UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL COLORANTE OBTENIDO DEL FRUTO HUITO *(Genipa americana L.)* DURANTE EL PERIODO DE UN AÑO EN LA REGIÓN DE UCAYALI, PERÚ.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

CHRISTIAN EDUARDO GONZALO RUIZ

PUCALLPA - PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentada por **CHRISTIAN EDUARDO GONZALO RUIZ**, denominada: **DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL COLORANTE OBTENIDO DEL FRUTO HUITO (*Genipa americana L.*) DURANTE EL PERIODO DE UN AÑO EN LA REGIÓN DE UCAYALI, PERÚ**; para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL.**

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el calificativo (*) **BUENO**.

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: (**grado académico**.....), (Título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**), de conformidad con lo estipulado en el Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 10 de octubre del 2019.

Ing. Carlos Panduro Carbajal, Dr.
Presidente

Ing. Carlos Alberto Ramírez Chumbe, Dr.
Secretario

M.V. Víctor Alberto Fernández Delgado
Miembro

Ing. Edgar Vicente Santa Cruz, M.Sc.
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Calificador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Ing. Carlos Panduro Carbajal, Dr.

.....
Presidente

Ing. Carlos Alberto Ramírez Chumbe, Dr.

.....
Secretario

M.V. Víctor Alberto Fernández Delgado.

.....
Miembro

Ing. Edgar Vicente Santa Cruz, M.Sc.

.....
Asesor

Bach. Christian Eduardo Gonzalo Ruiz.

.....
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

Constancia

N° 340

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis) titulado:

DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL COLORANTE OBTENIDO DEL FRUTO HUITO (Genipa americana) DURANTE EL PERIODO DE UN AÑO EN LA REGIÓN DE UCAYALI - PERÚ

Cuyo autor (es)	:	**GONZALO RUIZ, CHRISTIAN EDUARDO**
Facultad	:	CIENCIAS AGROPECUARIAS
Escuela profesional	:	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
Asesor (a)	:	M.Sc. VICENTE SANTA CRUZ, EDGAR

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 10 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 25/09/2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL
Dirección General de Producción Intelectual
UCAYALI
MTRA. DINA PARI QUISPE
Direc. Gral Prod Intel

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, CHRISTIAN EDUARDO GONZALO RUIZ

Autor de la TESIS titulada:

"DETERMINACION DEL RENDIMIENTO DEL COLORANTE OBTENIDO DEL FRUTO HUITO (GENIPA AMERICANA L.) DURANTE EL PERIODO DE UN AÑO EN LA REGION DE UCAYALI, PERÚ."

Sustentada el año: 2019

Con la asesoría de: ING. EDGAR VICENTE SANTA CRUZ, M.Sc.

En la Facultad de: CIENCIAS AGROPECUARIAS

Carrera Profesional de: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguiente términos: Primero: otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones. Segundo: declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas. Tercero: autorizo la publicación,

- [X] Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).
- [ ] Parcial (significa que solo la carátula, la dedicatoria y el resumen en PDF serán compartidos en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firma la presente autorización.

Fecha: 06/01/20

Email: CHRISTIAN_EDU687@HOTMAIL.COM

Firma:

Teléfono: 967697716

DNI: 70226889

DEDICATORIA.

A mi Padre Celestial, Dios Todopoderoso, a Jesucristo, mi salvador, por llenarme de fuerzas, sabiduría y bendecirme día a día con salud y amor, para lograr esta meta, que sin él nada hubiese sido posible.

A mis padres Eduardo Gonzalo Medina y Roció Ruiz Rodríguez, porque ellos han dado razón a mi vida, todo lo que hoy soy y seré es gracias a ellos, a mis hermanos porque ellos han influenciado en mi vida con el tiempo, experiencias y confianza que tienen hacia mí.

A mi amada esposa Lady Ramos Pérez, por sus consejos, su paciencia y su apoyo incondicional.

A toda mi familia, que es lo mejor y más valioso que tengo.

AGRADECIMIENTO.

Expreso mis más sinceros agradecimientos a las personas e instituciones que han colaborado para llevar a cabo el presente trabajo de tesis.

A la Universidad Nacional de Ucayali por acogerme y brindarme en sus recintos, las enseñanzas a través de los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Al Ing. Edgar Vicente Santa Cruz, por haber orientado y apoyado en el desarrollo de la investigación y en las revisiones de la misma.

A la empresa AGROTUNA S.A., Gte. Gral. Luis Vega Ganoza y Jefe de Operaciones Julio Flores López, por sus orientaciones y apoyo brindado durante la realización del trabajo de investigación.

A mi amigo Joseph Dylan Loardo Ruiz, de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, quien me ha apoyado incondicionalmente durante este trabajo de investigación.

ÍNDICE.

RESUMEN. x
ABSTRACT. xi
LISTA DE CUADROS. xii
LISTA DE FIGURAS. xiii
I. INTRODUCCIÓN. 1
II. REVISIÓN DE LITERATURA. 2
2.1. ANTECEDENTES. 2
2.2. HUITO (*Genipa americana L.*). 3
2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA. 4
2.4. TAXONOMÍA. 5
2.5. CARACTERIZACIÓN FRUTO. 5
2.6. USO COMÚN Y TRADICIONAL. 7
2.7. VIDA ÚTIL DEL FRUTO. 7
2.8. ÁREA DE DISTRIBUCIÓN. 7
2.9. GENIPÓSIDO Y GENIPINA 8
2.10. COLORANTES NATURALES. 10
2.11. COLOR. 16
III. MATERIALES Y MÉTODOS. 18
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN. 18
3.2. MATERIA PRIMA. 18
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS. 18
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL. 19
3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS. 23
3.6. DISEÑO ESTADÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN. 23
3.7. VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES. 25
IV. RESULTADOS. 27
4.1. RENDIMIENTO DEL COLORANTE DEL FRUTO DE HUITO (GENIPINA). 27
4.2. DETERMINACIÓN DE COORDENADAS CIELAB POR ESPECTROFOTOMETRÍA. 29
4.3. DETERMINACIÓN DE COORDENADAS CIE L* a* b* MEDIANTE IMÁGENES DIGITALES. 30

4.4. CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAMENTE EL FRUTO DE HUITO. . 31
V. DISCUSIÓN. 34
5.1. RENDIMIENTO DEL COLORANTE DEL FRUTO DE HUITO (GENIPINA). 34
5.2. COORDENADAS DE COLOR CIE L* a* b* MEDIANTE EL USO DE ESPECTROFOTOMETRÍA. 35
5.3. COORDENADAS DE COLOR CIE L* a* b* MEDIANTE IMÁGENES DIGITALES. 35
5.4. CARACTERÍSTICAS BIOMETRÍAS DEL FRUTO HUITO. 36
VI. CONCLUSIONES. 37
VII. RECOMENDACIONES. 38
VIII. LITERATURA CITADA. 39
IX. ANEXO. 44

RESUMEN.

Esta investigación se desarrolló en la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado a latitud Sur 8°23'48,11", longitud Oeste 74°35'10,93° y altitud de 154 m.s.n.m en la Carretera Federico Basadre Km 6,200, en los laboratorios especializados de Ingeniera Agroindustrial. El objetivo principal fue determinar el rendimiento del colorante del fruto Huito (*Genipa americana L.*) en tres zonas de cosecha, durante un año. Para el análisis de los resultados se aplicó un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con 3 tratamientos experimentales: T_1 = (San José), T_2 = (San Juan) y T_3 = (Huitococha) y 12 niveles de bloques: meses del año y 3 repeticiones. Para el establecimiento de las unidades experimentales se recolectaron frutos de Huito provenientes del Centro Poblado de San José, del Caserío San Juan y el Caserío Huitococha; todas ubicadas en el distrito de Yarinacocha. Los frutos se encontraban en un estado de madurez verde, a partir de los cuales se determinó las características biométricas y, se realizaron las diferentes operaciones para obtener el colorante. A partir del colorante se realizaron los análisis de color value, determinación de color por espectrofotometría y por imágenes digitales. En la evaluación de los tratamientos se encontró diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$), por lo que se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$), siendo T_3 = (Huitococha) el mejor tratamiento debido a que presentó un mayor rendimiento de genipina, específicamente en el mes de junio ya que presento el mayor valor durante el año de análisis, por otro lado con respecto a la determinación de color por espectrofotometría y mediante imágenes digitales T_3 = (Huitococha) presento las mejores características de color con valores de L*=8,34, a*=0,19, b*=1,83 y L*=56, a*=-8, b*=2,5 respectivamente.

Palabras claves: Biométricas, genipina, colorante, color, espectrofotometría.

- Genipina: principio activo para la coloración azul en el fruto de Huito.
- Color value: indicador de presencia de genipina en el colorante.

ABSTRACT.

This research was carried out at the National University of Ucayali, located at latitude South 8°23'48, 11", longitude West 74°35'10, 93° and altitude of 154 m.s.n.m on the Federico Basadre Highway Km 6,200, in the laboratories of specialized Agroindustrial Engineers. The main objective was to determine the colorant yield of the Huito fruit (*Genipa americana L.*) in three harvest zones, during one year. For the analysis of the results, a completely random block design (DBCA) was applied with 3 experimental treatments: T_1 = (San José), T_2 = (San Juan) and T_3 = (Huitococha), 12 levels of blocks: months of the year and 3 repetitions. By the establishment of the experimental units were collected Huito fruits from the Populated Center of San José, Hamlet San Juan and Hamlet Huitococha all located in the district of Yarinacocha, in a state of green maturity, which was determined the biometric characteristics and performed the different operations to obtain the dye and perform color value analysis, color determination by spectrophotometry and digital imaging. In the evaluation of the treatments, statistically significant differences were found ($p \leq 0,05$), so Tukey's multiple comparison test was applied ($\alpha=0,05$), being T_3 = (Huitococha) the best treatment due to the fact that it presented a higher yield of genipine, specifically in the month of June since it presented the highest value during the year of analysis, on the other hand with respect to the determination of color by spectrophotometry and through digital images T_3 = (Huitococha) presented the best color characteristics with values of L*=8,34, a*=0,19, b*=1,83 and L*=56, a*=-8, b*=2,5 respectively.

LISTA DE CUADROS.

En el texto.

Cuadro 1. Clasificación taxonomía del Huito. 5
Cuadro 2. Composición Química y Valor Nutritivo de la pulpa de Huito (G. *Americana L.).* 6
Cuadro 3. Clasificación de colorantes naturales según composición química. 14
Cuadro 4. Tratamientos experimentales. 24
Cuadro 5. Tukey para los tratamientos experimentales. 27
Cuadro 6. Tukey para los bloques (meses de cosecha). 28
Cuadro 7. Color mediante espectrofotometría..... 29
Cuadro 8. Tinticion de telas. 30
Cuadro 9. Características biometrías del Huito. 31

En el anexo.

Recuadro 1A. Determinación del color value (intensidad del color). 45
Recuadro 2A. Determinación del color por espectrofotometría..... 46
Recuadro 3A. Determinación del color mediante imágenes digitales. 47
Cuadro 10A. Valores de los análisis de color value……..48
Cuadro 11A. Valores de las características biométricas (Largo)..... 49
Cuadro 12A. Valores de las características biométricas (Ancho)..... 50
Cuadro 13A. Valores de las características biométricas (Circunferencia)..... 51
Cuadro 14A. Valores de la determinación del contenido de genipina en la solución de Huito. 52
Cuadro 15A. Valores de la determinación del contenido de genipina en la solución de Huito. 53
Cuadro 16A. Valores de obtenidos de las coordenadas CIELAB obtenido por espectofometria. 54
Cuadro 17A. Valores de obtenidos de las coordenadas CIELAB obtenido mediante imágenes digitales..... 55
Cuadro 18A. Análisis de varianza. 56

LISTA DE FIGURAS.

En el texto.

Figura 1. Áreas de distribuciones naturales del Huito 8
Figura 2. Espacio Hunter L*, a*, b*..... 17
Figura 3. Diagrama de bloques para la extracción del colorante de Huito. ... 20
Figura 4. Balance de materia. 21
Figura 5. Características biométricas (Largo) del Huito. 32
Figura 6. Características biométricas (Ancho) del Huito. 33
Figura 7. Características biométricas (Circunferencia) del Huito..... 33

En el anexo.

Figura 8A. Determinación del color mediante imágenes digitales. 47
Figura 9A. Recepción de materia prima. 57
Figura 10A. Lavado y desinfección. 57
Figura 11A. Pelado y cortado. 57
Figura 12A. Pesado de las muestras. 57
Figura 13A. Molienda. 58
Figura 14A. Muestras molidas. 58
Figura 15A. Cocción de la muestras de Huitos. 58
Figura 16A. Muestra de Huito cocida. 58
Figura 17A. Adicion de tierra filtrante. 59
Figura 18A. Acondicionamiento. 59
Figura 19A. Filtrado. 59
Figura 20A. Envasado. 59
Figura 21A. Concentrado de las muestras de Huito..... 60
Figura 22A. Determinación de las características biométricas. 60
Figura 23A. Muestras destinada a la determinación de color..... 60
Figura 24A. Muestras para la determinación de color por espectrofotometría. 60
Figura 25A. Cubetas de cuarzo para análisis espectrofotométrico. 61
Figura 26A. Espectrofotómetro. 61

Figura 27A. Tinción de telas..... 61
Figura 28A. Telas teñidas. 61

I. INTRODUCCIÓN.

El Perú es uno de los países más biodiversos, que alberga en su territorio gran parte de la biodiversidad del planeta. Existen muchas plantas con propiedades y uso tanto medicinal, como alimenticias donde destaca, el Huito (*Genipa americana L.*) que es muy conocido por la población de la amazonia peruana.

El un fruto silvestre de la amazonia peruana, el cual es usado para elaborar diversos productos tales como: mermeladas, bebidas alcohólicas, entre otras. Sin embargo, el mayor interés del fruto radica por el colorante azulino (genipina) que se extrae de la pulpa y semillas, que se usa desde tiempos ancestrales por las comunidades nativas como tinte para el cabello, tatuajes, tinte para telas, etc.

Actualmente los colorantes extraídos de productos naturales vienen teniendo una enorme importancia por la demanda en el mercado internacional de productos naturales como aditivo en la industria alimentaria, cosmética, tatuajes temporales y permanentes, entre otras; debido a que los colorantes sintéticos están siendo observados en diversos países del mundo por provocar daños a la salud. Todo ello ha creado una mayor demanda en el mercado mundial, impulsando la búsqueda de nuevas fuentes naturales y exploración de nuevos procesos de extracción, que brinden mayor rendimiento y eficiencia en la extracción colorante natural de fuente vegetal como es el fruto de Huito.

Actualmente la empresa Agrícola el Tunal S.A., viene trabajando en la extracción del colorante del fruto Huito, donde uno de los mayores proveedores es la región de Ucayali.

Sin embargo, existe un problema relacionado al contenido de genipina en el fruto del Huito durante los meses del año, existiendo varios factores que pudieran influenciar tales como el clima, suelo, precipitaciones, épocas de cosechas, entre otras, ocasionando problemas en la producción y por ende pérdidas económicas.

En el presente trabajo de investigación se planteó determinar el rendimiento de extracción de colorante del fruto de Huito (*Genipa americana L.*) mensualmente por un año en tres zonas cosechas en el distrito de Yarinacocha, Ucayali; con fin de obtener parámetros de rendimiento para la producción industrial de extracción de colorante y los respectivos costos de producción.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. ANTECEDENTES.

Rojas y Valencia (2013), en su trabajo de investigación denominado "Aislamiento de pigmentos de Huito (*Genipa americana L.*) y aplicación en teñido de fibras proteicas (alpaca)", concluyeron que la solución de Huito tanto de la pulpa como de la cáscara tiñen la fibra de alpaca, por lo tanto todo el fruto puede ser usado para el teñido sin embargo este teñido de la fibra de alpaca con el colorante de Huito no da una buena reproducibilidad del color ya que los tonos obtenidos del teñido con la fruta cosechada en los diferentes meses del año no son iguales, esto puede ser debido a la época de cosecha del fruto, por otro lado menciona que a mayor temperatura de teñido la fibra de alpaca la interacción colorante y fibra es alta es decir la fibra absorbe mayor cantidad de colorante y se obtiene tonos más intensos.

Mango y Durand (2018), en su investigación denominada "Obtención de polifenoles de hojas de *Genipa americana L.* (jagua) y evaluación de su actividad antibacteriana en cultivos microbiológicos" concluyen que en las hojas se encuentran varios tipos de flavonas como compuestos polifenólicos que tendrían actividad biológica como antiinflamatoria, cicatrizante y antioxidante. Por otro lado afirman que el extracto de las hojas de *Genipa americana L.* no posee actividad antibacteriana en cultivos microbiológicos.

Lares (2014), en su investigación denominada "Obtención de Genipina a partir de frutos de caruto (*Genipa americana L*.), del llano venezolano", concluyen que el rendimiento del extracto fue bajo (0,030 ± 0,005%); en cambio, a comparación de los mismos frutos, pero; conservados bajo refrigeración por un periodo de 41 días, se logró un mejor resultado en relación al rendimiento (0,44 ± 0,06 %). Menciona que el extracto seco obtenido fue caracterizado mediante espectroscopia de FTIR y RMN y preparación del derivado mono 10-(3,5-dinitrobenzoato) de genipina (monoéster del hidroxilo primario en la genipina).

Tenesaca (2012), en su investigación denominada “Elaboración de cosméticos decorativos a partir de frutos verdes de (*Genipa americana L.*)”, mencionan que el componente principal en su trabajo fue el Genipósido, ya que es el responsable de la coloración negro azul al estar en contacto con grupos aminos primarios que se encuentra en el colágeno de la piel. Procedieron a aislar 3,5 mg de Genipósido y concluyen que una óptima extracción de la sustancia se realiza usando etanol al 50% y a una temperatura de 20 ºC y en relación al sistema de solventes en una proporción de 1:30.

Martínez (2016), en su trabajo de investigación elaboro un producto cosmético para tinción del cabello a partir del extracto de los frutos del Huito, planta nativa del Centro Cultural uni-shu de la comuna Chiguilpe de Santo Domingo de los Tsáchilas, identificaron la clasificación taxonómica, realizaron ensayos fisicoquímicos, tamizaje fitoquímico y estudios microbiológicos, para así lograr identificar los componentes activos presentes en el fruto verde de *Genipa americana L.;* afirma que la presencia de compuestos como: taninos, triterpenos, azúcares reductores, y flavonoides lo que indicaría propiedades como: astringentes, antibacteriano, y diabéticas. Así como también se identificó el compuesto de genipina cuya responsabilidad sería la de tinte natural.

Miranda y Cárdenas (2015), evaluaron la potencialidad de fruto de Huito (*Genipa americana L.*) como fuente de colorante natural y concluyen que las mejores condiciones para obtener el colorante de Huito es a 75 °C y a pH 4,0 usando como disolvente el etanol, por otro lado, mencionan que, la estabilidad de las soluciones del colorante de *G. americana L.* a la luz visible, incandescente y soluciones oxidantes son relativamente buenas.

2.2. HUITO (*Genipa americana L.*).

La *Genipa americana L.* se conoce también por los nombres comunes de jagua (en español), *genipa* (en inglés), bois de fer (en francés) y genipapo (en portugués) (Francis 1993).

La *Genipa americana L.* se halla distribuida en toda América tropical y el Caribe, probablemente es originario de América del Sur donde se encuentra en estado silvestre, así como cultivado, desde tiempo precolombino. La gran dispersión por América tropical puede deberse al hecho que es una de las primeras especies utilizadas por los nativos para teñir su cuerpo, tejidos y objetos diversos (Villachica 1996).

El Huito es un arbusto que perteneciente a la especie del genero *Genipa*, es una especie nativa bastante común en la región amazónica, Perú, Brasil, Venezuela y Colombia en la mayor parte de la cuenca de las amazonas, los árboles florecen de mayo a septiembre y dan frutos entre septiembre y abril. Los frutos tardan hasta un año para madurar (Lorenzi 1998).

2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

El Huito es un árbol caducifolio mediano, generalmente de hasta 18 m de altura, con tronco de 0,6 m de diámetro, aunque en otros lugares alcanza los 30 m de altura. Se caracteriza por su tronco cilíndrico, libre de ramas por muchos metros; sus ramas que surgen del tronco en círculos a distintos niveles; su corteza es lisa, grisácea, con manchas blancas. Las hojas concentradas en el ápice de las ramas, oblongo lanceoladas, glabras en ambas caras; las estípulas son interpeciolares triangulares grises con el ápice muy agudo. Lado superior verde oscuro y brillante. La flor posee un cáliz tubular verde y corola color blanco a amarillo, de tacto vellosa, ligeramente perfumada. El fruto es una baya subglobosa a ovoide, de 10 – 12 cm de largo por 7 a 9 cm de diámetro, pesando entre 200 y 400 gramos, con restos del tubo del cáliz en el ápice. Cáscara de color pardo amarillento a marrón, con puntuaciones marrón oscuras. Pericarpio pardo amarillo, esponjoso, cerca de 1,5 cm de espesor; pulpa jugosa, agridulce, astringente, con numerosas semillas achatadas color crema; el pericarpio y la pulpa son aromáticos. El fruto verde provee un jugo amarillo que gradualmente se oscurece hasta tornarse azul oscuro y casi negro (Rojas 2013).

2.4. TAXONOMÍA.

Según Mielke *et al.,* (2003), la división taxonómica del Huito es:

Cuadro 1. Clasificación taxonomía del Huito.

Reino	*Plantae*
Subreino	*Tracheobionta*
División	*Magnoiophyta*
Clase	*Magnoliopsida*
Subclase	*Asteridae*
Orden	*Gentianales*
Familia	*Rubiaceae*
Genero	*Genipa*
Especies	*Genipa americana L.*

2.5. CARACTERIZACIÓN FRUTO.

El fruto de Huito, cuando está verde es astringente, contiene una buena cantidad de azúcar y acidez pronunciada, que varían con el tipo y dependiendo del clima y el suelo. Su corteza es suave y de color amarillo-marrón arrugada, de color marrón, oscuro o verdoso. La pulpa es vinosa aromático, suave e implica numerosas semillas duras y de consistencia fibrosa (Sandri 1998).

Los colorantes de Huito, se obtienen de frutos verdes, y de ellas emanan un jugo verde color azulado; después de su maduración, estos frutos se pueden aprovechar como dulces. El jugo fermentado se convierte en vino y licores (Lorenzi 1998).

Borges y Rezende (2000), detectaron los principales ácidos, como el octanoico (34, 1%) 2-metilbutírico (9, 1%), hexanoico (18,2%) y 2-metil-éster 2-(E)-butenoato de metilo (4,1%), octanoato (3,2%) y 2-propilfurano (2,5%) y ácido

butírico, ácido 2-metilbutírico y hexanoico responsable de las notas amargas y el sabor a fruta característico se atribuyó a la presencia del éster de 2 - y 3-metilbutirato de etilo.

La pulpa en el fruto es una cantidad considerable en comparación a otros, siendo la relación corteza: fruto 12,05%, 47,81% y 40,61%, esta tiene baja acidez, alto contenido de humedad, bajo porcentaje de proteínas y lípidos, alto contenido de azúcar, contenido de hierro normal, buena tasa de calcio y fósforo, alto contenido de taninos, y sólo trazas de vitamina e y la pectina (Renhe 2009).

Cuadro 2. Composición Química y Valor Nutritivo de la pulpa de Huito (*Genipa americana L.*).

Característica	**100 g pulpa**
Energía	550 – 113,0 cal
Agua	77,06- 83,9 g
Proteínas	1,20- 1,26 g
Lípidos	0,10 – 0,20 g
Carbohidratos	14,00 – 25,70 g
Fibra	1,60 – 11,80 g
Ceniza	0,55 – 0,80 g
Calcio	69,0 mg
Fosforo	21,0 mg
Hierro	0,5 mg
Vitamina A (Retinol)	30,0 mg
Tiamina	0,30 – 0,63 mg
Riboflavina	0,33 mg
Niacina	0,50 – 0,54 mg
Vitamina C (A. Ascórbico)	1,10 mg
Otras características de la pulpa	
pH	3,5
Solidos solubles	22,94
Acidez titulable	0,16
° Brix	14,2
Azucares reductores	
Maltosa	4,63 mg
Levulosa	3,35 mg
Glucosa	3,09 mg

Fuente. Tenesaca 2012.

2.6. USO COMÚN Y TRADICIONAL.

Referencias etnobotánicas y etno-farmacológicas, manifiestan que el Huito tiene un uso medicinal y en la tintura de fibras textiles, así mismo en algunos lugares, se considera un afrodisíaco. Su pulpa se utiliza contra la ictericia, enfermedades del estómago, el bazo y el hígado. Hay referencias a la goma extraída de la *G. americana L.* tiene propiedades antigonorréicas. El té de la raíz se utiliza como purgante, las semillas trituradas como emético, las hojas de té como antidiarreico, la fruta verde se ralla para los asmáticos, y el zumo de la fruta madura es tónico estomacal y diurético (Epsteín 2001, Gotttíeb y Mors 1980).

En la nutrición humana, la fruta es el comestible natural y empleado en la preparación de mermelada, fruta confitadas, refrescos, zumo, pulpa, jarabe, licor, vino, alcohol, vinagre y el brandy. Ya en la industria de la maderera, se obtiene una madera blanca (marfil) suave y elástica, flexible, se parte fácilmente, da la bienvenida a la laca y tiene larga duración. Se utiliza en la construcción naval y la construcción, en carpintería de lujo en grabados en madera, entre otros (Kato *et al., 1998*).

2.7. VIDA ÚTIL DEL FRUTO.

Al igual que la mayoría de los frutos tropicales, el Huito es altamente perecible y se deteriora en pocos días, un hecho que complica su comercialización, incrementando pérdidas. Las frutas pueden conservarse en refrigeración entre 10 o 15°C y se pueden mantener hasta 15 días, tiempo límite para su inmediato procesamiento, temperaturas inferiores a 10 °C, ocasionan ennegrecimiento del fruto, por quemado del epicarpio (Attokaran 2011).

2.8. ÁREA DE DISTRIBUCIÓN.

El árbol de Jagua se originó probablemente en la Cuenca Amazónica y fue esparcido a través de los trópicos americanos por los seres humanos en tiempos

pre-históricos. Los límites originales de su distribución se desconocen. Hoy en día, los arboles de Huito crecen naturalmente a lo largo de ambas costas en México un poco al norte del Istmo de Tehuantepec y de Istmo a través de la América Central y a través de norte de América del Sur hasta Paraguay y el norte de Argentina (Attokaran 2011).



Figura 1. Áreas de distribuciones naturales del Huito.

2.9. GENIPÓSIDO Y GENIPINA.

2.9.1. Propiedades fisicoquímicas de Genipósido y Genipina.

El Genipósido es un iridoide glicosilado que mediante hidrólisis con β-glucosidasa se descompone en genipina y D-glucosa. La estructura de la genipina fue descubierta por Touyama *et al.,* (1994), a partir de la fruta madura de *Genipa americana L*. esta sustancia es responsable de la coloración azul violeta que se observa al reaccionar espontáneamente con aminoácidos, en general con aminas primarias. Existen amplios estudios sobre las propiedades

antiangiogénico, antiinflamatoria y antioxidante de este iridoide, además se lo considera un potente reticulante no tóxico de proteínas, cuya aplicación inmediata es la elaboración de un biopolímero para sistemas de liberación controlada de fármacos, la genipina constituye el 4-6% en peso de fruto seco, presenta absorbancia máxima en el espectro ultravioleta a una longitud de onda de 240 nm al igual que el Genipósido (Shirley Tenesaca 2012).

2.9.2. Estabilidad acuosa de la Genipina.

Shirtey Tenesaca (2012), la degradación de la genipina en solución acuosa consiste con un mecanismo de reacción de primer orden, con un primer paso reversible; en esta reacción la genipina se convierte en un intermediario hipotético, el cual puede reformarla, o ser degradado a un segundo producto de manera irreversible. El pH de la solución influye drásticamente en la degradación de la genipina, es rápida bajo condiciones tanto alcalinas como ácidas, mientras que a pH 4 - 7 la molécula se mantiene inmutable por más tiempo. La degradación procede muy probablemente a través de la apertura del anillo reversible dihidropirano por agua seguida por la polimerización irreversible del intermedio.

2.9.3. Formación del pigmento azul por reacción de Genipina con un grupo amino primario.

La formación del pigmento azul por reacción de genipina con un grupo amino primario es óptimo a pH 7, el estudio de la absorbancia de una mezcla de genipina y aminoácidos en el espectro ultravioleta-visible demuestra que la absorbancia a 240 nm (nanómetros) perteneciente a la genipina desaparece, mientras que aparece una nueva absorbancia a 290 nm que corresponde a un intermediario, y finalmente se establece una absorbancia entre 570 - 600 nm generado por el polímero pigmento azul formado. Este pigmento es más estable en solución alcalina (pH 9) que en solución neutra (pH 7) o ácida (pH 5) y se mantiene estable después de permanecer 1 o más horas a temperaturas de entre 60 - 90°C (Shirtey Tenesaca 2012).

2.10. COLORANTES NATURALES.

Los colorantes naturales son sustancias químicas que tienen la propiedad de transferir color a las fibras, principalmente provienen de plantas superiores como algas y hongos, líquenes; de algunos insectos, así como de algunos organismos marinos invertebrados (Attokaran 2011, Ojeda 2012). Se caracterizan por tener grupos que dan color, llamados cromóforos. Los colorantes naturales requieren de la presencia de grupos auxócromosó mordientes que le otorgan afinidad con las fibras a teñirse. Algunos ejemplos de grupos cromóforos son, el carbonilo, etileno y nitroso. Dentro de los grupos auxócromos se encuentran el hidroxilo, amino, carboxílico, sulfuro y sulfónico (Dos Santos y Maier 2008).

Los tintes naturales son en su mayoría no-sustantivas y su aplicación para teñido de textiles, deben de tener ayuda de mordientes, por lo general una sal metálica, con afinidad tanto con el colorante y la fibra. Los iones de metales de transición por lo general tienen un fuerte poder de coordinación capaz de formar atracción a través de fuerzas de interacción y por lo tanto puede actuar como material de relleno para crear sustantividad de los colorantes naturales cuando se impregna un material textil con dicha sal metálica (es decir, mordentado) sometiendo luego a teñido con diferentes colorantes naturales (Attokaran 2011).

Desde el punto de vista termodinámico y su aplicabilidad en la tinción de alimentos, los pigmentos deben de ser solubles en agua. La solubilidad es la diferencia fundamental entre colorante y pigmento. Para su aplicación tienen que ser dispersados en un vehículo líquido. Estos colorantes naturales existen en la naturaleza, no hay que realizar ninguna síntesis ni procesos químicos para su obtención (Chemat y Strube 2015).

La materia coloreada se extrae por operaciones físicas como: secado, molienda, ebullición, evaporación, tamizado, etc. (Dawson 2009).

2.10.1. Clasificación de los colorantes naturales.

Los colorantes se clasifican de dos modos distintos (Pedraza 2011):

- La tintórea que los agrupa según su comportamiento frente a las fibras en colorantes ácidos, básicos, sustantivos a la tina, de complejo metálico y sobre mordiente, de dispersión y reactivos.

- La química los agrupa en: tetrapirroles, cartenoides, flavonoides, antocianinas, quinonas, derivados indigoides, índoles y pirimidas sustituidas.

a. Flavonoideos.

El resto de los flavonoides no-antocianínicos, se caracterizan por su color amarillo, como se desprende de la etimología del nombre (del Latínflavus: amarillo). Los flavonoides en general se caracterizan por ser polifenoles solubles en agua, algunos con una estructura de glucósidos (azúcares) y otros de polímeros naturales (Ojeda 2012).

A estos últimos pertenecen los taninos condensados, polímeros naturales formados por monómeros de antocianina, presentes en semillas y tejidos vegetativos de ciertas forrajeras. Otro grupo de flavonoides importantes son las flavonas, colorantes amarillos presentes en pétalos de flores como la prímula, o en la piel de frutos como las uvas, responsables del color amarillento de los vinos blancos. Finalmente están las flavononas, presentes en altas concentraciones de los zumos de cítricos (naranja, mandarina y pomelo). Hasta hoy se conocen más de 9000 flavonoides y quedan más por identificar y aislar. (Ojeda 2012).

b. Carotenoides.

Los carotenoides son estructuras isoprenoides, presentes en colorantes y pigmentos naturales en plantas superiores, algas, hongos y bacterias. La estructura química básica de estos compuestos posee dobles enlaces insaturados y la mayoría son tetra-terpenos con 40 átomos de carbono. A los carotenoides que poseen átomos de oxígeno en sus moléculas se los conoce como xantofilas. Los restantes constituyen el grupo de los carotenos. Los colorantes y pigmentos de este grupo presentan una paleta de colores que varía desde amarillo pálido, pasando por anaranjado, hasta rojo oscuro. Ejemplos de ello son ellicopeno (color rojo del tomate y la sandía) y el beta caroteno (color anaranjado de la zanahoria) (Ojeda 2012).

c. Betaleina.

Color rojo proveniente del Betabel. Las betalaínas son colorantes naturales constituidos por aproximadamente 70 pigmentos hidrosolubles con estructura de glucósidos y que se han clasificado en dos grupos importantes: las betacianinas y las betaxantinas. Las betacianinas son unos cincuenta colorantes naturales identificados de color rojo o violeta que se encuentran en plantas como la remolacha (*Beta vulgaris*) y frutos de la tuna (*Opuntia sp*) y en algunos basidiomicetos. Tienen una absorción máxima en el espectro visible entre 534 y 552 nm. Las betaxantinas en cambio, cuentan con un grupo de casi 25 componentes de color amarillo encontradas en algunas variedades de hongos venenosos *(Amanita muscaria*), y en las bayas de los cactus pitaya (*Hylocereus*). Tienen una absorción máxima en el espectro visible entre 260 y 320 nm (Pedraza 2011).

d. Xantonas.

Color amarillo proveniente de algunos líquenes.

e. Tanino-Pirogallo y Catecol.

Color café proveniente del castaño. Los taninos son colorantes naturales extraídos de plantas superiores. Son compuestos fenólicos coloreados en una gama que va desde colores amarillos hasta el castaño oscuro. Los taninos tienen olor característico, sabor amargo y son muy astringentes. Se agrupan en: taninos hidrolizables y taninos condensados (vistos anteriormente en el grupo de Flavonoides). Los taninos hidrolizables son colorantes polímeros heterogéneos formados por fenoles y azúcares simples. Son más pequeños que los taninos condensados y se hidrolizan sin dificultad en medio ácido. El PM oscila entre los 600 y 3000 (Pedraza 2011):

Las plantas más empleadas para la obtención de taninos son: robles (*Quercus robur*), castaños (*Castanea sativa*), paquió (*Hymenaeacourbaril*), verdolaga (*Terminalia amazonia*), quebracho colorado chaqueño (*Schinopsisbalansae*), entre mucho más (Shirata Yoshiko 1996).

f. Clorofila.

Color verde proveniente de las plantas verdes. Los compuestos clorofílicos constan de una porfirina que lleva incorporado un átomo de magnesio en el centro del núcleo tetrapirrólico. Son los pigmentos más abundantes en la naturaleza. Se encuentran en los cloroplastos de las células vegetales, orgánulos exclusivos de las plantas donde se lleva a cabo la fotosíntesis y se conocen dos tipos importantes: clorofila A y clorofila B, que son las responsables del color verde de las plantas. La clorofila A representa de manera aproximada, 75% de toda la clorofila de las plantas verdes, pero también se encuentra en las algas verdeazuladas.

La clorofila B es un pigmento que acompaña a la clorofila A, absorbe luz de una longitud de onda diferente (más baja) y transfiere la energía a la clorofila A, que se encarga de convertirla en energía química.

Otros tipos de clorofila como: C1, C2 y D, se hallan en algas y bacterias. Los pigmentos clorofílicos son insolubles en agua, pero sí en solventes orgánicos como el alcohol etílico y la acetona (solventes extractivos) y en tetracloruro de carbono y éter de petróleo (solventes separadores) (Shirata Yoshiko 1996).

Cuadro 3. Clasificación de colorantes naturales según composición química.

Naturaleza	Ejemplo	Color predominante
Tetrapirroleo	Ficobilinas	Azul-verde
	Clorofila	Verde
Carotenoides	Caroteindes	Amarillo - naranja
Favonoides	Favonas	Blanco - crema
	Favonoides	Amarillo - blanco
	Chalconas	Amarillo
	Auronas	Amarillo
	Antocianinas	Rojo-Azul
Xantonas	Xantonas	Amarillo
Quinonas	Naftoquinonas	Rojo -Azul - Verde
Derivados indigoides e indoles	Indigo	Azul- Rosado
	Betalainas	Amarillo- Rojo
Pirimidinas Sustituidas	Pterinas	Blanco - Amarillo
	Flavinas	Amarillo
	Fenoxanizinas	Amarillo - Rojo
	Fenazinas	Amarillo - Púrpura

Fuente: Trujillo y Lopez (2010).

2.10.2. Fuentes de obtención de colorantes naturales.

Las fuentes naturales de obtención de colorantes, son principalmente las plantas superiores, también las algas, hongos y líquenes en el reino vegetal y ciertos tipos de insectos y algunos organismos marinos invertebrados dentro del reino animal (Miranda y Cárdenas 2015).

Es importante tener conciencia de la función de los colorantes y pigmentos en la naturaleza. La gran diversidad de pigmentos cumple funciones específicas dentro de ella incluyendo a los animales superiores (como el ser humano), ya que algunos pueden actuar como inhibidores para la germinación de semillas u hormonas para el crecimiento, o como sustancias tóxicas para defensa o para guiar a los insectos a las flores para realizar la polinización o como factor de atracción entre géneros para la reproducción, etc. (Shirata Yoshiko 1996).

2.10.3. Métodos de extracción de colorantes naturales.

Cuando se ha seleccionado una fuente de colorante natural, el siguiente paso es aislar el mismo del resto de la estructura de la planta o animal que lo contiene. A este proceso se lo denomina extracción. El método a emplear para extraer un determinado pigmento o colorante, va a estar condicionado por una serie de factores que hace que cada extracción sea un proceso particular y específico para cada organismo portador y para cada tipo de material a extraer (Miranda y Cárdenas 2015).

Lo que sí se puede establecer de entrada, es que algunos métodos de extracción resultan simples con un producto casi puro como es el caso de la extracción del pigmento antocianina del repollo morado, mientras que otros resultan más complejos, donde el producto a extraer aparece mezclado con otras sustancias, lo que obliga a realizar la extracción en varias etapas con procesos de separaciones posteriores. Como ejemplo tenemos la extracción de clorofila de plantas como la espinaca (Spinaciaoleracea) (Dweck 2002).

Hay dos formas de realizar la extracción: la extracción artesanal y la extracción industrial. Esta última tiene nuevos aportes tecnológicos, todos los casos anteriores serán vistos nuevamente en las siguientes secciones, cuando nos adentremos en el tema de fuentes de obtención y métodos de extracción de colorantes naturales (Miranda y Cárdenas 2015).

2.11. COLOR.

El color es una característica importante de los alimentos. La liberación de una buena impresión a través del color determinará la aceptabilidad de los consumidores y su decisión de compra. Además, el color juega un papel importante como indicador de la calidad (Wibowo *et al.,* 2014).

De acuerdo con Van Boekel (2008), diferentes reacciones químicas y bioquímicas que se producen en un producto alimenticio se pueden detectar visualmente por su color.

Cserhalmi *et al*., (2006), señalan que los pigmentos presentes en los productos alimenticios ejercen un notable impacto en las ventas, aceptación de público consumidor, además de presentar marcada actividad biológica.

Los cambios de color debidos a la maduración de las frutas, están relacionados con el metabolismo del vegetal, que se manifiesta con la degradación de algunos pigmentos y aparición o afloramiento de otros, lo cual es motivado por aspectos, genéticos de la especie, fenotípicos y ambientales (Cox *et al.,* 2004).

El color de un alimento, incluyendo las frutas puede ser identificado a partir del sistema “Hunter Lab” o “L, a, b” donde “L” corresponde a la luminosidad, con escala de 0 a 100, “a” concierne al intervalo de colores entre el verde(-) y el rojo(+), y “b” representa al intervalo de colores entre el azul(+) y el amarillo(-), con cuyas combinaciones se puede expresar cualquier color y su evolución en el tiempo (Hernández *et al.,* 2009).

Williams (2002), presenta el espacio de color “Hunter Lab” en la figura 1 a partir del cual se pueden determinar las coordenadas para cualquier alimento, con los valores obtenidos de L*, a* y b*.



Fuente: Williams (2002).

Figura 2. Espacio Hunter L*, a*, b*.

En post cosecha los atributos de color cambian cómo consecuencia de la degradación de la clorofila y síntesis de otros metabolitos, cómo carotenoides y antocianinas, lo cual se debe a uno o varios procesos secuenciales, los más relevantes son debidos al pH, procesos oxidativos y la acción de las enzimas, destacando las clorofilazas (Bernal y Díaz 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.

El presente trabajo de investigación fue realizado en la Universidad nacional de Ucayali ubicado a latitud Sur 8°23’48,11”, longitud Oeste 74°35’10,93° y altitud de 154 m.s.n.m., en los laboratorios de Especializados de Ingeniera Agroindustrial, en estos ambientes se efectuó la extracción del colorante del Huito, se realizó los análisis biométricos y la determinación del color value (intensidad del color).

3.2. MATERIA PRIMA.

El fruto de Huito fue recolectado en un estado de madures verde, la primera semana de cada mes de tres localidades: Centro Poblado de San José ubicado en el distrito de Yarinacocha con coordenadas latitud: -8,333301 y longitud: -74,58569, la segunda muestra se obtuvo del Caserío San Juan ubicado en el distrito de Yarinacocha coordenadas con coordenadas latitud: -8,308583 y longitud: -74,592, la tercera muestra fue recolectada en el Caserío Huitococha del distrito de Yarinacocha con coordenadas longitud: -74,71726 y latitud: -8,1613.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS.

3.3.1. Reactivos.

Para realizar los análisis del trabajo de investigación se usó los siguientes reactivos: Hipoclorito de sodio (NaClO) al 4%, marca Clorox, alcohol (CH_3OH), agua destilada.

3.3.2. Materiales.

Durante el desarrollo de la investigación se usaron los siguientes materiales: Vasos de precipitado de 250, 500 y 1000 ml, probetas de 250 ml,

fiolas de 100 ml, botellas de vidrio color ámbar de 500 ml, placas petri, embudos, tela tocuyo, cuchillos, tabla de picar, cucharas de acero de inoxidable, papel tisú, pipetas, mortero, pilón, guardapolvo, papel filtro, guantes quirúrgicos, cofia, mascarilla, gas, papel toalla, franelas, mesa de acero inoxidable.

3.3.3. Equipos e instrumentos.

Durante el desarrollo de la investigación se usaron los siguientes equipos e instrumentos: Cocina eléctrica (marca surge), termómetro digital (marca TS-0560 1110), balanza digital (marca ED-3993BR), balanza analítica (marca OHAUS, precisión 0,001g), licuadora industrial, espectrofotómetro Hannon I3.

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.

La extracción del colorante del fruto de Huito recolectado de 3 diferentes zonas durante doce meses consecutivos, se realizó según el diagrama de bloques (Figura 2), obtenido y corregido mediante las pruebas preliminares antes del proyecto de tesis, a continuación, se describen las operaciones del proceso de extracción de colorante.

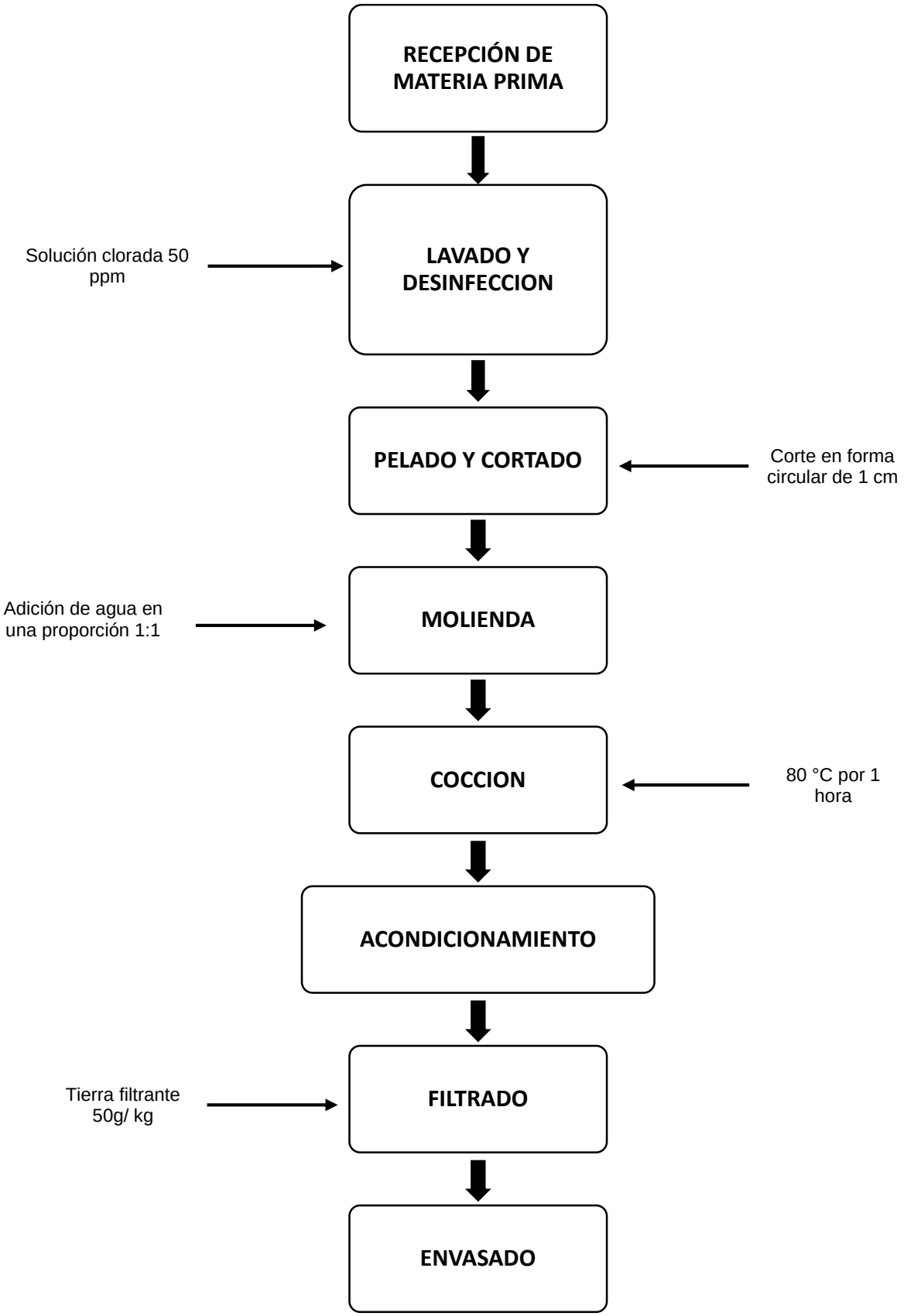


Figura 3. Diagrama de bloques para la extracción del colorante de Huito.

3.4.1. Balance de materia.

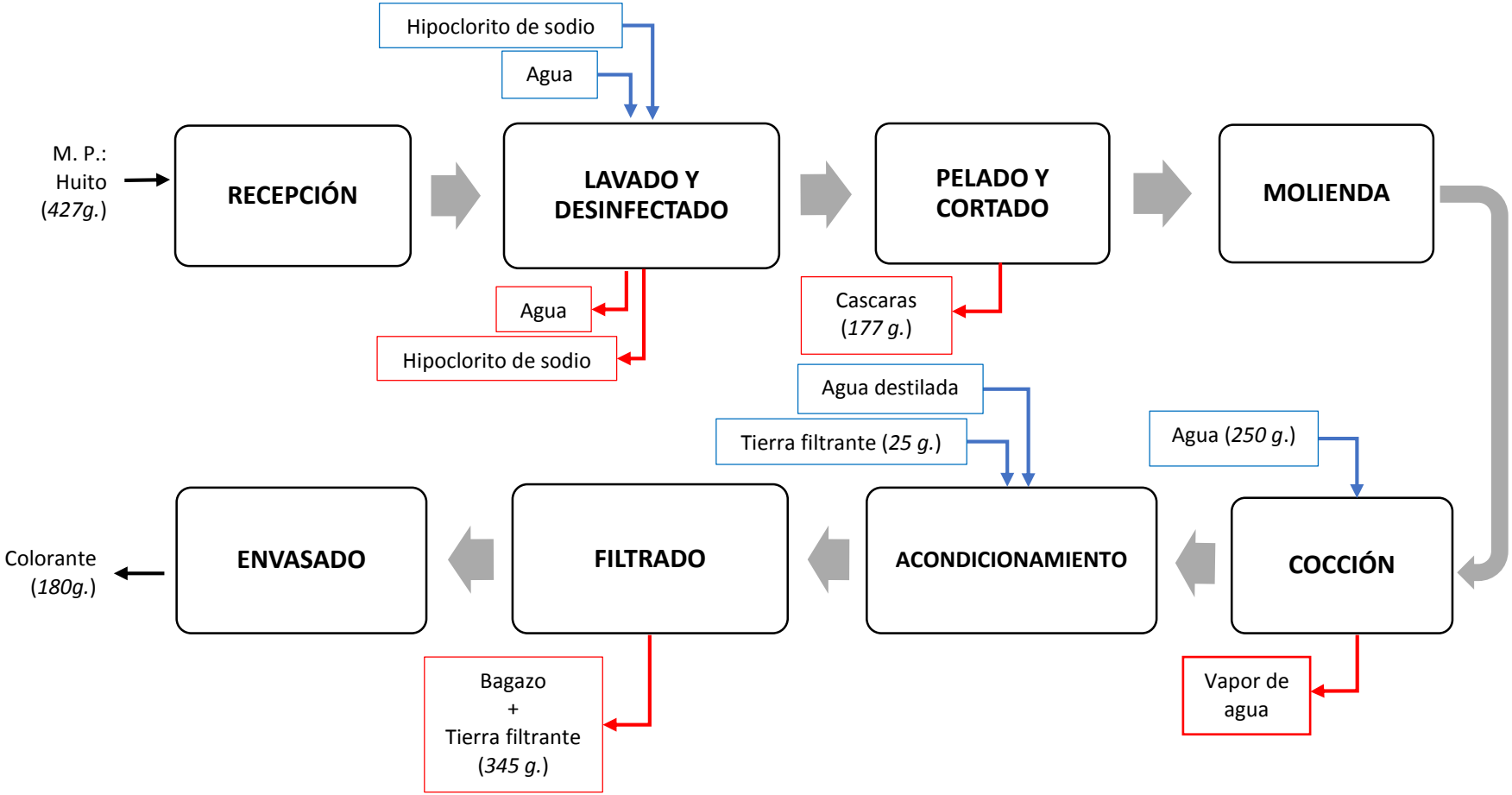


Figura 4. Balance de materia de la obtención del colorante de Huito (*Genipa americana L.*).

3.4.2. Recepción de materia prima.

Se recepcionó frutos de Huito en estado de madurez verde, con un color característico de verde brillante, que no presentaron daños por golpes, cortes.

3.4.3. Lavado y desinfección.

Para el lavado se utilizó agua corriente con el fin de eliminar los residuos sólidos que estas contengan; en cuando a la desinfección, los frutos de Huito fueron sumergidos en una solución desinfectante de hipoclorito de sodio a una concentración de 50 ppm por 5 min.

3.4.4. Pelado y cortado.

Realizado las operaciones anteriores, se procedió a pelar el Huito manualmente con un cuchillo previamente desinfectado con el fin de retirar toda la cascaras que cubre al fruto; posteriormente se realizó cortes en forma circular (rodajas de 1 cm de espesor), para facilitar la molienda.

3.4.5. Molienda.

Esta operación consistió en moler la pulpa y semilla de Huito usando una licuadora industrial, donde se colocó el Huito en rodajas adicionando agua en una proporción 1:1, el tiempo de molienda fue de 2 minutos con un descanso de 15 segundos por minuto.

3.4.6. Cocción.

Se colocó en un vaso de precipitado 1000 ml la muestra de 500 g de pulpa licuada de Huito verde y se llevó al calentamiento en una cocina eléctrica, manteniendo una temperatura de 80 ºC por 1 hora en constante agitación, para evitar el quemado.

3.4.7. Acondicionamiento.

Se agregó agua para mantener la proporcionalidad 1:1 (0,250 kg de Huito y 0,250 kg Agua), seguidamente se adiciona 50 g de tierra filtrante por kg de muestra.

3.4.8. Filtrado.

Con la ayuda de una tela filtrante (tocuyo) se filtró la muestra de 500 g manualmente.

3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS.

Las metodologías utilizadas para determinar las características biométricas (tamaño), color value, determinación de color por espectrofotometría y por imágenes digitales fueron los siguientes:

3.6. DISEÑO ESTADÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN.

3.6.1. Diseño experimental.

El diseño experimental empleado para evaluar el rendimiento del colorante de fruto de Huito recolectado de tres zonas, durante un año fueron los siguientes:

Evaluación paramétrica.

Se aplicó un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con 3 tratamientos experimentales, 12 niveles de bloques y 3 repeticiones. El modelo lineal para el diseño fue:

$$Yij = \mu + Ti + \beta j + + Eij$$

Dónde:

Yij **:** Observaciones (variable dependiente).
μ **:** Efecto de la media general.
Tj **:** Efecto de las zonas de cosecha.
βj **:** Efecto de los meses de cosecha.
Eij **:** Error experimental.

Se aplicó la prueba estadística de Tukey, con un nivel de confianza del 95%.

3.6.2. Tratamientos.

Los tratamientos evaluados en el presente estudio de investigación fueron 3, como se muestra a continuación:

Cuadro 4. Tratamientos experimentales.

Tratamientos	Bloque	Repetición
Centro Poblado de San José	Enero	R_1, R_2, R_3
	Febrero	R_1, R_2, R_3
	Marzo	R_1, R_2, R_3
	Abril	R_1, R_2, R_3
	Mayo	R_1, R_2, R_3
	Junio	R_1, R_2, R_3
	Julio	R_1, R_2, R_3
	Agosto	R_1, R_2, R_3
	Septiembre	R_1, R_2, R_3
	Octubre	R_1, R_2, R_3
	Noviembre	R_1, R_2, R_3
	Diciembre	R_1, R_2, R_3
Caserío San Juan	Enero	R_1, R_2, R_3
	Febrero	R_1, R_2, R_3
	Marzo	R_1, R_2, R_3
	Abril	R_1, R_2, R_3
	Mayo	R_1, R_2, R_3
	Junio	R_1, R_2, R_3
	Julio	R_1, R_2, R_3
	Agosto	R_1, R_2, R_3
	Septiembre	R_1, R_2, R_3
	Octubre	R_1, R_2, R_3
	Noviembre	R_1, R_2, R_3
	Diciembre	R_1, R_2, R_3
Caserío Huitococha	Enero	R_1, R_2, R_3
	Febrero	R_1, R_2, R_3
	Marzo	R_1, R_2, R_3
	Abril	R_1, R_2, R_3
	Mayo	R_1, R_2, R_3
	Junio	R_1, R_2, R_3
	Julio	R_1, R_2, R_3
	Agosto	R_1, R_2, R_3
	Septiembre	R_1, R_2, R_3
	Octubre	R_1, R_2, R_3
	Noviembre	R_1, R_2, R_3
	Diciembre	R_1, R_2, R_3

3.6.3. Análisis estadístico.

Los resultados fueron tratados estadísticamente mediante el software estadístico STATGRAPHICS CENTURION 17, para el sistema operativo Windows. Se determinó las diferencias significativas entre los tratamientos aplicando la prueba paramétrica de F (análisis de varianza), se encontró diferencias significativas entre los tratamientos a un nivel de significancia de pv ≤ 0,05; por lo tanto, se realizó la prueba de comparación múltiples de medias de Tukey a un nivel de confianza del 95%.

3.6.4. Nivel de investigación.

La investigación fue de tipo experimental y aplicada porque se manipularon variables, las cuales fueron evaluadas a través de indicadores mediante análisis biométrico (tamaño), color value, determinación de color por espectrofotometría y por imágenes digitales.

3.6.5. Población y muestra.

La población fueron los arboles de Huito del distrito de Yarinacocha y la muestra fue tomada de tres zonas (Caserío San Juan, Caserío Huitococha y Centro Poblado San José) y para cada unidad experimental se tomó una muestra de 2 kg de fruto de Huito.

3.7. VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES.

3.7.1. Variables independientes.

- Factor de estudio: Zonas de cosecha (Centro Poblado de San José, Caserío San Juan, Caserío Huitococha).
- Factor de bloqueo: Meses de cosecha (enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre).

3.7.2. Variables dependientes.

- Características Biométricas (tamaño).
- Rendimiento de la extracción de colorante.
- Análisis del poder de tinción (Color Value).

IV. RESULTADOS.

4.1. RENDIMIENTO DEL COLORANTE DEL FRUTO DE HUITO (GENIPINA).

Los resultados obtenidos del rendimiento del colorante extraído de Huito se analizaron estadísticamente usando un diseño en bloques completamente al azar (DBCA); se muestra el análisis de varianza Cuadro 5 y se evidencia la existencia de diferencias estadísticas significativas aun nivel de significancia para los tratamientos de pv=0,0003 y factor de bloqueo de pv=0,0001 todas menor a pv ≤ 0,05 y nivel de confianza del 95%, por lo que se procedió a aplicar la prueba de Tukey.

Cuadro 5. Tukey para los tratamientos experimentales.

Tratamientos	Repetición	Media (g/100 g de muestra)
T_3 (Huitococha)	3	3,16 a
T_2 (San Juan)	3	2,58 b
T_1 (San José)	3	2,39 b

En el Cuadro 5, se observa la comparación múltiple de Tukey para los tratamientos en estudio, donde **T_3** (Huitococha) obtuvo el mayor valor posicionándose como el mejor de los tratamientos ya que esta zona de cosecha presenta el mayor rendimiento de colorante, mientras que el **T_1** (San José) presenta el menor valor.

Cuadro 6. Tukey para los bloques (meses de cosecha).

Bloques	Repetición	Media (g/100 g de muestra)
B_6 (Junio)	12	3,83 a
B_7 (Julio)	12	3,66 a
B_4 (Abril)	12	3,21 ab
B_3 (Marzo)	12	3,21 ab
B_5 (Mayo)	12	3,05 ab
B_8 (Agosto)	12	2,71 abc
B_2 (Febrero)	12	2,44 bc
B_{12} (Diciembre)	12	2,12 bc
B_1 (Enero)	12	2,10 bc
B_{10} (Octubre)	12	2,09 bc
B_9 (Septiembre)	12	2,08 bc
B_{11} (Noviembre)	12	1,99 c

Se mencionó que **T_3** (Huitococha) fue el mejor tratamiento, en el Cuadro 6 se muestra comparación múltiple de Tukey para los bloques (meses) donde se puede observar que el **B_6** (junio) es el que presenta el mayor valor (3,83 g/100 g de muestra) mientras que **B_{11}** (noviembre) obtuvo el menor valor (1,99 g/100 g) de rendimiento de colorante.

4.2. DETERMINACIÓN DE COORDENADAS CIELAB POR ESPECTROFOTOMETRÍA.

La determinación de color mediante espectrofotometría se realizó siguiendo las recomendaciones de la CIE, para ello se midió los espectros de transmitancia del extracto de Huito mediante el uso de un espectrómetro en un intervalo espectral de 400 nm y 700 nm. Los datos de los espectros de transmitancia realizadas se procesaron con la ayuda de un computador para obtener los valores de triestímulo y a partir de ellos calcular las coordenadas de color del extracto de Huito tanto en el diagrama X, Y, Z como también en el espacio de color CIE L* a* b*.

Cuadro 7. Color mediante espectrofotometría

T_1 = San José			**T_2 = San Juan**			**T_3 = Huitococha**		
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
26,09	1,40	9,91	37,02	0,86	9,63	8,34	0,19	1,83

El Cuadro 7 muestra los datos de los análisis de color en el espacio de color CIEL*a*b* y se puede observar que la zona Huitococha es la que presenta una coloración más oscura seguida de San Juan y San José.

4.3. DETERMINACIÓN DE COORDENADAS CIE L* a* b* MEDIANTE IMÁGENES DIGITALES.

Para la adquisición de las imágenes digitales se desarrolló un sistema de visión computarizada estas imágenes fueron almacenadas en formato JPEG y analizadas mediante el software Photoshop obteniendo los resultados de las coordenadas L* a* b* mostradas en el Cuadro 8, donde se observa que la coloración más intensa la presenta la zona de cosecha Huitococha.

Cuadro 8. Tinción de telas.

T_1 = San José	**100 mL**	L* 67,25 a* -4 b* 0,5	
	200 mL	L* 69,75 a* -5,5 b* -0,25	
	300 mL	L* 74 a* -5 b* 0	
	400 mL	L* 80,25 a* -4,5 b* 0,5	
T_2 = San Juan	**100 mL**	L* 62 a* -7 b* -1,5	
	200 mL	L* 67,5 a* -7,5 b* -2	
	300 mL	L* 69 a* -7,5 b* -3	
	400 mL	L* 73,25 a* -6,25 b* 0,5	
T_3 = Huitococha	**100 mL**	L* 56 a* -8 b* 2,5	
	200 mL	L* 65,5 a* -6,5 b* 2,5	
	300 mL	L* 74,5 a* -7,5 b* -4,5	
	400 mL	L* 76,75 a* -7,75 b* -5,5	

4.4. CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAMENTE EL FRUTO DE HUITO.

Los valores obtenidos de los análisis de las características biometrías (largo, ancho y circunferencia) del huito recolectados de las tres zonas de cosecha se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Características biometrías del Huito.

Meses del año	Largo (cm)			Ancho (cm)			Circunferencia (cm)		
	San José	San Juan	Huitococha	San José	San Juan	Huitococha	San José	San Juan	Huitococha
Enero	10,53	10,67	10,37	6,53	6,40	6,33	19,83	19,67	19,77
Febrero	10,33	11,38	11,02	6,56	6,45	6,34	19,15	20,38	19,44
Marzo	11,02	10,29	10,50	6,51	6,08	6,59	19,79	19,17	19,51
Abril	10,52	11,37	10,15	5,72	6,45	5,58	18,88	19,59	18,65
Mayo	10,87	10,17	10,63	5,80	5,67	5,66	18,57	18,00	18,88
Junio	10,88	11,22	10,91	5,98	6,88	6,10	18,79	20,86	19,35
Julio	10,83	11,30	10,57	6,06	6,90	6,43	18,84	20,26	18,61
Agosto	10,80	11,07	10,63	5,97	6,64	7,00	18,72	20,33	20,13
Septiembre	11,17	11,43	10,70	6,07	6,57	6,33	19,87	20,18	20,09
Octubre	10,87	11,53	10,83	5,99	6,93	5,97	19,15	21,11	18,67
Noviembre	10,26	11,17	9,93	5,63	6,43	5,60	18,56	19,41	18,47
Diciembre	10,00	11,57	10,98	5,60	6,93	6,13	18,55	21,00	19,19

4.4.1. Largo.

El Cuadro 9 muestras los valores promedio del largo del fruto de Huito durante el tiempo de investigación, en la figura 3 se pude observar que el mayor valor de esta característica lo presenta la zona de San Juan en el mes de diciembre (11,57 cm) y tiene un comportamiento ascendente desde mes de junio, mientras que el menor valor lo presenta la zona de Huitococha en el mes de noviembre (9,93 cm).

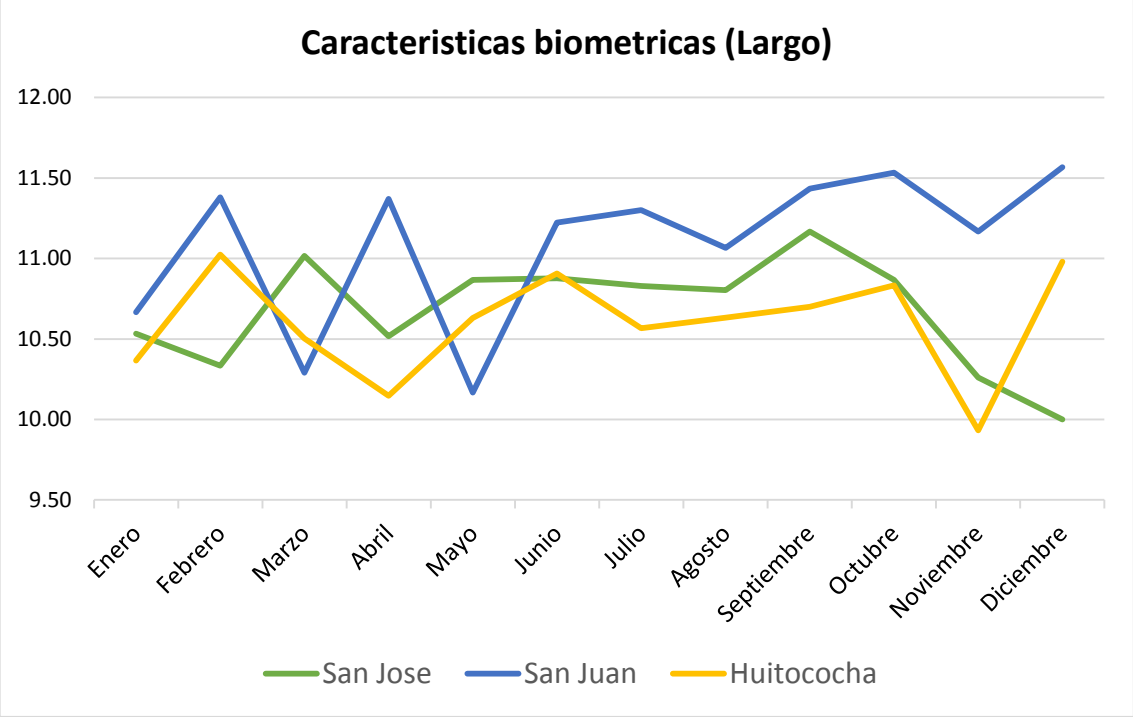


Figura 5. Características biométricas (Largo) del Huito.

4.4.2. Ancho.

El Cuadro 9 muestras los valores promedio del ancho del fruto de Huito expresado en cm, en la figura 4 se observa que el tratamiento que mejores valores presenta es T_2 = San Juan con valores promedio de 6 cm a partir del segundo semestre del año, seguido de T_3 = Huitococha y T_1 = San José.

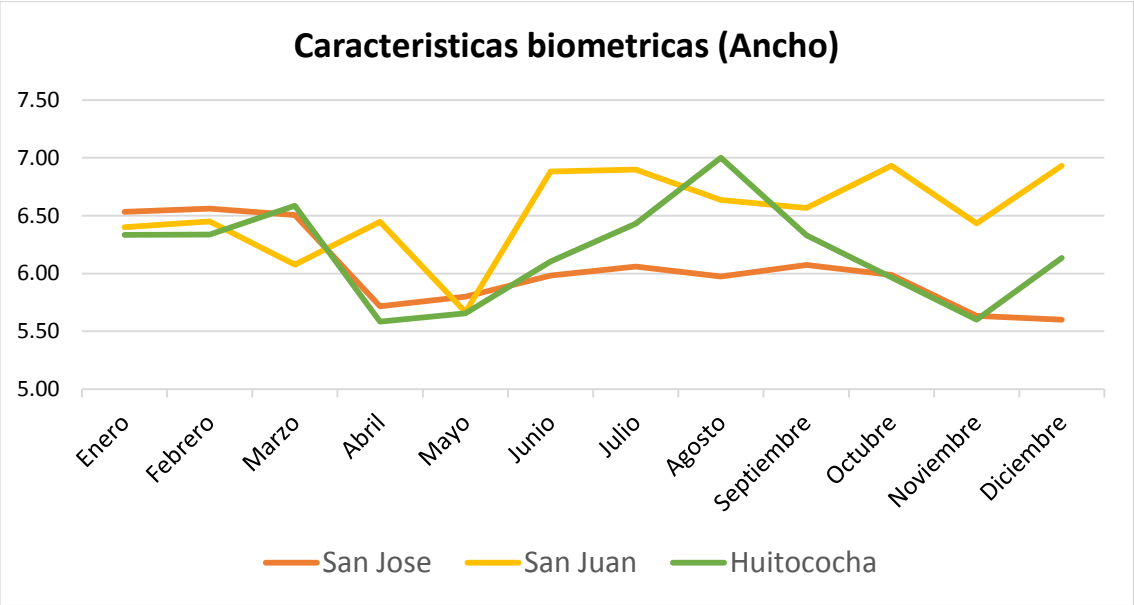


Figura 6. Características biométricas (Ancho) del Huito.

4.4.3. Circunferencia.

El Cuadro 9 muestras los valores promedio de la circunferencia del fruto de Huito expresado en cm estos valores se registraron a lo largo de un año desde el mes de enero a diciembre, a lo largo de toda la investigación el menor valor registrado de esta característica lo presenta la zona de San Juan en el mes de mayo (18,00 cm), para posteriormente tener un ascenso en el siguiente mes junio (20,86 cm), esta fue la parcela que presento un valor de circunferencia en específicamente en el mes de octubre con un valor de (21,11 cm).

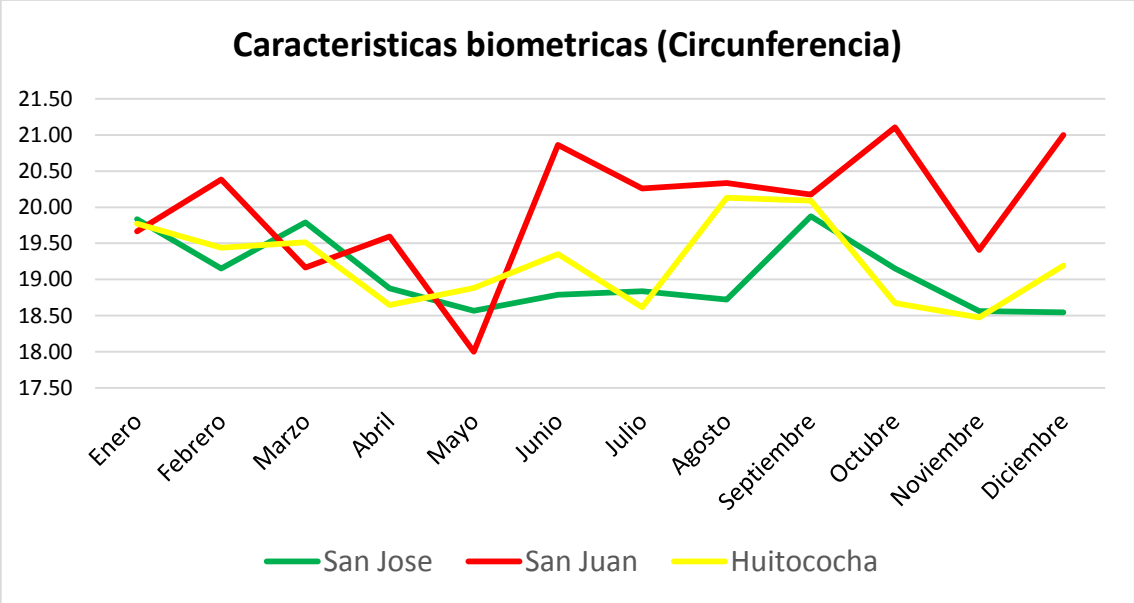


Figura 7. Características biométricas (Circunferencia) del Huito.

V. DISCUSIÓN.

5.1. RENDIMIENTO DEL COLORANTE DEL FRUTO DE HUITO (GENIPINA).

En el Cuadro 5 se observa los resultados obtenidos en el rendimiento de extracción del colorante aplicada la metodología establecida en la presente investigación, el tratamiento T_3 = Huitococha fue el que presentó un mayor rendimiento, con respecto a los otros tratamientos. Así mismo también se observa que en el mes de junio es el mes donde se obtiene mayor rendimiento (3,83 g/100 g de muestra), sin embargo estos datos son ligeramente más bajos a los reportados por Miranda y Cárdenas (2015), en su investigación denominada "Evaluación de la potencialidad del fruto de Huito (*Genipa americana L.*) como fuente de colorante natural" donde indica que el rendimiento de la cantidad de colorante obtenido alcanza un 8,37 g/100 g de muestra; la diferencia entre estos valores son atribuidas al método de extracción, al tiempo, temperatura y pH ya que Miranda y Cárdenas (2015) menciona que el medios alcalino se obtiene mayor concentración en colorante, pero que el rendimiento no es el máximo; por otro lado mencionan que los factores que mejoran el rendimiento del colorante son pH alcalino, temperaturas altas y largos tiempos de exposición al calor, así el uso de mallas menores a número 40.

Miranda y Cárdenas (2015) menciona que el pH de la solución, y la razón de masa de solvente a masa de muestra, son las variables de operación que tienen efecto al pasar de un nivel inferior a uno superior en la concentración de colorante extraído, así mismo, sin embargo, las variables que tienen un efecto significativo son la temperatura de operación, el tiempo de operación ya que a valores altos de estas dos variables se extrae colorante de *G. americana L.* con mayor concentración.

5.2. COORDENADAS DE COLOR CIE L* a* b* MEDIANTE EL USO DE ESPECTROFOTOMETRÍA.

Los resultados de la determinación de color por espectrofotometría se muestran en el Cuadro 7, para hacer esta determinación, se expuso la muestra a la luz y se mide la cantidad de luz recopilada para cada longitud de onda. En función de la absorción y la reflexión, las características espectrales de la muestra indican un distintivo claro que se relaciona con la impresión del color. Para adquirir el espectro de reflejo, se sincronizó la detección de la luz reflejada con el escaneo de la fuente. Con el fin de evaluar el color de la muestra, la absorbancia se convierte a los parámetros de color XYZ a través del uso un ordenador y se convierten en CIE L* a* b*.

5.3. COORDENADAS DE COLOR CIE L* a* b* MEDIANTE IMÁGENES DIGITALES.

Los resultados de la evaluación del teñido de telas con diferentes concentraciones de colorante de Huito se muestran en el Cuadro 8 y se puede observar que los colores más intensos lo presentan las telas que fueron teñidas con la solución de Huito diluida en 100 mL y a medida que la dilución aumenta la coloración va disminuyendo. Sin embargo, el tratamiento que presenta la coloración más intensa es T_3 = (Huitococha) esto es atribuido a una mayor presencia de genipina, compuesto responsable del pigmento color azul intenso del Huito. Para la determinación de las coordenadas de color L* a* b* de las telas se usó del software Photoshop que lo largo de tiempo viene ampliado su uso hacia la determinación de color (Yam y Papadakis, 2004), por otra parte Padrón Pereira (2009), afirma que el uso de un sistema de visión computarizada acoplado con el software Photoshop es una buena alternativa para determinar las coordenadas de color, sin embargo puede presentarse variaciones en la uniformidad de las muestras, colores claros y oscuros de las matrices biológicas.

Según Vasquez Riasco (2015), las coordenadas de color CIELAB es un sistema cartesiano definido por tres coordenadas colorimétricas L*, a*, b*, magnitudes adimensionales, también menciona que la coordenada L* es la

luminosidad de la muestra que va del negro al blanco en una escala del 0 a 100, mientras que valores bajos correspondientes a la coordenada de color a* son atribuidos al color verde mientras que valores más altos son atribuidos al rojo, por otro lado menciona que la coordenada de color b* define la desviación hacia el color amarillo si estos valores son mayores a 0, hacia el color azul los valores son menores a 0; esto se ve reflejado en los valores obtenidos del mejor tratamiento L*= 56, a*= -8, b*= 2,5.

5.4. CARACTERÍSTICAS BIOMETRÍAS DEL FRUTO HUITO.

Los datos de la evaluación biométrica de los frutos de Huito son presentados en el Cuadro 9, en este cuadro se observa que todos los tratamiento experimentales inician con valores de esta característica muy similares tanto en el largo, ancho y circunferencia, con respecto al largo este comportamiento se ve registrado hasta el mes de julio donde T_2 = San Juan presentó un incremento gradual hasta el mes de diciembre con valores de 11,57 cm, en cuanto al ancho en el mes abril el T_3 = Huitococha presentó un descenso de los valores hasta (5,58 cm) el tratamiento T_3 = Huitococha; a lo largo de toda la investigación el mayor valor registrado de esta característica lo presenta la T_3 = Huitococha en el mes de agosto (7,00 cm), presentando un comportamiento descendente desde agosto hasta el mes de noviembre con un ligero acenso en el mes de diciembre, sin embargo estos valores son similares a T_2 = San Juan, mientras que el valor más bajo de esta característica lo presentó T_1 = San José teniendo un comportamiento descendiente desde el mes de marzo; con respecto a la circunferencia todos los tratamientos experimentales tienen un comportamiento similar en el mes de enero hasta el mes de abril, sin embargo en el mes de mayo T_2 = San Juan presentó un descenso hasta un valor de circunferencia de 18 cm para luego ascender sus valores y posicionarse como el tratamiento que mayor valor de esta característica registra; las diferencias de los valores entre los tratamiento puede ser atribuido a variabilidad en las dimensiones de los frutos en cada árbol de Huito o atribuirse al hecho que toma de muestra fue realizado a lo largo de todo un año pudiendo afectar las épocas de lluvia y sequia por respecto a la disponibilidad de agua (Rengifo *et al., 1998*).

VI. CONCLUSIONES.

Habiendo finalizado el presente trabajo de investigación llegué a las siguientes conclusiones:

1. El rendimiento de genipina durante el periodo de un año es variable, siendo el tratamiento T_3 = Huitococha el que presenta mayor rendimiento de contenido de genipina del 3,16 % en comparación con T_2 = San Juan, de 2,58% y T_1 = San José con 2,39%; siendo estos últimos estadísticamente iguales.

2. Biométricamente los frutos provenientes de distintas zonas de estudio presentan variaciones siendo las características mayores dimensiones de la zona de San Juan, en los aspectos de largo, ancho, circunferencia, seguido de Huitococha y San José.

VII. RECOMENDACIONES.

Analizando los resultados y conclusiones el presente trabajo, puedo recomendar lo siguiente:

1. Recolectar frutos del caserío Huitococha por tener mayor rendimiento de genipina durante todo el año.

2. Hacer un estudio económico para el aprovechamiento del Huito.

3. Realizar instalaciones de viveros de Huito (*Genipa americana L.*) en la universidad Nacional de Ucayali para fomentar futuras investigaciones.

4. Realizar un estudio agronómico para tener ecotipos de Huito con alto rendimiento en genipina.

VIII. LITERATURA CITADA.

Attokaran, M. 2011. Natural Food Flavors and Colorants, Blackwell Publishing Ud., lnstitute of Food Technologists, lowa, USA.

Bernal, E.; Diaz, C. 2003. Tecnología para el cultivo del tomate de árbol. Rionegro: Impresos Begon Ltda, 130.

Borges, E. S.; Rezende, C.M. 2000. Min aroma constituents of genipap (Genipa americana L.) and bacuri (Piatoniainsignis M.). Journal of Essentiai Oii Research, n. 12, p. 71-74.

Chemat, F; Strube, J. 2015. Green Extraction of Natural Products: Theory and Practica. Editorial: Farid Chemat and Jochen Strube. Germany, Weinheim.

Cox, K.; McGuie, T.; White, A.; Woolf, A. 2004. Skin colour and pigment changes during ripening of 'Hass' avocado fruit. Postharvest Biology and Technology. Consultado el 5 de octubre del 2018. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2003.09.008.

Cserhalmi, Z.; Sass-Kiss, A.; Tóth Markus, M.; Lechner, N. 2006. Study of pulsed electric field treated citrus juices. Innovative Food Science & Emerging Technologies. Consultado el 5 de octubre del 2018. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.07.001.

Dawson, T.L, 2009. Biosynthesis and synthesis of natural colours. Color. Technol.125, 61e 73.

Dos Santos M.; Maier, M. 2008. La química y color en los textiles. Universidad de Buenos Aires. Argentina, Buenos Aires. p. 28.

Dweck, A. C. 2002. Natural ingredients for colouring and styling. International Journal of Cosmetic Science. p. 287-302.

Epstein, L. 2001. Cultivo e aproveitamento do jenipapo. Editorial: Bahia Agricola. Brasil. p. 23-24.

Francis.,Jk. 1993. Genipa americana L. Jagua, Genipa. Department of agricultura forest service. USA, New Orleans. p. 231-235.

Gottlieb, O.R.; Mors, W.B. 1980. Potential Utilization Of Brazilian Wood Extractives. Journal of Agricultura and food Chemistry. V. 2. p. 196 – 215.

Hernandez, M.; Barrera, J.; Martinez, O.; Fernandez Trujillo, J. 2009. Postharvest quality of arazá fruit during low temperature storage. Editorial: Food Science and Technology. p. 879 - 884.

Kato, O.R.; Oliveira, V.P. De: Faria, L.J.G. 1998. Plantas Corantes Da Amazonia. In: Faria, L.J.G. De.: Costa, C.M.L. Topicos Especiais em Tecnologia de Productos Naturais. Belem: Universidade Federal do Para. Brasil. cap.3. p. 41-55.

Lares C. 2014. Obtención de Genipina a partir de frutos de caruto (Genipa americana L.), del llano venezolano. Venezuela, Merida. Artículo Científico. Editorial: Avances en Quimica.

Lorenzi, H. 1998. Arvores Brasileiras: manual de identificacion e cultivo de plantas arboreas do brasil. Brasil, Sau Paulo. p. 302.

Mango Mamani, E.; Durand Aldava, J. 2018. Obtención de polifenoles de hojas de Genipa americana L. (jagua) y evaluación de su actividad antibacteriana en cultivos microbiológicos. Tesis Quimico Farmaceutico. Perú, Lima. Universidad Garciao de la Vega. Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica. p. 2-34.

Martínez A. 2016. Elaboración de un producto cosmético para tinción del cabello a partir del extracto de los frutos del Huito, planta nativa del centro cultural uni-shu de la comuna chiguilpe de santo domingo de los tsáchilas", Facultad de ciencias médicas farmacia y bioquímica. Ecuador, Ambato.

Mielke M. S.; Almeida, A.; Gomes F.; Aguilar M.; Mangabeira P. Leaf gas exchange, chlorophyll fluorescence and growth responses of Genipa americana L. seedlings to soil flooding. Editorial: Environmental and Experimental Botany. p. 221 - 231.

Miranda Perlacio, C.; Cárdenas Enrique, G. 2015. Evaluacion de la potencialidad del fruto de Huito (Genipa americana L.) como fuente de colorante natural. Tesis Ing. Perú, Madre de Dios. Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios. Facultad de Ingenieria Agroindustrial. p. 50-82.

Ojeda Brito G. 2012. Teñido de fibra de abacá (Musa textilis) utilizando colorante extraído de la cochinilla (Dactylopiuscoccus Costa). Universidad de Loja. Ecuador, Loja.

Padrón Pereira, C. A. 2009. Sistema de visión computarizada y herramientas de diseño gráfico para la obtención de imágenes de muestras de alimentos segmentadas y promediadas en coordenadas CIE L*a*b*. Agronomia Costarricense, 33(2), 283 – 301.

Padrón, C. A.; Padrón, G. M.; Montes, A. I.; Oropeza, R. A. 2012. Determinación del color en epicarpio de tomates (Lycopersicum esculentum Mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración. Agronomia Costarricense. p. 97 - 111.

Pedraza, F.; Rutiaga J. 2011. Extracto tánico de la madera de Palo de Brasil. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México, Michoacan.

Rengifo, G.; Carmona, A.; Ortega, A. 1998. Conservacion de frutos de carambola (Averrhoa carambola) por fermentacion alcoholica. Perú, Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Industrias Alimentarias Departamento Académico de Ciencia Tecnología E Ingeniería de los Alimentos.

Renhe l. R.T. 2008. Extracao e Estabilidade do Corante Azul de Jenipapo (Genipa americana L.), Dissertacao a Universidade Federal de Vicosa, Programa de Pós – Graduaca em Ciéncia e Tecnología de Alimentos, para obtencao do título de Magíster Scientiae, Vicosa, Minas Gerais. Brasil.

Renhe, l. R. T.; Stringheta, P.; Silva F.; Oliveira, T. 2009. Obtenção de corante natural azul extraído de frutos de jenipapo. Universidade Federal de Viçosa. Brasil. Viçosa. p. 649 – 652.

Rojas, C.; Valencia, G. 2013. Aislamiento de pigmentos de Huito (Genipa americana L.) y aplicación en teñido de fibras proteicas (Alpaca), Universidad Nacional de Ingeniería. Perú, Lima. p. 34 – 46.

Sandri, S. 1998 Jenipapo. Editorial: Globo Rural. p. 60 - 63.

Shirata Yoshiko. 1996. Colorantes Naturales. Biblioteca Nacional de Antropología e Historia (INAH), Mexico.

Tenesaca S. 2012. Elaboración de cosméticos decorativos a partir de frutos verdes de Genipa americana L. Tesis de grado Bioquímico Farmacéutico. Ecuador, Riobamba. p. 32 – 56.

Touyama, R.; Takeda, Y.; lnoue, K.; Yatsuzuka, M.; lkumoto, T.; Shingu, T. 1994. Studies On The Blue Pigments Produced From Genipin And Methylamine. l. Structures of the Brownish- Red Pigments, lntermediates Leadig to the Blue Pigments. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, v.42, n.3, p. 668-673.

Trujillo S.; Lopez W. 2010. Obtencion de colorantes naturales a partir de cascara allium cepa (Cebolla Blanca y Morada) y raíz de Beta Vulgaris (Remolacha) para su aplicacion en la industria textil. Universidad De El Salvador. Tesis Licenciatua en Quimica. El Salvador, San Salvador. p. 64 – 86.

Van Boekel, M. 2008. Kinetic modeling of food quality: a critical review. Food Science and Food Safety. p. 144-158.

Vasquez Riasco. 2015. Estimación de las coordenadas CIEL*a*b* en concentrados de tomate utilizando imágenes digitales. Universidad Nacional de Colombia. Colombia, Palmira. Tesis Ing. p. 25 – 50.

Villachica, H. 1996. Frutales y Hortalizas promisorios de la Amazonía. SPT - TCA Nº44. Lima, Perú p. 151 – 156

Wibowo, S.; Vervoort, L.; Tomic, J.; Santanina, J.; Lemmens, L.; Panozzo, A.; Van-Loey, A. 2014. Color and carotenoid changes of pasteurised orange juice during storage. Food Chemistry, 330-340.

Williams, A. 2002. A key element in color reproduction. The International Journal of Newspaper Technology. p. 5.

Xavier, M.; Xavier, A.T. 1976. Jenipapo: urna especie indígena para reflorestar. Cerrado. p. 20 - 23.

Yam, K.; Papadakis, S. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering. p. 37–142.

IX. ANEXO.

Metodologías empleadas para los análisis del trabajo de investigación.

Recuadro 1A. Determinación del color value (intensidad del color).

La muestra filtrada de Huito, se tomó varios pesos en gramos y se le llevará a una fiola de 100 ml en la cual será enrasada con agua destilada.

Se llevó a la lectura de absorbancia en un espectrofotómetro, para luego determinar el color value (intensidad de color), mediante la siguiente formula:

$$cv = \frac{\text{Abs } (592 \text{ nm})}{\text{W gramos}}$$

Donde:

Abs : Resultado de la absorbancia obtenida en el espectrofotómetro.

592 nm : Longitud de onda que se utilizará para la lectura de absorbancia en el espectrofotómetro.

W : Peso en gramos de la muestra que fue enrasada en la fiola de 10 ml.

El valor de la absorbancia debe estar: 0,68 - 0,72.

Recuadro 2A. Determinación del color por espectrofotometría.

La determinación del color ha estado en manos de expertos con una formación especializada durante mucho tiempo. Pero esto ha sido reemplazado por una solución más avanzada desde el punto de vista tecnológico, como la espectrofotometría. Hoy en día, el color de los objetos no se juzga, sino que se puede medir. Los espectrofotómetros permiten un enfoque más preciso y cuantitativo del control del color.

- Materiales y equipos:
  - Espectrofotómetro.
  - Cubetas de cuarzo para uso espectrofotométrico.

- Procedimiento:
  - Realizar el lavado de las cubetas de cuarzo.
  - Calibrar el espectrofotómetro mediante el uso de un blanco.
  - Colocar 1 ml de muestra en las cubetas de cuarzo.
  - Configurar la longitud de onda con la se analizará la muestra.
  - Realizar el análisis espectrofotométrico.
  - Obtenido las transmitancia de la muestra con el uso de un computador analizar las muestras y obtener los valores de triestímulo y a partir de ellos calcular las coordenadas de color en el diagrama X, Y, Z como también en el espacio de color CIE L* a* b*.

Recuadro 3A. Determinación del color mediante imágenes digitales.

Para la adquisición de imágenes digitales se desarrolló un sistema de visión computarizada como se presenta siguiente imagen, que consiste en:

- Caja negra: donde se encuentra ubicado el sistema de adquisición de imágenes y permite tener las mismas condiciones de iluminación.

- Sistema de iluminación: compuesto por cuatro lámparas fluorescentes marca Philips referencia F17T8/TL865 Plus cuyas características de fábrica son Ra=82%, temperatura del color 6500K, lumen iniciales= 1300Lm y 17watts, ubicadas en la parte superior interna de la caja negra con un ángulo de 45°.

- Cámara digital a color marca Canon modelo PowerShot A550 de 7,1 Megapíxeles. Las condiciones de la cámara son: Tiempo de exposición +1/3, ajuste de blanco automático (AWB), resolución de las imágenes 3072x2304 L, ISO 200, Flash desactivado, temporizador para adquisición de la imagen de 10 segundos y altura de la muestra al foco de 10 cm.

Las imágenes digitales obtenidas en el sistema de visión computarizada son almacenadas en formato JPEG para su posterior análisis, estas imágenes se encuentran en espacio de color RGB. Para facilitar el procesamiento y seleccionar de las imágenes adquiridas la muestra de interés se realiza un proceso de segmentación utilizando el software Adobe Photoshop CS5 Versión 12.0.

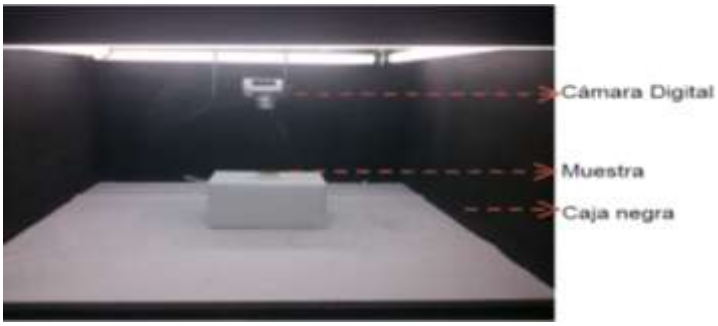


Figura 8A. Determinación del color mediante imágenes digitales.

CUADROS DE LOS VALORES RECOLECTADOS DE LOS DIFERENTES ANÁLISIS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

Cuadro 10A. Valores de los análisis de color value.

Fecha	Color value			Procedencia
	R_1	R_2	R_3	
Enero	0,18	0,18	0,18	San José
	0,19	0,17	0,19	San juan
	0,20	0,19	0,21	Huitococha
Febrero	0,22	0,24	0,22	San José
	0,19	0,20	0,22	San juan
	0,22	0,21	0,24	Huitococha
Marzo	0,24	0,26	0,25	San José
	0,22	0,30	0,28	San juan
	0,29	0,39	0,34	Huitococha
Abril	0,23	0,22	0,26	San José
	0,28	0,27	0,27	San juan
	0,33	0,40	0,31	Huitococha
Mayo	0,21	0,24	0,22	San José
	0,35	0,24	0,28	San juan
	0,30	0,32	0,29	Huitococha
Junio	0,23	0,29	0,30	San José
	0,30	0,28	0,26	San juan
	0,46	0,33	0,61	Huitococha
Julio	0,28	0,28	0,30	San José
	0,37	0,29	0,33	San juan
	0,36	0,33	0,40	Huitococha
Agosto	0,23	0,24	0,23	San José
	0,28	0,24	0,25	San juan
	0,24	0,22	0,25	Huitococha
Septiembre	0,19	0,19	0,18	San José
	0,18	0,19	0,18	San juan
	0,18	0,19	0,19	Huitococha
Octubre	0,18	0,17	0,18	San José
	0,18	0,18	0,19	San juan
	0,20	0,19	0,21	Huitococha
Noviembre	0,17	0,16	0,16	San José
	0,17	0,18	0,19	San juan
	0,19	0,19	0,19	Huitococha
Diciembre	0,17	0,18	0,19	San José
	0,19	0,19	0,19	San juan
	0,19	0,20	0,21	Huitococha

Cuadro 11A. Valores de las características biométricas (Largo).

Fecha	Características biométricas (Largo) cm			Procedencia
	R_1	R_2	R_3	
Enero	11,00	11,30	11,20	San José
	11,60	11,40	11,30	San juan
	10,80	10,90	10,40	Huitococha
Febrero	10,60	10,80	11,20	San José
	11,20	11,80	11,60	San juan
	11,00	10,90	10,60	Huitococha
Marzo	11,00	10,90	9,70	San José
	10,90	9,90	11,20	San juan
	10,50	10,20	10,40	Huitococha
Abril	10,30	9,80	10,90	San José
	11,38	11,28	11,48	San juan
	11,28	10,80	10,99	Huitococha
Mayo	10,84	11,27	10,94	San José
	9,98	10,34	10,55	San juan
	10,50	10,44	10,57	Huitococha
Junio	10,28	10,78	10,49	San José
	11,57	11,34	11,20	San juan
	10,14	10.33	9,97	Huitococha
Julio	11,00	10,70	10,90	San José
	10,10	9,40	11,00	San juan
	10,49	10,86	10,54	Huitococha
Agosto	10,97	10,92	10,74	San José
	10,74	11,43	11,50	San juan
	10,68	10,81	11,23	Huitococha
Septiembre	10,87	10,95	10,67	San José
	11,00	11,60	11,30	San juan
	10,90	10,50	10,30	Huitococha
Octubre	10,85	10,77	10,79	San José
	11,00	11,30	10,90	San juan
	10,80	10,70	10,40	Huitococha
Noviembre	10,20	10,18	10,40	San José
	11,00	11,30	11,20	San juan
	9,90	10,20	9,70	Huitococha
Diciembre	10,00	10,20	9,80	San José
	11,80	11,50	11,40	San juan
	10,74	11,20	11,00	Huitococha

Cuadro 12A. Valores de las características biométricas (Ancho).

Fecha	Características biométricas (Ancho) cm			Procedencia
	R_1	R_2	R_3	
Enero	6,00	6,33	5,89	San José
	6,90	6,60	6,20	San juan
	6,23	6,44	6,32	Huitococha
Febrero	5,86	6,10	6,00	San José
	7,30	6,70	6,80	San juan
	5,90	6,30	5,70	Huitococha
Marzo	7,20	6,30	6,10	San José
	7,00	5,80	6,40	San juan
	6,80	6,20	6,00	Huitococha
Abril	6,50	6,58	6,60	San José
	6,30	5,90	7,15	San juan
	6,45	6,22	6,34	Huitococha
Mayo	6,23	7,12	6,17	San José
	5,89	6,15	6,19	San juan
	6,60	6,52	6,64	Huitococha
Junio	5,55	5,88	5,72	San José
	6,53	6,61	6,20	San juan
	5,52	5,63	5,60	Huitococha
Julio	6,00	6,40	5,00	San José
	5,50	5,80	5,70	San juan
	5,72	5,58	5,67	Huitococha
Agosto	5,86	6,36	5,73	San José
	7,18	6,77	6,70	San juan
	5,93	6,16	6,22	Huitococha
Septiembre	5,88	6,34	5,96	San José
	7,00	6,80	6,90	San juan
	6,80	5,89	6,60	Huitococha
Octubre	5,90	6,13	5,89	San José
	6,78	6,50	6,63	San juan
	7,10	6,60	7,30	Huitococha
Noviembre	5,40	5,80	5,70	San José
	6,50	6,60	6,20	San juan
	5,50	5,70	5,60	Huitococha
Diciembre	5,70	5,50	5,60	San José
	7,10	6,80	6,90	San juan
	6,50	5,70	6,20	Huitococha

Cuadro 13A. Valores de las características biométricas (Circunferencia).

Fecha	Características biométricas (Circunferencia) cm			Procedencia
	R_1	R_2	R_3	
Enero	19,67	20,16	19,79	San José
	20,61	20,12	19,80	San juan
	19,76	20,32	20,19	Huitococha
Febrero	18,88	19,12	19,46	San José
	22,24	20,43	20,65	San juan
	18,48	19,23	18,31	Huitococha
Marzo	20,76	18,95	19,79	San José
	20,94	18,76	19,30	San juan
	20,75	19,44	19,12	Huitococha
Abril	19,68	18,30	19,47	San José
	19,73	19,64	21,78	San juan
	19,46	19,33	19,53	Huitococha
Mayo	19,21	20,87	19,29	San José
	18,93	19,52	19,05	San juan
	19,43	19,22	19,89	Huitococha
Junio	18,74	19,01	18,88	San José
	19,96	19,42	19,40	San juan
	18,73	18,54	18,67	Huitococha
Julio	19,30	18,40	18,00	San José
	18,20	17,50	18,30	San juan
	18,86	18,92	18,87	Huitococha
Agosto	18,42	19,43	18,51	San José
	21,78	20,36	20,45	San juan
	19,15	19,18	19,72	Huitococha
Septiembre	18,35	19,54	18,62	San José
	20,30	19,78	20,70	San juan
	18,99	18,54	18,31	Huitococha
Octubre	18,38	19,13	18,65	San José
	20,45	20,23	20,32	San juan
	20,01	19,78	20,60	Huitococha
Noviembre	19,67	20,16	19,79	San José
	20,61	20,12	19,80	San juan
	19,76	20,32	20,19	Huitococha
Diciembre	18,88	19,12	19,46	San José
	22,24	20,43	20,65	San juan
	18,48	19,23	18,31	Huitococha

Cuadro 14A. Valores de la determinación del contenido de Genipina en la solución de Huito.

Fecha	Contenido de Genipina por gr de muestra		
	San José	**San Juan**	**Huitococha**
Enero	0,01973	0,02010	0,02327
Febrero	0,02485	0,02229	0,02598
Marzo	0,02740	0,02923	0,03955
Abril	0,02594	0,02996	0,04033
Mayo	0,02448	0,03179	0,03529
Junio	0,02996	0,03069	0,05429
Julio	0,03142	0,03617	0,04227
Agosto	0,02558	0,02813	0,02753
Septiembre	0,02046	0,02010	0,02171
Octubre	0,01936	0,02010	0,02327
Noviembre	0,01790	0,01970	0,02209
Diciembre	0,01958	0,02076	0,02327

Cuadro 15A. Valores de la determinación del contenido de genipina en la solución de Huito.

Fecha	Contenido de Genipina por 100 gr de muestra		
	San José	**San Juan**	**Huitococha**
Enero	1,9730	2,0095	2,3265
Febrero	2,4845	2,2287	2,5979
Marzo	2,7403	2,9229	3,9551
Abril	2,5941	2,9960	4,0326
Mayo	2,4480	3,1787	3,5285
Junio	2,9960	3,0691	5,4285
Julio	3,1422	3,6171	4,2265
Agosto	2,5576	2,8133	2,7530
Septiembre	2,0461	2,0095	2,1714
Octubre	1,9365	2,0095	2,3265
Noviembre	1,7903	1,9697	2,2086
Diciembre	1,9580	2,0757	2,3265

Cuadro 16A. Valores de obtenidos de las coordenadas CIELAB obtenido por espectofometría.

	Transmitancia		
Longitud de onda (λ)	**San José**	**San Juan**	**Huitococha**
400	1,841	1,489	2,376
410	1,783	1,430	2,333
420	1,722	1,367	2,280
430	1,667	1,311	2,237
440	1,611	1,257	2,189
450	1,558	1,206	2,146
460	1,503	1,159	2,062
470	1,464	1,120	2,044
480	1,428	1,088	2,029
490	1,396	1,060	2,013
500	1,369	1,036	1,997
510	1,348	1,021	1,989
520	1,332	1,012	1,997
530	1,325	1,010	2,010
540	1,324	1,017	2,038
550	1,330	1,031	2,071
560	1,337	1,046	2,097
570	1,340	1,055	2,111
580	1,322	1,050	2,107
590	1,322	1,054	2,121
600	1,285	1,030	2,094
610	1,251	0,991	2,038
620	1,202	0,942	1,979
630	1,136	0,875	1,890
640	1,050	0,793	1,780
650	1,989	0,726	1,691
660	0,939	0,676	1,628
670	0,901	0,641	1,585
680	0,870	0,614	1,548
690	0,843	0,590	1,520
700	0,882	0,710	1,493

Cuadro 17A. Valores de obtenidos de las coordenadas CIELAB obtenido mediante imágenes digitales.

Tratamientos	Dilución	Coordenadas de color	R_1	R_2	R_3	R_4
T_1 San José	100 ml	L*	63	65	74	67
		a*	-3	-6	-2	-5
		b*	-1	2	0	1
	200 ml	L*	75	71	75	75
		a*	-5	-5	-4	-6
		b*	1	-2	-1	2
	300 ml	L*	71	69	63	68
		a*	-5	-6	-5	-6
		b*	-3	1	1	0
	400 ml	L*	83	77	73	88
		a*	-4	-5	-5	-4
		b*	0	1	1	0
T_2 San Juan	100 ml	L*	72	67	78	59
		a*	-7	-7	-7	-9
		b*	-4	-4	-3	-1
	200 ml	L*	72	76	73	72
		a*	-6	-8	-7	-6
		b*	0	0	0	2
	300 ml	L*	64	63	70	68
		a*	-8	-6	-7	-7
		b*	-7	-9	-9	-9
	400 ml	L*	65	66	73	66
		a*	-7	-8	-7	-8
		b*	-5	5	-4	-4
T_3 Huitococha	100 ml	L*	58	55	57	54
		a*	-8	-9	-7	-8
		b*	1	3	1	5
	200 ml	L*	67	65	63	67
		a*	-7	-6	-6	-7
		b*	2	4	1	3
	300 ml	L*	76	78	73	71
		a*	-8	-9	-6	-7
		b*	-6	-4	-4	-4
	400 ml	L*	77	79	75	76
		a*	-9	-8	-7	-7
		b*	-5	-5	-6	-6

Cuadro 18A. Análisis de varianza.

Fuente	**S.C.**	**GL**	**C.M.**	**FC**	**Pv**
Momentos	18,47	213	1,42	8,73	0,0001
Tratamientos	3,86	2	1,93	11,87	0,0003
Bloques	14,61	11	1,33	8,16	0,0001
Error	3,58	22	0,16		
Total	22,05	35			

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.



Figura 9A. Recepción de materia prima.



Figura 10A. Lavado y desinfección.



Figura 11A. Pelado y cortado.



Figura 12A. Pesado de las muestras.



Figura 13A. Molienda.



Figura 14A. Muestras molidas.



Figura 15A. Cocción de la muestras de Huitos.



Figura 16A. Muestra de Huito cocida.



Figura 17A. Adicion de tierra filtrante.



Figura 18A. Acondicionamiento.



Figura 19A. Filtrado.



Figura 20A. Envasado.



Figura 21A. Concentrado de las muestras de Huito.



Figura 22A. Determinación de las características biométricas.



Figura 23A. Muestras destinada a la determinación de color.



Figura 24A. Muestras para la determinación de color por espectrofotometría.



Figura 25A. Cubetas de cuarzo para análisis espectrofotométrico.



Figura 26A. Espectrofotómetro.



Figura 27A. Tinción de telas.

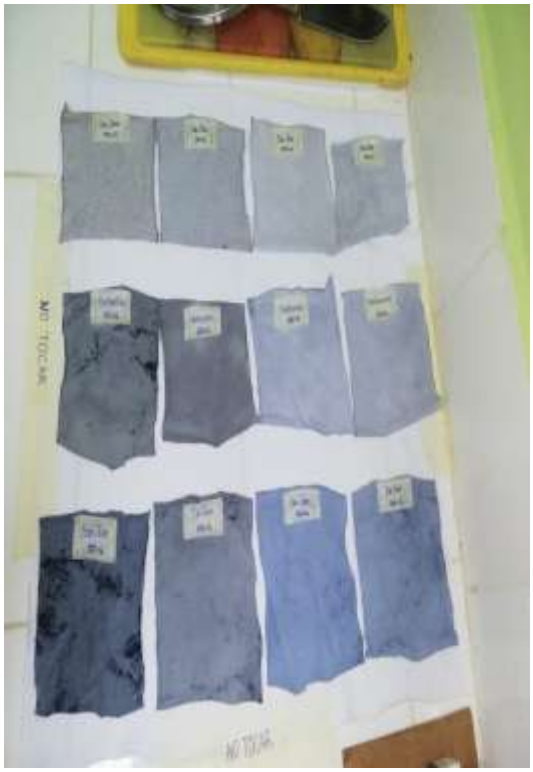


Figura 28A. Telas teñidas.