no hicieron un daño económico considerable. Las enfermedades encontradas fueron principalmente causadas por hongos y fueron *Oidium bixae* presente en las hojas inferiores de ambas variedades en época de lluvias, que luego desapareció con la poda y con el comienzo de la época seca. El mismo comportamiento se observó con el hongo *Cercospora bixae*. Ninguno de los dos generó daños cuantitativos en ninguna de las variedades.

Una vez cosechadas las cápsulas, éstas se colocaron a secar por 15 días aproximadamente. Las cápsulas se secaron hasta que adquirieron un color rojizo y una textura crujiente. El siguiente paso consistió en llevar las cápsulas secas a una trilladora donde se separaron los granos de la cáscara. Las semillas obtenidas se ponen a secar por un periodo de 15 a 20 días o hasta que alcancen 12% de humedad.



**Figura 1:** Lugar de estudio con achiote de los cultivares Sensient y Embrapa 37 sembrados en 2019. Proyecto – IÑAPARI / MADRE DE DIOS Fuente: Elaboración propia en Google Earth y Q gis.

### 3.3. TRATAMIENTOS

Cada tratamiento estuvo formado por 50 plantas (repeticiones), y se tuvieron dos tratamientos: T1: *Bixa Orellana* cv Sensient, T2: *Bixa Orellana* cv Embrapa 37.

### 3.4. VARIABLES

#### Evaluación de la fenología

En Madre de Dios se evaluó la fenología de las dos variedades de achiote en estudio. La metodología fue la siguiente:

- Se seleccionaron cinco arboles al azar por cada variedad.
- Se reviso que el árbol contenga la mayoría de etapas fenológicas en el mismo (heterogeneidad en la maduración de fruto).
- Se colocaron carteles (con números escritos) que correspondía el estado fenológico de la siguiente manera: 1: Brote, 2: Botón floral, 3: Flor, 4: Fruto, 5: Fruto maduro.
- Se hizo una cartilla (figura 2) donde cada 3 días se anotó si había un cambio de un numero a otro o no.
- Si no había cambio, se colocaba en la cartilla SC (sin cambio); si había cambio, se quitaba el número anterior y se colocaba un nuevo número para evaluar cuantos días pasarían hasta la siguiente etapa.
- El experimento culmino cuando todos los estadios llegaron a fruto maduro.
- Se saco un promedio de cada uno para tener días aproximados de la fenología del achiote.

	Rep.	14/04/2021					17/04/2021					20/04/2021					23/04/2021				
<b>TP1 (SENSIENT V4)</b>	<b>46</b>	1	2	3	4	5	sc	sc	sc	5	sc	sc	sc	sc	sc	sc	sc	3	3	sc	1
	<b>38</b>	1	2	3	4	5	sc	sc	sc	sc	sc	sc	sc	5		sc	sc	sc	sc	sc	sc
	<b>36</b>	1	2	3	4	5	sc	3	sc	sc	sc	sc	3	4	sc	sc	sc	sc	5	5	sc
	<b>14</b>	1	2	3	4	5	sc	sc	sc	5	sc	sc	sc	sc	sc	sc	sc	3	sc	sc	sc
	<b>4</b>	1	2	3	4	5	sc	sc	sc	sc	sc	sc	sc	sc	sc	sc	sc	3	sc	5	sc
<b>TP3 (EMBRAPA 37 V1)</b>	<b>1</b>	1	2	3	4	5	sc	sc	sc	5	sc	sc	sc	sc	sc	sc	sc	3	sc	sc	Sc
	<b>37</b>	1	2	3	4	5	2	3	sc	5	sc	sc	sc	4	sc	sc	sc	sc	sc	5	sc
	<b>49</b>	1	2	3	4	5	sc	sc	sc	sc	sc	sc	sc	sc	5	sc	sc	sc	4	sc	sc
	<b>23</b>	1	2	3	4	5	sc	sc	sc	sc	sc	sc	3	4	sc	sc	sc	sc	sc	5	1
	<b>12</b>	1	2	3	4	5	sc	sc	sc	5	sc	sc	sc	sc	5	sc	sc	3	sc	sc	sc

**Figura 2:** Cartilla de evaluación fenológica de variedades de achiote en Madre de Dios.

### **3.4.1. Características vegetativas**






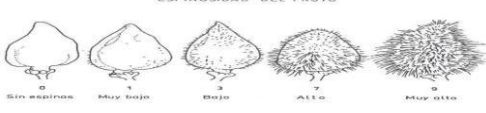
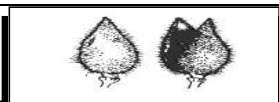

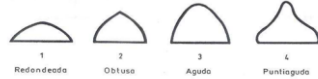
- Altura de planta (m): Se midió de la base hasta el ápice del brote central con una wincha en la cosecha. La medición se hizo desde el nivel del suelo (cuello de planta) a la base del tallo hasta la yema apical del tallo predominante.
- Diámetro de tallo (mm): Con el uso del vernier y a dos centímetros del suelo, se midió el diámetro de tallo. Esta evaluación se hizo en la cosecha. Se hicieron tres mediciones y se sacó un promedio por planta.
- Forma de copa: Se midió según la ficha de la tabla 1. Se evaluó si es hemisférica, cónica u ovoide. Esta evaluación se hizo al final del experimento.
- Color de hoja y de nervadura: Al final del experimento, se evaluó si la hoja era verde clara o verde oscura, en el caso de la nervadura si era amarilla, verde, roja o morada.
- Forma de hoja: Lanceolada, Cordata, Oviforme, Ovalada.

### **3.4.2. Características reproductivas**

- Color de flor: Al inicio del experimento, se evaluó si es blanca, lila o rosa de manera visual.
- Forma de fruto: Se evaluó si es ovoide, hemisférico, cónico o alargado previo a cosechar según la cartilla.
- Color de fruto: Se evaluó en el momento de madurez previo a cosecha si es verde limón, verde, amarillo o rojo de manera visual.
- Pilosidad de fruto: Se evaluó si no tiene pilosidad, si es escasa, muy baja, baja, alta o muy alta según la cartilla.
- Tamaño de pilosidad de fruto (mm): Se midió con un vernier (escala 1:100) el tamaño de pilosidad de 10 frutos por árbol y se sacó un promedio.
- Forma de ápice de fruto: Redondeado, Obtuso, Agudo o Puntiagudo.
- Forma de base de fruto: Redondeado, Plano o cordato.
- Dehiscencia de fruto: Se contaron capsulas cerradas y capsulas abiertas en el mismo árbol en el mismo momento en plena madurez de cosecha y se sacó un porcentaje.
- Ancho, largo y grosor de fruto: Con un vernier (escala 1:100) se midieron estas características en 10 frutos por árbol y se sacaron promedios. Estos datos se midieron en milímetros.

- Número de cápsulas: Se contaron el número de cápsulas de 10 racimos por árbol al azar y se sacó un promedio. Esta evaluación se hizo antes de cosechar.
- Número de panículas: Se contó el número total de racimos por árbol. Esta evaluación se hizo en la cosecha.
- Peso de 100 granos (gramos): Se realizó sacando granos frescos que fueron secados en sombra. Luego se pesaron en una balanza gramera.
- Número de granos por cápsula: Se sacó un promedio del número de granos en 10 cápsulas de cada árbol.
- Rendimiento (t/ha): El peso total de semilla seca por árbol. Esta evaluación se hizo en cosecha.

Para sistematizar el trabajo de evaluación, se ha construido una ficha de evaluación (Tabla 3), la misma que ha sido construida considerando las recomendaciones de Arce (1984), Cedano (2014), Akshatha et al. (2011) y Falconi y Lobo (2009).

I. DATOS GENERALES		
Evaluador:		
Código accesión:	Nro. De planta:	Fecha:
Localidad:	Distrito:	Provincia:
II. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO		
Edad de planta (años):	Época	
Forma de copa:	Cosecha pequeña	Cosecha grande
 <p>Hemisférico ( ) Cónico ( ) Ovoide ( )</p>		
Procedencia de semilla:	Presencia de maleza:	
III. CARACTERÍSTICAS DE PLANTA:		
Altura de planta (m):	Diámetro de tallo (mm):	
Color de flor	Forma de hoja	
 <p>Rosa ( ) Lila ( ) Blanco ( )</p>	 <p>Ovalada ( ) Cordada ( ) Oviforme ( ) Lanceolada ( )</p>	
Color de hoja	Color de nervadura de hoja	
Verde claro ( ) Verde oscuro ( )	Rojo ( ) Verde ( ) Amarillo ( )	
		
IV. FRUTO		
Forma cápsula	Espinas	
 <p>Ovoide ( ) Cónico ( ) Hemisférico ( ) Alargado ( )</p>	 <p>Sin espina ( ) Bajo ( ) Medio ( ) Alto ( )</p>	
Color cápsula inmadura	Color cápsula madura	
Verde limón ( ) Verde ( ) Amarillo ( ) Rojo ( )	Verde limón ( ) Verde ( ) Amarillo ( ) Rojo ( )	
Dehiscencia (%)	Longitud de espinas (mm):	
 <p>Valor:</p>	N ° cápsulas por panícula:	N ° panículas por planta:
Forma de base de fruto: Redondeada ( ) Plana ( ) Cordata ( )	Forma de ápice de fruto: Redondeada ( ) Obtusa ( ) Aguda ( ) Puntigrada ( )	
		
Ancho fruto (mm):	Largo fruto (mm):	Grosor fruto (mm):
V. SEMILLA		
N ° de semillas por planta:	Peso de 100 semillas secas (12% Hum.):	
Rendimiento (t/ha):		

Fuente: Elaboración propia con figuras de Akshatha et al. (2011) y Cedano (2014)

**Figura 3:** Ficha de evaluación para el cultivo de achiote en Madre de Dios

### **3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se hizo Diseño Completo al Azar (DCA), con  $3$  tratamientos y 50 repeticiones. Luego, se hizo el test de T (95%).





## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El achiote es un cultivo que no es nuevo en la región de Madre de Dios, se observa su presencia en muchos hogares de la zona. En una entrevista con el profesor Julca, el referido investigador menciona que anteriormente ya se han introducido cultivares de achiote provenientes de Costa Rica a Madre de Dios y se realizaron parcelas agroforestales con castaña (*Bertholletia excelsa*) que fueron replicadas en otras regiones.

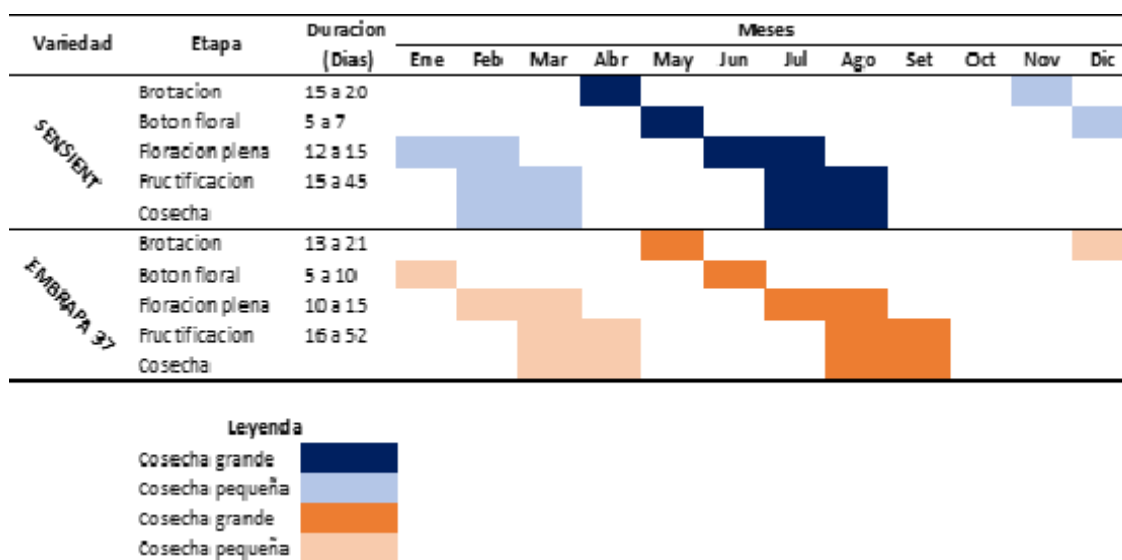
En este trabajo se sugiere una serie de fases fenológicas del achiote en Madre de Dios. Estos datos son interesantes pues nos permiten organizar las labores en campo y que se lleven a cabo en los momentos más adecuados.

En la variedad Sensient se pudo observar que la brotación comienza en el mes de abril y dura de 15 a 20 días hasta diferenciarse en hoja o flor. El desarrollo del botón floral se lleva a cabo en mayo. Una vez formado el botón floral, éste se convierte en flor en los próximos 5-7 días. En los meses de junio y julio empieza la floración. Al ser una especie de polinización cruzada la presencia de insectos es fundamental para la formación del fruto. Algunos investigadores han reportado la presencia de abejas como *Bombus* sp. (Umadevi *et al.*, 2020).

Las flores tardan de 12 a 15 días en convertirse en fruto y el desarrollo del fruto demora de 15 a 45 días aproximadamente. Por esta razón la cosecha empieza en julio y dura hasta agosto. Es en estos meses donde se produce la cosecha grande. Aunque también se puede tener cosechas pequeñas o n tan abundantes. Estas últimas son producto de los brotes que empezaron a crecer en noviembre y cuya cosecha será entre febrero y marzo.

En comportamiento de Embrapa 37 fue algo distinto al de Sensient, es decir, el crecimiento de los brotes comenzó en mayo y duró entre 13 y 21 días. Entre julio y agosto se tuvo la máxima floración y la cosecha ocurrió en entre agosto y septiembre. Esta última se conocida como la cosecha grande. Mientras que la cosecha chica se presenta entre marzo y abril (Figura 4).

Los datos concuerdan con lo reportado por Venturieri-Maues y Venturieri (1992) quienes señalan que el desarrollo del fruto de achiote demora aproximadamente 40-45 días.

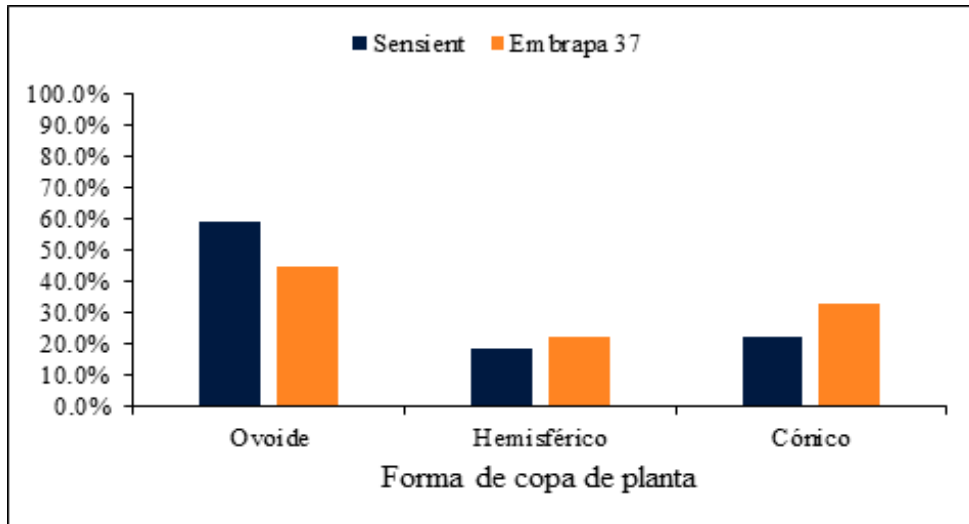


**Figura 4:** Fenología de los dos cultivares (Sensient y Embrapa 37) de achiote en Madre de Dios.

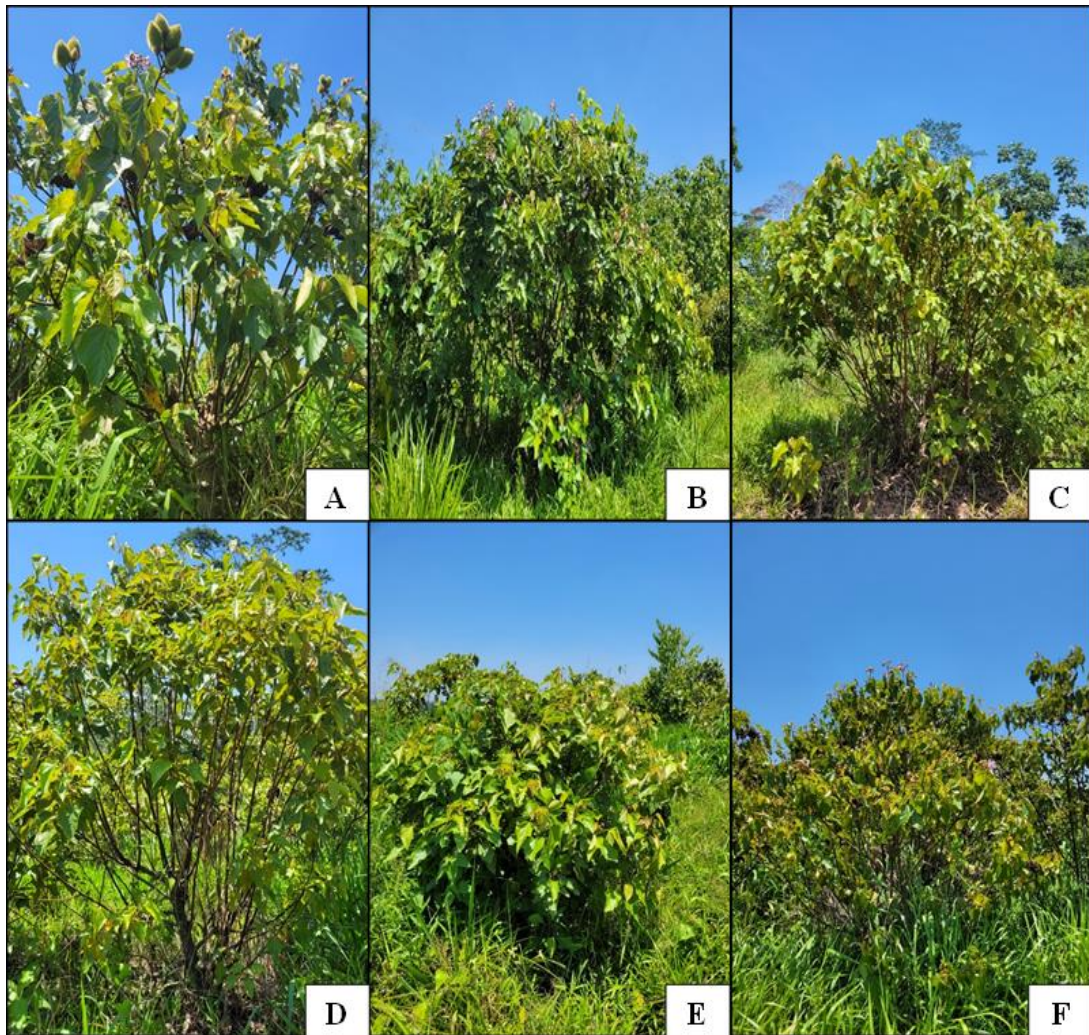
#### 4.1. CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS VEGETATIVAS

##### 4.1.1. Forma de la copa

La forma de la copa es una característica evaluada en diferentes cultivos tropicales (Burgos *et al.*, 2008). La forma de la copa del árbol fue observada en este trabajo, y en ambos casos, tanto para Sensient y Embrapa 37 la forma predominante fue la ovoide. De acuerdo con CONABIO (2022) la forma de la copa es redondeada. A pesar de sostener las hojas, la forma de copa no es tan importante para la fotosíntesis como lo es la distribución de las hojas (Wang, 1988) (Figura 5 y 6).



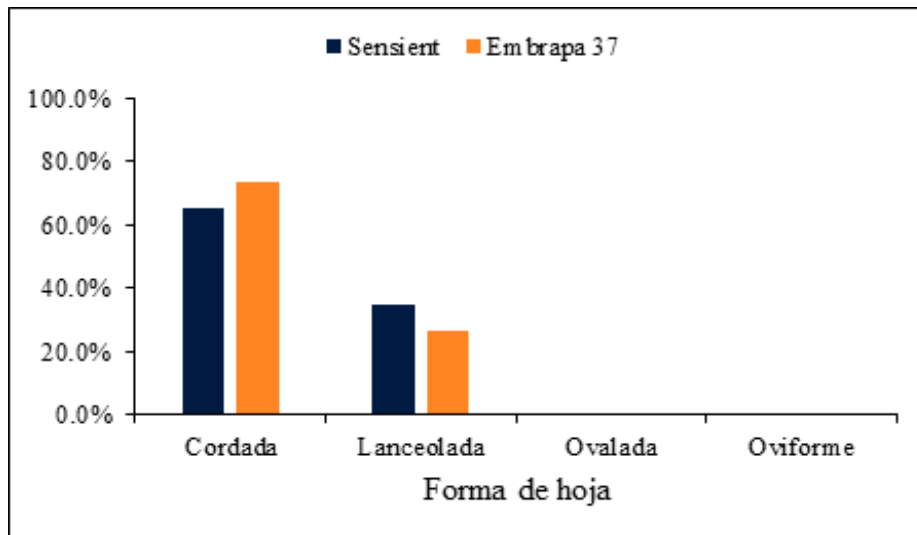
**Figura 5:** Frecuencia de la forma de la copa de achiotte cv Sensient y Embrapa 37



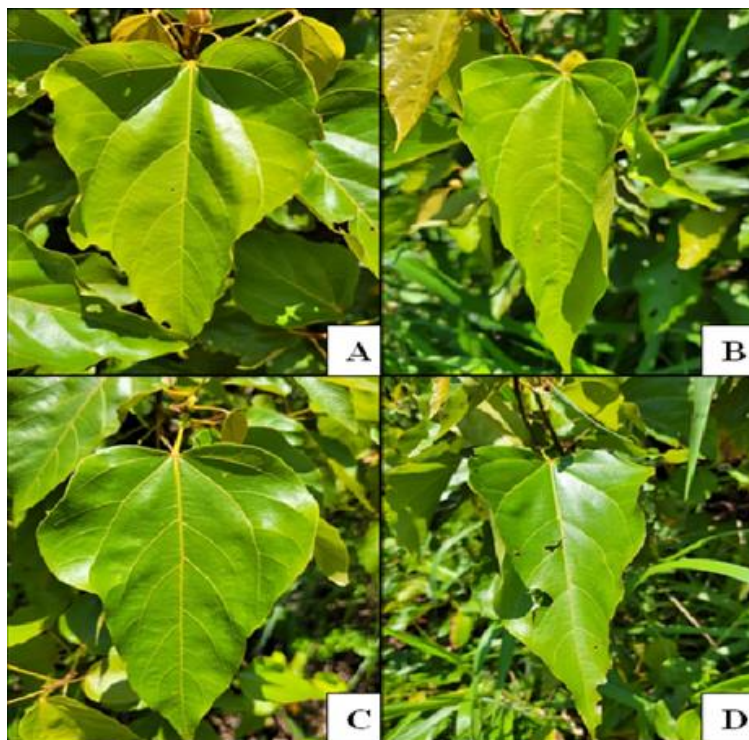
**Figura 6:** Planta de *Bixa orellana* L., cv Sensient con forma de copa (A) ovoide, (B) Forma de copa hemisférica, (C) Forma de copa cónica y cv Embrapa 37 con (D) forma de copa ovoide, (E) forma de copa hemisférica, (F) forma de copa cónica.

#### 4.1.2. Forma de la hoja

La forma de la hoja es relevante en la vida de la planta, en efecto, esta característica está fuertemente relacionada a la captura de luz y al balance de agua (Kidner & Umbreen, 2010). Los resultados indican que hubo cierta variabilidad en la forma de la hoja, sin embargo, la forma predominante fue la de tipo cordada (Figura 7 y 8).



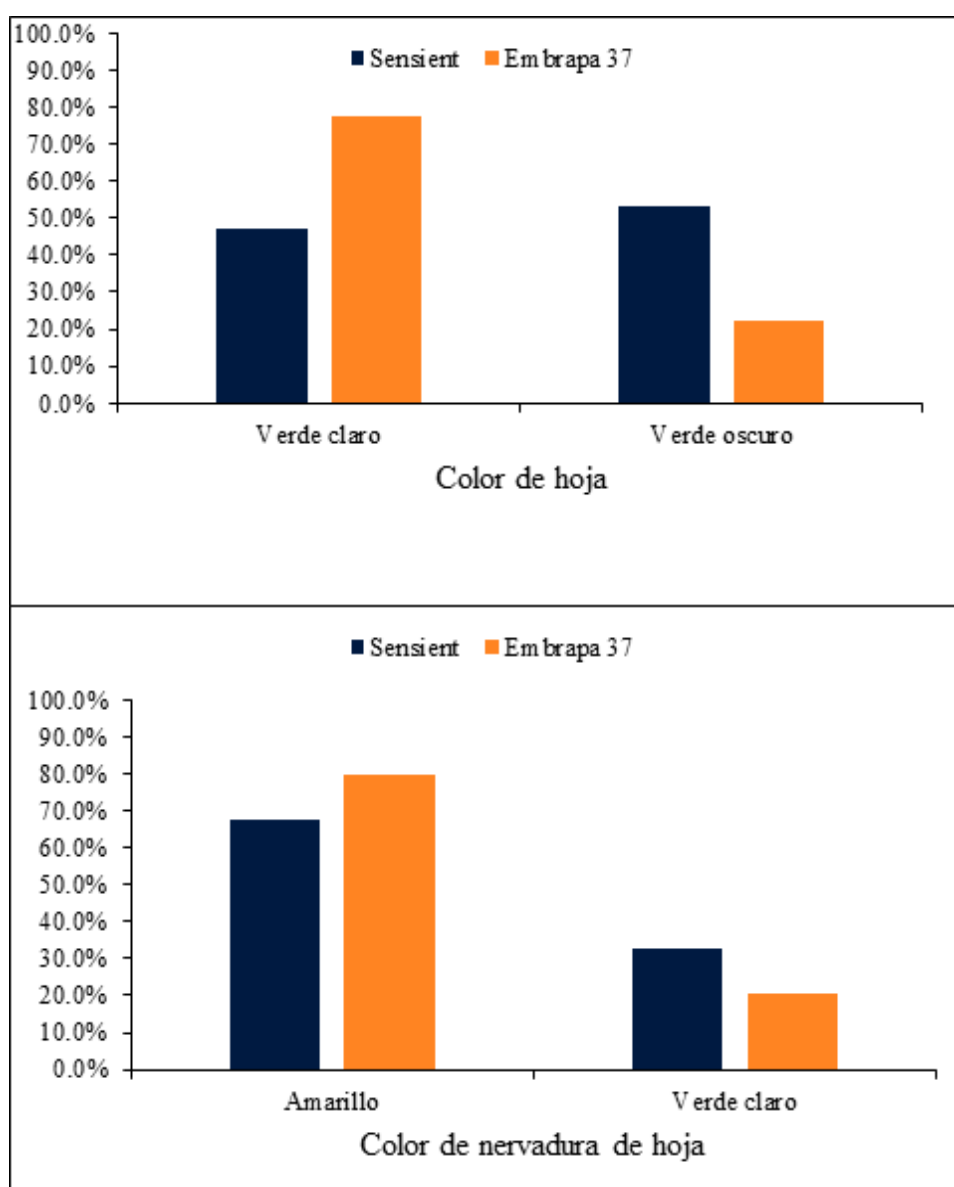
**Figura 7:** Frecuencia de la forma de la hoja en achiotte cv Sensient y Embrapa 37.



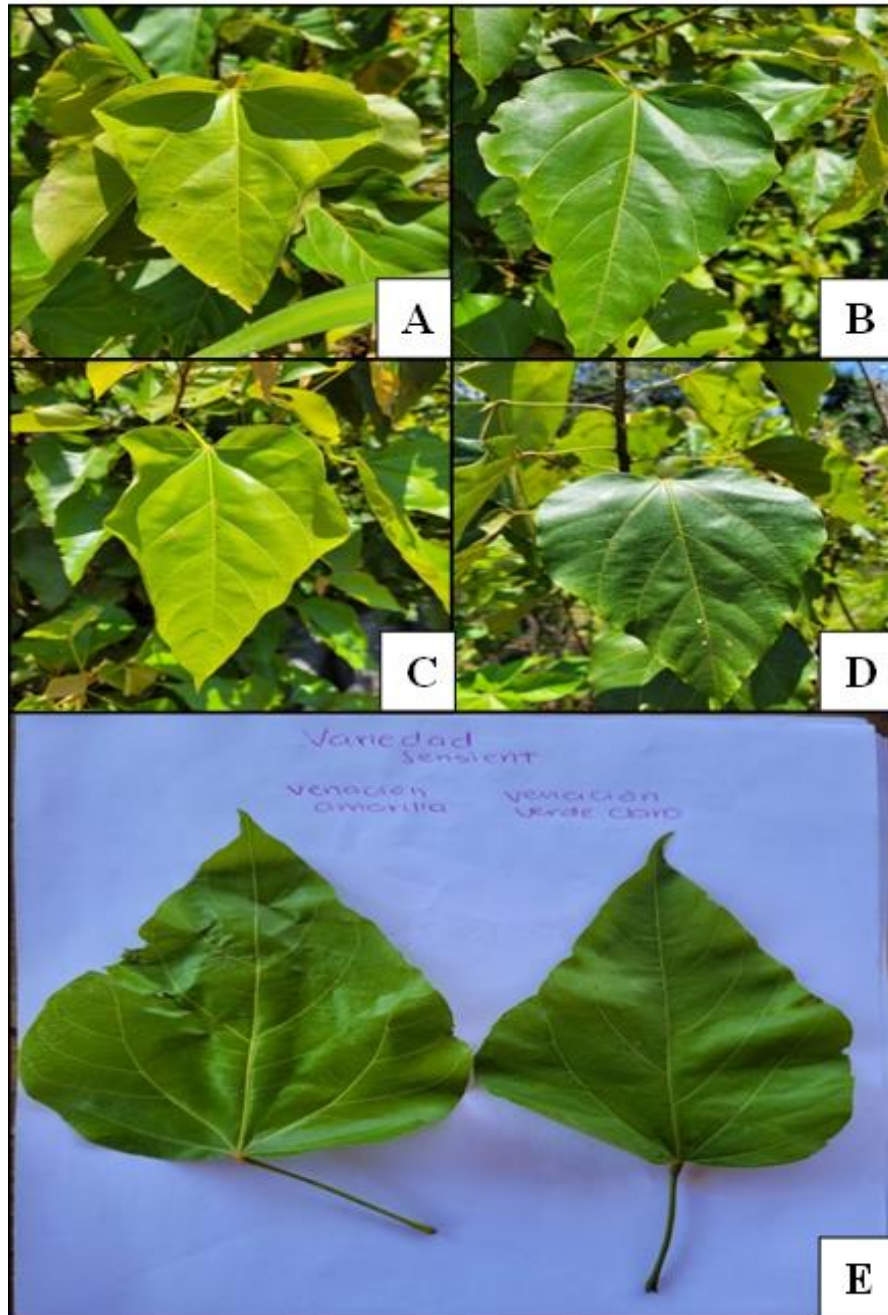
**Figura 8:** Hojas de la planta de *Bixa orellana* L. del cv Sensient con (A) forma cordada, (B) forma lanceolada y del cv Embrapa 37 (C) con forma cordada, y (D) forma lanceolada.

#### 4.1.3. Color de la hoja madura y de la nervadura central

El color de las hojas se encuentra relacionado a la concentración de clorofilas en ellas (Clatterbuck, 2022); aunque también podría ser usado como indicador del estatus nutricional de la planta, especialmente relacionado a la fertilización nitrogenada. Además, ha sido usado para caracterizar germoplasma de achiote (Quishpe, 2022). El color de la hoja varió en función del cultivar estudiado, es decir, el color de la hoja madura de Embrapa 37 fue de verde claro, mientras que para Sensient fue verde oscuro. En el caso de la vena central, en ambos casos el color predominante fue el amarillo (Figura 9 y 10).



**Figura 9:** Color de la hoja madura y de la nervadura central de la hoja de achiote cv Sensient y Embrapa 37.

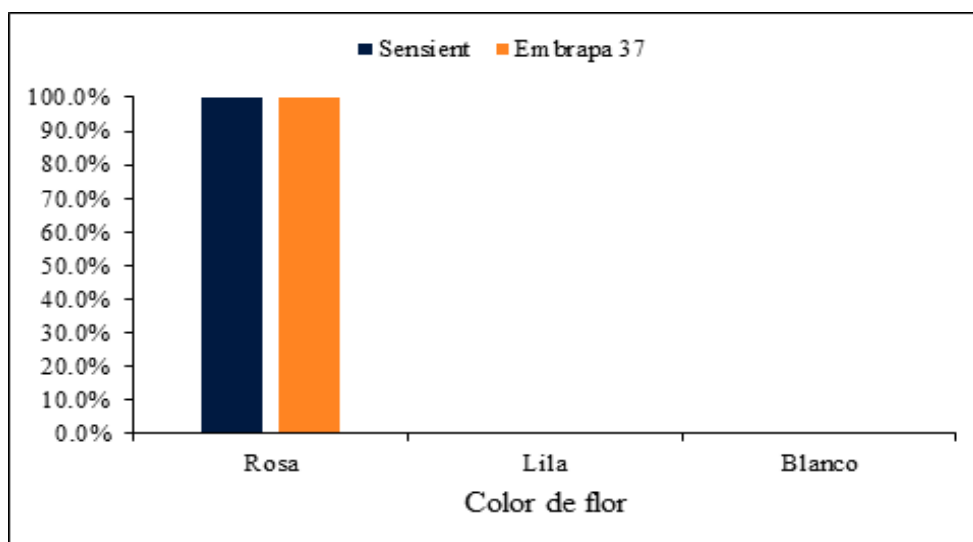


**Figura 10:** Hojas de la planta de *Bixa orellana* L. del cv Sensient con color de hoja (A) verde claro y (B) verde oscuro y del cv Embrapa 37 con color de hoja (C) verde claro y (D) verde oscuro. Hojas del cv Sensient (E) con vena amarilla y verde clara.

## 4.2. CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS REPRODUCTIVAS

### 4.2.1. Color de la flor

El color de la flor es una característica sumamente importante en plantas, especialmente en aquellas con polinización cruzada puesto que sirve para atraer a polinizadores, inclusive existe la hipótesis que el color selecciona al polinizador (Trunschke *et al.*, 2021). Aunque la variación de la coloración entre diferentes accesiones fue observada en otros trabajos (Quishpe, 2022), en nuestros resultados, tanto para Sensient como para Embrapa 37 el color de la flor fue rosa (Figura 11 y 12).



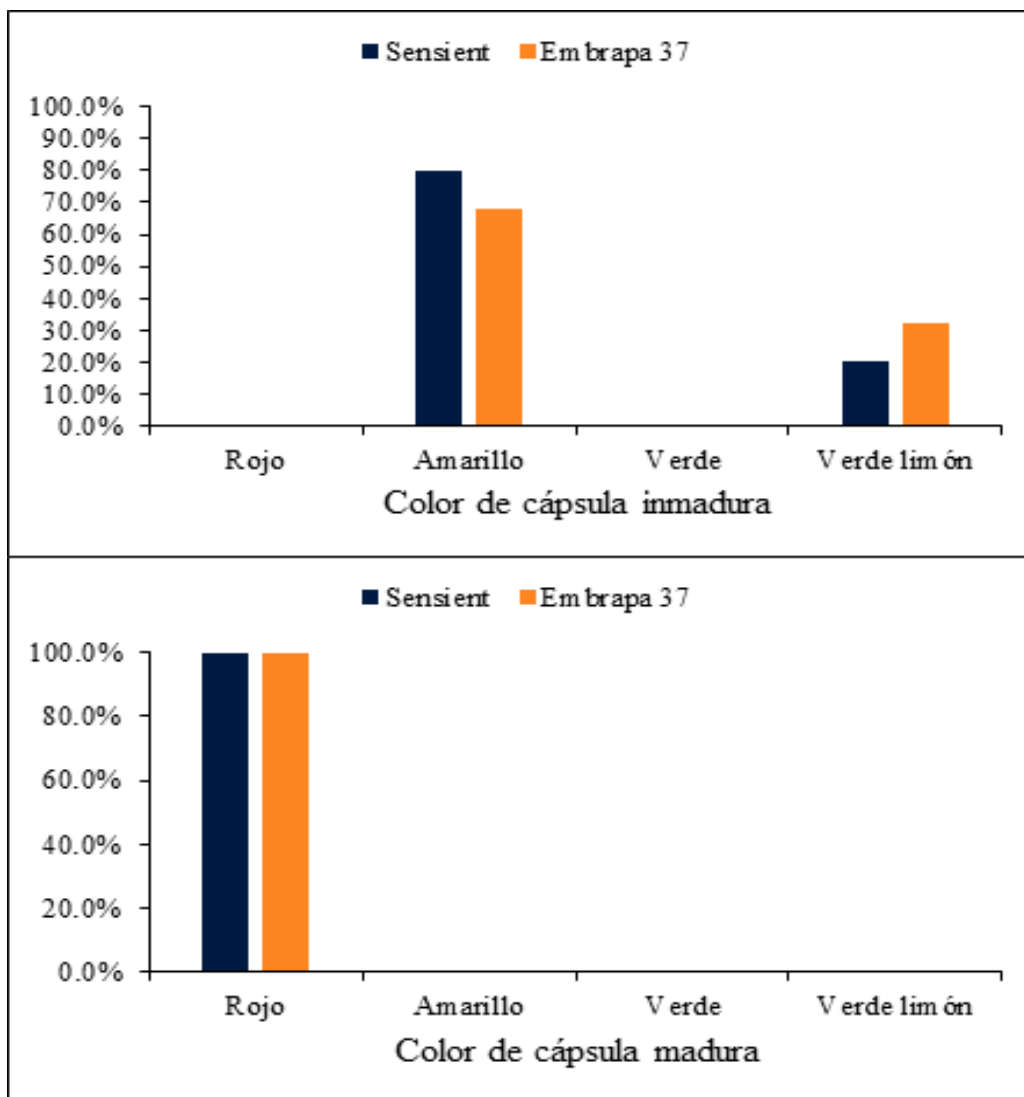
**Figura 11:** Color de flor de achiotte cv Sensient y Embrapa 37.



**Figura 12:** Flores de la planta de *Bixa orellana* L. de (A) cv Sensient y (B) cv Embrapa 37.

#### 4.2.2. Color de la cápsula

Una característica evaluada en diversos trabajos como los reportados por CONABIO (2022) que informa una variación de color del fruto completamente maduro que va del pardo a rojizo, aunque otros autores incluyen al color amarillo y verde (Oliveira *et al.*, 2022). A medida que el fruto va madurando, su coloración también lo hace, lo cual queda confirmado en este trabajo donde, en frutos inmaduros, el color predominante fue el amarillo, sin embargo, en frutos completamente maduros el color cambió a rojo (Figura 13 y 14)



**Figura 13:** Color de cápsula inmadura y completamente madura de achote cv Sensient y Embrapa 37.

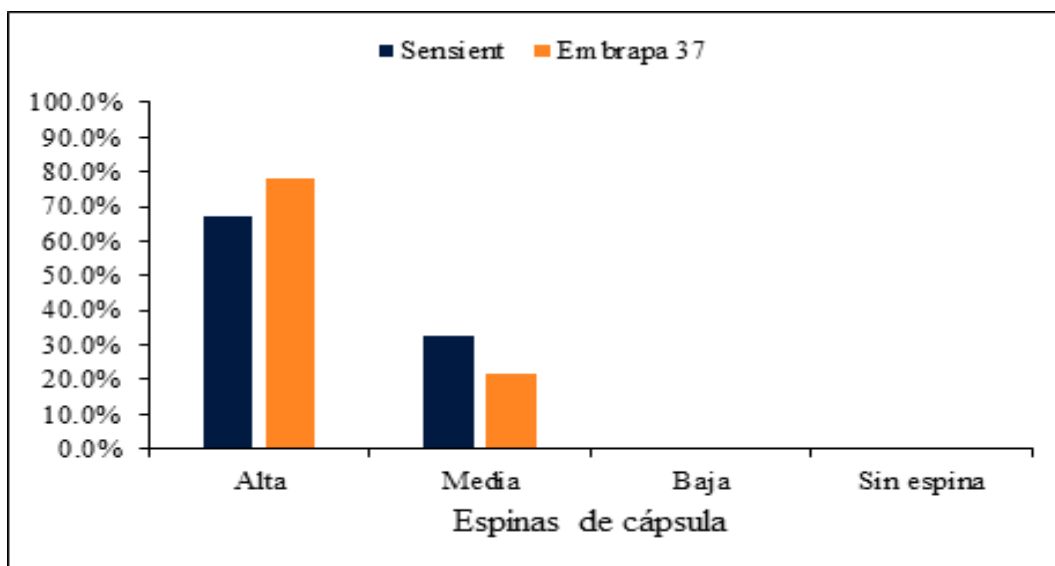




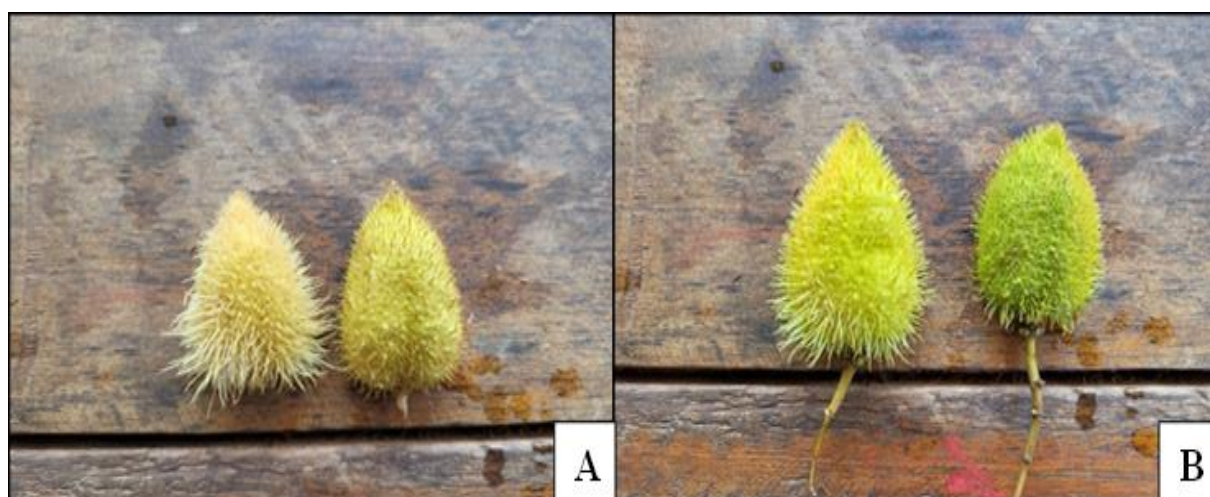
**Figura 14:** Cápsulas de *Bixa orellana* L. (A) inmaduras del cv Sensient de color verde limón y amarillo, (B) capsulas inmaduras del cv Embrapa 37 de color verde limón y amarillo, (C) capsulas maduras del cv Sensient color rojo, (D) capsulas maduras del cv Embrapa 3.

#### 4.2.3. Espinas del fruto

Los frutos/cápsulas de achiote varían en cuanto a la presencia de espinas. Esta variación se encuentra en no presentar pubescencia y se va incrementando. Esta característica sirve para distinguir grupos de plantas (Quishpe, 2022; Nolasco *et al.*, 2020). En este trabajo fue observado que los cultivares estudiados mostraron alto niveles de espinas (Figura 15 y 16).



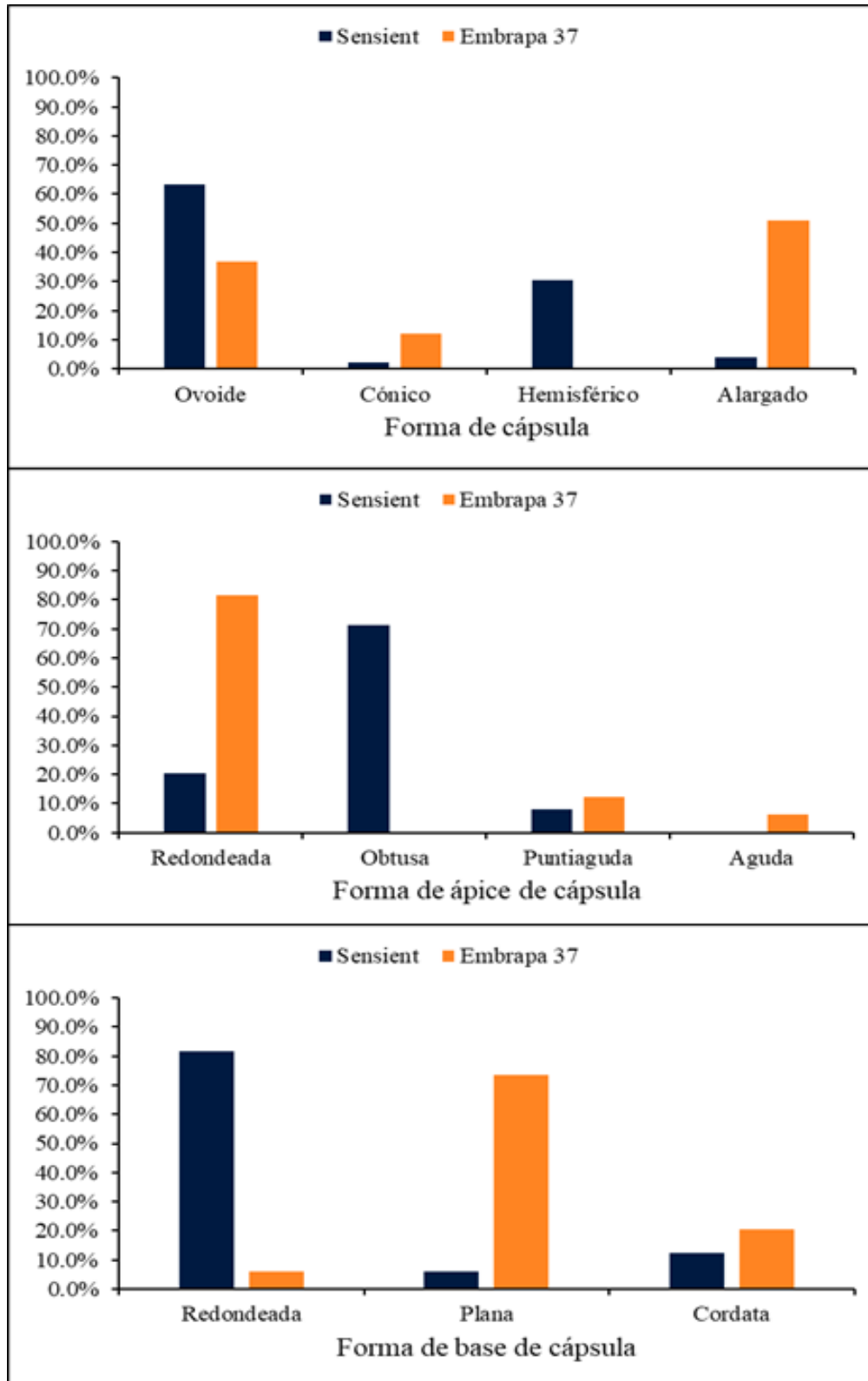
**Figura 15:** Espinas del fruto completamente maduro de achote cv Sensient y Embrapa 37.



**Figura 16:** (A) Cápsulas de *Bixa orellana* L. cv Sensient con espiniosidad alta y media, (B) cv Embrapa 37 con espiniosidad alta y media.

#### 4.2.4. Forma del fruto

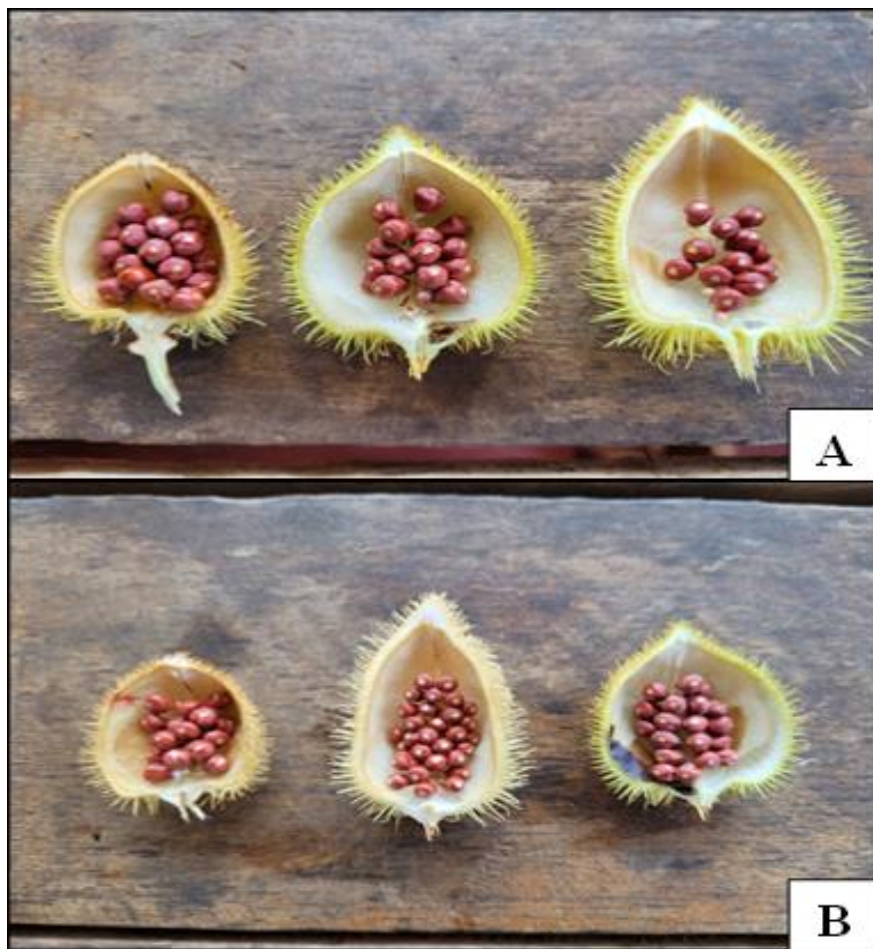
La forma del fruto también fue evaluada en este trabajo, y ésta varió en función del cultivar, así Sensient presentó forma de fruto mayormente ovoide, mientras que Embrapa 37 mostró frutos con forma predominantemente alargado. Esta variación también se observó en la forma del ápice y de la base del fruto. Para la primera, Sensient tuvo forma obtusa y Embrapa 37 tuvo forma redondeada. Aunque para la segunda, Sensient tuvo forma redondeada y Embrapa 37 forma plana (Figura 17, 18, 19 y 20).



**Figura 17:** Características de la forma del fruto completamente maduro de achiote cv Sensient y Embrapa 37.



**Figura 18:** (A) Cápsulas de *Bixa orellana* L. cv Sensient con forma ovoide, cónica, hemisférica y alargada, (B) cv Embrapa 37 con forma ovoide, cónica y alargada.



**Figura 19:** (A) Cápsulas de *Bixa orellana* L. cv Sensient con forma de ápice redondeado, obtuso, puntiagudo, (B) cv Embrapa 37 con forma de ápice redondeado, puntiagudo, agudo.



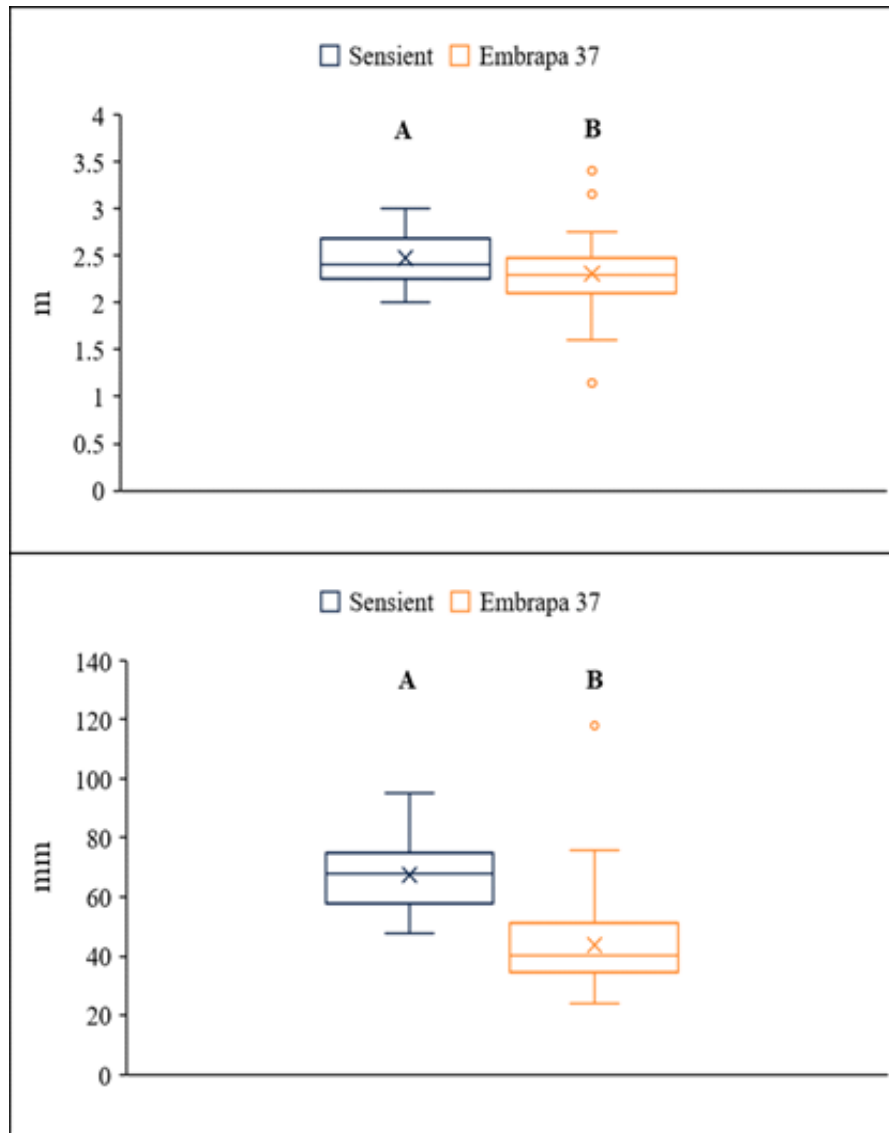
**Figura 20:** (A) Cápsulas de *Bixa orellana* L. cv Sensient con forma de base redondeado, plano, cordado, (B) cv Embrapa 37 con forma de ápice redondeado, plano, cordado.

#### 4.3. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS

##### 4.3.1. Altura y diámetro de tallo de achiote

La altura de planta es una característica interesante que es evaluado para caracterizar diversos materiales genéticos (Duque-Y Duque *et al.*, 2022), además su magnitud puede ser modificada por el manejo agronómico y por las condiciones ambientales (Gamboa *et al.*, 2017; Julca *et al.*, 2018). En este trabajo, el cultivar Sensient (2.47 m) fue significativamente más alto que Embrapa 37 (2.30 m). En trabajos realizados en Pucallpa se ha reportado altura de plantas que van desde 2.14 hasta 3.53 m (Young, 1998a) , aunque en México se ha reportado que los árboles llegan a medir hasta 4 metros de altura (Avalos, 2013). El diámetro

es otra característica importante relacionada con la robustez de la planta. Esta característica alcanzó mayores valores en el cultivar Sensient seguido de Embrapa 37 con 67.38 y 43.8 mm respectivamente (Figura 21).

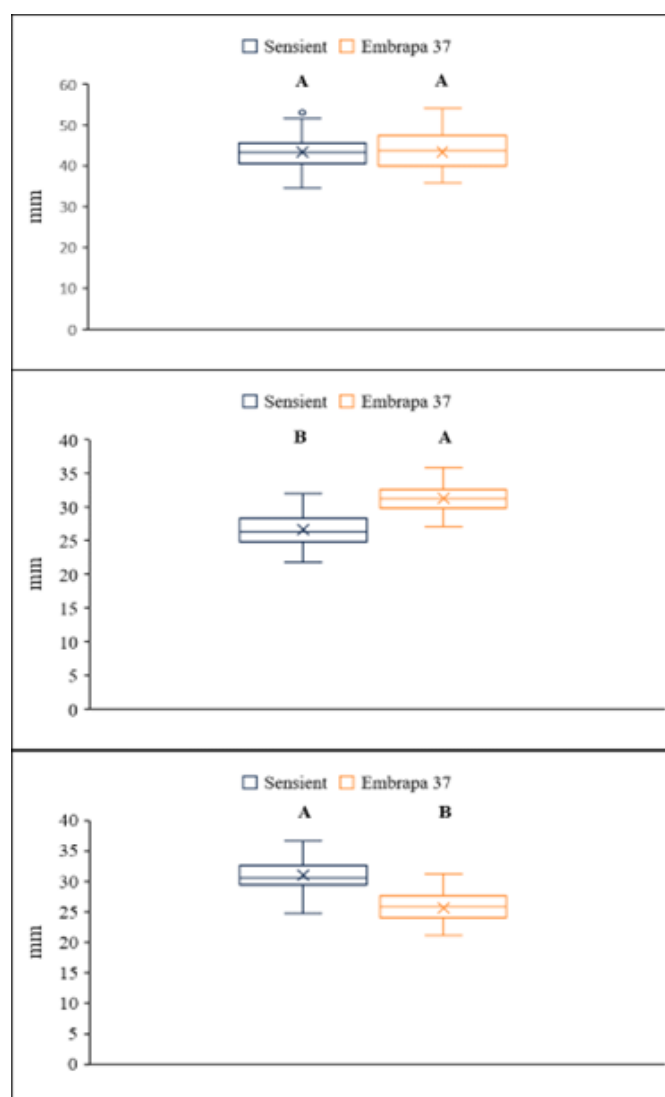


**Figura 21:** Altura (gráfico superior) y diámetro de tallo (gráfico inferior) de las plantas de achote cv Sensient y Embrapa 37.

#### 4.4. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO

##### 4.4.1. Largo, ancho y grosor del fruto del achiote

Estas características cobran relevancia no solo para caracterizar especies sino también para diseños potenciales de maquinaria para ser usada, por ejemplo, en apertura del fruto. En el largo del fruto maduro no hubo diferencias significativas. Ambos cultivares presentaron valores alrededor de 43 mm. En el caso de la anchura de la cápsula, Embrapa 37 tuvo un mayor valor comparado con Sensient ( $p \leq 0.05$ ) cuyos valores fueron 31.26 y 26.65 mm respectivamente. La tendencia inversa fue observada en el grosor del fruto donde el valor más alto (31.1 mm) lo obtuvo Sensient (Figura 22 y 23). Valores similares fueron informados por Lopez *et al.* (2018), Umadevi *et al.* (2020) y Venturieri-Maues y Venturieri (1992).



**Figura 22:** Largo (gráfico superior), ancho (gráfico central) y grosor (gráfico inferior) de las plantas de achiote cv Sensient y Embrapa 37.

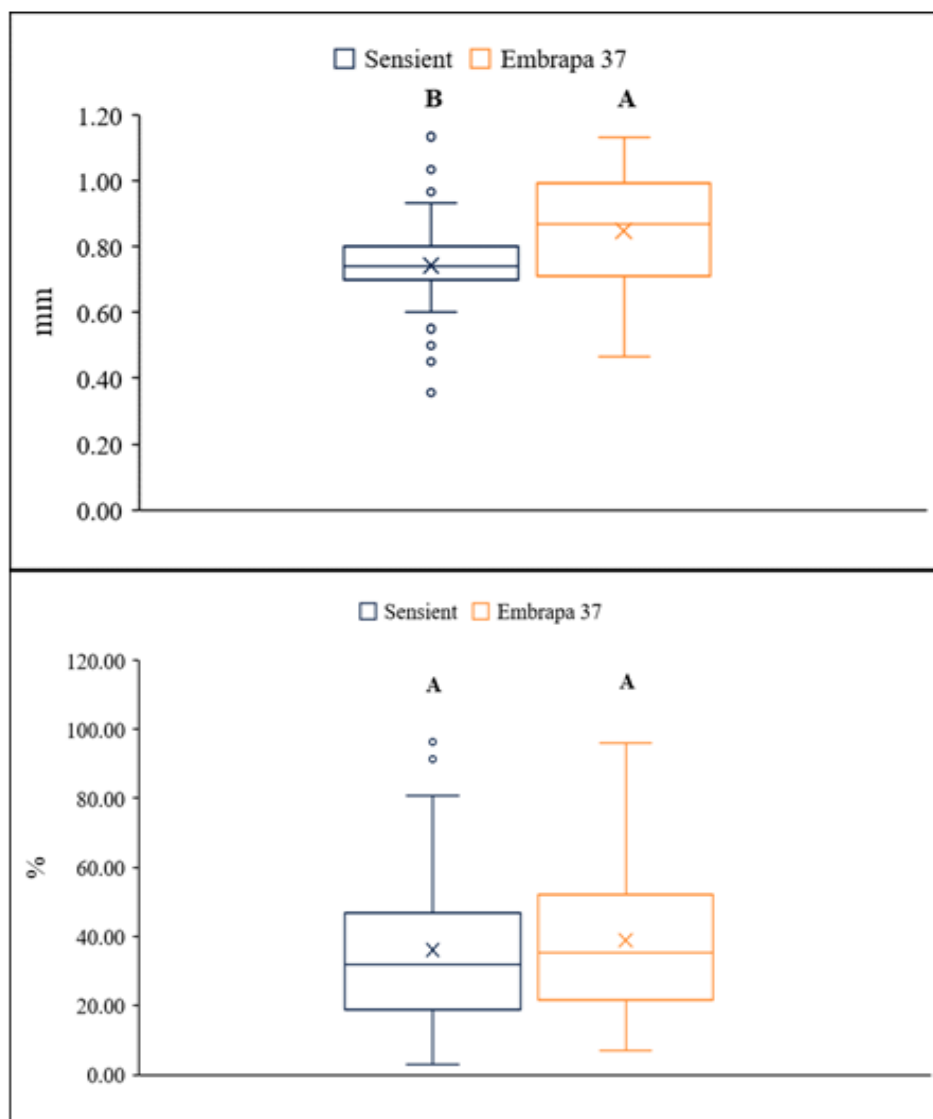


**Figura 23:** Cápsulas de *Bixa orellana* L. de la variedad Sensient y Embrapa 37 de (A) diferente alto (B) y de diferente ancho

#### 4.4.2. Longitud de las espinas y porcentaje de dehiscencia del fruto del achiote

En este trabajo las espinas más largas las tuvo Embrapa 37 con 0.84 mm. En el caso de la dehiscencia, ésta puede cambiar según el material genético en estudio. Además, puede ser un indicador de comienzo de cosecha (Bonilla, 2009). Para el porcentaje de dehiscencia no hubo diferencias ( $p \leq 0.05$ ). En ambos casos se tuvo un 36% de dehiscencia (Figura 24).





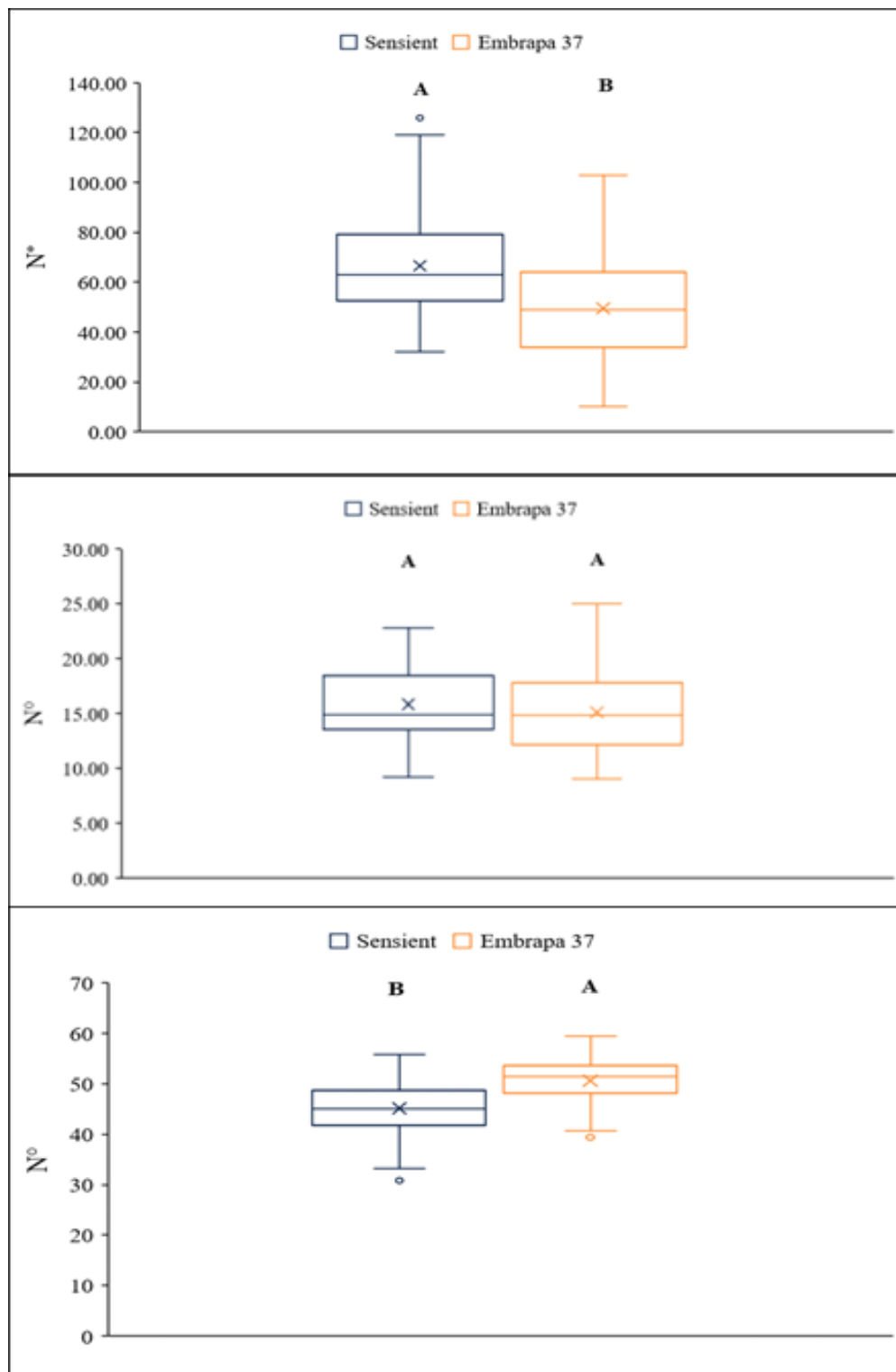
**Figura 24:** Longitud de las espinas (gráfico superior) y porcentaje de dehiscencia (gráfico inferior) de las plantas de achote cv Sensient y Embrapa 37

#### 4.5. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO

##### 4.5.1. Número de panículas por planta

En este trabajo Sensient tuvo 66.5 y Embrapa 37 49.5 panículas por plantas mostrando diferencias significativas a favor de la primera. Aunque, en el número de cápsulas por panícula no hubo diferencias ( $p \leq 0.05$ ). En el número en promedio de semillas por cápsula destacó el cultivar Embrapa 37 con 50.6 semillas ( $p \leq 0.05$ ), mientras que Sensient tuvo 45

semillas. Lopez *et al.* (2018) reportó 35 semillas/cápsula en achiote sembrado en Trujillo (Figura 25 y 26).



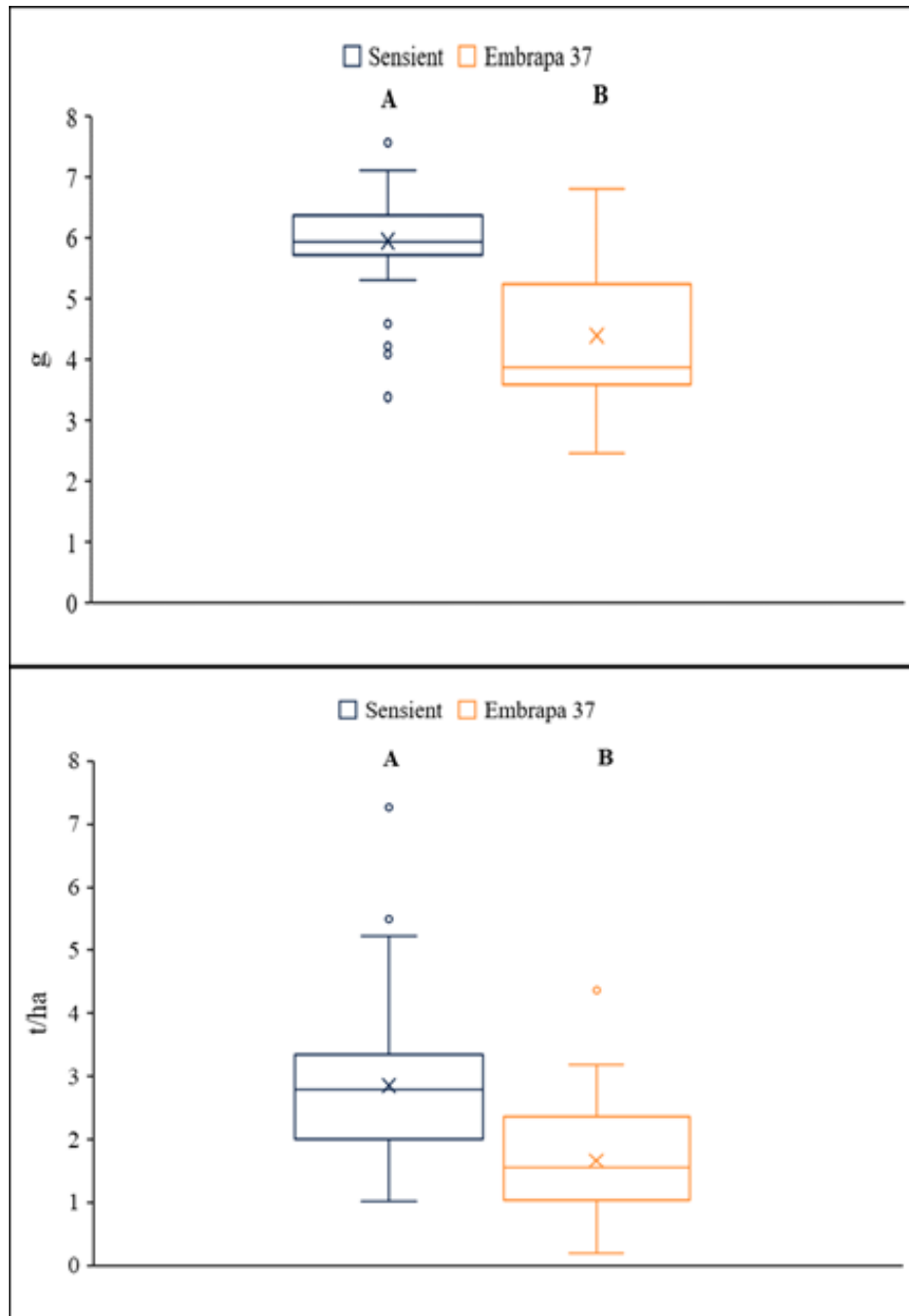
**Figura 25:** Número de panículas/planta (gráfico superior), Número de cápsulas por panícula (gráfico central) y Número de semillas por capsula (gráfico inferior) de las plantas de achiote cv Sensient y Embrapa 37.



**Figura 26:** Panículas de *Bixa orellana* L. de la (A) variedad Sensient (B) y Embrapa 37.

#### 4.5.2. Peso se 100 granos de achiotes y rendimiento (t/ha)

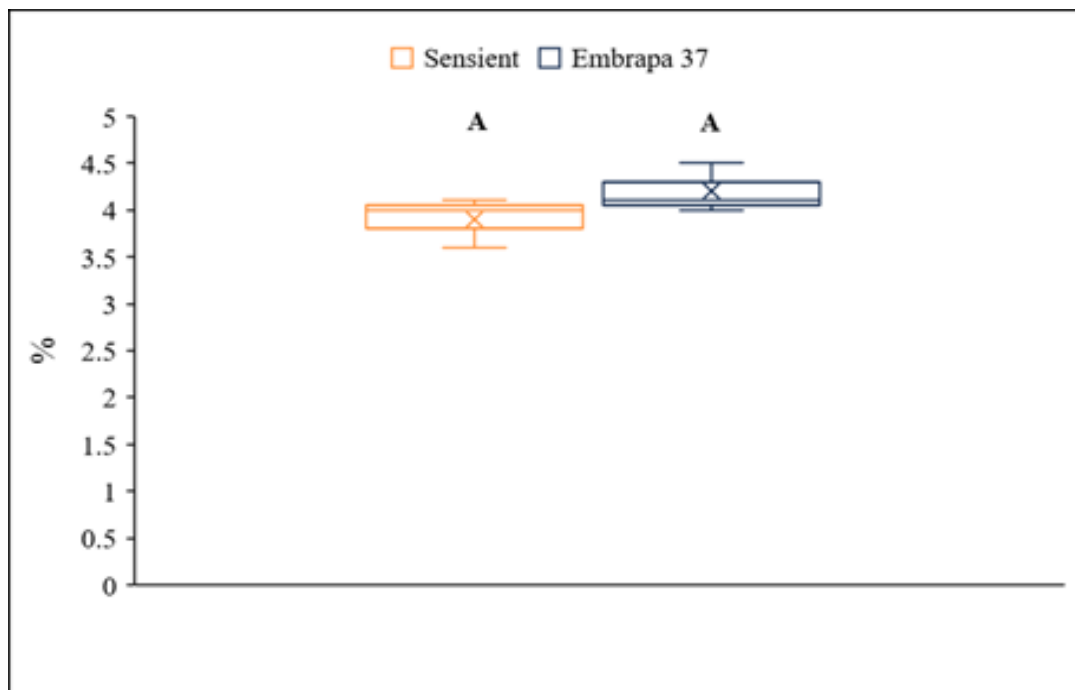
Otra variable evaluada fue el peso de 100 granos, los cuales, previamente, fueron secadas hasta alcanzar 12% de humedad. La figura 27 muestra los granos del cultivar Sensient tuvieron un peso estadísticamente superior con 5.94 g, mientras que los granos de Embrapa 37 tuvieron un peso de 4.4 g. En otros trabajos realizados en la India, granos de achiote con color de cápsula roja mostraron valores de 3.42 g (Umadevi *et al.*, 2020), mientras que un trabajo realizado en el promedio de peso de 100 semillas secas colectadas en diversas regiones del Perú fue de 2.93 g (Nolasco-Chumpitaz *et al.*, 2020), sugiriendo que nuestros resultados estarían por encima del promedio nacional. La última variable evaluada fue el rendimiento de granos/ha, siendo el cultivar más destacado Sensient con 2.85 t/ha ( $p \leq 0.05$ ), mientras que Embrapa 37 tuvo 1.66 t/ha; aunque, en ambos casos los rendimientos fueron superiores al rendimiento promedio nacional que es de 0.662 t/ha (Albujar, 2020).



**Figura 27:** Peso de 100 semillas secas (12%), rendimiento de achiote cv Sensient y Embrapa 37.

### 4.5.3. Contenido de bixina

Otro factor importante es el contenido de Bixina el cual representa el 80% del total de colorantes contenidos en el arilo de la semilla (De Araujo *et al.*, 2014). En este ensayo, se encontró que Sensient y Embrapa 37 mostraron 3.9 y 4.2% de bixina (figura 28) siendo estadísticamente iguales, aunque superiores al porcentaje presentado por Nolasco-Chumpitaz *et al.* (2020) quienes reportan un contenido promedio de 2.27% de muestras colectadas en diferentes regiones del Perú.



**Figura 28:** Contenido de bixina (%) de achote cv Sensient y Embrapa 37.

## V. CONCLUSIONES

- Los cultivares Sensient y Embrapa 37 tuvieron predominancia en caracteres cualitativos como la forma de copa: ovoide; forma de hoja: cordada; color de nervadura central: amarilla; color de flor: rosa; color de fruto inmaduro: amarillo; color de fruto maduro: rojo y espinosidad: alta. Las diferencias en los caracteres cualitativos entre ambos cultivares se observó en el color de hoja, siendo más claras las de Embrapa frente a las de Sensient; mientras que, en la forma de fruto, en el cv. Sensient las capsulas son en mayoría ovoides, con ápice obtuso y base redondeada, en el cv Embrapa 37 los frutos son en su mayoría alargados, con ápice redondeado y base plana.
- En relación a la evaluación cuantitativa, se vio diferencia significativa en el tamaño de los árboles siendo el cv Sensient de mayores dimensiones que Embrapa 37. En el largo de fruto no existe diferencia significativa entre ambos cultivares sin embargo si se observa diferencia en el ancho de fruto donde Sensient tiene un promedio mayor a Embrapa 37 y lo contrario se observa en el grosor de fruto. En longitud de espinas, se demuestra estadísticamente que el cultivar Embrapa 37 tiene promedio mayor a Sensient, mientras que en el porcentaje de dehiscencia no hay diferencia significativa entre ambos cultivares.
- En la evaluación de caracteres de rendimiento el cultivar Sensient tuvo mejor rendimiento que el cultivar Embrapa 37, siendo 2,85 y 1,66 t/ha respectivamente que supera al rendimiento nacional de 0.66 t/ha. El cv Sensient es estadísticamente superior a Embrapa 37 en el número de panículas y en el peso de 100 granos secos mientras que Embrapa 37 presenta en promedio un mayor número de semillas por capsula. En porcentaje de bixina el cv Embrapa 37 presenta en promedio 4.2% y el cv Sensient 3.9%, no hay diferencia estadística entre estos valores. Ambos son superiores al mínimo aceptado en la industria ( $\leq 2.5\%$ ).

- Luego de ser descrito el crecimiento de ambos cultivares se demuestra que son diferentes. También se demuestra que su desarrollo en condiciones de Iñapari es superior al que se cultiva a nivel nacional tanto en rendimiento como en porcentaje de bixina. El achiote no es un cultivo nuevo en la zona de Madre de Dios, sin embargo, no ha sido bien manejado. Con este trabajo se demuestra que se puede hacer estudios y un manejo agronómico que lleve al Perú a ser un gran exportador de achiote.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda seguir estudiando los cultivares Sensient y Embrapa 37 en otras localidades y en los siguientes años para obtener valores más precisos de sus características y de su comportamiento.
- Se recomienda utilizar estos cultivares en la zona de selva ya que presentan altos rendimientos y buen contenido de bixina que se adecua a lo que pide el mercado.



## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Akshatha, V., Giridhar, P., & Ravishankar, G. A. (2011). Morphological diversity in *Bixa orellana* L. and variations in annatto pigment yield. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 86(4), 319-324. <https://doi.org/10.1080/14620316.2011.11512767>
- Albujar, E. (2020). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2019* (p. 371). MIDAGRI. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicaciones/datos-estadisticas/anuarios/category/26-produccion-agricola>
- Arce, J. (1984). *Caracterización de 81 plantas de achiote (Bixa orellana L.) de la colección del CATIE procedentes de Honduras y Guatemala, y propagación vegetativa por estacas* [Universidad de Costa Rica]. <http://www.sidalc.net/repdoc/A2258e/A2258e.pdf>
- Arce, J. (1999). Descriptores para la selección de variedades de achiote. En *El Achiote (Bixa orellana L.): cultivo promisorio para el trópico* (pp. 43-48). Earth. <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/90019483.pdf>
- Arias, I. M., De Dios, F. ., Avalos, J. ., & Zaldivar, J. . (2017). Caracterización morfológica de una muestra local de *Bixa orellana* L., en Tabasco, México. *Agroproductividad*, 10(6), 91-97. [file:///C:/Users/51982/Dropbox/Mi PC \(LAPTOP-O7FEMQ9R\)/Downloads/valeria\\_sias,+Journal+manager,+con-14.pdf](file:///C:/Users/51982/Dropbox/Mi%20PC%20(LAPTOP-O7FEMQ9R)/Downloads/valeria_sias,+Journal+manager,+con-14.pdf)
- Avalos, J. M. (2013). *Caracterización morfológica de dos variedades de achiote (Bixa Orellana) en el municipio de Colcalcalco, Tabasco* [Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas]. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/1861/Avalos\\_Fernandez\\_JM\\_MT\\_Sistemas\\_Sustentables\\_Produccion\\_Tropico\\_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/1861/Avalos_Fernandez_JM_MT_Sistemas_Sustentables_Produccion_Tropico_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Barbosa, C., da Silva, C., Claudio, I., Ribeiro, R. F., Ryohei, O., Linda, R., & Motta, M. (2009). A cultura do urucum. En E. I. Tecnológica (Ed.), *Journal of Materials Processing Technology* (2.<sup>a</sup> ed., Vol. 1, Número 1, pp. 1-8).  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128282/1/PLANTAR-Urucum-ed02-2009.pdf>
- Bonilla, J. C. (2009). *MANUAL DEL CULTIVO DE ACHIOTE* (p. 7). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fcenida.una.edu.ni%2Felectronics%2FRENF01B715mc.pdf&cflen=2023772&chunk=true
- Burgos, A., Armero, H., & Somarriba, E. (2008). Árboles frutales en los campos agrícolas de las fincas indígenas de Talamanca , Costa Rica. *Agroforestal de las Americas*, 46, 21-25.  
[https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5795/Arboles\\_frutales\\_en\\_los\\_campos.pdf?sequence=1](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5795/Arboles_frutales_en_los_campos.pdf?sequence=1)
- Cedano, J. C. C. (2014). “ *Identificación , Caracterización y Comportamiento ante principales enfermedades en ( 08 ) ocho morfotipos de Bixa Orellana « Achiote »*, en *Zúngarococha* ” [Universidad Nacional de la Amazonia Peruana].  
[http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3326/Johnny\\_Tesis\\_Titulo\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3326/Johnny_Tesis_Titulo_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. (2010). *El cultivo del achiote, Bixa orellana L. Manual técnico* (pp. 1-88).
- Clatterbuck, W. K. (2022). Changing Colors of Leaves. En *Agricultural Extension Service*.  
<https://extension.tennessee.edu/publications/documents/sp529.pdf>
- CONABIO. (2022). Bixa orellana. *Species Plantarum*, 1(1753), 58-61.  
[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/13-bixac1m.PDF](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/13-bixac1m.PDF)
- Cronquist, A. (1969). The evolution and classification of flowering plants. *American Journal of Botany*, 20, 77-78.
- De Araujo, D., Suenia de araujo, M., Accioly, F., Nervo, F., De Oliveira, M., De Oliveira, C., De Athayde-Filho, P., De Fatima, M., & Barbosa- Filho, J. (2014). Traditional uses, chemical constituents, and biological activities of Bixa orellana L.: a review.

*Scientific World Journal*. <https://doi.org/10.1155/2014/857292>.

de Oliveira, C. F., Pereira, F. de C., Caze, J., Barreiro, M., Rebouças, A., Hojo, T. N., & Campos, I. S. (2008). *Etnobotânica e Taxonomia do Urucuzeiro*.

[http://www.infobibos.com/Artigos/2008\\_1/UrucumTaxon/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2008_1/UrucumTaxon/index.htm)

Duque-Y Duque, E., Aguirre-Saltos, M., & Tamayo-Dominguez, A. C. (2022).

Caracterización fenotípica, genotípica y ensayos de autopolinización en 18 accesiones de achiote (*Bixa orellana* L.) en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 46(2), 117-

134. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/52052/52155>

Falconi, D., & Lobo, L. (2009). *Accesiones Promisorias Banco de Germoplasma de la SUDIRGEB - INIA* (Vol. 1, p. 98).

[http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/104/3/INIA-](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/104/3/INIA-Acciones...Banco_de_Germoplasma.pdf)

[Acciones...Banco\\_de\\_Germoplasma.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/104/3/INIA-Acciones...Banco_de_Germoplasma.pdf)

Ferreira, G. S. (2018). *Cultivo de urucum sistema de produção* (p. 5). chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<http://www.emater.ro.gov.br/ematerro/wp-content/uploads/2021/07/20210716-cartilha-cultivo-de-urucum.pdf>

Gamboa, R., Borjas, R., Saravia, D., Alarcon, G., Leonel, A., & Julca, A. (2017).

Comportamiento en Vivero de Diferentes Patrones y Plantas Injertadas De Cacao (*Theobroma cacao* L.) en Rio Negro, Satipo, Junín, Perú. *Revista Pakamuros*, 5(1),

34-42. <http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/48/49>

Gonzales, A. (2006). Colección y Mantenimiento de Germoplasma de Achiote (*Bixa orellana* L.) en la Amazonia Peruana. *Folia Amazónica*, 4(1), 49.

<https://doi.org/10.24841/fa.v4i1.178>

Hernandez. (2006). Colección y mantenimiento de germoplasma de achiote (*Bixa orellana* L.) en la amazonia peruana. *Folia Amazónica*, 4(1), 49.

[https://www.researchgate.net/publication/316706969\\_COLECCION\\_Y\\_MANTENIMIENTO\\_DE\\_GERMOPLASMA\\_DE\\_ACHIOTE\\_Bixa\\_orellana\\_L\\_EN\\_LA\\_AMAZONIA\\_PERUANA/citations](https://www.researchgate.net/publication/316706969_COLECCION_Y_MANTENIMIENTO_DE_GERMOPLASMA_DE_ACHIOTE_Bixa_orellana_L_EN_LA_AMAZONIA_PERUANA/citations)

Hernandez, J., Trujillo, R., & Arevalo, E. (1988). *Sistemas de producción de achiote en la amazonia peruana*.

- Julca, A., Andia, E., Castro, S. E., & Borjas, R. (2018). Comportamiento de *Coffea arabica* L. injertadas sobre *Coffea canephora* en presencia de nematodos en vivero. *Journal of High Andean Research*, 20(3), 267-280.  
<http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v20n3/a01v20n3.pdf>
- Kidner, A. C., & Umbreen, S. (2010). Why is Leaf Shape so Variable ? *International Journal of Plant Developmental Biology*. chrome-extension://efaidnbmnribpcajpcglclefindmkaj/[http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/2010/IJPDB\\_4\(SI1\)/IJPDB\\_4\(SI1\)64-75o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/2010/IJPDB_4(SI1)/IJPDB_4(SI1)64-75o.pdf)
- Lopez, E., Caicedo, M., Gil, A., Lopez, A., & Pazos, A. (2018). Morfometría de fruto y semilla de *Bixa orellana* L. “achiote”. *Ciencia para el desarrollo*, 21(2), 213-216.  
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/1903/1823>
- Lourido, H. de la C., & Martinez, G. (2010). La *Bixa orellana* L . en el tratamiento de afecciones estomatológicas , un tema aún por estudiar. *Revista cubana de farmacia*, 44(2), 231-244. <http://scielo.sld.cu/pdf/far/v44n2/far12210.pdf>
- Mantovani, N. C., Ferrari Grando, M., Xavier, A., & Campos Otoni, W. (2013). Avaliacao de genotipos de urucum (*Bixa orellana* L.) por meio da caracterizacao morfologica de frutos, produtividade de sementes e teor de bixina. *Ciencia florestal*, 23(2), 355-362.  
<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/9281/pdf>
- Morales, M. (2019). *Factores restrictivos en la exportacion de achiote (bixa orellana Linneo) a los estados unidos en los periodos 2012-2016* [Universidad nacional de huancavelica]. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/027b6681-66f6-4eac-b9d2-ce792ee48f91/content%0A%0A>
- Nisha, J., E.A., S., & G.M., N. (2012). Reproductive characterization and preliminary studies on controlled breeding of Annatto ( *Bixa orellana* L .). *Plant Systematics and Evolution*, 298(January 2012), 239-250. <https://doi.org/10.1007/s00606-011-0541-0>
- Nolasco-Chumpitaz, J., Ccoyllo-llacsá, P., Koc-Sánchez, G., & Medina-Morales, P. (2020). Collection and morphological characterization of 149 accessions of achiote ( *Bixa orellana* L .) from seven departments in Perú Collection and morphological characterization of 149 accessions of achiote ( *Bixa orellana* L .) from seven departments in Perú. *Peruvian Journal of Agronomy*, 4(3), 93-103.  
<https://doi.org/10.21704/pja.v4i3.1341>

- Oliveira, Araújo, R. D. C., Silva, G. A., Leitão, J. H., Andreia, S., Sousa, S., Fonseca, L. P., Carvalho, J. C. T., Cantuária, P., Hage-melim, L. I. S., & Ferreira, I. M. (2022). *Bixa orellana* L. from northern Brazil : morphological analysis , phenolic content , antioxidant and antibacterial activities. *Brazilian Journal of Botany*, September. <https://doi.org/10.1007/s40415-022-00832-1>
- Quishpe, M. M. (2022). *Caracterizacion Morfologica de 92 accesiones del cultivo de achiote (Bixa orellana) del banco de germoplasma del INIAP (EETP)* [Universidad tecnica estatal de quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6669/1/T-UTEQ-335.pdf>
- Rey, W. A. (2012). *Extraccion de tocotrienoles a partir de la semilla del achiote (Bixa orellana), usando CO2 supercritico como solvente* [Universidad del valle]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/flip/index.jsp?pdf=/bitstream/id/991a7f4c-3c4a-48b9-ac25-5f95aaf3b958/CB-0478835.pdf>
- SIICEX. (2022). *Partidas arancelarias del producto achiote, exportadas en los utlimos años*. [https://www.siicex.gob.pe/siicex/portal5ES.asp?\\_page\\_=172.17100&\\_portletid\\_=sfic haproductoinit&scriptdo=cc\\_fp\\_init&pproducto=6&pnomproducto=Achiote](https://www.siicex.gob.pe/siicex/portal5ES.asp?_page_=172.17100&_portletid_=sfic haproductoinit&scriptdo=cc_fp_init&pproducto=6&pnomproducto=Achiote)
- Spark, W. (2016). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Iñapari*. <https://es.weatherspark.com/y/27094/Clima-promedio-en-Iñapari-Perú-durante-todo-el-año#:~:text=En Iñapari%2C la temporada de,más de 38 °C.>
- SUNAT. (2022). *Partida arancelaria achiote año 2022*. <http://www.aduanet.gob.pe/cl-ad-itconsultadwh/ieITS01Alias>
- Taboada, G. (1993). *Caracterizacion morfologica y determinacion del contenido de bixina en cultivares de achiote (Bixa orellana L.) en Nor Yaguas de la Paz*. Universidad Mayor de San Andres.
- Trunschke, J., Lunau, K., Pyke, G. H., Ren, Z., & Wang, H. (2021). Flower Color Evolution and the Evidence of Pollinator-Mediated Selection. *Frontiers on plant science*, 12(July), 1-20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.617851>
- Umadevi, M., Giridharan, S., & Kumaran, K. (2020). Floral, reproductive biology and morphological variation in annatto (*Bixa orellana* L.). *Electronic journal of plant breeding*, 11(2), 439-446. <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/7211976>

- Valdez, R., Hernandez, J. L., Aguilar, M., Rivera, R., & Quiros, C. F. (2017). Assessing Morphological and Genetic Variation in Annatto ( *Bixa orellana* L .) by Sequence-related Amplified Polymorphism and Cluster Analysis. *HortScience*, 43(7), 2013-2017.
- Vallejo, F. A. (1983). El Achiote: Una planta tropical de grandes perspectivas agrícolas. *Boletín técnico Colombia*, 1(2), 11-23.  
[https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/15499/16260](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/15499/16260)
- Venturieri-Maues, M., & Venturieri, G. (1992). I Reuniao tecnico-cientifica sobre o melhoramento genetico do urucuzeiro. En *Embrapa*.  
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1094188/1/CPATUDoc69p8291.pdf>
- Vidal, R. K., Alves, O., Santos, F. N., & Prado, R. L. (2013). *Avaliação fenológica do urucum* (Número 1). <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/970427>
- Wang, Y. (1988). *Crown structure, radiation absorption, photosynthesis and transpiration* [University of Edinburgh]. <https://era.ed.ac.uk/bitstream/handle/1842/282/wang88-1to3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Young, F. (1998a). *Evaluacion Agronomica de siete ecotipos de achiote (Bixa orellana L.) en Pucallpa* [Universidad Nacional de Ucayali].  
<http://www.repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/1680/000000126T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Young, F. (1998b). *Universidad nacional de ucayali*. Universidad nacional de ucayali.

## **VIII. ANEXOS**

## Anexo 1: Resultados de la evaluación de caracteres cualitativos del cv Sensient

Rep.	Lote	Forma de copa	Color flor	Forma de hoja	Color hoja	Color nervadura	Forma de capsula	Espinosidad	Color capsula madura	Color capsula inmadura	Forma de base de fruto	Forma apice de fruto
1	L11	ovoide	Rosa	cordada	V. claro	amarillo	Ovoide	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	redondeada
2	L11	ovoide	Rosa	cordada	V. claro	amarillo	Ovoide	alta	Guinda	Verde limon	redondeada	obtusa
3	L11	ovoide	Rosa	cordada	V. oscuro	V. claro	Ovoide	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
4	L11	ovoide	Rosa	lanceolada	V. oscuro	V. claro	Ovoide	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
5	L11	ovoide	Rosa	lanceolada	V. oscuro	amarillo	Ovoide	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
6	L11	ovoide	Rosa	cordada	V. claro	amarillo	Ovoide	alta	Guinda	Verde limon	redondeada	obtusa
7	L11	ovoide	Rosa	cordada	V. claro	amarillo	Ovoide	alta	Guinda	Verde limon	redondeada	redondeada
8	L11	hemisferico	Rosa	cordada	V. oscuro	amarillo	Ovoide	alta	Guinda	Verde limon	cordata	obtusa
9	L11	conico	Rosa	lanceolada	V. claro	amarillo	Ovoide	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
10	L11	ovoide	Rosa	lanceolada	V. oscuro	V. claro	Ovoide	media	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
11	L10	conico	Rosa	cordada	V. oscuro	amarillo	Ovoide	media	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
12	L10	ovoide	Rosa	cordada	V. oscuro	amarillo	alargado	media	Guinda	Amarillo	redondeada	puntiaguda
13	L10	ovoide	Rosa	lanceolada	V. oscuro	amarillo	alargado	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
14	L10	ovoide	Rosa	lanceolada	V. claro	amarillo	Ovoide	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	redondeada
15	L10	conico	Rosa	cordada	V. claro	amarillo	Ovoide	media	Guinda	Amarillo	redondeada	puntiaguda
16	L10	ovoide	Rosa	lanceolada	V. claro	amarillo	Ovoide	media	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
17	L10	conico	Rosa	cordada	V. claro	amarillo	Ovoide	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
18	L10	ovoide	Rosa	lanceolada	V. claro	amarillo	Ovoide	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
19	L10	conico	Rosa	cordada	V. claro	amarillo	Ovoide	media	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
20	L10	conico	Rosa	cordada	V. oscuro	V. claro	Ovoide	media	Guinda	Amarillo	redondeada	redondeada
21	L9	ovoide	Rosa	lanceolada	V. claro	amarillo	hemisferico	media	Guinda	Amarillo	cordata	obtusa
22	L9	ovoide	Rosa	cordada	V. oscuro	amarillo	hemisferico	media	Guinda	Verde limon	redondeada	obtusa
23	L9	conico	Rosa	cordada	V. oscuro	amarillo	hemisferico	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
24	L9	conico	Rosa	cordada	V. claro	amarillo	hemisferico	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	redondeada
25	L9	ovoide	Rosa	lanceolada	V. oscuro	amarillo	hemisferico	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	
26	L9	conico	Rosa	lanceolada	V. claro	amarillo	hemisferico	media	Guinda	Amarillo	cordata	redondeada
27	L9	hemisferico	Rosa	cordada	V. claro	amarillo	hemisferico	media	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
28	L9	conico	Rosa	cordada	V. claro	amarillo	hemisferico	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
29	L9	ovoide	Rosa	lanceolada	V. oscuro	amarillo	hemisferico	media	Guinda	Amarillo	plana	obtusa
30	L9	ovoide	Rosa	cordada	V. oscuro	amarillo	hemisferico	alta	Guinda	Amarillo		obtusa
31	L9	hemisferico	Rosa	cordada	V. oscuro	V. claro	hemisferico	media	Guinda	Amarillo	cordata	obtusa
32	L9		Rosa						Guinda	Verde limon	redondeada	obtusa
33	L9	conico	Rosa	lanceolada	V. oscuro	V. claro	hemisferico	media	Guinda	Verde limon	redondeada	redondeada
34	L9	hemisferico	Rosa	lanceolada	V. claro	amarillo	hemisferico	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
35	L9	ovoide	Rosa	lanceolada	V. claro	amarillo	hemisferico	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	redondeada
36	L8	hemisferico	Rosa	lanceolada	V. claro	amarillo	hemisferico	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	redondeada
37	L8	ovoide	Rosa	cordada	V. claro	amarillo	conico	media	Guinda	Verde limon	redondeada	obtusa
38	L8	hemisferico	Rosa	cordada	V. claro	V. claro	ovoide	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	puntiaguda
39	L8	ovoide	Rosa	lanceolada	V. oscuro	amarillo	ovoide		Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
40	L8	ovoide	Rosa	cordada	V. oscuro	V. claro	ovoide	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
41	L8	ovoide	Rosa	cordada	V. claro	amarillo	ovoide		Guinda	Verde limon	plana	obtusa
42	L8	hemisferico	Rosa	cordada	V. claro	amarillo	ovoide	alta	Guinda	Amarillo	cordata	redondeada
43	L8	ovoide	Rosa	cordada	V. oscuro	V. claro	ovoide	alta	Guinda	Amarillo	plana	obtusa
44	L8	hemisferico	Rosa	cordada	V. oscuro	V. claro	ovoide	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
45	L8	ovoide	Rosa	cordada	V. oscuro	V. claro	ovoide	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
46	L8	ovoide	Rosa	cordada	V. oscuro	V. claro	ovoide		Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
47	L8	ovoide	Rosa	cordada	V. oscuro	V. claro	ovoide	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
48	L8	hemisferico	Rosa	cordada	V. oscuro	V. claro	ovoide	alta	Guinda	Verde limon	redondeada	puntiaguda
49	L8	ovoide	Rosa	cordada	V. oscuro	V. claro	ovoide	alta	Guinda	Amarillo	redondeada	obtusa
50	L8	ovoide	Rosa	cordada	V. oscuro	V. claro	ovoide	alta	Guinda	Amarillo	cordata	obtusa



## Anexo 2: Resultados de la evaluación de caracteres cualitativos del cv Embrapa 37

Rep.	Lote	Forma de copa	Color flor	Forma de hoja	Color hoja	Color nervadura	Forma de capsula	Espinosa	Color capsula madura	Color capsula inmadura	Forma de base de fruto	Forma apice de fruto
1	L3	ovalado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Ovoide	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
2	L3	ovalado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	V.claro	plano	redondeado
3	L3	esferico	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Ovoide	Alto	Guinda	Amarillo	plano	puntiagudo
4	L3	ovalado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Alargada	Medio	Guinda	Amarillo	redondeado	redondeado
5	L3	ovalado	Rosa	cordada	V.claro	v.claro	Alargada	Medio	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
6	L3	ovalado	Rosa	cordada	V.claro	v.claro	Alargada	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
7	L3	alargado	Rosa	lanceolada	V. oscuro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	V.claro	cordado	redondeado
8	L3	ovalado	Rosa	lanceolada	V.claro	Amarillo	Ovoide	Alto	Guinda	V.claro	cordado	redondeado
9	L3	ovalado	Rosa	cordada	V. oscuro	Amarillo	Ovoide	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
10	L3	alargado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Ovoide	Medio	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
11	L5	alargado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Ovoide	Medio	Guinda	Amarillo	cordado	redondeado
12	L5	alargado	Rosa	lanceolada	V. oscuro	Amarillo	Ovoide	Medio	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
13	L5	esferico	Rosa	cordada	V. oscuro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	Amarillo	plano	puntiagudo
14	L5	ovalado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Conico	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
15	L5	alargado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Ovoide	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
16	L5	ovalado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	V.claro	plano	redondeado
17	L5	ovalado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
18	L5	ovalado	Rosa	lanceolada	V.claro	v.claro	Ovoide	Alto	Guinda	Amarillo	plano	agudo
19	L5	alargado	Rosa	cordada	V.claro	v.claro	Ovoide	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
20	L5	alargado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Ovoide	Alto	Guinda	V.claro	cordado	redondeado
21	L5	ovalado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Alargada	Medio	Guinda	V.claro	plano	redondeado
22	L5	esferico	Rosa	cordada	V.claro	v.claro	Alargada	Alto	Guinda	V.claro	plano	redondeado
23	L5	alargado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Alargada	Medio	Guinda	Amarillo	cordado	redondeado
24	L5	alargado	Rosa	alargada	V.oscuro	v.claro	Alargada	Alto	Guinda	Amarillo	cordado	puntiagudo
25	L5	ovalado	Rosa	alargada	V.claro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	V.claro	plano	puntiagudo
26	L5	ovalado	Rosa	alargada	V.claro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
27	L5	esferico	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	V.claro	plano	redondeado
28	L5	ovalado	Rosa	cordada	V.oscuro	Amarillo	Ovoide	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
29	L5	alargado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Conico	Medio	Guinda	Amarillo	cordado	redondeado
30	L5	ovalado	Rosa	cordada	V.claro	v.claro	Conico	Medio	Guinda	V.claro	cordado	redondeado
31	L2	alargado	Rosa	cordada	V.claro	v.claro	Alargada	Alto	Guinda	Amarillo	cordado	agudo
32	L2	ovalado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Ovoide	Alto	Guinda	Amarillo	cordado	redondeado
33	L2	ovalado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	Amarillo	redondeado	redondeado
34	L2	ovalado	Rosa	cordada	V.claro	v.claro	Alargada	Alto	Guinda	Amarillo	redondeado	redondeado
35	L2	alargado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	Amarillo	plano	agudo
36	L2	esferico	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Ovoide	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
37	L2	esferico	Rosa	lanceolada	V.claro	Amarillo	Ovoide	Alto	Guinda	V.claro	plano	redondeado
38	L2	alargado	Rosa	lanceolada	V.claro	Amarillo	Ovoide	Medio	Guinda	Amarillo	plano	puntiagudo
39	L2	esferico	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	V.claro	plano	puntiagudo
40	L2	ovalado	Rosa	lanceolada	V.claro	Amarillo	Conico	Alto	Guinda	Amarillo	plano	puntiagudo
41	L4	alargado	Rosa	cordada	V.oscuro	Amarillo	Conico	Alto	Guinda	V.claro	plano	redondeado
42	L4	alargado	Rosa	cordada	V.oscuro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	V.claro	plano	redondeado
43	L4	alargado	Rosa	cordada	V.oscuro	v.claro	Alargada	Alto	Guinda	V.claro	plano	redondeado
44	L4	esferico	Rosa	alargada	V.oscuro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	V.claro	plano	redondeado
45	L4	ovalado	Rosa	alargada	V.claro	Amarillo	Ovoide	Alto	Guinda	Amarillo	cordado	redondeado
46	L4	ovalado	Rosa	cordada	V.oscuro	Amarillo	Ovoide	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
47	L4	ovalado	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Ovoide	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
48	L4	esferico	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Conico	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
49	L4	esferico	Rosa	lanceolada	V.claro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado
50	L4	esferico	Rosa	cordada	V.claro	Amarillo	Alargada	Alto	Guinda	Amarillo	plano	redondeado

### Anexo 3: Resultados de la evaluación de caracteres cuantitativos del cv Sensient

Altura planta (m)	Diametro tallo (mm)	Dehiscencia (%)	N° Capsulas por panicula	N° Paniculas por planta	Longitud de espinas (mm)	Largo fruto (mm)	Ancho fruto (mm)	Grosor fruto (mm)	N° Semillas por capsula (Prom.5)	Peso 100 semillas secas (gr)	t/ha
2.22	65	21.00	12.70	38.00	0.60	50.3	30.83	35.16	47.4	6.64	1.518916
2.17	47.5	32.60	12.60	46.00	0.55	38.83	22.6	28.3	36.8	6.47	1.380004
2.62	53	41.17	14.40	51.00	0.70	45.3	26.3	29.3	50.6	5.51	2.047551
2.45	80	16.07	10.50	56.00	0.75	44.6	25.6	34.3	48.6	5.73	1.637451
2.68	79	6.40	20.40	78.00	0.36	43.3	32	34.6	50.8	5.67	4.583229
2.16	66	46.50	12.50	43.00	0.75	44	26.3	31.6	36.75	5.8	1.145681
2.65	95	21.40	16.70	126.00	0.65	34.6	21.83	30	43.6	4.22	3.87156
2.82	88	91.10	14.70	79.00	0.45	42.3	28.6	30	38.6	5.86	2.626814
2.26	66	25.86	14.50	58.00	0.50	44.3	27.83	29.5	54.4	3.38	1.546364
2.44	58	38.63	20.80	44.00	0.74	40.3	25.3	31.3	45.1	5.94	2.451766
2.4	75	28.57	18.80	84.00	0.74	43.3	26	35	45.1	5.94	4.230582
2.56	55	35.00	19.20	80.00	0.74	42.5	23.3	31.5	45.1	5.94	4.114852
2.22	51	47.27	22.80	55.00	0.74	44.83	26.5	30.3	45.1	5.94	3.359391
2.9	52	40.54	16.60	74.00	0.74	44	29.83	30.5	45.1	5.94	3.29081
2.64	52.2	25.00	14.00	32.00	0.74	45.5	28.83	29.6	45.1	5.94	1.200165
2.82	53	32.07	19.30	53.00	0.74	45.8	24	29.5	45.1	5.94	2.740288
2.17	68	96.20	12.80	53.00	0.74	36	25.3	30.6	45.1	5.94	1.817393
3	71	91.40	22.40	35.00	0.74	43	24.5	27.5	45.1	5.94	2.100289
2.3	49.5	18.86	18.00	53.00	0.74	47.5	28.16	32.6	45.1	5.94	2.555709
2.55	60.5	35.48	19.00	62.00	0.74	37.83	22.83	28.6	45.1	5.94	
2.1	68	80.70	11.62	51.00	0.45	41.5	25.83	27.83	37.4	5.32	1.179124
2.35	65	62.06	14.62	58.00	0.73	43.83	24.83	32.3	49.4	6.67	2.794011
2.28	77	62.23	21.00	77.00	0.80	42.83	27	31.83	47.2	5.74	4.380906
2.27	71	53.96	15.50	63.00	0.70	40.6	23.8	28.3	46.8	7.1	3.244714
2	60	31.50	13.40	73.00	0.80	37	25.6	29.1	41.8	5.71	2.334748
2.33		35.44	14.37	79.00	0.67	46	23.5	36	49.2	5.9	3.295346
2.33	73	31.57	13.62	76.00	0.73	42.6	25.83	27	48.6	6.38	3.209576
2.22	65	27.16	16.10	81.00	0.77	41.6	27.3	29.83	38.6	6.89	3.468306
2.45	88	45.78	9.20	83.00	0.97	39	23	27.3	44	6.33	2.126779
2.8	78	53.96	12.10	63.00	0.93	40.5	26.6	33.16	38.8	6.56	1.940267
2.25	60	70.37	16.80	81.00	0.83	50.5	30.3	30.6	51.4	4.58	3.203486
2.18	49	72.94	16.40	85.00	0.77				48.6	5.31	3.59744
3	75	44.70	14.42	85.00	0.80	45.16	26.3	32.83	37.6	7.09	3.26752
2.56	91	26.58	14.37	79.00	0.93	44.6	28.3	31.6	40.6	6.32	2.912909
2.34	71.5	5.04	21.30	119.00	0.60	40	23.83	29.16	47.8	6	7.26952
2.88	82		15.57	46.00	0.77	40.6	28.6	24.75	52.2	6.36	2.377793
2.63	70	11.10	15.00	54.00	0.70	38.16	23.1	28.6	49.6	6.53	
2.18	52		14.30	54.00	1.03	46.6	31.83	32.3	46	5.71	2.028261
2.4	58	9.80	18.30	51.00	0.93				30.8	6.93	1.992073
2.8	75		20.00	45.00	0.77	53	28.3	33.5	46.8	7.07	2.977884
2.13	75	3.27	13.00	61.00	1.13				55	5.4	2.35521
2.82	70	18.40	15.10	65.00	0.77	42.6	26.83	30.1	55.8	6.1	3.34083
2.6	79	6.38	12.20	94.00	0.80	43.83	27	32	44.8	5.97	3.067185
2.38	52.5	33.96	14.25	53.00	0.80	45.83	26.30	30.00	33.25	4.08	1.024572
2.73	72		12.10	48.00	0.60	47.6	27	33.1	38.8	5.32	1.198864
2.9	82	3.09	18.80	97.00	0.83				45.4	6.3	5.215861
2.3	62	25.00	16.13	64.00	0.93				53.6	5.92	3.27466
2.34	71	13.68	19.80	95.00	0.47	51.5	29.41	35.83	38.6	7.56	5.489059
2.23	75	18.05	17.80	72.00	0.87	47.6	31.5	36.6	47.4	5.39	3.274309
2.9	50	59.64	14.75	57.00	0.74	42.83	30.8	32.6			
<b>2.4742</b>	<b>67.382</b>	<b>36.902</b>	<b>15.8923</b>	<b>66.18</b>	<b>0.741367</b>	<b>43.4213</b>	<b>26.6473</b>	<b>31.0218</b>	<b>45.09184</b>	<b>5.942041</b>	<b>2.85234</b>

## Anexo 4: Resultados de la evaluación de caracteres cuantitativos del cv Embrapa 37

Altura planta (m)	Diametro tallo (mm)	Dehiscencia (%)	N° Capsulas por panicula	N° Paniculas por planta	Longitud de espigas (mm)	Largo fruto (mm)	Ancho fruto (mm)	Grosor fruto (mm)	N° Semillas por capsula (Prom.5)	Peso 100 semillas secas (gr)	t/ha
1.14	33.3		13.8	32	0.67	41.8	34.3	24.34	53.6	6.81	1.611911
2.2	28.7	9.45	11.66	40	0.87	44.2	33.12	22.5	47.2	5.99	1.318643
2.4	43.7	13.4	19.3	45	0.47	42.2	31.06	26.67	54.2	5.37	2.527804
2.25	36.0	15.2	15.5	25	0.83	40	32.2	26.02	54.6	6.46	1.366775
2.56	44.7	13.6	14.6	38	1	48.8	28.6	26.8	52.6	5.68	1.657565
2.4	118.0	7.04	10.28	71	0.73	40.2	33.6	27.63	51	3.07	1.142773
2.63	40.3	8.30	12.3	55	0.8	38.6	32.04	28.8	52.2	6.28	2.217675
2.55	51.3		14.5	64	1.03	47.4	31.8	28.09	54	6.36	3.187123
2.36	37.7	7.50	13.16	40	0.7	38.6	28.9	25.4	51	3.49	0.936939
2.29	34.7		15.3	40	1.03	42.6	27.04	23.21	53.2	3.75	1.22094
2.38	40.7	51.60	9	62	1.13	50.2	32.04	31.21	54.6	4.09	1.246092
2.18	39.3	43.75	14.3	32	0.63	44	31.2	28.4	59.4	3.61	0.98125
1.85	28.0	30.00	10	10	0.83	46.2	31.3	27.6	51.8	4.26	0.22067
1.85	24.0	41.81	10.5	55	0.93	43.4	34.6	26.16	53	5.1	1.56098
1.8	24.3	45.80	16.6	24	0.63	38.4	28.7	23.3	45	3.87	0.69381
2	32.0	33.30	17.8	33	1.07	41.8	27.6	24.3	40.6	3.93	0.93724
2.35	27.3	57.14	16.8	35	0.5	48.4	28.67	24.45	51.2	3.78	1.13799
2.25	40.0	59.60	12.16	52	0.9	37	29.76	21.2	45.8	3.57	1.03388
2.22	36.0	35.29	10.6	34	0.9	43.8	29.4	26.7	50.6	6.06	1.10512
1.9	28.5				0.93	54	31.3	28.04	50.2	3.92	0
2.12	40.0	40.82	17.8	49	1.03	47.4	32.2	25.6	54.8	3.34	1.59641
2.38	55.0	66.13	12.16	62	0.9	47.6	29.8	28.6	54.2	6.4	2.6152
2.4	41.0	36.54	11.3	52	0.97	47.4	31.05	23	48.2	4.13	1.16971
2.4	50.0	35.56	9.83	45	0.93	44.2	31.04	25.16	53.6	3.36	0.79665
2.5	48.7	96.08	10.6	102	0.8	39	32.3		53.8	3.7	2.15224
2.28	47.0	30.77	15	52	0.6	42.6	30.75	26.6	50	6.54	2.5506
2.45	52.0	38.46	18.6	65	0.63	48.2	30.75	26.3	53.4	3.7	2.38874
2.2	46.7	82.09	14.33	67	0.67	42.4	32.6	28.16	51.6	3.3	1.63488
2.18	52.3	29.69	13.3	64	0.87	44	27.8	29.6	50.2	4.48	1.91431
2.3	26.5		11.16	67	0.7	49.4	30.8	23.9	49.8	3.51	1.307
2.48	46.3	27.91	17.83	43	1.03	44.2	35.83	29	56.2	6.64	2.86104
3.2	51.3	19.40	19	67	1	45.6	33.8	28.86	50.8	4.02	2.59967
2.75	50.7	30.00	23	40	0.87	48.25	34.33	26.6	51.6	3.59	1.70424
2.47	51.3	36.36	19	66	0.77	37.2	30.25	27.83	46.2	4.68	2.71135
3.18	53.0	30.43	15.42	92	0.95	43.6	28.5	26.6	53	3.77	2.83458
3.4	36.0	45.83	25	24	0.8	35.8	32.6	24.6	39.8	3.64	0.86923
	70.7				0.7	38.6	31.5	22.65	47.4	2.87	0
3.15	76.0	77.32	16.6	97	0.95	48.2	31.3	24.06	54.6	4.96	4.36068
2.73	58.0	63.11	16	103	1	43.6	32.5	23.06	44.2	3.7	2.69514
2.4	67.7		12	49	0.95	45.4	29.6	24.13	55.6	6.58	2.15119
1.95	55.0	76.19	14.83	63	1.1	42.8	32.94	25.6	50.8	3.2	1.51878
2.08	28.7	95	16.6	40	0.75	36.4	31.1	22.98	39.4	3.77	0.98629
2.05	37.3	24	19.5	25	0.75	42.4	29.7	22.2	51.4	3.67	0.91961
1.7	32.0	53.85	12.3	13	1	46.6	29.86	26.75	50	2.46	0.19668
1.6	30.3		17.6	11	0.65	41	33.4	25.07	52.8	4.32	0.44159
2.53	48.7	18.75	22.6	32	1	38.4	33.02	25.06	43.2	3.65	1.14034
2.23	43.7	67.11	14.83	76	1.05	51.2	29.4	28.7	56	3.18	2.0071
2.38	38.0	18.87	20.83	53	0.9	37	34.67	21.12	43.6	4.9	2.35856
2.1	36.0	42.59	18	54	0.65	40	34.1	24.65	45.8	3.47	1.54476
1.85	35.0	22.22	12.16	18	0.8	44.2	32	22.3	54.4	3.59	
<b>2.3061</b>	<b>43.9</b>	<b>39.9488</b>	<b>15.1</b>	<b>49.54</b>	<b>0.8</b>	<b>43.49</b>	<b>31.3</b>	<b>25.705</b>	<b>50.644</b>	<b>4.3714</b>	<b>1.6623777</b>