



APROVECHAMIENTO DEL EPICARPIO DE MANGOSTINO (*GARCINIA MANGOSTANA*), COMO COLORANTE Y ANTIOXIDANTE NATURAL PARA USO EN ALIMENTOS

YEFRI JHOAN MACHADO PINZON

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas
Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Manizales, Colombia
2018

II Aprovechamiento del epicarpio de mangostino (*Garcinia Mangostana*), como colorante y antioxidante natural para uso en alimentos

APROVECHAMIENTO DEL EPICARPIO DE MANGOSTINO (*GARCINIA MANGOSTANA*), COMO COLORANTE Y ANTIOXIDANTE NATURAL PARA USO EN ALIMENTOS

YEFRI JHOAN MACHADO PINZON

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Director (a):

Doctor, Walter Murillo Arango

Línea de Investigación:

Biosistemas integrados

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas

Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Manizales, Colombia

2018

IV Aprovechamiento del epicarpio de mangostino (*Garcinia Mangostana*), como colorante y antioxidante natural para uso en alimentos

A mi hijo Samuel, por ser el pilar fundamental de todo sueño que deseo llevar a la realidad.

Otra oportunidad que me da la vida, saber que tú eres mi obra consentida, aprende tú de mi hasta la manera de mirar, únete a mí, así más fuerte y adelante, que eres de mi vida la continuación.

Jairo Varela

VI Aprovechamiento del epicarpio de mangostino (*Garcinia Mangostana*), como colorante y antioxidante natural para uso en alimentos

Agradecimientos

A Dios como ser supremo, quien me guía y protege en todo camino, brindando fortaleza en mi ser para afrontar las dificultades de la vida y de cada proyecto desafiado.

Al Doctor Walter Murillo Arango, como asesor de este proyecto de investigación y docente del CIMAD de la Universidad de Manizales, al ser un facilitador y depositar su confianza en mí para culminar esta investigación.

Al candidato a Doctor Licelander Hennessey Ramos, por su total acompañamiento en la elaboración de este trabajo de grado y su sencillez para compartir su experiencia y valiosos conocimientos en esta ardua travesía.

Al Tecnoparque Nodo La Granja del SENA, en especial a la gestora Leidy Johana Valencia Hernández por su compromiso al facilitar gran parte del trabajo de campo en el laboratorio de nanobiotecnología y aportar con sus conocimientos, fe y confianza en el proyecto.

Al grupo de investigación GIPRONUT por su apoyo en la elaboración de las pruebas de capacidad antioxidante y contenido fenólico.

A mis padres por la incondicional motivación y apoyo que en todo momento de mi vida me han brindado.

A la Universidad de Manizales por tener las puertas abiertas y brindar de manera eficiente total atención en todo momento para poder optar por el título de la maestría.

Y a todos aquellos que directa o indirectamente me motivaron y animaron a no desfallecer en el camino y culminar satisfactoriamente este proceso de conocimiento.

VIII Aprovechamiento del epicarpio de mangostino (*Garcinia Mangostana*), como colorante y antioxidante natural para uso en alimentos

RESUMEN

La transformación de frutas genera residuos con posibilidad de convertirse en bioproductos con valor agregado, en este trabajo se planteó la elaboración de un refresco a base de mangostino con reincorporación de biocomponentes de la cáscara aprovechando los compuestos fenólicos que le pueden conferir capacidad antioxidante, mediante la obtención de extractos tipo colorantes con macerados de cáscara seca donde se usó como disolventes agua destilada, alcohol etílico y la mezcla de ellos en relación 1:1, se determinó los rendimientos de las extracciones, el potencial antioxidante de los extractos por DPPH• y ABTS• y el contenido fenólico, además se estableció el comportamiento al ser incorporado en el producto alimenticio, midiendo las características microbiológicas con la cuantificación de microorganismos mesófilos, *Escherichia coli*, mohos y levaduras; físico-químicas con evaluación de pH, acidez titulable y grados brix y organolépticas con medición de color en la escala CIEL*a*b* y se acompañó de una prueba de aceptación con escala hedónica, realizando seguimiento de los parámetros nombrados durante 30 días de almacenamiento refrigerado a 4°C. Por último, se caracterizó el material residual final proponiendo distintos usos.

El disolvente con mejor rendimiento fue la combinación agua y etanol, donde generó 2,31 ±0,01% de sólidos totales extraídos de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*), el mayor potencial antioxidante expresado como IC₅₀ a un pH de 4,7 fue con ABTS• de 184 mg/ml y DPPH• con 146 mg/ml, el contenido fenólico fue de 368,7 mg EAG/100ml extracto. El refresco tratado con el extracto colorante de mayor rendimiento cumplió los requisitos microbiológicos y los grados °Brix, pero no efectuó con los parámetros físico químicos de pH y acidez titulable exigidos por la Resolución 3929 del 2013 para refrescos de fruta. El análisis bromatológico realizado a la torta residual de los extractos, genera expectativas de uso de los residuos de mangostino (*Garcinia Mangostana*) para ser empleados como sustrato para la producción de setas comestibles, ingrediente en alimentación animal o abono orgánico.

Palabras clave: Extracción, contenido fenólico, refresco, residuo, rendimiento, biomasa.

ABSTRACT

The transformation of fruits generates waste with the possibility of becoming bioproducts with added value, in this work was raised the elaboration of a soft drink based on mangosteen with reincorporation of biocomponents of the shell taking advantage of the phenolic compounds that can confer antioxidant capacity, through the obtaining of dye-type extracts with dried peel macerated where distilled water, ethyl alcohol and the mixture of them in a 1: 1 ratio were used as solvents, the yields of the extractions were determined, the antioxidant potential of the extracts by DPPH • and ABTS • and the phenolic content, also established the behavior when incorporated into the food product, measuring the microbiological characteristics with the quantification of mesophilic microorganisms, *Escherichia coli*, molds and yeasts; physical-chemical tests with pH assessment, titratable acidity and brix and organoleptic degrees with CIEL * a * b * color measurement and an acceptance test with a hedonic scale, following the parameters mentioned during 30 days of refrigerated storage at 4°C. Finally, the final residual material was characterized by proposing different uses.

The solvent with the best performance was the water and ethanol combination, where it generated $2.31 \pm 0.01\%$ of total solids extracted from the mangosteen (*Garcinia Mangostana*) peel, the highest antioxidant potential expressed as IC50 at a pH of 4.7 was with ABTS • of 184 mg / ml and DPPH • with 146 mg / ml, the phenolic content was 368.7 mg EAG / 100ml extract. The soft drink treated with the highest yielding colored extract fulfilled microbiological requirements and ° Brix degrees, but did not use the physical pH parameters and titratable acidity required by Resolution 3929 of 2013 for fruit soft drinks. The bromatological analysis performed on the residual cake of the extracts, generates expectations of the use of mangosteen (*Garcinia Mangostana*) residues to be used as a substrate for the production of edible mushrooms, an ingredient in animal feed or organic fertilizer.

Key words: Extraction, phenolic content, refreshment, waste, yield, biomass.

Contenido

Resumen.....	IX
Abstract.....	X
Lista de figuras.....	13
Lista de tablas.....	14
Lista de ecuaciones.....	15
Introducción.....	17
Objetivos.....	18
Objetivo general.....	18
1. Capítulo I: Descripción del problema.....	19
1.1 Contexto del problema.....	19
1.2 Justificación.....	20
1.3 Marco teórico.....	21
1.3.1 Aspectos generales del mangostino (<i>Garcinia Mangostana</i>).....	21
1.3.2 Producción en Colombia de mangostino e importancia comercial.....	24
1.3.3 Diagnostico de la produccion cientifica sobre el mangostino (<i>Garcinia Mangostana</i>).....	28
1.3.4 Aspectos generales de los colorantes.....	31
1.3.5 Determinación de la actividad antioxidante y contenido fenólico.....	34
1.3.6 Generalidades de los refrescos de frutas.....	37
1.4 Metodología.....	38
1.4.1 Ubicación y origen de las muestras de mangostino (<i>Garcinia Mangostana</i>).....	38
1.4.2 Adecuación y conservación de la muestra.....	40
1.4.3 Extracción y rendimiento del colorante de mangostino (<i>Garcinia Mangostana</i>).....	41
1.4.4 Evaluación de la actividad antioxidante del extracto colorante por DPPH•.....	43
1.4.5 Evaluación de la actividad antioxidante del extracto colorante por ABTS•.....	44
1.4.6 Determinación del contenido fenólico.....	44
1.1.1 Evaluación del color extraído de la cáscara de mangostino (<i>Garcinia Mangostana</i>).....	45
1.4.7 Elaboración del refresco de mangostino (<i>Garcinia Mangostana</i>).....	46
1.4.8 Determinación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del refresco.....	47
1.4.9 Evaluación sensorial de los refrescos de mangostino formulados.....	50
2. Capitulo II Resultados y discusión.....	51
2.1 Rendimientos de las extracciones del colorante a partir de la cáscara de mangostino mediante el uso de agua y etanol en distintos términos de polaridad.....	51

XII Aprovechamiento del epicarpio de mangostino (*Garcinia Mangostana*), como colorante y antioxidante natural para uso en alimentos

2.1.1	Rendimientos de extracción y medición del color en los extractos.	51
2.2	Potencial antioxidante y contenido fenólico de los extractos tipo colorantes de mangostino y el efecto de la variación de pH.....	53
2.2.1	Actividad antioxidante.....	53
2.2.2	Contenido fenólico.....	55
2.3	Estabilidad del color obtenido de la cáscara en un refresco de mangostino (<i>Garcinia Mangostana</i>), y su comportamiento según los parámetros físico-químicos y microbiológicos de la resolución 3929 del 2013.....	57
2.3.1	Medición de color en el refresco de mangostino.....	57
2.3.2	Características físico químicas del refresco de mangostino.....	59
2.3.3	Características microbiológicas del refresco de mangostino (<i>Garcinia Mangostana</i>).....	60
2.3.4	Prueba sensorial del refresco de mangostino.....	64
2.4	Uso potencial de la biomasa resultante del proceso de extracción del colorante, a partir de los análisis realizados.....	67
2.4.1	Resultados de caracterización físico química de la biomasa resultante	67
3.	Conclusiones y recomendaciones	71
3.1	Conclusiones.....	71
3.2	Recomendaciones	71
	ANEXOS	73
	BIBLIOGRAFÍA.....	88

Lista de figuras

Figura 1-1. Fruto del Mangostán.....	22
Figura 1-2. Área cosechada y producción de mangostino en Colombia durante los últimos 10 años	25
Figura 1-3. Producción de mangostino en Colombia por departamento en el año 2016.	26
Figura 1-4. Exportaciones de mangostino en fresco desde Colombia.	27
Figura 1-5. Documentos publicados con mangostino (<i>Garcinia Mangostana</i>).	29
Figura 1-6. Documentos publicados por país sobre el mangostino (<i>Garcinia Mangostana</i>).....	30
Figura 1-7. Porcentaje de disciplinas académicas con publicaciones en mangostino (<i>Garcinia Mangostana</i>).....	31
Figura 1-8. Escala CIE ó CIELAB en un espacio tridimensional.....	34
Figura 1-9. Estructura del DPPH• antes y después de la reacción con el antioxidante.....	35
Figura 1-10. Estructura del ABTS• antes y después de la reacción con el antioxidante.	36
Figura 1-11. Vista satelital cultivo de Mangostino en Mariquita – Tolima.	39
Figura 1-12. Finca La Carolina, con 7000 árboles de mangostino (<i>Garcinia Mangostana</i>).....	39
Figura 1-13. Cáscara de mangostino secando en horno Memmert UF 55 ^{Plus}	40
Figura 1-14. Operación de triturado en molino IKA MF100 Basic.	41
Figura 1-15. Material vegetal con disolvente en mesa magnética.....	42
Figura 1-16. Filtrado al vacío con embudo Buchner.	42
Figura 1-17. Extractos obtenidos de izquierda a derecha: (acuoso, hidroalcohólico, alcohólico).	43
Figura 1-18. Curva de calibración del Ácido Gálico con el método Folin-Ciocalteu... ..	45
Figura 1-19. Medición de color en Colorímetro Konica CR 5.	46
Figura 1-20. Lotes de refresco de mangostino para realización de pruebas de caracterización.....	47
Figura 1-21. Lectura refractométrica del refresco de mangostino.	47
Figura 1-22. Titulación con bureta digital Titronic.	48
Figura 1-23. Potenciómetro Lovibond SD300	49
Figura 1-24 Formulario y muestras para realizar evaluación sensorial.	50
Figura 2-1. Variación de color (ΔE) en los extractos filtrados de mangostino.	52
Figura 2-2. Equivalentes de ácido gálico presentes en cada extracto.....	56
Figura 2-3 Diferencia total de color de los refrescos de Mangostino durante un mes.	58
Figura 2-4 Comportamiento del pH del refresco en 4 semanas.....	60
Figura 2-7. Cuantificación de unidades formadoras de colonias (UFC).....	61
Figura 2-8 Cuantificación microbiológica de refresco de mangostino sin pasteurizar	62
Figura 2-9. Comportamiento de microorganismos mesófilos de los refrescos pasteurizados.	63
Figura 2-10. Comportamiento de mohos y levaduras de los refrescos pasteurizados.	64

Figura 2-11. Porcentaje de aceptación del refresco de mangostino con ácido ascórbico.	65
Figura 2-12. Porcentaje de aceptación del refresco de mangostino con extracto colorante.	65
Figura 2-13. Porcentaje de aceptación del refresco de mangostino natural.	66

Lista de tablas

Tabla 1-1. Composición nutricional del Mangostino (<i>Garcinia Mangostana</i>)	22
Tabla 1-2. Características físico - químicas de la cáscara de mangostino (<i>Garcinia Mangostana</i>) en diferentes periodos de cosecha	23
Tabla 1-3. Contenido de xantonas en el pericarpio de mangostán	24
Tabla 1-4. Estudios científicos con potencial de aprovechamiento del mangostino.	27
Tabla 1-5. Clasificación de colorantes naturales según composición química.	32
Tabla 1-6. Principales compuestos fenólicos en vegetales.	36
Tabla 1-7. Comparación de rendimiento y contenido fenólico de hojas de uchuva a diferentes condiciones de extracción.	37
Tabla 1-8. Requisitos fisicoquímicos para refrescos de fruta.	38
Tabla 1-9. Requisitos microbiológicos de refrescos de fruta.	38
Tabla 1-10. Cajas de Petri con agar para conteo microbiológico del refresco de mangostino.	49
Tabla 2-1. Colores obtenidos por disolvente y por número de filtrado con coordenadas CIELab.	51
Tabla 2-2. Colores obtenidos por disolvente y con cambio de pH en filtrado 1 con coordenadas CIEL*a*b*.	53
Tabla 2-3. Valores de IC₅₀ de diferentes extractos de cáscara de mangostino analizados por los métodos de eliminación de radicales DPPH• y ABTS•.	54
Tabla 2-5. Agrupación de medias de los tratamientos por método de Tukey y una confianza de 95%	55
Tabla 2-6. Colores obtenidos en el refresco el día 1 y el día 30, por tratamiento en las coordenadas CIELab.	57
Tabla 2-7. Características físico químicas de los refrescos de mangostino.	59
Tabla 2-8. Reporte de cuantificación de microorganismos en el refresco de mangostino sin pasteurizar.	61
Tabla 2-10. Valores promedio del análisis sensorial de tres tratamientos de refresco de mangostino realizado por 10 jueces en el día 1 de almacenamiento.	66
Tabla 2-11. Valores promedio del análisis sensorial de tres tratamientos de refresco de mangostino realizado por 10 jueces en el día 15 de almacenamiento.	67
Tabla 2-12. Valores promedio del análisis sensorial de tres tratamientos de refresco de mangostino realizado por 10 jueces en el día 30 de almacenamiento.	67
Tabla 2-13. Parámetros físicos de las cáscaras de mangostino cruda y residual de la extracción.	68
Tabla 2-14. Parámetros químicos de las cáscaras de mangostino cruda y residual de la extracción.	69

Tabla 2-15. Porcentaje de macronutrientes en comparación con distintas fuentes de obtención.	70
---	----

Lista de ecuaciones

Ecuación 1-1. Porcentaje de inhibición antioxidante.....	44
Ecuación 1-2. Determinación de % de ácido cítrico.	48

Introducción

El mangostino (*Garcinia Mangostana* L) es un fruto tropical cuyo origen se establece en el sudeste asiático, en Colombia es cultivado en algunos departamentos como el Meta, Tolima, Risaralda, Quindío, Casanare, Caldas y Boyacá, siendo apetecida por sus características sensoriales y la atribución de distintas propiedades funcionales; razón por la cual el Estado impulsa la internacionalización de este tipo de frutos exóticos ([Ramirez, 2016](#)).

Los cinco principales productores a nivel mundial son India, China, Tailandia, Indonesia y Pakistán, que produjeron para el año 2014 el 42%, 10%, 7.4%, 4.8% y 3.9% respectivamente. Existe un fuerte rezago en cuanto a la cantidad producida y exportada de mangostino (*Garcinia Mangostana*) en Colombia con respecto a los productores asiáticos, sin embargo, es importante resaltar que el país registra un comportamiento positivo del rendimiento por hectárea sembrada frente a la cantidad de fruto cosechado ([Ramirez, 2016](#)).

El mangostino (*Garcinia Mangostana*) es considerado un fruto promisorio que puede incentivar el desarrollo agroindustrial, siendo actualmente exportado en fresco y con baja demanda interna ([León, 2018](#)). Aunque el mangostino (*Garcinia Mangostana*) no tiene una participación importante en la agroindustria, algunas empresas le han apostado a su industrialización, donde se generan residuos del orden del 72.12% al 76,86% representados principalmente en cáscaras ([Chisté, de Faria, Lopes, & Mattietto, 2009](#)), las cuales constituyen una oportunidad para generar valor agregado debido a su variada composición química.

Las pérdidas generadas en la industria de los alimentos y las prácticas de valorización de los residuos han llamado la atención últimamente como medio de una gestión sostenible, que puede paralelamente aumentar los beneficios para las economías locales ([Naziri, Nenadis, Mantzouridou, & Tsimidou, 2014](#)), por lo tanto, se han realizado esfuerzos colectivos en los últimos años para explotar este tipo de biomasa como un recurso para la generación de productos de valor agregado, bio-energía, productos químicos, farmacéuticos, cosméticos y alimentos ([Foster, Arnason, & Briggs, 2005](#); [Ong, Kaur, Pensupa, Uisan, & Lin, 2017](#)).

Desde la Universidad de Manizales, la línea de investigación de biosistema integrados de la maestría de desarrollo sostenible y medio ambiente, se presenta el siguiente trabajo en el cual se busca evaluar algunas estrategias para el aprovechamiento de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) que sean compatibles con opciones de la transformación de la fruta, como la extracción del colorante, que incluso se puedan incorporar en la misma bebida de la pulpa. Igualmente se analiza el potencial del residuo agotado para otros usos de valor potencial.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar alternativas de aprovechamiento de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) en la producción de un alimento derivado de la fruta y otros posibles usos del subproducto.

Objetivos Específicos

- Evaluar los rendimientos de las extracciones para la obtención de colorante a partir de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) mediante el uso de agua y etanol en distintos términos de polaridad.
- Evaluar el potencial antioxidante y contenido fenólico de los extractos tipo colorantes de mangostino (*Garcinia Mangostana*) y el efecto de la variación de pH.
- Determinar la estabilidad del color obtenido de la cáscara en un refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*), y su comportamiento según los parámetros físico-químicos y microbiológicos de la Resolución 3929 del 2013.
- Establecer el uso potencial de la biomasa resultante del proceso de extracción del colorante, a partir de los análisis realizados.

1. CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 CONTEXTO DEL PROBLEMA

Colombia para el año 2016 produjo 625 toneladas de mangostino (*Garcinia Mangostana*) de las cuales el 55.2% del total de la producción se exportó, sin embargo, el propósito no es ofertar un *commodity* sino generar valor agregado al producto ([Ramirez, 2016](#)), teniendo en cuenta que la porción comestible del mangostino (*Garcinia Mangostana*) es tan solo un tercio de la fruta entera y el resto es principalmente cáscara, el procesamiento agroindustrial de las frutas genera gran cantidad de residuos.

Durante los últimos años se ha planteado la transformación de este fruto en procesados como mermeladas, jaleas, bebidas y extracción de compuestos para la industria farmacéutica ([Ramirez, 2016](#)). Dicha transformación del mangostino (*Garcinia Mangostana*) deja a su paso considerables cantidades de residuos como las cáscaras; de las cuales actualmente no se aprecia una gestión adecuada por parte de los gremios generadores. Además, durante la producción de frutos frescos en Colombia se generan pérdidas postcosecha de alrededor del 38 % ([Ángel, Flórez, & González, 2014](#); [Rojas et al., 2004](#)).

El sector de producción al cual pertenece el mangostino (*Garcinia Mangostana*) enfrenta otro problema relacionado con la ausencia de mejoramiento de las técnicas de producción, tales como una producción más limpia, es decir, que durante todo el proceso es importante que se garanticen aspectos como la protección del medio ambiente, proveer condiciones adecuadas a los trabajadores y conservar la inocuidad ([Departamento Nacional De Planeación, 2011a](#); [Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018](#); [Ramirez, 2016](#)).

Se han implementado distintos usos para los residuos provenientes de la transformación de productos hortofrutícolas, debido a la variada composición química ha sido posible su aprovechamiento en alimentación animal, bioabono, producción de biogás, extracción de aceites esenciales, pectinas, compuestos fenólicos, colorantes entre otros, lo anterior dependiendo de características del residuo a tratar ([Yepes, 2008](#)). Por lo tanto, se han encauzado estrategias de aprovechamiento para desarrollar compuestos naturales provenientes de materias primas generadas por el procesamiento de diferentes materiales vegetales. Lo anterior en pro de realizar un aprovechamiento integral para disminuir el impacto ambiental de estas actividades industriales y dinamizar la economía mediante la implementación de estrategias para la generación de valor agregado ([Ramirez, 2016](#)).

Este tipo de aprovechamiento de residuos responde al compromiso con el medio ambiente que se ha establecido en la legislación internacional donde se propende por la prevención de la contaminación apuntando hacia una producción más limpia que garantice la protección del medio ambiente ([Bogdanoff, 2015](#)).

Actualmente la sociedad prefiere productos etiquetados como 100% natural, lo que ha conllevado a replantear el uso de aditivos sintéticos, como es el caso de los colorantes en los alimentos, puesto que se ha mostrado en estudios clínicos que el consumir alimentos con determinados colorantes ocasiona daños en la salud produciéndose reacciones alérgicas, problemas digestivos, insomnio, hiperactividad y trastorno de déficit de atención ([Menghi, 2002](#); [Pradas & García, 2008](#)). Por lo tanto, los colorantes naturales surgen como alternativa a la demanda de colorantes sintéticos ([Garzón, 2008](#)).

La presente propuesta de investigación busca aportar una estrategia de aprovechamiento integral del fruto del mangostino (*Garcinia Mangostana*), en la que la cáscara ha sido aprovechada como colorante y antioxidante para la incorporación en un refresco a base de la pulpa de mangostino (*Garcinia Mangostana*) y así generar un producto de valor agregado. De esta manera se plantea una gestión sostenible para el manejo de este fruto.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Colombia presentó en el 2016 una producción de 625 toneladas de mangostino (*Garcinia Mangostana*). Entre 2011 y 2016 la producción incrementó 440 % ([Agronet, 2016](#)), lo cual ha generado durante los últimos años incrementos de las áreas cultivadas en gran parte del país, lo anterior explica el potencial que tiene el cultivo de este fruto en el país. La producción y procesamiento de frutos exóticos como el mangostino (*Garcinia Mangostana*) tienen un potencial para la exportación del país, lo que constituye una herramienta fundamental para el desarrollo rural sostenible ([Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018](#); [Ramirez, 2016](#)). La transformación de esta fruta y el incremento de la producción genera gran cantidad de desechos, para el año 2016 el Tolima tuvo una producción de 144 toneladas lo que genera aproximadamente 100.8 toneladas de residuos ([Chisté et al., 2009](#)). Lo anterior visto desde la perspectiva de la industria agroalimentaria plantea la necesidad de maximizar esfuerzos y estrategias para la gestión de este tipo de residuos orgánicos.

Es importante mencionar que el desarrollo sostenible plantea una armonía entre aspectos como el económico, ambiental y social, por lo tanto, el aprovechamiento integral de los residuos agroindustriales reduce la generación de desecho en su fuente de origen, minimiza su cantidad y peligrosidad e incrementa la eficiencia en el manejo de recursos ([Chisté et al., 2009](#)), debido a la posibilidad que tienen los subproductos de un sistema productivo para convertirse en materia prima de otra cadena de transformación, agregando valor a la materia orgánica derivada de la producción original.

El Departamento Nacional de Planeación en Colombia propone que debe darse un fortalecimiento tecnológico que incida en la ausencia actual de prácticas destinadas a la transformación del fruto de mangostino (*Garcinia Mangostana*), este tipo de estrategias son vitales para el desarrollo de este sector que aún no ha presentado mayor

participación en el mercado internacional y nacional ([Departamento Nacional De Planeación, 2011b](#)).

Teniendo en cuenta que la producción nacional de mangostino (*Garcinia Mangostana*), se acentúa en Colombia principalmente en los departamentos de Tolima, Risaralda, Quindío, Caldas, Boyacá, Casanare y Meta, es de particular interés el aprovechamiento de la cáscara para la obtención de un colorante natural que pueda ser usado como ingrediente funcional en una bebida tipo refresco a base de los mesocarpios del fruto, proponiendo un proceso amigable con el ambiente y así promover la sostenibilidad en el uso máximo de las materias primas y sus residuos; de esta manera se propone un formulado tipo refresco que responda a las necesidades y tendencias actuales del mercado.

1.3 MARCO TEÓRICO

1.3.1 Aspectos generales del mangostino (*Garcinia Mangostana*)

1.3.1.1 Características del mangostino (*Garcinia Mangostana*)

El fruto es producido por el árbol de nombre botánico *Garcinia Mangostana*, el cual es perteneciente a la familia de las *Gutíferas*, siendo una de las frutas más apreciadas ([Geilfus & Bailón, 1994](#)). Este árbol tropical, tiene su origen en el continente asiático, su producto de interés son sus frutos, caracterizados por una corteza de llamativo color rojo a púrpura y una pulpa blanca de agradable sabor ligeramente ácido. En la medicina del sudeste asiático es usado para tratar la diarrea, infecciones en la piel, disentería amebiana, heridas crónicas e inflamaciones ([Font, Agero, Costa, & Salgueiro, 2011](#)).

La parte comestible del Mangostino (*Garcinia Mangostana*) tiene una consistencia suave, de color blanco y jugosidad con agradable sabor dulce, de acidez leve y semilla en su interior. Es catalogado como uno de los frutos más sabrosos debido a su agradable aroma. Esta fruta es climatérica, ya que después de cosechada sigue su ciclo de maduración que puede tardar 14 días para iniciar su decadencia y volverse sensibles a los daños físicos, en especial por impacto ([Kanchanapoom & Kanchanapoom, 1998](#)).

Su corteza se caracteriza por tener una estructura dura, la cual libera una resina amarilla al momento de ser desprendida. Su cáscara provee gran cantidad de pectina ([Morton, 1987](#)). En su plena madurez, el epicarpio del mangostino (*Garcinia Mangostana*) puede fragmentarse fácilmente realizando presión sobre su zona ecuatorial y avistando sus lóbulos comestibles de color blanco ([Palapol et al., 2009](#)).

Figura 1-1. Fruto del Mangostán



Fuente: <https://www.xango.com/en/about>

Además, el mangostino (*Garcinia Mangostana*) tiene compuestos fitoquímicos y antioxidantes que la hacen destacar particularmente frente a otras plantas, cumpliendo importantes funciones de protección y estabilización ([Mercado, Carrillo, Wall, López, & Álvarez, 2013](#)). Teniendo en cuenta que los antioxidantes son considerados como agentes alimentarios que inhiben la carcinogénesis o son químicos preventivos, tienen la capacidad de prevenir enfermedades que afectan la salud humana ([Yudtanduly Acuña, Zuluaga, & Suárez, 2016](#)).

1.3.1.2 Composición química del fruto

El fruto (*Garcinia Mangostana* L.) en su estado maduro, presenta un color en su corteza característico por sus tonos púrpuras, los cuales se deben a la presencia de sustancias orgánicas denominadas como antocianinas y taninos, los cuales pueden ser extraídos para la producción de tintes empleados en los curtidos. Además, sus componentes bioactivos característicos son las xantonas, a los cuales se les relaciona con buena actividad anticarcinogénica. ([Pérez, 2014](#)).

Tabla 1-1. Composición nutricional del Mangostino (*Garcinia Mangostana*)

Componente por cada 100 g de fruto.	
Agua	80,94 g
Kcal	73
Fibra	1,8 g
Azúcares totales	17,91 g

Calcio	12 mg
Hierro	0,30 mg
Potasio	48 mg
Zinc	0,21 mg
Vitamina C	2,9 mg
Ácido Fólico	31 ug
Vitamina A	2 ug
B – caroteno	16 ug
Criptoxantina	9 ug

Fuente: ([Pérez, 2014](#))

En cuanto a la composición química específica de la cáscara del mangostino (*Garcinia Mangostana*), según ([Chisté et al., 2009](#)) se presenta en promedio alta humedad con un 65,15 %, por lo tanto, contrasta con un promedio de 34,85 % de sólidos totales y una actividad de agua de 0,97. La corteza presenta un contenido de azúcares bajos, con valores de azúcar total que oscila desde 3,63% hasta 4,73%. Se destaca en su composición un alto contenido de fibra, con un valor máximo de 28,12 %, siendo importante para uso en harinas.

Tabla 1-2. Características físico - químicas de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) en diferentes periodos de cosecha

Determinaciones	Periodo de cosecha		
	Marzo	Abril	Mayo
Humedad %	64,51±0,16	66,05±0,35	64,90±0,14
Sólidos totales %	35,49±0,16	33,95±0,35	35,10±0,14
Cenizas %	0,47±0,05	0,46±0,04	0,69±0,69
Lípidos %	0,72±0,07	0,52±0,03	0,64±0,04
Proteínas %	2,55±0,06	3,28±0,07	1,02±0,02
Azúcares reductores %	2,12±0,31	3,76±0,18	3,23±0,11
Azúcares totales %	3,63±0,58	4,73±0,30	3,71±0,41
Fibra total %	28,43±0,49	24,96±0,28	29,12±0,47
Valor energético Kcal/100g	31,32±1,25	34,74±2,66	24,83±0,63
Sólidos solubles (°Brix)	3,90±0,30	4,90±0,10	4,00±0,20
Acidez titulable (meq NaOH/100g)	7,43±0,25	6,67±0,45	5,67±0,46
pH	3,85±0,02	3,88±0,01	3,97±0,02
Actividad de agua	0,98±0,00	0,97±0,01	0,96±0,01
Antocianinas totales (mg/100g)	25,94±0,76	63,93±1,20	45,80±0,02

Fuente: ([Chisté et al., 2009](#))

1.3.1.3 Xantonas del mangostino (*Garcinia Mangostana*)

Las xantonas son pigmentos naturales, fenólicos amarillos, la ocurrencia de las mismas en la naturaleza es escasa, presentes en un número limitado de familias vegetales, principalmente en las *Gentianaceae* y *Guttiferae*, y menos común en las *Polygalaceae*, *Leguminosae*, *Lythraceae*, *Moraceae*, *Loganiaceae* y *Rhamnaceae*. Las Xantonas también han sido encontradas en helechos, hongo y líquenes. Su interés se debe a sus propiedades farmacológicas, por su inhibición a la monoamina oxidasa, MAO, actividad antipsicótica, efecto tuberculostático entre otros ([de Ugaz, 1997](#)).

La *Garcinia Mangostana* L. tiene demostrada la presencia de catorce xantonas, las cuales pueden ser separadas por medio de cromatografía líquida de alta resolución, las siete más representativas están en la Tabla 1-3. Entre ellas existen dos mayoritarias siendo predominante la asignada con el nombre α -mangostin. ([Chaivisuthangkura et al., 2009](#)). La segunda xantona predominante en el pericarpio del mangostino (*Garcinia Mangostana*) es la γ -mangostin, seguidamente se tienen los componentes menores como: gartanin, 8-deoxigartanin, garcinon E, 7-dihidroxi-3-metoxi-2-(3-metilbut-2-enil) xantona y 1, 3,7-trihidroxi-2, 8-di-(3-metilbut-2-enil) xantona. ([Wittenauer, Falk, Schweiggert, & Carle, 2012](#)). Parte de la actividad farmacéutica de los extractos etanolicos de mangostán se le atribuyen a las xantonas (α -mangostina) y los taninos (epicatequina) ([Accame, 2016](#)).

Tabla 1-3. Contenido de xantonas en el pericarpio de mangostán

XANTONA	mg/100 g Peso fresco
1,7-Dihidroxi-3-metoxi-2-(3-metilbut-2-enil)xantano	35.27 \pm 0.85
c-Mangostino	303.64 \pm 6.16
8-Deoxigartanino	50.09 \pm 0.80
1,3,7-Trihydroxy-2,8-di-(3-methylbut-2-enyl)xanthan	19.12 \pm 0.56
Gartanin	70.41 \pm 1.24
α -Mangostin	1173.33 \pm 29.01
Garcinon E	48.39 \pm 1.86
Cantidad total	1700.26 \pm 40.47

Fuente: ([Wittenauer et al., 2012](#))

1.3.2 Producción en Colombia de mangostino e importancia comercial

1.3.2.1 Producción nacional

Durante los últimos diez años, la producción de mangostino (*Garcinia Mangostana*) en Colombia ha tenido un comportamiento oscilante, debido a los descensos por los que se caracterizó desde el año 2007 donde se produjo 505 toneladas, hasta obtener una estrepitosa caída de producción en el año 2010 donde se reportó tan solo de 35 toneladas, esta disminución en la producción ocurrió por la carencia de los estímulos

gubernamentales hacia el sector primario, para recuperarse de la crisis de 2008 en donde el gobierno enfoca los esfuerzos económicos hacia el sector industrial ([Ramirez, 2016](#)).

A partir del año 2012 hasta el 2016, el cultivo del mangostino (*Garcinia Mangostana*) se encuentra en un proceso de recuperación, la producción de los últimos tres años reportados según el ministerio de agricultura colombiana ha venido en aumento, por lo tanto su producción ha obtenido cifras importantes y se ha regenerado con un volumen reportado en el 2016 de 625,86 toneladas ([Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018](#)).

Figura 1-2. Área cosechada y producción de mangostino en Colombia durante los últimos 10 años

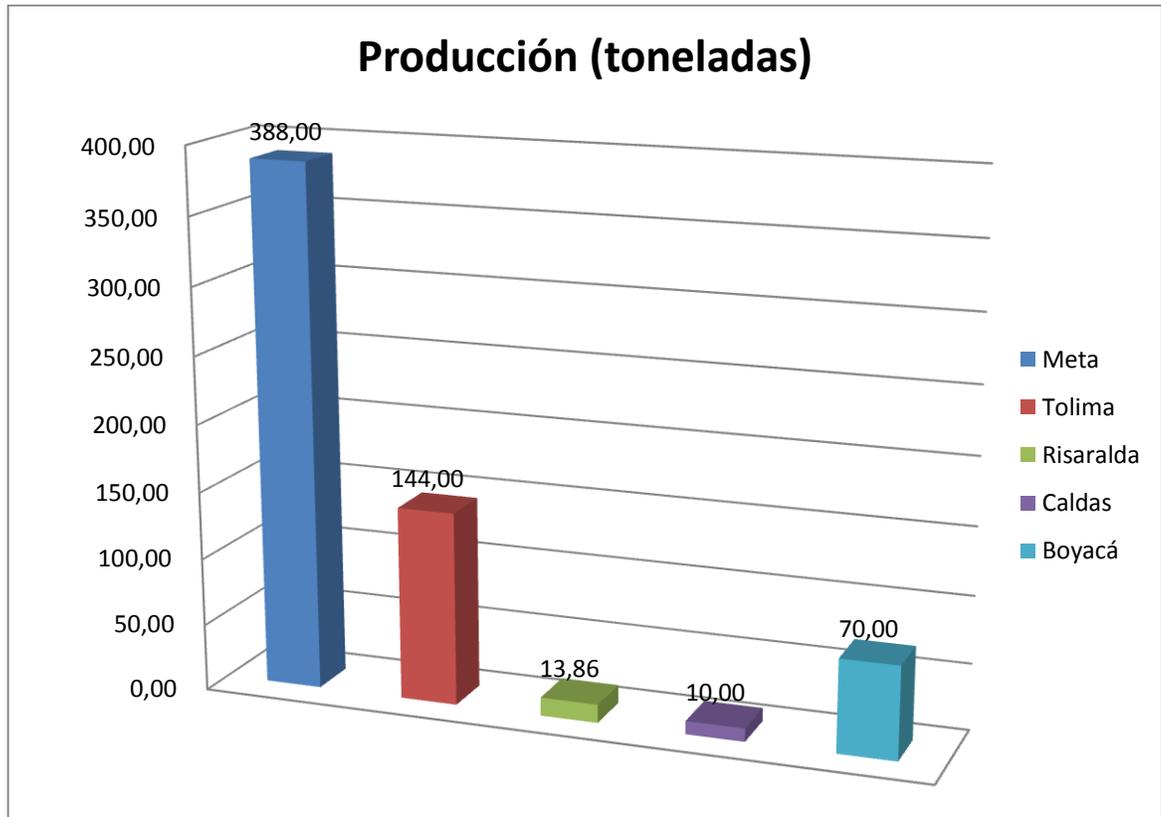


Fuente: El autor a partir de datos tomados de AGRONET

La producción de mangostino (*Garcinia Mangostana*) se concentra en unos pocos departamentos del país, teniendo reportes en los departamentos del Meta, Tolima, Quindío, Risaralda, Caldas, Casanare y Boyacá. Para el 2016 como último año registrado, se puede notar claramente que el departamento del Meta es actualmente el principal productor de esta fruta exótica con 388 toneladas producidas, seguido del departamento

del Tolima con 144 toneladas de mangostino (*Garcinia Mangostana*) para el año en mención, ver figura 1-3.

Figura 1-3. Producción de mangostino en Colombia por departamento en el año 2016.



Fuente: El autor a partir de datos tomados de AGRONET

1.3.2.2 Exportaciones colombianas de mangostino (*Garcinia Mangostana*)

La producción de mangostino (*Garcinia Mangostana*) en Colombia es relativamente baja respecto al principal productor a nivel mundial que es la India. Además, la producción interna no alcanza a suplir la demanda nacional sumado al desconocimiento del fruto en algunas regiones del país, sin embargo, gran parte de la cosecha es exportada en fresco por compañías entre las que se destacan actualmente la empresa agroindustrial Naturelle y Cía., y la empresa productora y comercializadora internacional de frutas frescas Novacampo S.A ([Procolombia, 2015](#)). Los destinos que principalmente tienen las exportaciones de mangostino (*Garcinia Mangostana*) desde Colombia son Europa, Estados Unidos, China, India, Canadá entre otros ([Ramirez, 2016](#)).

Figura 1-4. Exportaciones de mangostino en fresco desde Colombia.

Fuente: ([D. Ramírez, 2016](#))

1.3.2.3 Alternativas de aprovechamiento investigadas para generación de valor agregado del fruto y subproductos del mangostino (*Garcinia Mangostana*)

El fruto de mangostino (*Garcinia Mangostana*) ha sido investigado para generar distintos documentos de nivel académico, cimentando el desarrollo de productos que con una base científica promueve el consumo en fresco, sus derivados y un aprovechamiento de los subproductos con un relativo interés sobre las propiedades que ofrece para la salud, algunos de ellos se muestran en la tabla 1-4.

Tabla 1-4. Estudios científicos con potencial de aprovechamiento del mangostino.

Potencial aprovechamiento	Matriz a la que se incorpore	Parámetros relevantes del estudio	Referencias
Antioxidante	Aceite de girasol	Medición de la estabilidad del aceite de girasol en condiciones de almacenamiento a 65 °C durante 24 días, adicionado de extracto de mangostán a 100 y 200ppm. Medición de inhibición a la oxidación lipídica, comparando frente a la acción inhibitoria del BHA (butilhidroxianisol).	(Chong, Chang, Sia, & Yim, 2015)

Fibra	Masas para panificación	Adición de pericarpio de mangostino en polvo a concentraciones de 0.5 - 2.0% de masa del pan, mejorando actividad antioxidante, contenido fenólico, analizando humedad y estudiando parámetros de color.	(Ibrahim, Mohd Salleh, Magsood-Ul-Hague, Abd Hashib, & Abd Karim, 2018)
Antioxidante	Té	Evaluación de las mejores condiciones para el secado de la cáscara de mangostino, en un rango de temperaturas de 60 °C a 90 °C.	(Sothornvit, 2010)
Antioxidante	Capacidad de constituyentes in vitro del epicarpio de mangostino.	Cuantificación de fenoles, actividad antioxidante por DPPH expresado en (IC ₅₀), anión superóxido (O ₂ ⁻), poder reductor PR, inhibición de la peroxidación lipídica IPL.	(Murillo, Mendez, Murillo, Moyano, & Osorio, 2012) (Murillo et al., 2012)
Fungistático	Aspersión de extracto de mangostino en coliflor	Extracción etanólica de la cáscara de mangostino, cuantificación de terpenos, cuantificación de polifenoles, inoculación de esporas Botrytis Cinérea en presencia del extracto para medir actividad fungistática.	(Ángel et al., 2014)
Anticancerígeno	Aislamiento del compuesto α-mangostin.	Inoculación de dosis entre 0,1 y 20 mg/Kg/día del compuesto α-mangostin en ratones con células metastásicas.	(Shibata et al., 2011)
Antioxidante	Mantequilla casera	Extracción por maceración usando etanol como disolvente. Medición de concentración de compuestos fenólicos en la cáscara con 590,9 mg EAG/g. Además, el porcentaje de inhibición de peroxidación lipídica.	(Daza, Herrera, Murillo, & Mendez, 2014)

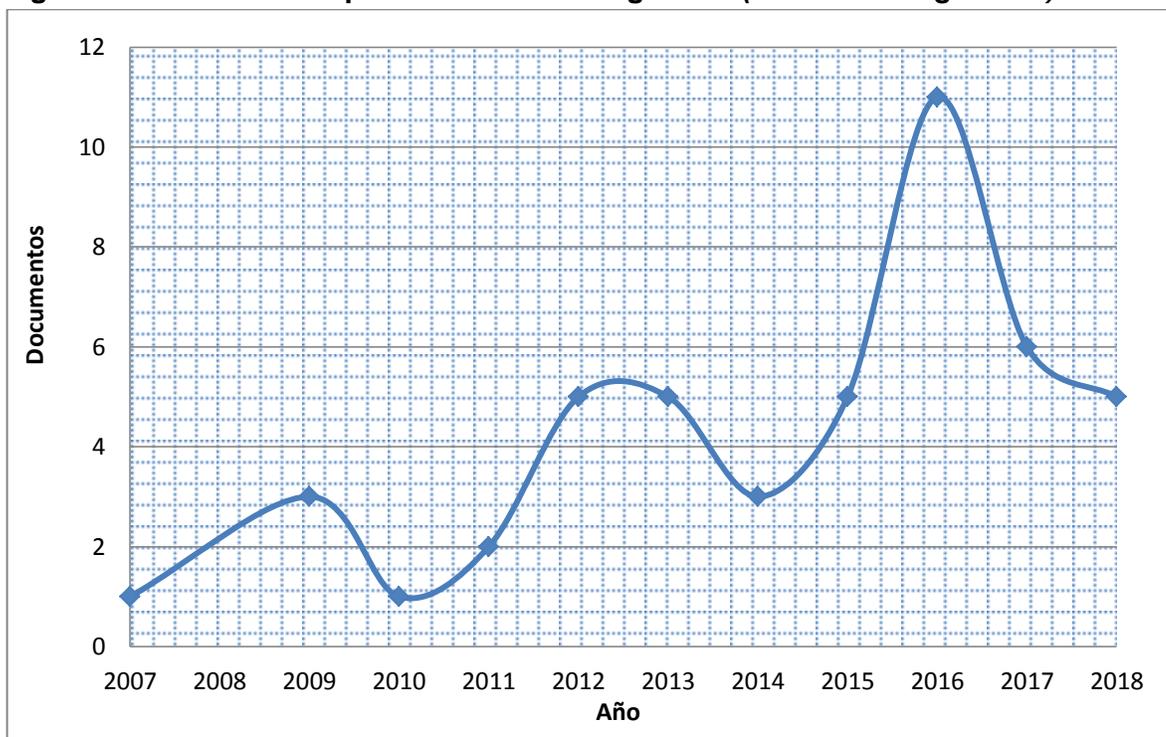
Fuente: El autor

1.3.3 Diagnostico de la produccion cientifica sobre el mangostino (*Garcinia Mangostana*)

Para realizar el diagnostico de la informacion que se tiene relevante del mangostino (*Garcinia Mangostana*) en el mundo, se emplea la base de datos bibliografica Scopus, haciendo un registro por medio del comando de busqueda presentado a continuacion: ((TITLE-ABS-KEY(*garcinia MANGOSTANA*) AND TITLE-ABS-KEY(*pericarp*) OR TITLE-ABS-KEY(*processing*) AND TITLE-ABS-KEY(*extraction*) OR TITLE-ABS-KEY(*biorefinery*))).

El mangostino (*Garcinia Mangostana*) es una fruta que ha despertado el interés de distintos sectores, no solo en Colombia se promueve la producción y el consumo de la misma, también en el mundo se genera un especial atractivo que ha repercutido en el aumento de las investigaciones realizadas, por lo tanto en la base de datos Scopus se puede evidenciar el aumento en las referencias bibliográficas por las investigaciones realizadas al mangostino (*Garcinia Mangostana*) durante los últimos años. En la figura 1-5 se evidencia desde el año 2007 el relativo aumento de los documentos investigativos sobre el mangostino (*Garcinia Mangostana*), pasando de 1 publicación hasta alcanzar un máximo de 11 para el año 2016, finalmente en lo corrido del año 2018 se cuenta hasta el momento con 5.

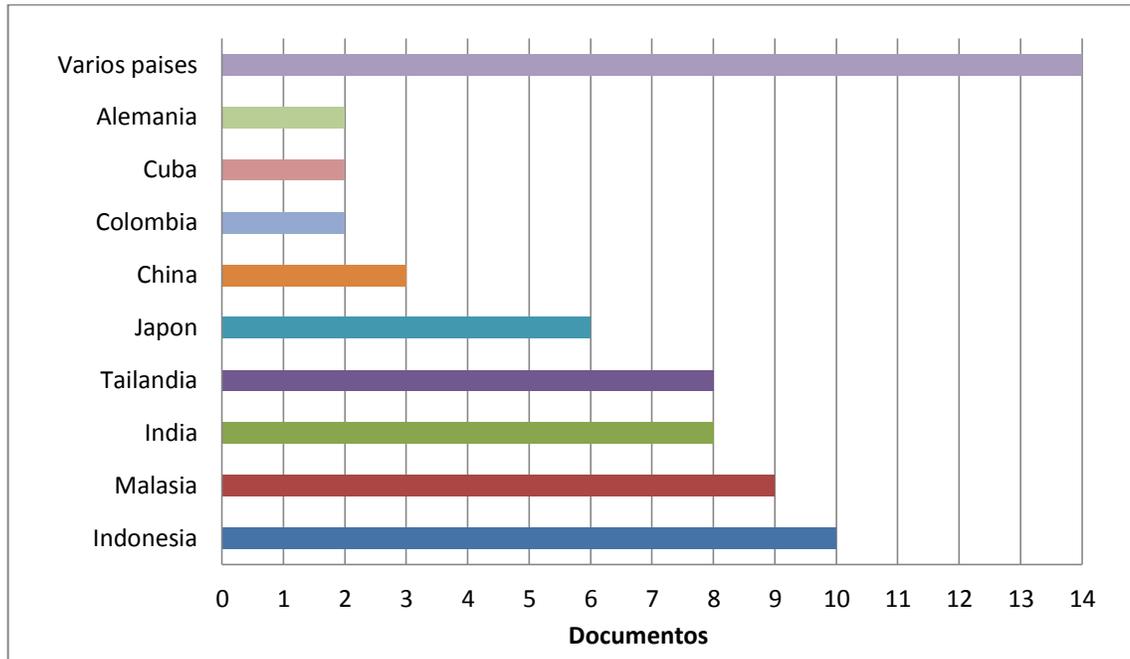
Figura 1-5. Documentos publicados con mangostino (*Garcinia Mangostana*).



Fuente: El autor a partir de datos tomados de Scopus

El Jobo de la India como también es conocido, tiene origen asiático, por lo tanto, el mayor desarrollo científico se generó en países orientales como Tailandia, Indonesia, Malasia, China, Japón, India, entre otros; donde también se concibe gran volumen de producción de la fruta, se desarrollan diversos productos alimenticios y junto a la academia se publican descubrimientos que prueban las hipótesis de los beneficios que brinda la fruta en la salud humana. Como se evidencia en la figura 1-6, la producción intelectual ahora también ha tomado participación en países que no son asiáticos como Alemania, Cuba y Colombia.

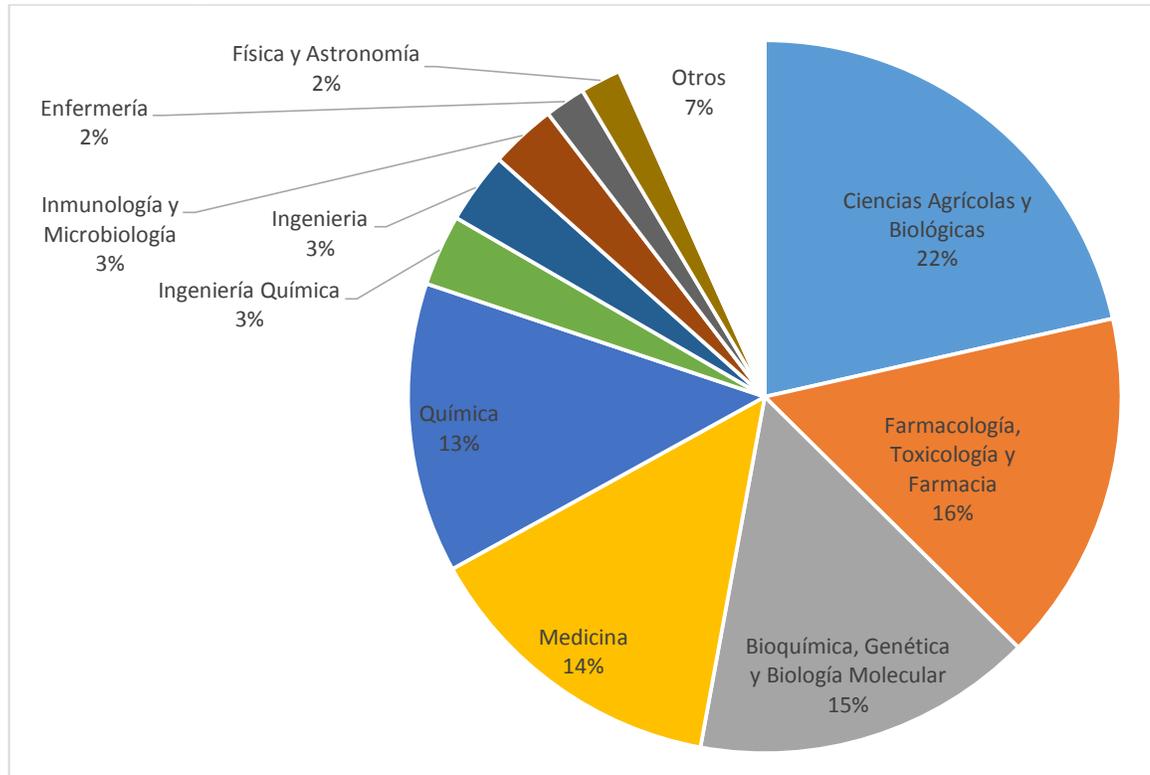
Figura 1-6. Documentos publicados por país sobre el mangostino (*Garcinia Mangostana*).



Fuente: El autor a partir de datos tomados de SCOPUS

Las disciplinas que han investigado el mangostino (*Garcinia Mangostana*) son diversas, la mayor concentración de estudios se han dirigido a temas de ciencias agrícolas y biológicas con 22% de las publicaciones, también han sido de gran importancia los farmacológicos y toxicológicos con 16%, seguido de la bioquímica, genética y biología molecular con 15%, la medicina con 14%, química con 13% y con menor publicación otros sectores de la producción académica que han centrado sus estudios en el mangostino (*Garcinia Mangostana*), para tener finalmente un registro total de 433 documentos de carácter científicos; expuestos de manera porcentual en la figura 1-7, encontrándose en menor proporción ramas como la química, ingeniería, inmunología, enfermería, ambiental y otras.

Figura 1-7. Porcentaje de disciplinas académicas con publicaciones en mangostino (*Garcinia Mangostana*).



Fuente: El autor a partir de datos tomados de SCOPUS

1.3.4 Aspectos generales de los colorantes.

1.3.4.1 Colorantes naturales.

Los colorantes son sustancias que pueden añadir o devolver algún color, se encuentran en pigmentos que están presentes en plantas, hojas, flores y frutos. (Cáceres, 1996). El mangostino (*Garcinia Mangostana*) perteneciente al genero *Garcinia*, se ha usado en medicina tradicional y farmacología para tratar enfermedades debido a la acción antidiabética, antimicrobiana, anticancerígena, supresora del apetito y otras, causado por presencia de metabolitos como antocianinas, xantonas, terpenoides, flavonoides, lactonas, (Arazo, Alarcón, Becerra, & Roche, 2015), caracterizándose por ser considerados también como colorantes naturales.

Los colorantes se pueden dividir en diferentes grupos: Los colorantes naturales que son adicionados a los alimentos para darles un color específico y mayor agrado a la vista. Los tintes naturales empleados en la tinción de telas, madera y cuero. Los pigmentos naturales responsables del color de las plantas y sus partes, además de ser empleados en farmacéutica. Son muchas las plantas que producen colorantes, pero su baja concentración no permite una rápida y eficiente extracción, haciendo que su uso sea

antieconómico y su importancia como fuente comercial de colorante sea escasa. ([Ríos, Varón, & Garzón, 2015](#)).

Tabla 1-5. Clasificación de colorantes naturales según composición química.

Naturaleza Química	Ejemplos	Color
Tetrapirroloes	Ficobilinas	Azul - Verde
	Clorofila	Verde
Carotenoides	Carotenoides	Amarillo - Anaranjado
Flavonoides	Flavonas	Blanco - Crema
	Flavanoles	Amarillo - Blanco
	Chalconas	Amarillo
	Auronas	Amarillo
	Antocianinas	Rojo - Azul
Xantonas	Xantonas	Amarillo
Quinonas	Naftoquinonas	Rojo - Azul - Verde
Derivados indioideos e índoles	Indio	Azul - Rosado
	Betalainas	Amarillo - Rojo
Pirimidinas sustituidas	Perinas	Blanco - Amarillo
	Flavinas	Amarillo
	Fenoxanizinas	Amarillo - Rojo
	Fenazinas	Amarillo - Púrpura

Fuente: ([Lock de Ugaz, 1997](#)).

En la industria alimentaria se usa importante cantidad de colorantes, los cuales en su mayoría se obtienen de forma sintética y se conocen como colorantes artificiales, empleándose en bebidas gasificadas amarillas y anaranjadas, pasabocas tipo chizitos, chocolates entre otros en donde se utiliza principalmente tartrazina ([Restrepo, Acosta, Ocampo, & Morales, 2006](#)), siendo nociva para la salud debido a su composición con reactivos altamente cancerígenos, haciendo que la organización mundial para la salud (OMS) prohíba el uso parcial de estos colorantes sintéticos en los alimentos, incluso este colorante debido a sus efectos tóxicos fue prohibido en países como Estados Unidos, Japón, Australia y Alemania al demostrar aberraciones cromosómicas y efectos genotóxicos ([Patterson & Butler, 1982](#)). Esta situación ha logrado despertar mayor interés por los colorantes de origen natural, teniendo en cuenta que han sido ignorados debido a su alto costo en la extracción. ([Bueno, 2000](#)).

1.3.4.2 Extracción de colorantes naturales

Los colorantes naturales tienen capacidad antioxidante y contenido fenólico, los antioxidantes son solubles en disolventes polares como el agua, metanol o etanol, la

extracción con metanol es 20% es más eficaz que con etanol y a su vez 73% más que con solo agua ([Cerón, Higueta, & Cardona, 2010](#)).

El material vegetal cuenta con compuestos bioactivos que pueden ser extraídos por clásicas técnicas de extracción, usando disolventes, la mezcla de ellos y el aumento de temperaturas, para obtener dichos compuestos de las plantas existen técnicas como la extracción Soxhlet, la maceración y la hidrodestilación ([Azmir et al., 2013](#)). La maceración del material vegetal para convertirlo en partículas más pequeñas, se hace necesaria para aumentar el área de superficie en contacto con el disolvente el cual después de agregado debe permanecer en un recipiente cerrado, la agitación facilita la extracción aumentando la difusión y eliminando la solución concentrada de la superficie, posteriormente es filtrado para recuperar la solución, separándolo del residuo sólido, a la muestra se le puede adicionar nuevo disolvente para obtener un mayor rendimiento de la extracción ([Azmir et al., 2013](#)).

La variable más importante en este tipo de extracciones es la temperatura ([Cerón et al., 2010](#)), siendo la temperatura optima la que se encuentra entre 50 y 75 °C ([Mantell, Rodriguez, & de la Ossa, 2002](#)). Además se debe tener en cuenta la relación solvente – extracto, sugiriendo una relación solido-liquido de 1:10 (S/L) ([Xu et al., 2010](#)).

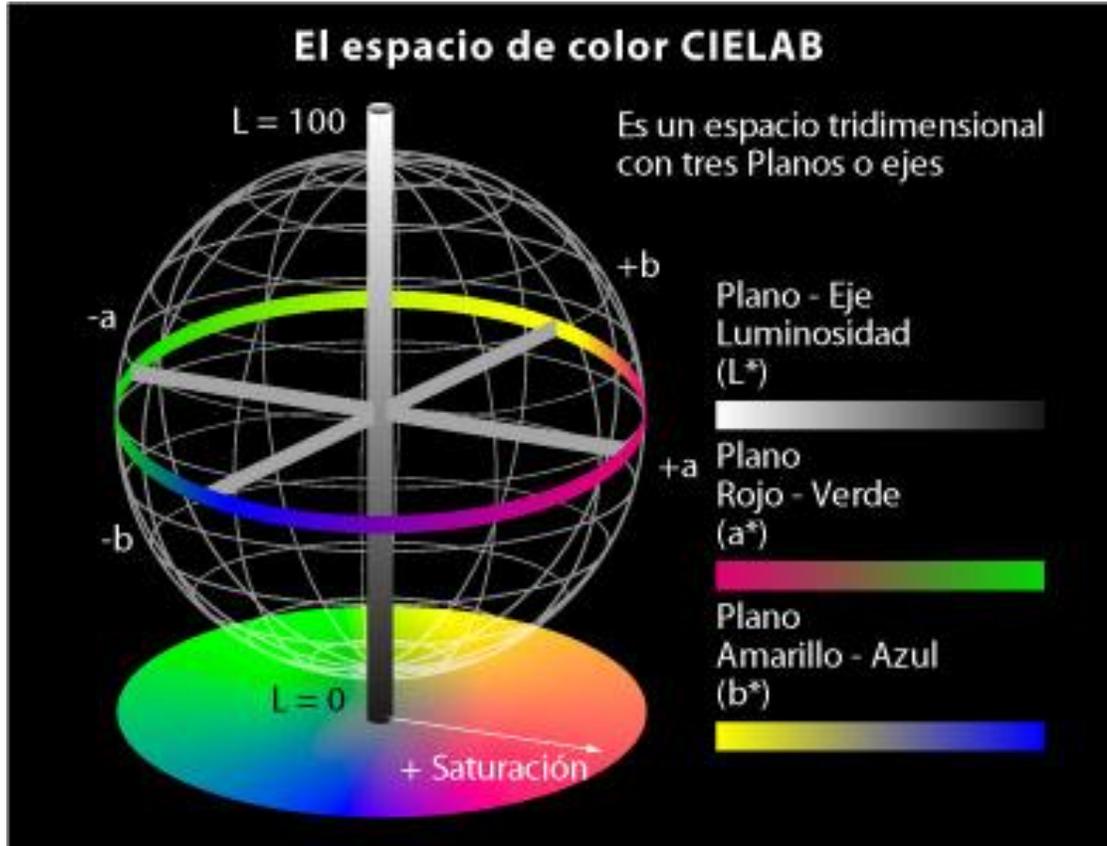
1.3.4.3 Análisis del color.

La colorimetría tiene como objetivo pasar del ámbito casuístico al ámbito numérico el estudio del color, para describir por medio de números asignados el color percibido de un objeto, dependiendo no solo de la luz que llega al ojo desde el objeto si no de la luz que se percibe desde el entorno. ([Artigas, Perea, & Ramo, 2002](#)).

Organolépticamente el color es la respuesta mental que se obtiene al recibir un espectro visible de luz, la cual es reflejada desde un objeto interactuando en el ojo con la retina, transmitiendo esa respuesta por el nervio óptico hacia el cerebro, logrando asignar colores de la señal para el sujeto. ([D. Wu & Sun, 2013](#)).

Cuantitativamente según la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) los colores se cuantifican principalmente por tres criterios: Luminosidad coordinada acromática L*, indicando oscuridad o negro (de 0 a 50) y a la vez indicando blanco o claridad (de 51 a 100). La coordenada a*, hacia los positivos indica color rojo y hacia los negativos indica color verde. Finalmente, la coordenada b*, hacia los positivos indica color amarillo y hacia los negativos indica color azul. ([Schanda, 2007](#)).

Figura 1-8. Escala CIE ó CIELAB en un espacio tridimensional.



Fuente: (Stephen Westland, 2001)

1.3.5 Determinación de la actividad antioxidante y contenido fenólico.

1.3.5.1 Actividad antioxidante.

El consumo de frutas y verduras pueden disminuir el riesgo de incidencias y de mortalidad del cáncer ([Block, Patterson, & Subar, 1992](#)), debido a la presencia de componentes denominados polifenoles, especialmente flavonoides y antocianos, los cuales muestran gran capacidad de captar radicales libres causantes de estrés oxidativo, generando un efecto beneficioso al prevenir enfermedades cardiovasculares, circulatorias, cancerígenas y neurológicas, además de poseer actividades anti-inflamatorias, antialérgicas, antitrombótica, antimicrobiana y antineoplásica ([Kuskoski, Asuero, Troncoso, Mancini-Filho, & Fett, 2005](#)).

Los radicales libres se involucran en el desarrollo de enfermedades ocasionando oxidación a las proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. Por tal motivo los antioxidantes toman importancia al tener la capacidad de neutralizar los radicales libres, desempeñándose fundamentalmente en la prevención de enfermedades relacionadas con

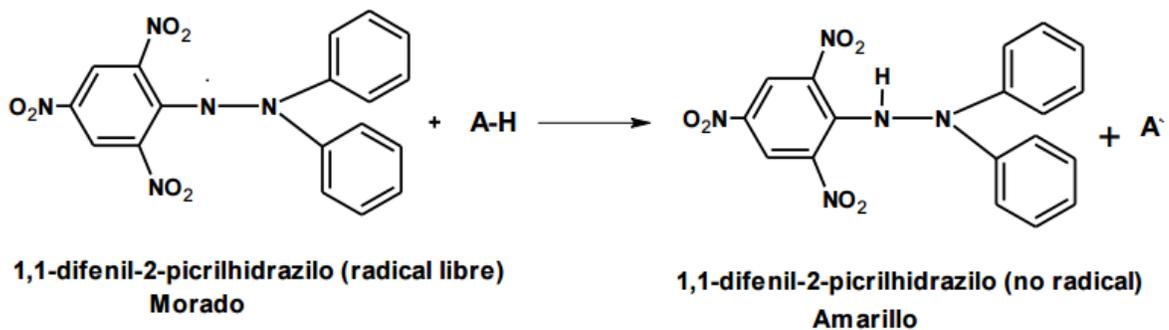
la oxidación. La capacidad antioxidante en las frutas y en los vegetales la proporciona mayormente la vitamina E y la vitamina C, junto a los carotenoides y sumado a distintos polifenoles. ([Alonso, Salucci, Lázaro, Malani, & Ferro, 1999](#)).

La capacidad antioxidante de una mezcla no viene dada por la sumatoria de la capacidad de cada componente de manera individual, debido a que los componentes interactúan entre sí, generando efectos sinérgicos o inhibitorios ([Kuskoski et al., 2005](#)).

1.3.5.2 Medición de la actividad antioxidante por DPPH•.

Una manera práctica y rápida de evaluar la actividad en contra de los radicales libres por medio de los antioxidantes es un método empleando un compuesto químico caracterizado por tener radicales libres estables, su molécula es 2,2-difenil-1-picrilhidracilo, conocido abreviadamente como DPPH•. La toma de datos debe hacerse con precaución, la interacción del antioxidante con el DPPH depende de su estructura, algunos componentes pueden reaccionar rápidamente con el DPPH•, lo cual reduce las moléculas DPPH• correspondiente al grupo de hidroxilos disponibles en la reacción. ([Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995](#)). Existen muchos métodos para la evaluación de la capacidad antioxidante, pero el método con el uso de DPPH• es el más usado debido a su sencillez, rapidez y economía, debido a sus pocos pasos y reactivos; se puede analizar alimentos, muestras de origen biológico, extractos vegetales, entre otros. ([Alam, Bristi, & Rafiquzzaman, 2013](#)).

Figura 1-9. Estructura del DPPH• antes y después de la reacción con el antioxidante



Fuente: (Alam et al., 2012)

El método DPPH• tiene algunas desventajas que lo limitan: La diferencia en el mecanismo de reacción que normalmente ocurre entre antioxidante y radicales peroxilo, el DPPH• es un radical del nitrógeno de larga vida lo cual no guarda similitud con los radicales peroxilo altamente reactivos y transitorios involucrados en la peroxidación lipídica. Muchos antioxidantes que reaccionan rápidamente con radicales peroxilo, reaccionan lentamente o son inertes al DPPH• ([Tovar del Río, 2013](#)).

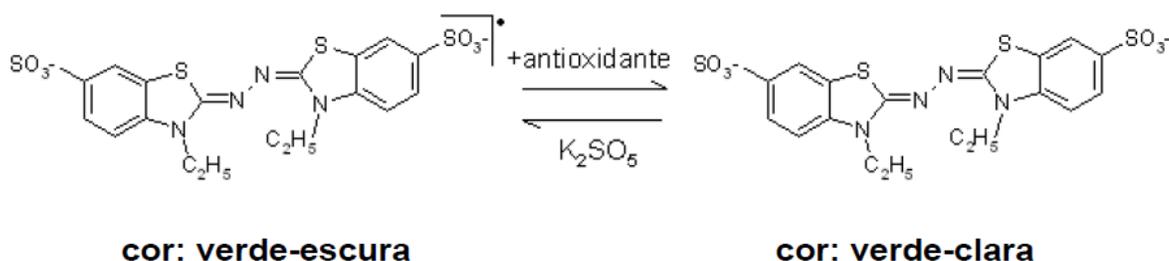
Generalmente los estudios emplean un tiempo de reacción aproximado de 20 a 30 minutos, en vez de usar el tiempo de reacción total comprendido por 120 minutos, en el

cual se alcanza el estado estacionario para poder completar la reacción redox ([Mishra, Ojha, & Chaudhury, 2012](#)), donde se mide la absorbancia del radical DPPH• disuelto en metanol a una longitud de onda de 517nm, los resultados se expresan como actividad equivalente a trolox ([Kuskoski et al., 2005](#)).

1.3.5.3 Medición de la actividad antioxidante por ABTS•.

La actividad antioxidante es medida también con el compuesto químico conocido como ABTS• (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico presentando excelente estabilidad en ciertas condiciones. Su uso es importante por la capacidad de medición en muestras de naturaleza hidrofílica y lipofílica, además su espectro enseña diferentes puntos máximos de absorbancia a 414, 654, 754 y 815 nm en medio alcohólico ([Kuskoski et al., 2005](#)).

Figura 1-10. Estructura del ABTS• antes y después de la reacción con el antioxidante.



Fuente: Edy Sousa de Brito

1.3.5.4 Compuestos fenólicos.

Los compuestos fenólicos o polifenoles son compuestos bioactivos que se encuentran en los vegetales, son derivados del metabolismo del ácido siquímico y un poliactato que originan cuerpos fenólicos a través de reacciones de ciclación ([Pereira, 2009](#)). Químicamente comprenden al menos un anillo aromático (C6) con al menos un grupo hidroxilo, son metabolitos secundarios de plantas y generalmente sintetizado a partir de ácido cinámico ([Dixon & Paiva, 1995](#)), estos compuestos comprenden flavonoides, ácidos fenólicos y taninos, entre otros, ([Martins et al., 2011](#)).

Tabla 1-6. Principales compuestos fenólicos en vegetales.

Compuestos Fenólico	Distinción básica
Flavonoide	Constituye un grupo importante dentro de los polifenoles, descubriéndose aproximadamente 4000 en el reino vegetal (Zavaleta, Muñoz, Blanco, Alvarado, & Loja, 2005).
Ácidos fenólicos	Son derivados del ácido cinámico o ácido benzoico (López, Ruiz, & Cabarcos, 2008).
Taninos	Tienen capacidad de formar complejos con proteínas, alcaloides

y minerales ([Recalde Vera, 2007](#)).

Fuente: ([Pérez Encalada, 2017](#))

Las técnicas para extraer los compuestos fenólicos son diversas, entre ellas la extracción por método Soxhlet, la maceración, extracción con fluido supercrítico, técnicas de ultrasonido, extracción por líquidos presurizados y extracción por microondas ([Azmir et al., 2013](#)). A continuación, en la tabla 1-7 a manera de ejemplo se muestra una matriz vegetal con hojas de uchuva a distintas condiciones de extracción, variando el rendimiento y contenido fenólico.

Tabla 1-7. Comparación de rendimiento y contenido fenólico de hojas de uchuva a diferentes condiciones de extracción.

Disolvente	Muestra (g)	Presión (atm)	Temperatura (°C)	Tiempo	Rendimiento (%)	Fenoles (mg/g)
Agua	100	1	60	1 hora	20,73 ±1,5	19,64 ±0,09
Etanol 95%	100	1	25	6 días	24 ±2,0	88,81 ±0,01
Etanol 4%	5	400	60	5-30 min	6,88 ±1,45	73,95 ±4,20
Etanol 5%	5	400	60	5-30 min	15,47 ±0,68	90,80 ±2,21

Fuente: ([S. Wu et al., 2006](#))

Los rendimientos de la extracción pueden depender de la polaridad de los disolventes usados, entre ellos se puede encontrar el etanol, metanol, acetona y las mezclas de los mismos con agua en concentraciones diferentes, aclarando que no existe método y disolvente definitivo para cada compuesto sometido a la extracción debido principalmente a la variación de composición química y variables como la concentración del disolvente, temperatura, tiempo, granulometría de la partícula y relación de la masa con el disolvente ([Amyrgialaki, Makris, Mauromoustakos, & Kefalas, 2014](#)).

1.3.6 Generalidades de los refrescos de frutas.

La resolución 3929 del 2 de octubre de 2013 del ministerio de salud y protección social, define el refresco de fruta como: el producto elaborado a partir de jugo o pulpa de frutas concentrados o no, clarificado o no o la mezcla de estos, con un contenido mínimo de fruta del 8%, adicionado con agua y aditivos permitidos, sometidos a un tratamiento de conservación ([Ministerio de Salud y Protección Social, 2013](#)).

Los criterios generales para la elaboración del refresco de fruta según la resolución 3929 de 2013 es tener el color, aroma y sabor característico de la fruta. Podrá hacerse la adición de azúcares, mieles, jarabes, edulcorantes calóricos o no calóricos, permitidos en la normatividad sanitaria vigente.

Tabla 1-8. Requisitos fisicoquímicos para refrescos de fruta.

Requisitos	Parámetros	
	Mínimo	Máximo
Sólidos solubles por lectura refractométrica a 20 °C (°Brix)	-	13.0
pH a 20 °C	-	4.0
Acidez titulable expresada como ácido cítrico en %	0.2	-

Fuente: ([Ministerio de Salud y Protección Social, 2013](#)).

Tabla 1-9. Requisitos microbiológicos de refrescos de fruta.

Producto	Requisitos	Parámetro			
		n	M	M	c
Refrescos de fruta pasteurizados	Recuento de microorganismos mesófilos ufc/ml	5	100	300	1
	Recuento de E Coli ufc/ml	5	< 10	-	0
	Recuento de mohos y levaduras ufc/ml	5	10	100	1
Refrescos de fruta sometidos a proceso de esterilidad comercial	Microorganismos aerobios y anaerobios	5	Prueba de esterilidad comercial: no debe presentar crecimiento bacteriano		

Fuente: ([Ministerio de Salud y Protección Social, 2013](#)).

Dónde:

n = número de unidades a examinar.

m = índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.

c = número máximo de muestras permisibles con resultado entre m y M.

< = léase menor de.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Ubicación y origen de las muestras de mangostino (*Garcinia Mangostana*).

Se realizó la recolección de las muestras del fruto de Mangostino (*Garcinia Mangostana*) en la finca La Carolina, la cual cuenta con el principal cultivo ubicado en el kilómetro 2 de la vía que de San Sebastián de Mariquita conduce al municipio de Honda – Tolima, con más de 7000 árboles en producción. El terreno es propiedad de la empresa agroindustrial Natturale, con coordenadas geográficas de latitud 5°11'41.0" N, longitud 74°52'19.3" W y altitud de 495 msnm, fueron escogidas frutas con madurez fisiológica y al momento del despulpado aumento hasta obtener una cascara de color rojo-violácea, indicando un estado de madurez organoléptica, en donde se obtuvo unos grados °Brix promedio de 16

(°Bx) y una acidez titulable de 0,62% expresado en ácido cítrico con un índice de madurez de (IM) 26.

Figura 1-11. Vista satelital cultivo de Mangostino en Mariquita – Tolima.



<https://www.google.com.co/maps>

Figura 1-12. Finca La Carolina, con 7000 árboles de mangostino (*Garcinia Mangostana*).



Fuente: <https://www.google.com.co/maps>

1.4.2 Adecuación y conservación de la muestra.

El material vegetal se seleccionó verificando que las frutas se encontraran sanas y de color rojo-violáceo para obtener el mejor sabor de la pulpa, se sometió a una operación de separación de pulpa, semilla y cáscara, posteriormente se congeló la pulpa y la cáscara fue sometida a un proceso de conservación mediante secado en horno Memmert UF 55^{Plus}, a una temperatura controlada de 39 ± 1 °C durante 24 horas.

Figura 1-13. Cáscara de mangostino secando en horno Memmert UF 55^{Plus}.



Fuente: El autor.

El material seco se trituró en molino de martillos IKA MF100 Basic, a 4600 RPM para conseguir un granulado fino tamizado por malla de 1 milímetro de diámetro y se almacenó en refrigeración en bolsa sellada al vacío hasta el momento de su uso en las distintas extracciones.

Figura 1-14. Operación de triturado en molino IKA MF100 Basic.

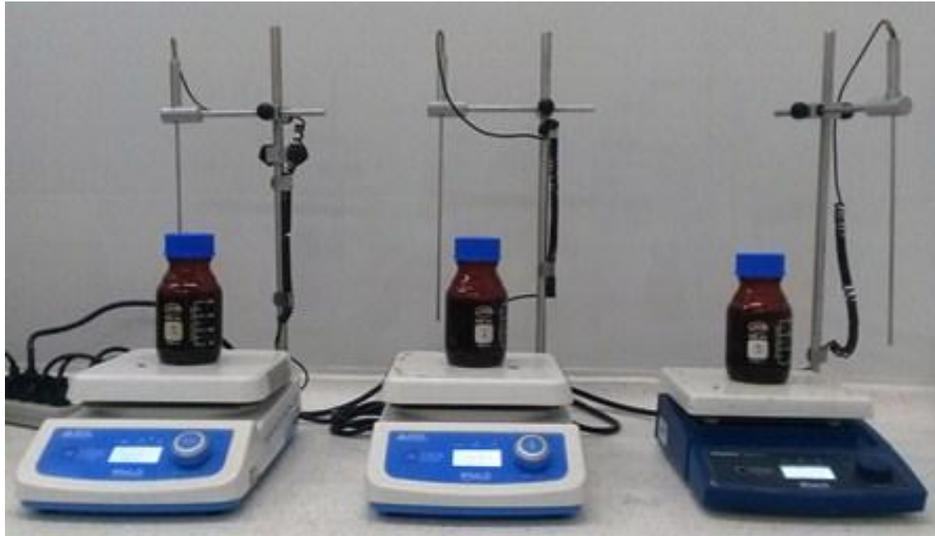


Fuente: El autor.

1.4.3 Extracción y rendimiento del colorante de mangostino (*Garcinia Mangostana*).

Para la extracción del colorante se usó disolventes por separado, alcohol etílico potable al 99,6%, agua destilada y la combinación 50:50 entre agua y alcohol etílico al 99,6%. A cada disolvente se adicionó una proporción del 10% P/V de material vegetal seco y molido de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*). Cada muestra con su respectivo disolvente se sometió a una agitación constante en mesa magnética con rotación de 1000 RPM durante 24 horas con una temperatura ambiente que osciló entre los 24 °C y 28 °C.

Figura 1-15. Material vegetal con disolvente en mesa magnética.



Fuente: El autor.

Posteriormente se filtró al vacío con embudo Büchner y papel filtro de 110 mm de diámetro, se repitió la operación en dos oportunidades más hasta que redujo la percepción de color en el disolvente filtrado. Posteriormente los tres extractos fueron llevados al determinador de humedad PRECISA XM60 donde se comprobó el disolvente que ocasiono la extracción de mayor eficacia, expresado en porcentaje de sólidos totales (% ST).

Figura 1-16. Filtrado al vacío con embudo Buchner.



Fuente: El autor.

La torta residual resultante se almacenó en refrigeración a 4 °C en bolsas selladas al vacío hasta el momento de su análisis bromatológico final.

Figura 1-17. Extractos obtenidos de izquierda a derecha: (acuoso, hidroalcohólico, alcohólico).



Fuente: El autor

1.4.4 Evaluación de la actividad antioxidante del extracto colorante por DPPH•.

En la determinación de la actividad antioxidante para cada extracto obtenido, se tomó 150 μ L de la muestra de extracto colorante adicionándose con 850 μ L de la disolución del DPPH• al 0,1 mM. Las muestras son llevadas a una recámara oscura durante un tiempo de 30 minutos a temperatura ambiente (28 ± 1 °C), se mide la absorbancia a 518 nm en espectrofotómetro Génesis en celda de cuarzo de 1ml, aclarando que cada medición se realiza por triplicado para verificar la persistencia de los resultados.

Se establece como patrón de referencia el ácido ascórbico, el cual es un antioxidante de frecuente uso en la industria alimentaria. Al momento de evaluar los distintos extractos respecto a la proporción de la inhibición antioxidante de las muestras, estas se expresan en ppm, con el extracto en agua destilada a pH 4,13 y acidificado a pH 3,7. También con extracto en alcohol etílico a pH 4,7 y acidificado a pH 3,7 y por último el extracto con la mezcla de los disolventes anteriores en relación 1:1 con pH 4,75 y acidificado hasta un pH 3,7.

El resultado de la prueba antioxidante se reporta como el porcentaje de inhibición a la oxidación, haciendo referencia al número del radical DPPH• neutralizado por acción del extracto según concentración conocida, en la cual se implementa el siguiente calculo:

Ecuación 1-1. Porcentaje de inhibición antioxidante.

$$\% \text{ Inhibición} = \frac{A - A_1}{A} \cdot 100$$

Dónde:

A = absorbancia del blanco.

A₁ = absorbancia de la muestra.

Con la ayuda de la aplicación Statgraphics se realizó una regresión lineal simple, donde se pudo modelar el comportamiento de la inhibición de la oxidación a distintas concentraciones de la solución antioxidante, realizando una comparación final de la capacidad de los extractos expresado por el numero IC₅₀.

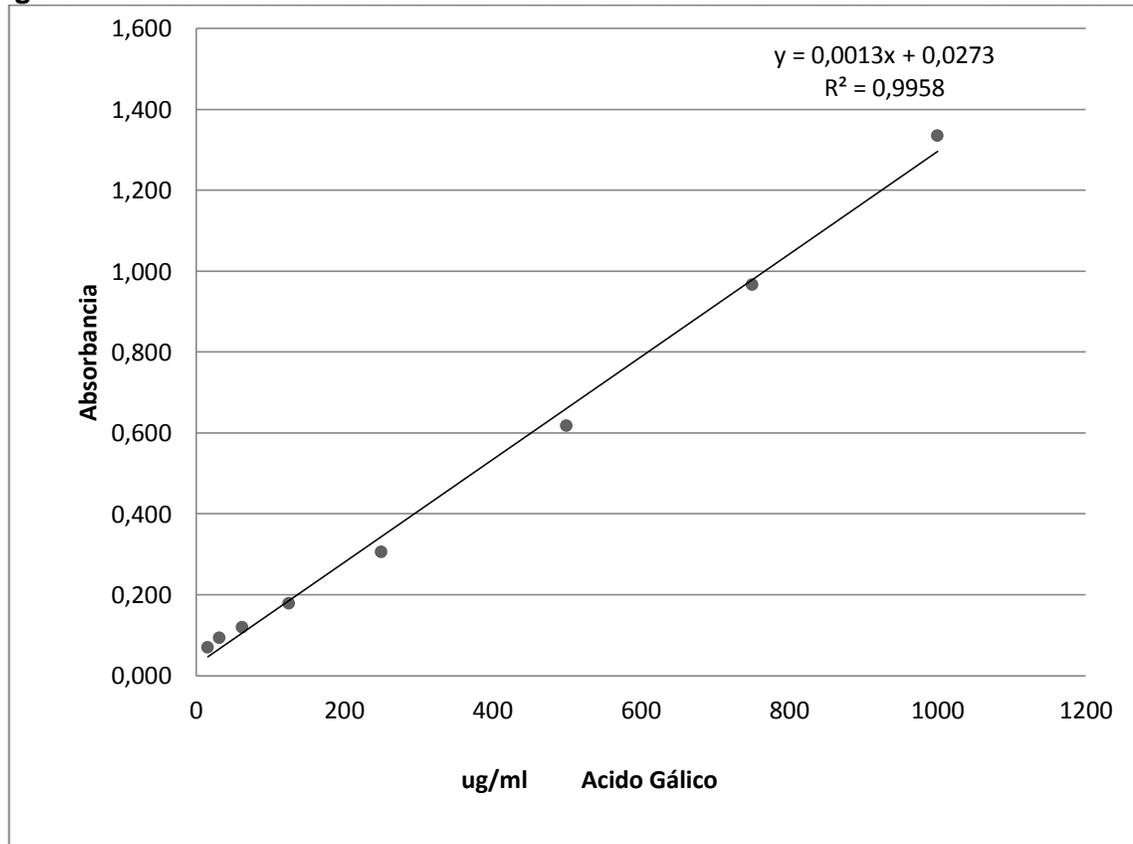
1.4.5 Evaluación de la actividad antioxidante del extracto colorante por ABTS•.

En la determinación de capacidad antioxidante se realizó la captura del radical ABTS• 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico), midiendo la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica ([Kuskoski et al., 2005](#)). Se realizó calibración de la curva con concentraciones conocidas de ácido ascórbico en un ambiente oscuro en presencia de la solución del radical ABTS•. Posteriormente se realiza lectura a 734 nm con espectrofotómetro Génesis en celda de cuarzo de 1ml. Se interpola la concentración del ácido ascórbico en el eje X y sus absorbancias en el eje Y, para proceder a calcular la ecuación de la recta. Se usó el aplicativo Statgraphics para expresar la capacidad antioxidante con el método IC₅₀.

1.4.6 Determinación del contenido fenólico.

La cuantificación de fenoles totales en el extracto tipo colorante de mangostino (Garcinia Mangostana) se realizó utilizando el procedimiento de con el reactivo de Folin-Ciocalteu ([Singleton, Orthofer, & Lamuela, 1999](#)). Se realizó una curva de calibración previa con concentraciones conocidas de ácido gálico a 760 nm de absorbancia en espectrofotómetro para comparar con los valores de absorbancia de la muestra, la absorbancia de las muestras se interpoló en una curva de calibración preparada con ácido gálico de 15,62 -1000 µg/ml ácido gálico. Los resultados se expresan como miligramos equivalentes de ácido gálico/100 ml de extracto. Las lecturas se realizaron en lector de micro placas Multiskan Go.

Figura 1-18. Curva de calibración del Ácido Gálico con el método Folin-Ciocalteu.



Fuente: El autor

$Y = 0,0013X + 0,0273$, donde las variables X (Contenido de ácido gálico del extracto) y las variables Y (absorbancia del extracto) y con ella se puede predecir el contenido de fenoles de cada extracto según la absorbancia del mismo.

1.1.1 Evaluación del color extraído de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*)

Al evaluar los extractos en el aspecto de color, se usan las coordenadas espaciales CIELab, aplicadas en el colorímetro Konica Minolta Cr-5 calibrado para líquidos y generando las coordenadas L^* , a^* , y b^* . Se toma como patrón de cada disolvente el filtrado 1, posteriormente se toma medición de los filtrados 2 y 3 para establecer la disminución de la intensidad de color a través de cada filtrado.

Figura 1-19. Medición de color en Colorímetro Konica CR 5.



Fuente: El autor

La cuantificación del color se realizó cada semana durante un mes y se conservó las muestras a 4 °C.

1.4.7 Elaboración del refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*)

Para la elaboración del refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*) se realizó una formulación base en donde se mezcló la pulpa de mangostino (*Garcinia Mangostana*), azúcar refinada y agua, balanceando la mezcla para cumplir con los requerimientos físicos exigidos por la normativa colombiana, garantizando 8% de contenido de pulpa y 6 % de sólidos solubles. Después de la pasteurización del refresco, se envaso un lote con producto natural, otro con adición del extracto colorante elegido y un tercero con adición de ácido ascórbico a una concentración del 0,1 %.

Figura 1-20. Lotes de refresco de mangostino para realización de pruebas de caracterización.



Fuente: El autor

1.4.8 Determinación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del refresco.

Para la determinación de sólidos solubles presentes en los tres prototipos de refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*), se utilizó el refractómetro óptico Atago (0 – 32 °Bx), se adicionó 3 gotas de cada muestra y se realizó lectura refractométrica a 20 °C.

Figura 1-21. Lectura refractométrica del refresco de mangostino.



Fuente: El autor

En la valoración de proporción de ácido presente en el refresco, se realizó una titulación con hidróxido de sodio a concentración 0,1 N y fenolftaleína, el método fue aplicado en

bureta digital Titronic hasta que la muestra alcanzó un pH de 8,3. Posteriormente se expresó como porcentaje de ácido cítrico implementando el siguiente calculo:

Ecuación 1-2. Determinación de % de ácido cítrico.

$$\% \text{ Ácido Cítrico} = \frac{N \times \text{NaOH} \times \text{Meq}}{\text{muestra}} \times 100$$

Dónde:

<i>N</i>	<i>normalidad del NaOH</i>
<i>NaOH</i>	<i>mililitros de NaOH gastados</i>
<i>Meq</i>	<i>miliequivalentes del ácido cítrico</i>
<i>Muestra</i>	<i>mililitros de muestra del refresco</i>

Figura 1-22. Titulación con bureta digital Titronic.



Fuente: El autor

En la medición de pH se utilizó el potenciómetro Lovibond SD300 calibrado con soluciones buffer a pH 4, 7 y 10.

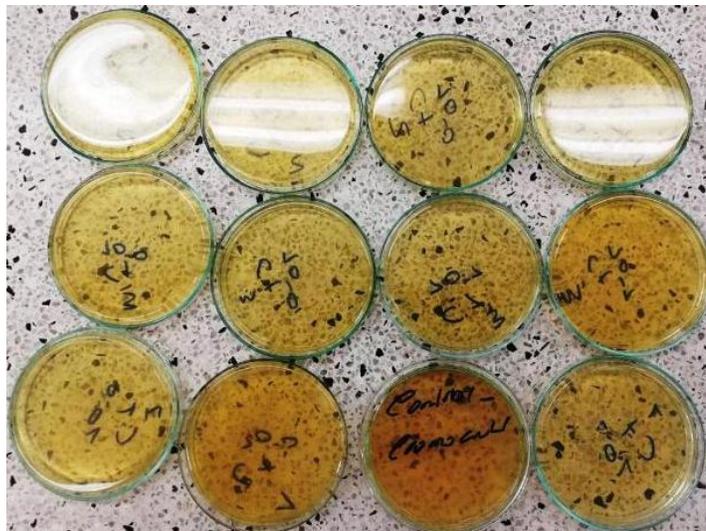
Figura 1-23. Potenciómetro Lovibond SD300



Fuente: El autor

Para el recuento de microorganismos como parámetro microbiológico exigido por la resolución 3929 del 2013, se usó siembras en caja de Petri con agar Plate Count, Chloramphenicol Glucose (YGC) y Chromocult. Se llevó a incubadora Memmert a 37 °C realizando conteo posterior de los microorganismos *E Coli*, coliformes totales, mohos y levaduras.

Tabla 1-10. Cajas de Petri con agar para conteo microbiológico del refresco de mangostino.



Fuente: El autor

1.4.9 Evaluación sensorial de los refrescos de mangostino formulados.

Se hizo una evaluación sensorial con 30 jueces sin entrenamiento, en ella se midió los atributos de color, olor, sabor y aceptabilidad general por medio de una escala hedónica de 9 puntos (1 me disgusta extremadamente, 2 me disgusta mucho, 3 me disgusta bastante, 4 me disgusta ligeramente, 5 ni me gusta ni me disgusta, 6 me gusta ligeramente, 7 me gusta bastante, 8 me gusta mucho y 9 me gusta extremadamente) ([Stone, Sidel, Oliver, Woolsey, & Singleton, 2004](#)), los cuales se plasmaron en el formulario de evaluación. La prueba se realizó en 3 momentos, el día 19 de mayo, el 1 de junio y el 14 de junio del 2018, equivalentes a un día posterior a su fabricación, dos y cuatro semanas después del almacenamiento refrigerado a 4 °C, en cada momento participó 10 jueces. En cada sesión de pruebas los jueces evaluaron los tres prototipos a una temperatura de 4 °C. Se solicitó a cada evaluador no haber consumido previamente alimentos como café, tampoco fumado, al igual que se recomendó al terminar cada muestra tomar agua y comer galletas de soda sin sal, para neutralizar los sabores evitando interferir con la siguiente muestra a probar ([J. S. Ramírez & Castro, 2014](#)).

Figura 1-24 Formulario y muestras para realizar evaluación sensorial.



Fuente: El autor

2. CAPITULO II RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1 Rendimientos de las extracciones del colorante a partir de la cáscara de mangostino mediante el uso de agua y etanol en distintos términos de polaridad.

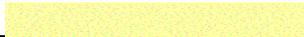
2.1.1 Rendimientos de extracción y medición del color en los extractos.

Los resultados presentados en la extracción de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) de los tratamientos con mezcla agua – etanol 1:1 v/v, tratamiento con alcohol etílico concentrado al 96% y tratamiento con agua expresados en porcentaje de sólidos fueron 2,31 ±0,01 %, 1,70 ±0,12 % y 0,92 ±0,13 % respectivamente. Lo anterior muestra que existe diferencia significativa ($p < 0.05$, IC = 95%), destacando que el tratamiento agua – etanol muestra el mejor método de extracción. Este fenómeno se puede explicar debido a que el agua actúa como un agente de hinchamiento del tejido vegetal, aumentando la superficie de contacto, mientras que el etanol induce la ruptura del enlace entre los solutos y la matriz ([Medina-Torres, Ayora-Talavera, Espinosa-Andrews, Sánchez-Contreras, & Pacheco, 2017](#)), aumentando considerable los rendimientos de extracción.

A pesar que el rendimiento de la extracción en sólidos totales es relativamente bajo comparado con técnicas de tecnologías de punta como la liofilización y la pulverización con spray dry. La extracción propuesta se considera sencilla y fácilmente aplicable en las áreas rurales de Colombia, debido a que no requiere altos costos de inversión en infraestructura y operación, por lo tanto, el proceso puede ser auto sostenible al recuperar el etanol para ser empleado en una posterior extracción.

Los resultados de color medidos en coordenadas CIELab, registró lo siguiente; tratamiento agua – etanol: $L^* = 62,53$, $a^* = 17,23$ y $b^* = 56,86$; tratamiento etanol: $L^* = 88,79$, $a^* = -7,54$ y $b^* = 81,95$ y tratamiento agua: $L^* = 3,14$, $a^* = 15,45$ y $b^* = 4,94$. En la Tabla 2-2 se observa la diferencia en cuanto al color con diferentes tratamientos y sus respectivos filtrados.

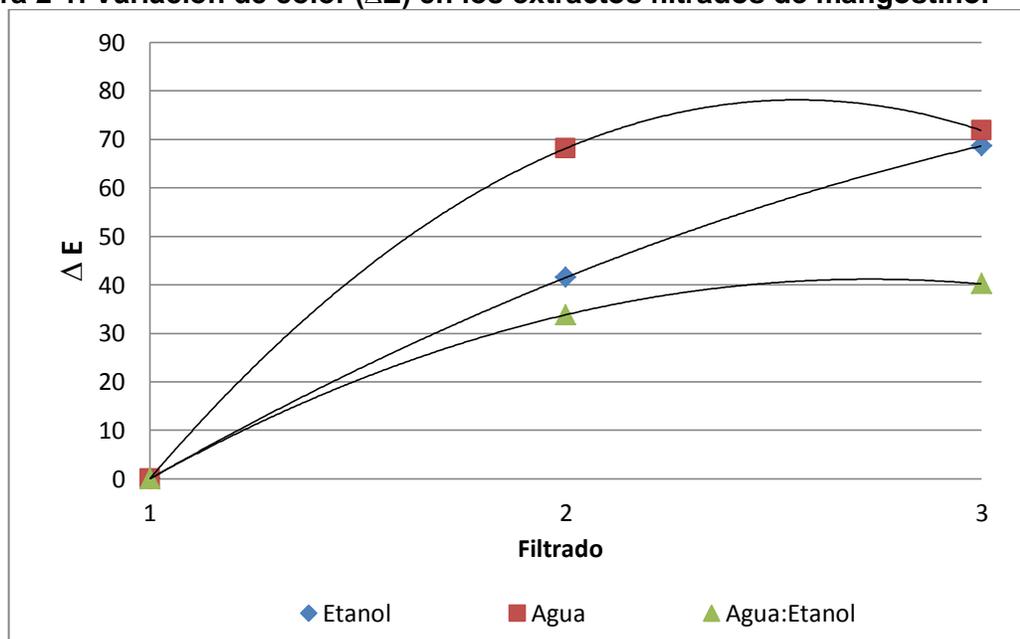
Tabla 2-1 Colores obtenidos por disolvente y por número de filtrado con coordenadas CIELab

DISOLVENTE	FILTRADO 1	FILTRADO 2	FILTRADO 3
Tratamiento Agua-etanol	 L*62,53 a*17,23 b*56,86	 L*86,31 a*-5,24 b*48,28	 L*87,91 a*-5 b*35,03
Tratamiento Etanol	 L*88,79 a*-7,54 b*81,95	 L*96,85 a*-12,9 b*41,58	 L*99,04 a*-5,42 b*14,1
Tratamiento Agua	 L*3,14 a*15,45 b*4,94	 L*60,75 a*8,05 b*40,57	 L*68,83 a*3,19 b*31,38

Fuente: <http://www.workwithcolor.com>

En la siguiente Figura 2-1 se presentan las variaciones de color con respecto a los tres ejes (L^* , a^* , b^*), correspondiente al delta ΔE , donde se evidenció el cambio de color entre la medición del primer y el segundo filtrado de los extractos, indicando presencia de compuestos orgánicos tipo colorante. En el filtrado tres y respecto a la medición del filtrado dos, se presentó una disminución importante en el ΔE , indicando que los siguientes filtrados no generan extractos con colores que puedan obtener material de interés. A medida que el material vegetal es afectado por los disolventes y el número de filtrados, el potencial de color se pierde al aumentar la medición en el eje L^* (luminosidad) lo que conlleva a ser transparente, y en los ejes a^* y b^* la saturación de color se acerca a valores de $a^*=0$ y $b^*=0$, perdiendo cualquier tonalidad de color. La pérdida de color de los extractos al transcurrir los filtrados, contrasta con la disminución de sólidos totales medidos después de cada filtrado, en donde el porcentaje disminuyó hasta llegar a niveles cercanos a 0%, en los tratamientos 3, 6 y 9.

Figura 2-1. Variación de color (ΔE) en los extractos filtrados de mangostino.



De igual forma se evidenció que el color es afectado por la variación del potencial de hidrogeno del extracto, al acidificar el tratamiento agua-etanol, tratamiento etanol y tratamiento agua, hasta un pH = 3,7 en donde inicialmente el tratamiento agua-etanol tuvo un pH = 4,7, el tratamiento etanol un pH = 4,75 y el tratamiento agua un pH = 4,13. El color registro cambios respecto a las mediciones realizadas para el primer filtrado, obteniendo coordenadas CIELab distintas reportadas en la tabla 2-2.

Tabla 2-2. Colores obtenidos por disolvente y con cambio de pH en filtrado 1 con coordenadas CIEL*a*b*.

DISOLVENTE	pH Natural	pH 3,7
Tratamiento agua -etanol	 L*62,53 a*17,23 b*56,86	 L*61,66 a*44,84 b*53,18
Tratamiento Etanol	 L*88,79 a*-7,54 b*81,95	 L*81,06 a*5,17 b*73,98
Tratamiento Agua	 L*3,14 a*15,45 b*4,94	 L*5,6 a*23,31 b*9,19

Fuente: <http://www.workwithcolor.com>

La luminosidad (L^*) no tuvo una apreciable afectación, la cual se puede considerar como insignificante. Igualmente, el eje representativo de los colores que varían desde azul hasta amarillo (b^*) se encontró una pequeña disminución en sus valores, perdiendo un poco de tonalidad amarilla. La diferencia notoria se dio en el aumento de los valores del eje que representa los colores desde verde hasta rojo (a^*), concluyendo que al acidificarse el extracto los mismos acentuaron la tonalidad hacia el rojo, siendo visibles fácilmente como ejemplifica la tabla 2-2. Lo cual se explica porque los pigmentos de antocianina presentes en los extractos sufren cambios estructurales reversibles con los cambios de pH manifestados por el cambio de su espectro de absorción ([Guamán, 2009](#))

2.2 Potencial antioxidante y contenido fenólico de los extractos tipo colorantes de mangostino y el efecto de la variación de pH.

2.2.1 Actividad antioxidante.

La actividad antioxidante medida mediante DPPH• y ABTS• de los extractos obtenidos de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) mostró los siguientes resultados (ver Tabla 2-3).

La mejor actividad antioxidante se reflejó en los tratamientos hidroalcohólicos T3 y T4, sin embargo, el T3 presenta un IC_{50} de 145,83 ppm significativamente diferente ($p < 0.05$) al extracto T4 pH 4,75 de 167,20 (Un bajo IC_{50} indica una mayor capacidad antioxidante). Los tratamientos acuosos T1 y T2 mostraron la menor capacidad antioxidante, puesto que a un pH de 3,7 presentó un IC_{50} de 816,09 ppm, finalmente los tratamientos etanólicos T5 y T6 fueron mucho mejor que los tratamientos acuosos.

Tabla 2-3. Valores de IC₅₀ de diferentes extractos de cáscara de mangostino analizados por los métodos de eliminación de radicales DPPH• y ABTS•.

Tratamiento	ppm (µg/ml)	Límite de predicción 95%		Límite de confianza 95%		R ²
		Inferior	Superior	Inferior	Superior	DPPH•
Patrón Ácido Ascórbico	2,19	32,41	67,56	43,05	56,92	97,78
T1: Extracto Agua; pH 4,13	777,23	27,12	72,88	37,16	62,84	90,04
T2: Extracto Agua; pH 3,70	816,09	28,47	76,52	39,01	65,98	94,54
T3: Extracto Agua:Etanol; pH 4,75	145,83	20,15	102,15	28,71	71,29	88,45
T4: Extracto Agua:Etanol; pH 3,70	167,2	24,19	75,82	39,34	60,67	95,99
T5: Extracto Etanol; pH 4,70	406,74	26,02	73,98	39,56	60,44	92,62
T6: Extracto Etanol; pH 3,70	220,7	34,81	65,17	43	56,98	98,69
Tratamiento	ppm (µg/ml)	Inferior	Superior	Inferior	Superior	ABTS•
Patrón Ácido Ascórbico	2,17	39,43	60,56	45,94	54,04	98,95
T1: Extracto Agua; pH 4,13	467,68	12,59	87,41	33,33	66,67	93,77
T2: Extracto Agua; pH 3,70	562	35,1	64,94	43,38	56,66	98,43
T3: Extracto Agua:Etanol; pH 4,75	183,7	28,03	71,97	40,68	59,32	97,01
T4: Extracto Agua:Etanol; pH 3,70	216,87	39,96	60,04	45,42	54,58	99,33
T5: Extracto Etanol; pH 4,70	343,59	28,45	71,55	41,35	58,65	96,85
T6: Extracto Etanol; pH 3,70	349,27	20,92	79,08	37,84	62,16	93,11

Con el radical ABTS• se reflejó los tratamientos hidroalcohólicos T3 y T4, sin embargo, el T3 se destaca con un IC₅₀ de 183,70 ppm significativamente diferente (p<0.05) al extracto T4 pH 3,70 de 216,87 µg/ml. Los tratamientos acuosos T1 y T2 mostraron la menor capacidad antioxidante, puesto que a un pH de 3,7 presentó un IC₅₀ de 562,00 ppm, finalmente los tratamientos etanólicos T5 y T6 fueron mucho mejor que los tratamientos acuosos.

Los resultados sugieren que el disolvente hidroalcohólico al 50% de etanol es una mezcla eficaz para extraer compuestos con actividad antioxidante lo cual se refleja con las metodologías DPPH• y ABTS•. Además, los principales antioxidantes presentes en la cáscara de mangostán poseen polaridad entre el agua y el etanol en las condiciones experimentales ([W Suttirak & Manurakchinakorn, 2009](#)).

Con miras a definir un proceso a mayor escala tipo industrial es necesario tener en cuenta el punto de vista económico y el tratamiento de los efluentes generados, ([Weerayuth Suttirak & Manurakchinakorn, 2014](#)), de acuerdo a los resultados obtenidos al usar el disolvente hidroalcohólico al 50% de etanol, se podría recuperar el alcohol para ser usado nuevamente en una posterior extracción, reduciendo los costos por compra del

disolvente. El agua empleada en la extracción no es necesaria recuperar, además los costos de evaporación del agua son altos y demandan elevados recursos energéticos, por lo tanto, el extracto colorante obtenido puede ser utilizado en un alimento procesado de la línea hortofrutícola debido a que el agua contenida en el extracto termina haciendo parte de la composición del alimento.

Manasathien y Khanema (2015), reportó para extractos de cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) etanólicos y acuosos un IC₅₀ para DPPH• de 1199,85 ±47,16 y 2435,71 ±273,74 µg/mL respectivamente, encontrando que la fracción etanólica tiene expresados en IC₅₀ una actividad antiradicalaria dos veces mayor que los extractos acuosos (Manasathien & Khanema, 2015). Mientras que en el presente estudio se obtuvo para la fracción etanólica y acuosa de 406,74 ±29,21 µg/mL y 777,23 ±5,49 µg/mL respectivamente, además, para el extracto hidroalcohólico se obtuvo un IC₅₀ de 145,83 ±1.96 µg/mL, los resultados fueron mejores que los reportados por Manasathien (2015). Este tipo de actividad antioxidante medidas a través de esta metodología se ven claramente afectados de acuerdo a la madurez de la fruta, puesto que la cáscara de la fruta joven puede ser el resultado de mayores contenidos fenólicos y taninos totales (Pothitirat, Chomnawang, Supabphol, & Gritsanapan, 2009).

2.2.2 Contenido fenólico.

El mejor contenido de compuestos fenólicos se reportó (ver Tabla 2-5 y Figura 2-2) en las extracciones con disolventes etanólicos, sin embargo, la extracción T3 (agua:etanol a pH 4,75) presentó 322 ± 9,14 mg EAG/100 ml extracto, lo cual es significativamente diferente ($p < 0,05$) a los tratamientos T4 (agua:etanol a pH 3,7) y T5 (etanol a pH 4,7), que reportaron contenidos fenólicos de 239,88 ±1,58 y 248,8 ±1,03 mg EAG/100 ml extracto respectivamente (ver Tabla 2-5). El extracto T6 (etanol a pH 3,7) mostró 212,46 ±0,87 EAG/100 ml extracto. Por último, los tratamientos T1 (agua a pH 4,13) y T2 (agua a pH 3,7) mostraron el menor contenido de compuestos fenólicos, donde se reportó 100,04 ±8,97 y 102,9 ±2,73 mg EAG/100 ml extracto respectivamente; sin reportar diferencia significativa ($p > 0,05$).

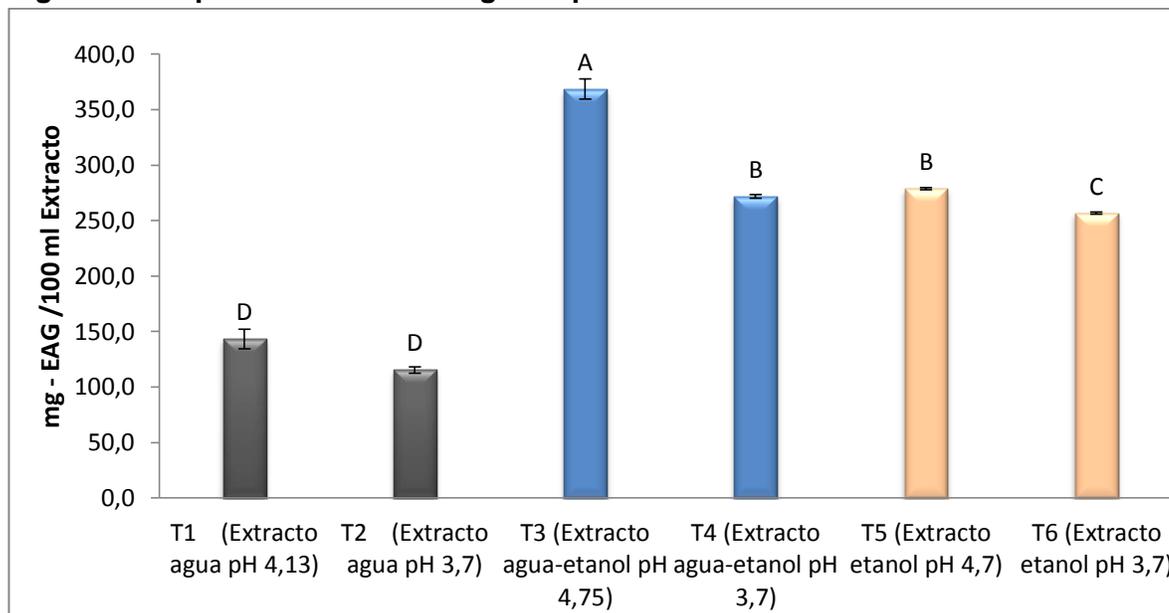
Tabla 2-4. Agrupación de medias de los tratamientos por método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	Media (mg EAG/100 ml extracto)	Agrupación*
T3: Agua-etanol a pH 4,75	322 ± 9,14	A
T5: Etanol a pH 4,7	248,88 ± 1,033	B
T4: Agua:etanol a pH 3,7	239,88 ± 1,58	B
T6: Etanol a pH 3,7	212,46 ± 0,87	C
T2: Agua a pH 3,7	102,9 ± 2,73	D
T1: Agua a pH 4,13	100,04 ± 8,97	D

* Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

El reporte de la tabla 2-5 concuerda con estudios de recuperación de fenoles en frutas por extracción con disolventes líquidos a diferentes temperaturas, donde se determina que los disolventes adecuados son las mezclas acuosas con etanol, metanol, acetona y dimetilformamida ([Antolovich, Prenzler, Robards, & Ryan, 2000](#)). También es de anotar que la naturaleza polar de los compuestos fenólicos presentes en las frutas son altamente solubles en disolventes alcohólicos e hidroalcohólico ([Masci et al., 2016](#)).

Figura 2-2. Equivalentes de ácido gálico presentes en cada extracto.



Fuente: El autor

Es importante resaltar que la concentración de compuestos fenólicos extraídos tiene como aspecto relevante el tipo de disolvente empleado en la percolación, concordando con otros resultados como el publicado por Suttirak, ([W Suttirak & Manurakchinakorn, 2009](#)), donde el extracto de 50% etanol exhibió el TPC (compuestos fenólicos totales) más alto con 152,52 g de equivalentes de ácido gálico/kg, seguido del 80% etanol con 142,17 g equivalentes de ácido gálico/kg y etanol puro con 63,11 g equivalentes de ácido gálico/kg, el extracto de agua destilada fue el menor con 16,05 g equivalentes de ácido gálico/kg ([W Suttirak & Manurakchinakorn, 2009](#)). El orden de rendimiento de TPC es igual al obtenido en el presente estudio, los cuales fueron T3, T5 y T1 de mayor a menor contenido fenólico.

2.3 Estabilidad del color obtenido de la cáscara en un refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*), y su comportamiento según los parámetros físico-químicos y microbiológicos de la resolución 3929 del 2013.

2.3.1 Medición de color en el refresco de mangostino.

Se eligió el extracto colorante de agua – etanol por ser el de mayor rendimiento en sólidos totales obtenidos de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*), el de mayor actividad antioxidante y el de mejor contenido de compuesto fenólicos, para ser uno de los tratamientos empleados en el refresco de Mangostino (*Garcinia Mangostana*), junto al tratamiento con ácido ascórbico y un tratamiento natural, sin aditivos.

El color medido en coordenadas CIELab, arrojó distintos resultados según el tratamiento empleado para cada refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*). En el primer tratamiento se adiciona ácido ascórbico al refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*), al día siguiente (Día 1) se realiza la medición de color generando las coordenadas L* 84,15, a* 0,82 y b* 12,77. En el segundo tratamiento se adiciona el extracto colorante de agua-etanol al refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*), al día siguiente (Día1) se realiza la medición de color generando las coordenadas L* 79,79, a* 1,69 y b* 16,17. En el tercer tratamiento y como control no se adiciona ningún coadyudante en el refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*), al día siguiente (Día 1) se realiza la medición de color generando las coordenadas L* 81,06, a* 2,00 y b* 14,45. Las mediciones se realizaron por triplicado y la desviación estándar reportada en el equipo Colorímetro es de 0.

Posteriormente se repiten las mediciones de color cada semana durante un mes para los tres tratamientos, en donde se mide la variación de color de los refrescos, generados por la degradación que produce la oxidación de los mismos.

Tabla 2-5. Colores obtenidos en el refresco el día 1 y el día 30, por tratamiento en las coordenadas CIELab.

Tratamiento	Día 1	Día 30
Ácido Ascórbico	L*84,15 a*0,82 b*12,77	L*84,39 a*0,78 b*12,74
Extracto Colorante	L*79,79 a*1,69 b*16,17	L*80,17 a*2,28 b*16,01
Natural	L*81,06 a*2 b*14,45	L*79,1 a*3,65 b*15,46

Fuente: El autor

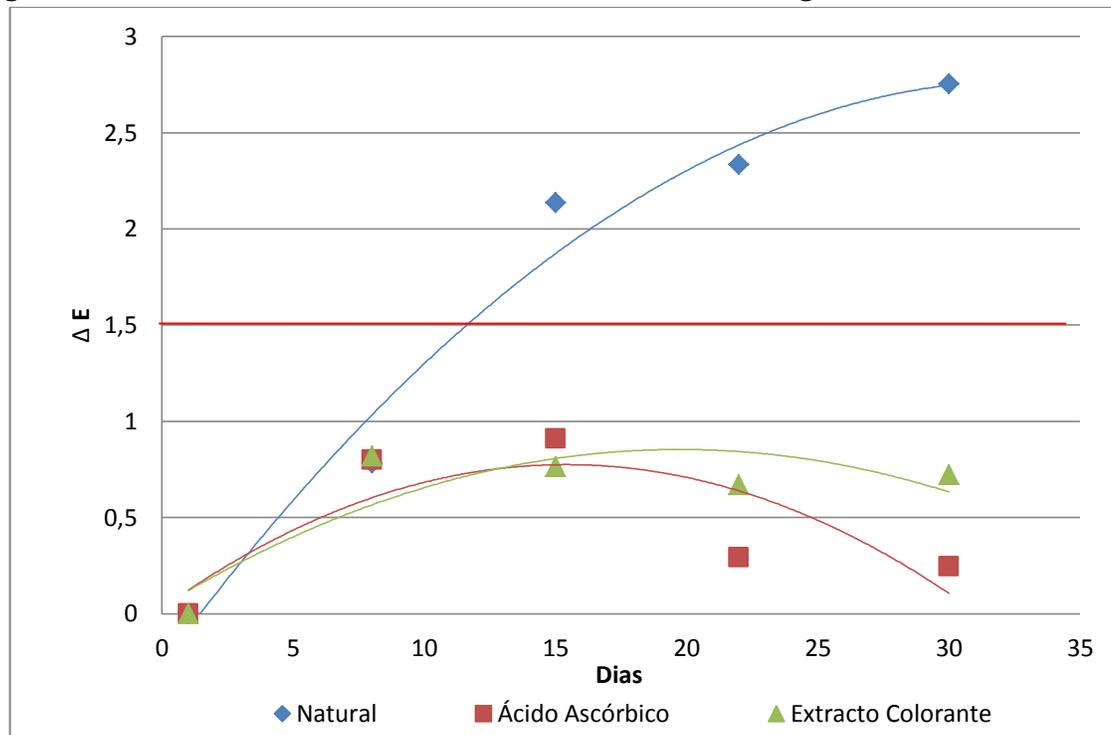
Las muestras individuales se conservaron en un refrigerador a 4 °C durante los 30 días, cada semana se tomaron 3 envases de igual número de tratamientos para evaluar las

variaciones de color. El valor medio del refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*) tratado con ácido ascórbico fue de L^* 84,22, a^* 0,84 y b^* 12,73. Para el refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*) tratado con el extracto colorante de la cáscara fue de L^* 79,83, a^* 2,04 y b^* 16,08 y para el refresco natural, la medición media fue de L^* 79,89, a^* 2,93 y b^* 15,01.

Los valores de L^* variaron de 84,15 a 84,39 (con ácido ascórbico), de 79,79 a 80,17 (con extracto colorante) y de 81,06 a 79,10 (natural), lo que significa que la luminosidad para los tratamientos aumento y para el refresco natural disminuyo, evidenciando cuantitativamente que denota claridad al acercarse a 100 y oscuridad al acercarse a 0, en la escala CIELab para el eje L.

El cambio de color (ΔE) medido en un espacio tridimensional por la escala CIEL*a*b* y después de un mes de almacenamiento se cuantifica en 0,25 para el tratamiento con ácido ascórbico, en 0,72 para el extracto colorante y en 2,75 para el refresco natural, mostrando cambios semana a semana en la figura 2-3.

Figura 2-3 Diferencia total de color de los refrescos de Mangostino durante un mes



El producto natural puede mostrar cambio de color (ΔE) mayor, comparado a los tratamientos aplicados, generando cambios significativos ([G. Rodríguez, Gonzalez, Grajales, Ruiz, & Abud, 2005](#)). Los tratamientos con ácido ascórbico y con el extracto colorante demuestran que durante un mes de almacenamiento refrigerado el refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*) no es posible percibir una diferencia de color de

acuerdo a la escala CIEL*a*b*, por el contrario, el refresco natural presenta mayores cambios de color, reflejándose principalmente en el oscurecimiento del producto. En la grafica ΔE , los puntos ubicados sobre el eje Y de 0 a 1,5 se consideran diferencias pequeñas, de 1,5 a 5 es una diferencia que se puede distinguir y mayor a 5 son diferencias de color evidentes ([Obón, Castellar, Alacid, & Fernández, 2009](#)).

2.3.2 Características físico químicas del refresco de mangostino.

El refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*) se formuló y elaboró con los componentes mínimos para cumplir con los requisitos físicos requeridos en la resolución 3929 del 2013 (Ministerio de salud y de la protección), por lo tanto, el contenido de agua, pulpa de fruta y azúcar es acorde con la normativa, el producto es natural y no contiene aditivos que puedan tener incidencia en características como el pH, acidez titulable, estabilidad y vida útil del producto. Se midió los tres tratamientos del refresco natural de mangostino (*Garcinia Mangostana*) consistentes en el empleo de ácido de ácido ascórbico, el extracto colorante de mangostino (*Garcinia Mangostana*) elegido y un refresco sin ninguna adición, reportando las características en la Tabla 2-7 después de su elaboración para comparar con las exigidas en la resolución mencionada.

Tabla 2-6. Características físico químicas de los refrescos de mangostino.

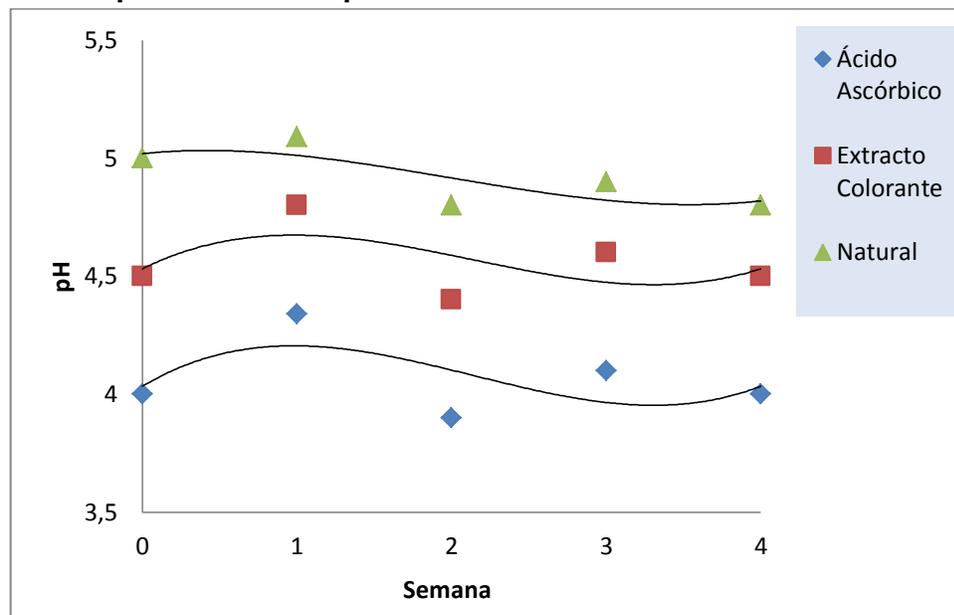
Requisitos	Parámetros		Refresco		
	Min	Max	A. ascórbico	E. colorante	Natural
Sólidos solubles por lectura refractométrica a 20°C (°Brix)	-	13,0	6,0	6,0	6,0
pH a 20°C	-	4,0	4,0	4,5	5,0
Acidez titulable expresada como ácido cítrico en %	0,2	-	0,03	0,01	0,01

Fuente: El autor

Es de destacar que el presente producto se formuló a una concentración de sólidos solubles expresados en sacarosa de 6 °Brix, siendo una bebida apta para consumidores con problemas de obesidad y diabetes, ya que en el mercado los refrescos normalmente están elaborados a 10 °Brix e incluso por normatividad podrían alcanzar unos °Brix de 13. Lo que indica que el presente refresco se formuló con un 46% menos de °Brix del límite máximo exigido por la normatividad. Es de esperar que la sustitución del ácido ascórbico por el extracto tipo colorante no cumpla completamente con los parámetros químicos de pH y acidez titulable exigidos por la 3929 del 2013, por lo tanto, se hace necesario evaluar la acción conservante al adicionar el extracto de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) (ver numeral 2.3.3).

De los tratamientos realizados, el único que cumple con los parámetros físico químicos es el refresco con adición de ácido ascórbico, ya que los grados brix, el pH y la acidez titulable se encuentran en los rangos establecidos por la resolución 3929 del 2013. El refresco natural y el adicionado con el extracto colorante solo cumplieron con el contenido de sólidos solubles y los requisitos de pH y acidez titulable no se encuentran dentro de los parámetros requeridos. Sin embargo, el pH de los tres tratamientos no se alteró significativamente, puesto que osciló alrededor de su pH inicial durante las 4 semanas, como lo muestra la figura 2-4 lo cual indica la estabilidad de las condiciones físico químicas del producto durante el almacenamiento.

Figura 2-4 Comportamiento del pH del refresco en 4 semanas.



2.3.3 Características microbiológicas del refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*).

2.3.3.1 Recuento microbiológico de los refrescos sin pasteurizar.

En el proceso de elaboración del refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*) se realizó una operación de pasteurización, para higienizar el producto y perfilarlo con unas características microbiológicas que no sobrepasen los niveles de carga microbiana exigidos por la resolución 3929 del 2013, para los tres tratamientos se midió la actividad microbiana correspondiente al conteo de microorganismos mesófilos, *Escherichia coli*, mohos y levaduras, siendo evaluados después del envasado en el día 1 hasta cumplir 2 meses de elaboración.

Figura 2-5. Cuantificación de unidades formadoras de colonias (UFC).



Fuente: El autor

Los resultados del análisis microbiológico cuentan con un control en donde se evaluó la presencia de microorganismos en los refrescos de mangostino (*Garcinia Mangostana*) sin pasteurizar, para comparar la eficacia del tratamiento térmico, reportándose los resultados tabla 2-8.

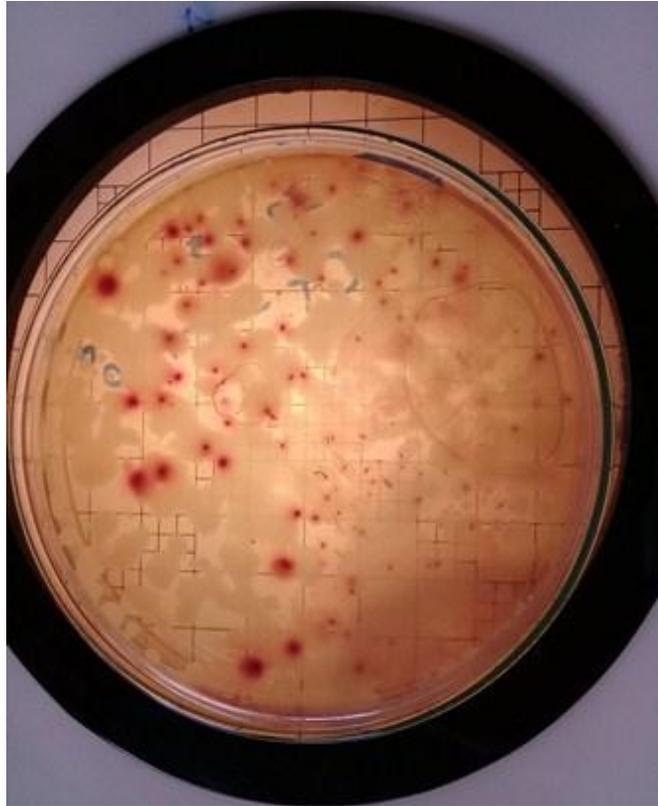
Tabla 2-7. Reporte de cuantificación de microorganismos en el refresco de mangostino sin pasteurizar.

Requisitos	Parámetro		Refresco con:		
	Buena calidad	Aceptable calidad	Ácido ascórbico	Extracto colorante	Natural
Recuento de microorganismos mesófilos ufc/ml	100	300	100	760	> 1600
Recuento de E Coli ufc/ml	< 10	-	0	0	0
Recuento de mohos y levaduras ufc/ml	10	100	280	1300	870

Las bebidas de frutas deben tener un tratamiento de pasteurización o esterilización comercial, pero al realizar un envasado sin ningún tratamiento que elimine

microorganismos se puede comparar la efectividad del mismo una vez sea realizado y su comportamiento durante el tiempo. Se hace necesario realizar la pasteurización debido a los parámetros microbiológicos, donde para el conteo de mesófilos solo cumplió con una aceptable calidad el refresco con ácido ascórbico, todos cumplieron con el parámetro de *E. Coli* y ninguno cumple con el recuento de mohos y levaduras, con una presencia excesiva de dichos microorganismos.

Figura 2-6 Cuantificación microbiológica de refresco de mangostino sin pasteurizar



Fuente: El autor

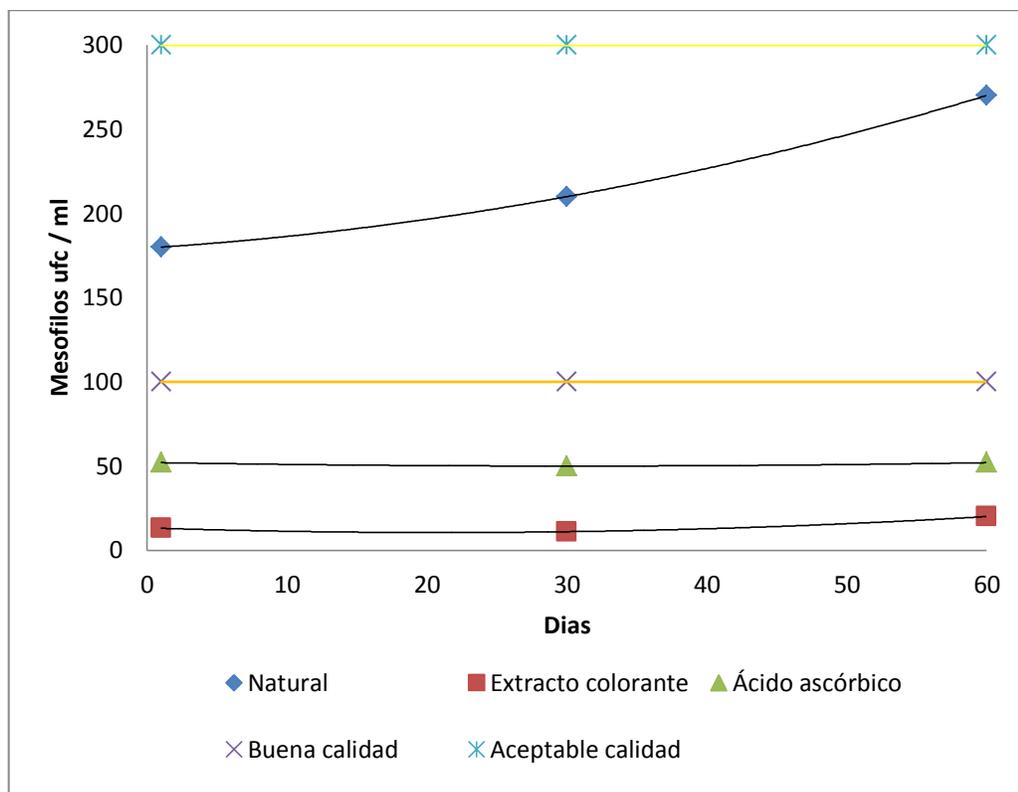
2.3.3.2 Cuantificación microbiológica de los refrescos pasteurizados.

El resultado de las pruebas microbiológicas a los refrescos de mangostino (*Garcinia Mangostana*) pasteurizados arrojó resultados satisfactorios durante el tiempo del estudio. En el recuento de microorganismos mesófilos, la resolución 3929 del 2013 anuncia que el índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad que equivale a 100 ufc/ml, y el índice máximo permisible para identificar nivel de aceptable de calidad es equivalente a 300 ufc/ml. Por lo tanto, ningún tratamiento supero al cabo de 2 meses el límite de aceptable calidad, cumpliendo con el requisito de recuento de microorganismos mesófilos. Se destaca como mejor tratamiento el refresco adicionado de extracto colorante de mangostino (*Garcinia Mangostana*), al quedar calificado con un nivel de buena calidad y un conteo estimado final de 20 ufc/ml, también tiene buena calidad el

refresco adicionado con ácido ascórbico con un conteo estimado final de 52 ufc/ml. El refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*) natural, al no tener ninguna sustancia conservante se ve afectado con mayor contaminación de mesófilos y se cataloga de aceptable calidad con un conteo estimado final de 270 ufc/ml. La tendencia de crecimiento de mesófilos se expone en la figura 2-9.

Debido a la presencia de compuestos fenólicos presentes en el extracto de cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) que se usó en la formulación de la presente bebida ($322 \pm 9,14$ mg EAG/100 ml extracto), el cual provocó una acción bacteriostática y fungistática incluso mejor que la adicionada de ácido ascórbico. Estos resultados concuerdan con los reportados por otros autores, en donde la presencia de compuestos fenólicos en extracto de cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) de $188,53 \pm 6,41$ mg/g GAE obtuvo un efecto antifúngico sobre *B. cinérea* con potencial para ser utilizado como bioconservante de la coliflor y otras especies hortofrutícolas ([Ángel et al., 2014](#)).

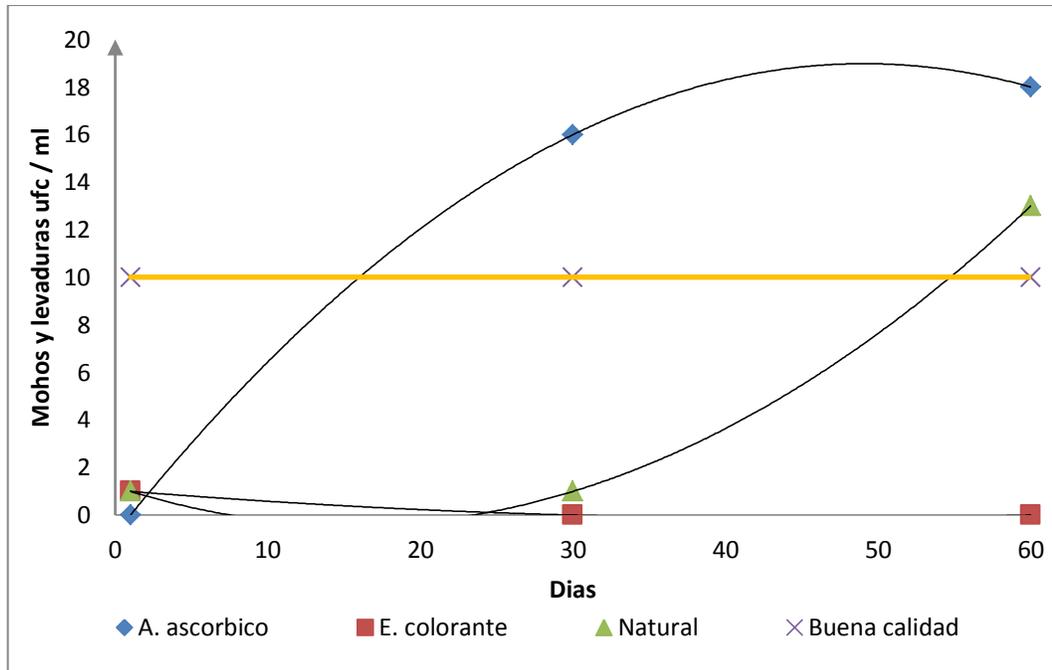
Figura 2-7. Comportamiento de microorganismos mesófilos de los refrescos pasteurizados.



Para el recuento de mohos y levaduras, los parámetros de calidad varían respecto a los de microorganismos mesófilos, por lo tanto el índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad que equivale a 10 ufc/ml, y el índice máximo permisible para identificar nivel de aceptable de calidad es equivalente a 100 ufc/ml. Se destaca como

mejor tratamiento el refresco con adición de extracto colorante, puesto que a los dos meses de su elaboración no mostro crecimiento de mohos y levaduras, catalogándose como un producto de buena calidad, los tratamientos con ácido ascórbico y natural, generaron refrescos de aceptable calidad, debido a la presencia de mohos y levaduras en los cuales se obtuvo un conteo estimado final de 18 ufc/ml y 13 ufc/ml respectivamente. La tendencia de crecimiento de mohos y levaduras se observa en la figura 2-10.

Figura 2-8. Comportamiento de mohos y levaduras de los refrescos pasteurizados.



La resolución 3929 del 2013, no acepta muestras con presencia del microorganismo *E. Coli*, por lo tanto, los tres tratamientos empleados en el refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*) fueron eficaces al no encontrar esta bacteria en ninguna de las pruebas realizadas durante los dos meses de seguimiento. Los recuentos microbiológicos pueden confirmar la capacidad de las operaciones térmicas, su eficacia y la estabilidad del producto durante el almacenamiento refrigerado sin el uso de conservantes ([Pimentel, Madrona, Garcia, & Prudencio, 2015](#)).

2.3.4 Prueba sensorial del refresco de mangostino

Las evaluaciones sensoriales de los refrescos de mangostino (*Garcinia Mangostana*) con tres tratamientos (ácido ascórbico, extracto colorante de cáscara mangostino (*Garcinia Mangostana*) y natural) se realizaron el día 1, el día 15 y el día 30 después de almacenamiento refrigerado a 4 °C. La aceptación de los jueces para cada tratamiento se muestra en las Figuras 2-11, 2-12 y 2-13, encontrándose en valores hedónicos en una escala de 9 puntos.

Figura 2-9. Porcentaje de aceptación del refresco de mangostino con ácido ascorbico.

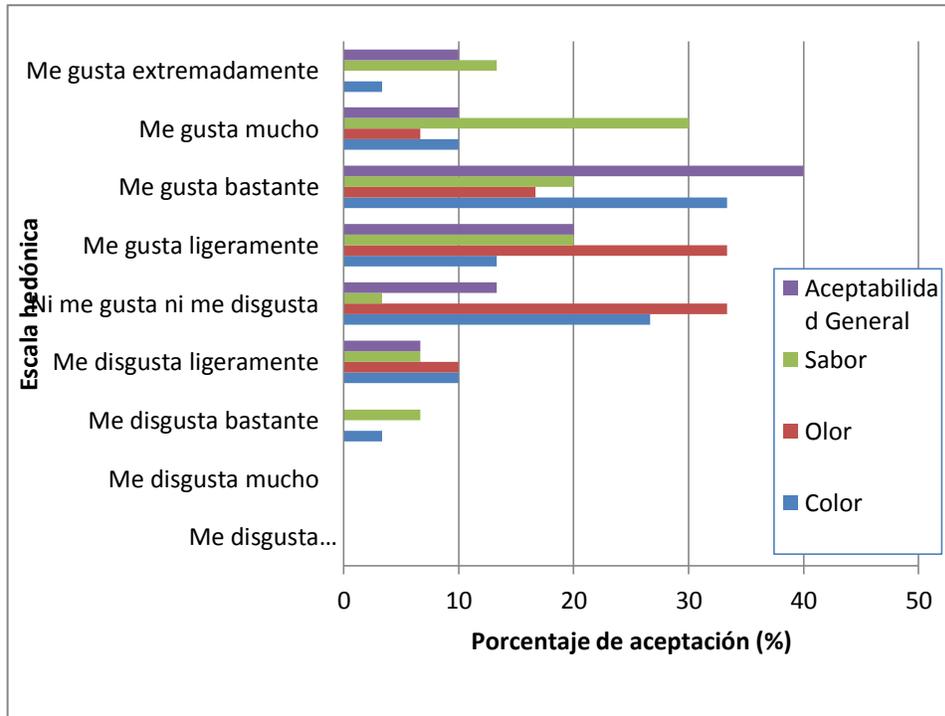


Figura 2-10. Porcentaje de aceptación del refresco de mangostino con extracto colorante.

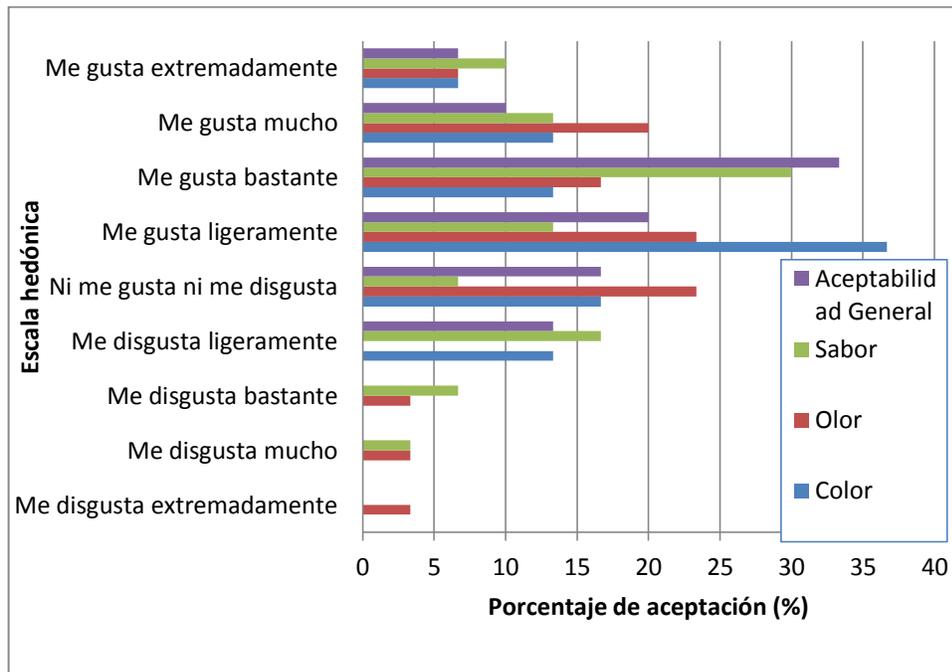
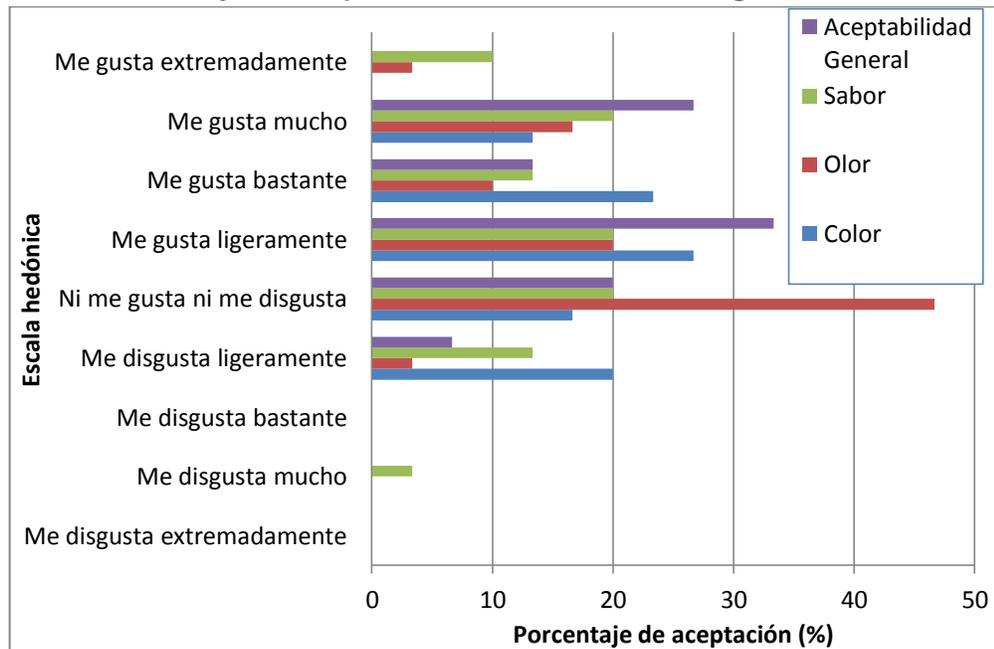


Figura 2-11. Porcentaje de aceptación del refresco de mangostino natural.



El grado de aceptación de los tres refrescos de mangostino (*Garcinia Mangostana*) evaluados sensorialmente en color, olor, sabor y aceptabilidad general por 30 jueces no entrenados del Centro Agropecuario La Granja – Espinal, usando escalas hedónicas de nueve puntos, se presentan en (Tabla 2-10, Tabla 2-11, Tabla 2-12) con los valores de la media y desviación estándar de las calificaciones asignadas en las pruebas.

Tabla 2-8. Valores promedio del análisis sensorial de tres tratamientos de refresco de mangostino realizado por 10 jueces en el día 1 de almacenamiento.

Tratamiento (Evaluación Día 1)	Color	Olor	Sabor	Aceptabilidad general
Ácido Ascórbico	6,2 ±1.03	5,8 ±1.13	6,5 ±1.51	6,4 ±1.43
Extracto Colorante	6,1 ± 1.10	6,1 ±1.59	6,1 ±1.92	6,5 ±0.97
Natural	6,5 ±1.26	5,7 ±0.94	6,0 ±2.16	6,2 ±1.47
p valor (5%)	0,719	0,769	0,825	0,874

En la Tabla 2-10 después de 1 día de almacenamiento se observa que el tratamiento con extracto colorante obtuvo la mayor calificación promedio en olor y aceptabilidad general, el tratamiento con ácido ascórbico la mayor calificación para el sabor y el tratamiento natural la mejor calificación en color. Un análisis específico de los atributos evaluados en los tratamientos los cuales no tienen diferencias significativas, en color ($p=0,719$), olor ($p=0,769$), sabor ($0,825$) y aceptabilidad general ($0,874$), no permite determinar cuál es mejor según la evaluación sensorial realizada; al transcurrir 15 días de almacenamiento

como se observa en la Tabla 2-11 la mejor calificación de color cambio hacia el extracto colorante, para olor el extracto natural, y el tratamiento con ácido ascórbico sitúa el mejor promedio de calificación para el sabor y la aceptabilidad general. De igual manera no hubo diferencias significativas en los tratamientos, con un ($p=0,501$) para color, ($p=0,214$) para olor, ($p=0,081$) para sabor y ($p=0,103$) para la aceptabilidad general; por último, los promedios después de 30 días de almacenamiento expuestos en la Tabla 2-12, se inclinaron con mayor calificación para el refresco con extracto colorante. Sin embargo, no hay diferencias significativas en donde el color tiene un ($p=0,884$), el olor ($p=0,183$), sabor ($p=0,914$) y aceptabilidad general ($p=0,816$). En general la prueba arroja que el comportamiento es hedónicamente igual para las tres evaluaciones sensoriales realizadas los días 1, 15 y 30 de almacenamiento de los tres refrescos de mangostino (*Garcinia Mangostana*).

Tabla 2-9. Valores promedio del análisis sensorial de tres tratamientos de refresco de mangostino realizado por 10 jueces en el día 15 de almacenamiento.

Tratamiento (Evaluación Día 15)	Color	Olor	Sabor	Aceptabilidad general
Ácido Ascórbico	5,5 ±1.78	5,3 ±1.05	6,9 ±1.79	6,7 ±1.33
Extracto Colorante	5,8 ±1.68	5,5 ±2.32	5,2 ±1.75	5,5 ±1.26
Natural	5,0 ±0.94	6,6 ±1.57	5,9 ±1.28	6,3 ±1.05
p valor (5%)	0,501	0,214	0,081	0,103

Tabla 2-10. Valores promedio del análisis sensorial de tres tratamientos de refresco de mangostino realizado por 10 jueces en el día 30 de almacenamiento.

Tratamiento (Evaluación Día 30)	Color	Olor	Sabor	Aceptabilidad general
Ácido Ascórbico	6,5 ±1.35	6,2 ±0.91	7,1 ±1.85	6,8 ±1.31
Extracto Colorante	6,6 ±1.43	6,8 ±1.61	7,1 ±1.79	6,9 ±1.66
Natural	6,3 ±1.33	5,7 ±1.25	6,8 ±1.81	6,5 ±1.35
p valor (5%)	0,884	0,183	0,914	0,816

2.4 Uso potencial de la biomasa resultante del proceso de extracción del colorante, a partir de los análisis realizados.

2.4.1 Resultados de caracterización físico química de la biomasa resultante

En el proceso de recuperación de compuestos bioactivos de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*), se realizó una caracterización de los residuos crudos y los resultantes de la extracción de colorante, obteniendo los resultados en la Tabla 2-13 y 2-14.

Tabla 2-11. Parámetros físicos de las cáscaras de mangostino cruda y residual de la extracción.

PARÁMETRO	UNIDAD	CÁSCARA DE MANGOSTINO		MÉTODO ANALÍTICO
		Residual	Cruda	
Humedad	%	29,9	10,2	Gravimétrico
Materia Seca	%	70,1	89,8	Gravimétrico
Ceniza	%	2,6	2,7	Gravimétrico
Proteína Cruda (PC)	%	2,9	3,5	Kjeldalh
Extracto Etéreo	%	1,03	1,61	Gravimétrico
Fibra Bruta	%	36,6	26,4	Gravimétrico

La cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) presenta un alto contenido de fibra y bajo contenido de proteína presente en la cáscara, al igual que el epicarpio del cacao es inconveniente para el aprovechamiento de este residuo en la alimentación del ganado. Sin embargo, el tratamiento por fermentación con cierto tipo de hongos del género de la podredumbre blanca junto con adición de ion manganeso (Mn^{2+}) podría dar lugar a un material con mayor contenido de proteína incrementándose y una reducción considerable del contenido de fibra ([Alemawor, Dzogbefia, Oddoye, & Oldham, 2009](#)). Considerando que las especies de *Pleurotus spp* son capaces de degradar materiales fibrosos ([Forero, Hoyos, & Bazante, 2008](#)) y de acuerdo al análisis del material despigmentado de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) se encontró un contenido de fibra de 36,6 %, lo que indica que este sustrato puede ser usado en un proceso de fermentación en estado sólido para la producción de hongos de la podredumbre blanca sin inconvenientes relacionados al inhibición en la fermentación ([A. T. Rodríguez, Morales, & Ramírez, 2000](#)), puesto que al haber sometido el material a un tratamiento de maceración con un disolvente hidroalcohólico la mayor parte de los compuestos fenólicos fueron retirados, permitiendo sus uso como sustrato para este fin, de esta manera se podría obtener un sustrato remanente de alto valor nutritivo para ser utilizado en dietas alimenticias de animales o como abono orgánico ([de Mendoza, Huamán, Bravo, Silva, & Silva](#)). Este tipo de alternativas es bien recibido en la sociedad debido a que pertenecen al concepto de seguridad alimentaria.

La proteína cruda se afectó por el tratamiento de extracción, se obtuvo reporte de PC en la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) cruda del 3,5% y disminuyo a 2,9%. Este nutriente de importancia en alimentación animal puede ser usado como fuente de PC a pesar de su bajo contenido, su proporción reducida en el suplemento alimenticio no provoca efectos negativos, al ser incluido en la dieta de vacas lecheras minimizando la excreción de nitrógeno al ambiente ([Noguera, Ramírez, & Posada, 2016](#)).

El contenido de humedad de las muestras permitió determinar que la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) se rehidrata después de aplicar tratamientos con disolventes para obtener extractos colorantes, la cáscara cruda tuvo una humedad de 10,2%, la cual fue obtenida después del secado para mejorar la conservación y facilitar la disminución de tamaño de partícula en el molino de martillos, en la recuperación de extracto colorante se genera una rehidratación de la cáscara residual, dejándola con una humedad de 29,9%. En ambas cáscaras es necesario rehidratar para ser empleado como sustrato para el cultivo de hongos comestibles, el requerimiento de estos es de niveles elevados de humedad, excepto algunos como el *Sérpula Lacrymans*, el cual puede desarrollar sus micelios en fuentes de alimentación de escasa humedad, por lo tanto son llamados hongos de degradación seca ([Alemawor et al., 2009](#); [Wilches Rodríguez, 2015](#)).

El menor contenido de ceniza se presentó en la cáscara residual con 2,6%, frente al 2,7% verificado en la cáscara cruda, por ende, se obtuvo un contenido de materia orgánica mayor en la cáscara residual de 97,4% siendo ideal en ambos casos para el cultivo de hongos comestibles.

Tabla 2-12. Parámetros químicos de las cáscaras de mangostino cruda y residual de la extracción.

PARÁMETRO	UNIDAD	CÁSCARA DE MANGOSTINO		METODO ANALITICO
		Residual	Cruda	
Nitrógeno	%	0,46	0,56	Kjeldalh
Calcio	%	0,07	0,03	Espectrofotométrico/AA
Magnesio	%	0,03	0,01	Espectrofotométrico/AA
Sodio	mg/Kg	90,48	21,87	Espectrofotométrico/AA
Potasio	%	0,66	0,51	Espectrofotométrico/AA
Hierro	mg/Kg	101,23	182,04	Espectrofotométrico/AA
Cobre	mg/Kg	6,25	9,27	Espectrofotométrico/AA
Manganeso	mg/Kg	5,82	1,73	Espectrofotométrico/AA
Zinc	mg/Kg	8,11	6,66	Espectrofotométrico/AA
Boro	mg/Kg	<0,04	<0,04	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Fosforo	%	0,04	0,07	Espectrofotométrico/Uv-Vis
Azufre	%	0,07	0,08	Espectrofotométrico/Uv-Vis

En la tabla 2-14 se muestra los contenidos minerales de las cáscaras de mangostino (*Garcinia Mangostana*) estudiadas y se observó diferencias en la concentración de los elementos característicos de la composición de la cáscara residual frente a la cruda. Aunque en este estudio no se revisó el contenido mineral de la pulpa, en general la cáscara tiene altos contenidos de nutrientes en contraste con la parte comestible de la fruta donde en relación son bajos ([Mancera et al., 2007](#)).

Es de notar que los macronutrientes nitrógeno, hierro y fósforo presentes en la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) se afectaron por el tratamiento de extracción disminuyendo su presencia en el material residual. En comparación con los minerales presentes en cáscaras de manzana *Red Delicious* y *Golden Delicious* ([Mancera et al., 2007](#)), los residuos de la industria vinícola ([Segura, Guerrero, Posada, Mojica, & Mora, 2015](#)), el compostaje de finca cafetera y de plaza de mercado ([Muñoz, Muñoz, & Rojas, 2015](#)) se puede sintetizar en la Tabla 2-15 la información:

Tabla 2-13. Porcentaje de macronutrientes en comparación con distintas fuentes de obtención.

Macronutriente	Cáscara Mangostino		Cáscara Manzana		Residuo Vinícola	Compostaje	
	Residual	Cruda	<i>Red Delicious</i>	<i>Golden Delicious</i>		Finca Cafetera	Plaza Mercado
% Nitrógeno	0,46	0,56	0,78 - 0,11	0,9 - 1,27	1,11	0,92	1,13
% Calcio	0,07	0,03	0,087 - 0,124	0,089 - 0,126	0,082	1,88	5,09
% Magnesio	0,03	0,01	0,036 - 0,051	0,049 - 0,069	0,009	1,5	1,47
% Potasio	0,66	0,51	0,505 - 0,716	0,428 - 0,606	0,5	2,31	1,92
% Sodio	0,09	0,021	0,014 ppm	0,012 ppm	0,017	0,76	1,16

Fuente: el autor a partir de ([Mancera et al., 2007](#); [Muñoz et al., 2015](#); [Segura et al., 2015](#)).

Es destacable los niveles de proporción de minerales que obtuvo la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) aun después de la extracción por disolventes, si bien no es la mejor en comparación a las otras fuentes de obtención de los nutrientes mencionados, se acerca en algunos casos e incluso supera algunos residuos de la industria vinícola.

Se podría usar las cáscaras de mangostino (*Garcinia Mangostana*) como un abono orgánico, pero se propone realizar mezclas con otros residuos para aumentar su calidad y obtener una fórmula para elaborar un compostaje, de tal manera que se asemeje a los compost elaborados en el estudio de Muñoz y colaboradores, donde en una finca cafetera utilizaron pulpa de café, troncho de plátano y gallinaza y con residuos de plaza de mercado usó hojas, troncho y cáscaras de plátano, maíz con tuza y hojas, frutas y hortalizas (maracuyá, naranja, piña, limón, mora, pimentón, repollo, lechuga, cebolla, coliflor, brócoli, acelga, ají, habichuela, frijol, zanahoria, tomate y aguacates) obteniendo la mejor proporción de las fuentes expuestas en la tabla 2-14.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES Conclusiones

En la presente investigación se obtuvo un extracto tipo colorante a partir de las cáscaras generadas por la transformación del mangostino (*Garcinia Mangostana*), con propuestas para la disposición final de los subproductos residuales, planteando soluciones que pueden impactar favorablemente la problemática ambiental evidenciada en la actualidad.

La extracción propuesta por maceración en etanol y agua con una relación 1:1 fue más eficaz en el arrastre de sólidos totales con un $2,31 \pm 0,01$ % (p/v), seguido de la extracción con etanol $1,70 \pm 0,12$ % (p/v) y finalmente la extracción con $0,92 \pm 0,13$ % (p/v). A partir del extracto de cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) obtenido con el disolvente agua: etanol en proporción (1:1), se generó un extracto capaz de conferir de color, con potencial antioxidante y contenido fenólico, importantes para incorporar en alimentos, desplazando los aditivos sintéticos empleados en la actualidad.

Al incorporarse el extracto en una matriz alimentaria tipo refresco a base de pulpa de mangostino (*Garcinia Mangostana*), se logró sustituir los aditivos antioxidantes que suelen emplearse en esta clase de bebidas, demostrando un buen comportamiento al conferirle estabilidad en cuanto al color del refresco durante un mes y fue apta de acuerdo a las características microbiológicas que exige la resolución 3929 de 2013.

La prueba sensorial de aceptación realizada por 30 jueces a los prototipos de refresco de mangostino (*Garcinia Mangostana*), no arrojó diferencia estadística significativa que permita elegir una marcada tendencia de preferencia de alguna de las bebidas probadas, por lo tanto, se infiere que el extracto de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) se comporta sensorialmente similar a la bebida natural y a la tratada con ácido ascórbico.

La biomasa resultante del proceso de extracción de colorante de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*) contiene proteína cruda, nutriente de importancia en la dieta requerida para alimentación animal. Además, se destaca un contenido de fibra bruta del 36,6% el cual puede ser usado para la producción de setas comestibles, donde el sustrato agotado podría ser empleado como abono orgánico o para la alimentación animal; de esta manera se establece una clara propuesta de aprovechamiento integral del fruto del mangostino (*Garcinia Mangostana*) para la generación de valor agregado de sus residuos.

3.2 RECOMENDACIONES

De acuerdo a la investigación se debe elaborar nuevos prototipos del extracto colorante de la cáscara de mangostino (*Garcinia Mangostana*), donde se mejore la presentación

final, pasando de uno acuoso a uno en polvo, aprovechando técnicas novedosas de extracción como la liofilización y la pulverización con spray dry.

En la extracción con disolventes, este se convierte en un residuo del proceso. Por lo tanto, es importante revisar la posibilidad de volver a utilizar los disolventes recuperados para posteriores extracciones o proponer un tratamiento remediador que evite verterlos y se convierta en un efluente que termine en los cuerpos de agua.

Se deben probar diferentes concentraciones del colorante en alimentos, verificando la capacidad para conferir color y estabilidad, ya que en el presente estudio se probó solo una concentración, mostrando excelentes resultados de estabilidad al impedir variación de color, pero no otorgó un color potente para cambiar drásticamente esta característica organoléptica; incluso es pertinente probar un surfactante (Tween 80) para mejorar la solubilidad del colorante en la matriz alimentaria

Se recomienda ejecutar un estudio de mercado en donde se establezca el consumo de la fruta y la viabilidad para desarrollar derivados comestibles con el mangostino (*Garcinia Mangostana*), fortaleciendo un biosistema integrado del sector agroindustrial, generando alternativas económicas, ambientales y sociales para el sector.

ANEXOS

A. Análisis estadístico de tratamientos para obtener sólidos totales.

ANOVA unidireccional: Sólidos Totales vs. Tratamientos

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Tratamientos	9	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	8	15,2409	1,90511	175,62	0,000
Error	18	0,1953	0,01085		
Total	26	15,4362			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,104154	98,74%	98,17%	97,15%

Medias

Tratamientos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	3	2,30667	0,01155	(2,18033. 2,43300)
2	3	0,4300	0,0500	(0,3037. 0,5563)
3	3	0,0833	0,0777	(-0,0430. 0,2097)
4	3	1,7033	0,1150	(1,5770. 1,8297)
5	3	0,537	0,201	(0,410. 0,663)
6	3	0,03667	0,01528	(-0,08967. 0,16300)
7	3	0,9233	0,1328	(0,7970. 1,0497)
8	3	0,3000	0,1212	(0,1737. 0,4263)
9	3	0,0967	0,0513	(-0,0297. 0,2230)

Desv.Est. agrupada = 0,104154

Comparaciones en parejas de Tukey

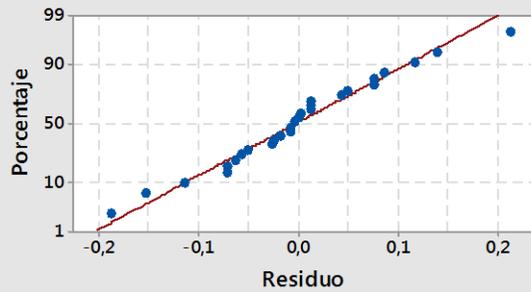
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
1	3	2,30667	A
4	3	1,7033	B
7	3	0,9233	C
5	3	0,537	D
2	3	0,4300	D
8	3	0,3000	D E
9	3	0,0967	E
3	3	0,0833	E
6	3	0,03667	E

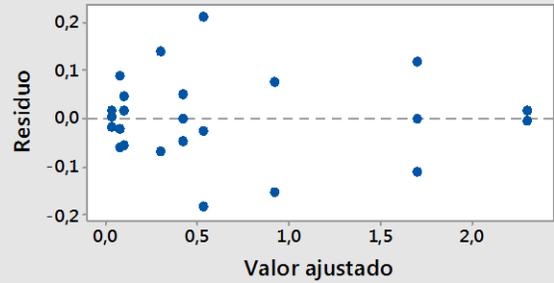
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráficas de residuos para Solidos Totales

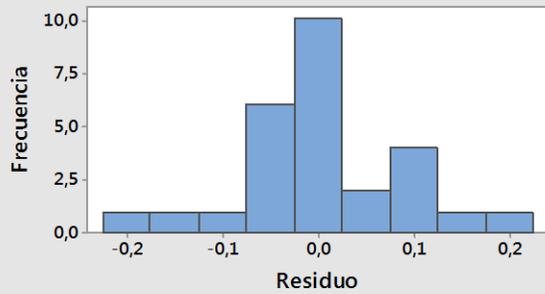
Gráfica de probabilidad normal



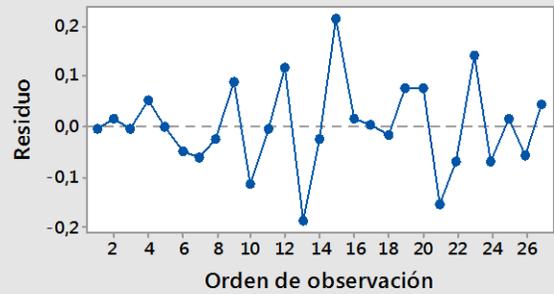
vs. ajustes



Histograma

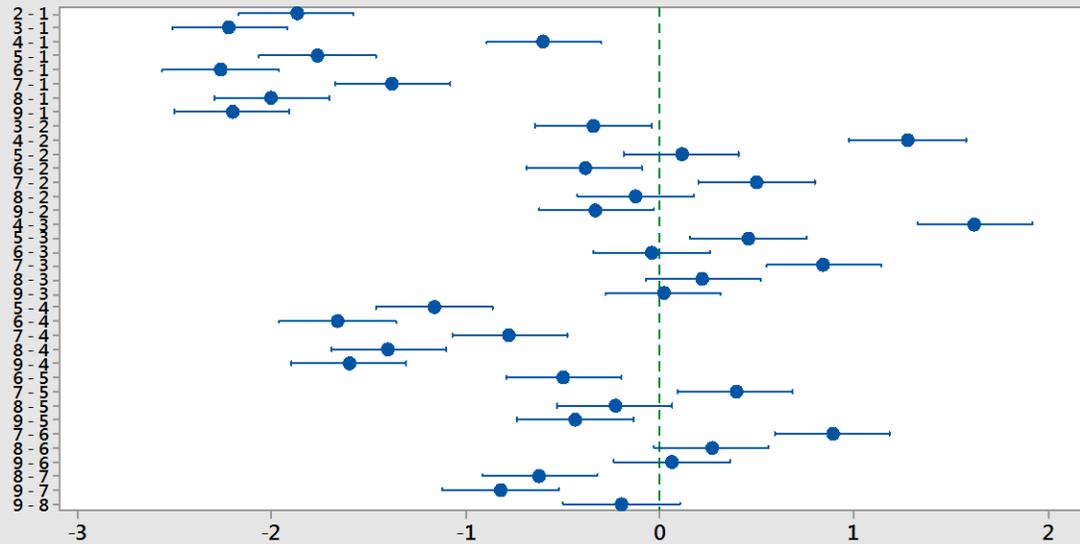


vs. orden



ICs simultáneos de 95% de Tukey

Diferencias de las medias para Solidos Totales



Si un intervalo no contiene cero, las medias correspondientes son significativamente diferentes.

B. Reporte de colorímetro CR 5 para medición de extractos.

REPORTE COORDENADAS CIELab - COLORIMETRO KONICA CR 5								
Filtrado	Disolvente	L*	a*	b*	dL*	da*	db*	dE*ab
1	Etanol	88,79	-7,54	81,95				
2	Etanol	96,85	-12,9	41,58	8,01	-5,29	-40,39	41,51
3	Etanol	99,04	-5,42	14,1	10,2	2,2	-67,88	68,67
1	Agua:Etanol	62,53	17,24	56,86				
2	Agua:Etanol	86,31	-5,24	48,28	23,78	-22,48	-8,58	33,83
3	Agua:Etanol	87,91	-5	35,03	25,38	-22,24	-21,84	40,19
1	Agua	3,14	15,45	4,94				
2	Agua	60,75	8,05	40,57	57,61	-7,4	35,63	68,14
3	Agua	68,83	3,19	31,38	65,68	-12,26	26,44	71,86

C. Curva de calibración del ácido gálico.

ppm	ug/ml Ácido gálico	Absorbancia 1	Absorbancia 2	Absorbancia 3	Absorbancia 4
ug/mL	1000	1,1432	1,2687	1,402	1,5276
ug/mL	750	0,9426	1,0077	0,8663	1,0507
ug/mL	500	0,5726	0,7142	0,5682	0,6165
ug/mL	250	0,3076	0,2966	0,2948	0,3252
ug/mL	125	0,1789	0,1561	0,1883	0,1907
ug/mL	62,5	0,116	0,1193	0,1156	0,1275
ug/mL	31,25	0,0951	0,0854	0,1013	0,0922
ug/mL	15,62	0,0649	0,0676	0,0697	0,0765

Absorbancias calculadas para determinación de contenido fenólico

Tratamiento	Absorbancia 1	Absorbancia 2	Absorbancia 3	Absorbancia 4
Agua a pH 3.7	0,1646	0,1575	0,1479	0,1611
Agua a pH – 4,13	0,1969	0,2459	0,1656	0,1491
Etanol a pH 3.7	0,3264	0,3369	0,3043	0,3027
Etanol a pH-4,7	0,3079	0,3499	0,3608	0,3518
Etanol-agua pH 3.7	0,355	0,3377	0,3406	0,3048
Etanol-agua pH 4,75	0,4375	0,3607	0,4543	0,5238

D. Anova para el análisis estadístico de la prueba hedónica.

ANOVA unidireccional: Color vs. Bebida 1 DIA 1

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores
 Bebida 1 3 AC. C. N

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bebida 1	2	0,8667	0,4333	0,33	0,719
Error	27	35,0000	1,2963		
Total	29	35,8667			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,13855	2,42%	0,00%	0,00%

Medias

Bebida 1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AC	10	6,200	1,033	(5,461. 6,939)
C	10	6,100	1,101	(5,361. 6,839)
N	10	6,500	1,269	(5,761. 7,239)

Desv.Est. agrupada = 1,13855

ANOVA unidireccional: Olor vs. Bebida 1

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Bebida 1	3	AC. C. N

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bebida 1	2	0,8667	0,4333	0,27	0,762
Error	27	42,6000	1,5778		
Total	29	43,4667			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,25610	1,99%	0,00%	0,00%

Medias

Bebida 1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AC	10	5,800	1,135	(4,985. 6,615)
C	10	6,100	1,595	(5,285. 6,915)
N	10	5,700	0,949	(4,885. 6,515)

Desv.Est. agrupada = 1,25610

ANOVA unidireccional: Sabor vs. Bebida 1

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Bebida 1	3	AC. C. N

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bebida 1	2	1,400	0,7000	0,19	0,825
Error	27	97,400	3,6074		
Total	29	98,800			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,89932	1,42%	0,00%	0,00%

Medias

Bebida 1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AC	10	6,500	1,581	(5,268. 7,732)
C	10	6,100	1,912	(4,868. 7,332)
N	10	6,000	2,160	(4,768. 7,232)

Desv.Est. agrupada = 1,89932

ANOVA unidireccional: Aceptabilidad General vs. Bebida 1

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Bebida 1	3	AC. C. N

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bebida 1	2	0,4667	0,2333	0,14	0,874
Error	27	46,5000	1,7222		
Total	29	46,9667			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,31233	0,99%	0,00%	0,00%

Medias

Bebida 1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AC	10	6,400	1,430	(5,548. 7,252)
C	10	6,500	0,972	(5,648. 7,352)
N	10	6,200	1,476	(5,348. 7,052)

Desv.Est. agrupada = 1,31233

ANOVA unidireccional: Color_15 vs. Bebida_15

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Bebida_15	3	AC. C. N

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bebida_15	2	3,267	1,633	0,71	0,501
Error	27	62,100	2,300		
Total	29	65,367			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,51658	5,00%	0,00%	0,00%

Medias

Bebida_15	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
-----------	---	-------	-----------	-----------

AC	10	5,500	1,780	(4,516. 6,484)
C	10	5,800	1,687	(4,816. 6,784)
N	10	5,000	0,943	(4,016. 5,984)

Desv.Est. agrupada = 1,51658

ANOVA unidireccional: Olor_15 vs. Bebida_15

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Bebida_15	3	AC. C. N

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bebida_15	2	9,800	4,900	1,63	0,214
Error	27	81,000	3,000		
Total	29	90,800			

Resumen del modelo

	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
	1,73205	10,79%	4,19%	0,00%

Medias

Bebida_15	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AC	10	5,300	1,059	(4,176. 6,424)
C	10	5,500	2,321	(4,376. 6,624)
N	10	6,600	1,578	(5,476. 7,724)

Desv.Est. agrupada = 1,73205

ANOVA unidireccional: Sabor_15 vs. Bebida_15

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Bebida_15	3	AC. C. N

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bebida_15	2	14,60	7,300	2,76	0,081
Error	27	71,40	2,644		
Total	29	86,00			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,62617	16,98%	10,83%	0,00%

Medias

Bebida_15	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AC	10	6,900	1,792	(5,845. 7,955)
C	10	5,200	1,751	(4,145. 6,255)
N	10	5,900	1,287	(4,845. 6,955)

Desv.Est. agrupada = 1,62617

ANOVA unidireccional: Aceptabilidad General_15 vs. Bebida_15

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Bebida_15	3	AC. C. N

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bebida_15	2	7,467	3,733	2,48	0,103
Error	27	40,700	1,507		
Total	29	48,167			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,22777	15,50%	9,24%	0,00%

Medias

Bebida_15	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AC	10	6,700	1,337	(5,903. 7,497)
C	10	5,500	1,269	(4,703. 6,297)
N	10	6,300	1,059	(5,503. 7,097)

Desv.Est. agrupada = 1,22777

ANOVA unidireccional: Color vs. Bebida 30

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Bebida 30	3	AC. C. N

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bebida 30	2	0,4667	0,2333	0,12	0,884
Error	27	51,0000	1,8889		
Total	29	51,4667			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,37437	0,91%	0,00%	0,00%

Medias

Bebida	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
30				
AC	10	6,500	1,354	(5,608. 7,392)
C	10	6,600	1,430	(5,708. 7,492)
N	10	6,300	1,337	(5,408. 7,192)

Desv.Est. agrupada = 1,37437

ANOVA unidireccional: Olor vs. Bebida 30

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Bebida 30	3	AC. C. N

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bebida 30	2	6,067	3,033	1,81	0,183
Error	27	45,300	1,678		
Total	29	51,367			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,29529	11,81%	5,28%	0,00%

Medias

Bebida	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
30				
AC	10	6,200	0,919	(5,360. 7,040)
C	10	6,800	1,619	(5,960. 7,640)
N	10	5,700	1,252	(4,860. 6,540)

Desv.Est. agrupada = 1,29529

ANOVA unidireccional: Sabor vs. Bebida 30

Método
 Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor
 Factor Niveles Valores
 Bebida 30 3 AC. C. N

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bebida 30	2	0,6000	0,3000	0,09	0,914
Error	27	89,4000	3,3111		
Total	29	90,0000			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,81965	0,67%	0,00%	0,00%

Medias
 Bebida

30	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AC	10	7,100	1,853	(5,919. 8,281)
C	10	7,100	1,792	(5,919. 8,281)
N	10	6,800	1,814	(5,619. 7,981)

Desv.Est. agrupada = 1,81965

ANOVA unidireccional: Aceptabilidad General vs. Bebida 30

Método
 Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor
 Factor Niveles Valores
 Bebida 30 3 AC. C. N

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bebida 30	2	0,8667	0,4333	0,21	0,816
Error	27	57,0000	2,1111		
Total	29	57,8667			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,45297	1,50%	0,00%	0,00%

Medias
 Bebida

	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AC	10	6,800	1,317	(5,857. 7,743)
C	10	6,900	1,663	(5,957. 7,843)
N	10	6,500	1,354	(5,557. 7,443)

Desv.Est. agrupada = 1,45297

E. Formulario de aceptación de la prueba hedónica.



Red Tecnoparque Colombia

Refresco Mangostán

Nombre: _____

Fecha: _____ del mes de _____ del 2018

Frente a usted tiene diferentes muestras de una bebida refrescante, usted debe probarlos y evaluarlos de acuerdo a los atributos aquí mencionados. Por favor indique el nivel de agrado colocando el número correspondiente que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos

Nota: recuerde tomar agua y comer una pequeña galleta entre cada muestra.

PUNTAJE	CATEGORIA	PUNTAJE	CATEGORIA
1	me disgusta extremadamente	6	me gusta ligeramente
2	me disgusta mucho	7	me gusta bastante
3	me disgusta bastante	8	me gusta mucho
4	me disgusta ligeramente	9	me gusta extremadamente
5	ni me gusta ni me disgusta		

CODIGO	CALIFICACION PARA CADA ATRIBUTO				Observaciones
	COLOR	OLOR	SABOR	ACEPTABILIDAD GENERAL	
N					
AC					
C					

GRACIAS POR SU COLABORACION

F. Resultados de pruebas microbiológicas, físicas y químicas de los refrescos de mangostino.


Modelo de Mejora Continua

FORMATO DE REPORTE DE ANALISIS DE LABORATORIO CONSOLIDADO
FOR RALC 04-01/02-14

Proceso: Producción de Bienes y Prestación de Servicios
 Procedimiento: Muestreo y Validación

# de la Muestra	FECHA		EMPRESA QUE SOLICITA EL ANALISIS	LUGAR MUESTREO	MOTIVO DEL ANALISIS	1 ANÁLISIS FISIQUÍMICO Y SENSORIAL			1 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO				
	Toma muestr	Análisi				Parámetros	2 Técnica empleada y unidades	Reporte	NORMA Res 3929/2013	3 Parámetro	2 Técnica empleada y unidades	Reporte	NORMA Res 3929/2013
4392	12/07/2018	12/07/2018	Talento proyecto investigación	Tecoparque "Nodo La Granja"	Proyecto investigación en curso	*Brix	R	6	Max 13	AM	PIUFC/100 ml)	52	Max 300
						pH (0-14)	P	3,8	Max 4,0	CT	PIUFC/100 ml)	0	<10
						Acidez titulable (g/100ml)	T	0,1	0,2	E. COLI	PIUFC/100 ml)	0	<10
										MYL	PIUFC/100 ml)	18 CE	Max 100

*1 Estos análisis aplican para control interno de muestras tomadas en Centro Agropecuario como indicador estimado de su calidad. MB: microbiológico FO/S: físicoquímico/sensorial

*2 C: colorimetría, T: titulación, P: polenimetría, R: refractometría, D: destilación FM: Filtración por membrana, SD: Susstrato definido, P: Placa, NMP: Numero Mas Probable, QT: Quanty tray, etc.

*3 CT: coliformes totales, E. coli: *Escherichia coli*, CF: *Coliformes fecales*, AM: *Aerobios mesófilos*, Ec(+): *Esatilococo coagulasa positivo*, S: *Salmonella*, Cl s-r: *Clostridium sulfito-reductor*, E Cl s-r: *Esporas de Clostridium sulfito-reductor*, MYL: mohos y levaduras, LO: levaduras osmofílicas, etc.

*4 Aquí se puede referir a la descripción de la norma usada (resolución, decreto, NTC, ISO, fecha de expedición, número, etc). También dar análisis de los resultados si así se solicita.

*4 OBSERVACIONES: Resolución 3929 del 2013- Requisitos microbiológicos del refresco de fruta; Cumple con todos los parámetros.

FIRMA DEL RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO  Elaboró: Favio Medina Fecha: 2014-02-18	FIRMA DEL RESPONSABLE DEL SEGUIMIENTO  Aprobó: SENA Empresa Fecha: 2014-10-28
---	---

# de la Muestra	FECHA		PRODUCTO ANALIZADO	EMPRESA QUE SOLICITA EL ANALISIS	LUGAR MUESTREO	MOTIVO DEL ANALISIS	ANÁLISIS FISCOQUIMICO Y SENSORIAL			ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO				
	Toma muestra	Análisis					Parámetros	Técnica empleada unidades	Reporte	NORMA Res 3929/2013	*3Parámetro	Técnica empleada y unidades	Reporte	NORMA Res 3929/2013
4393	12/07/2018	12/07/2018	Refresco Mangostino (colorante)	Talento proyecto investigación	Tecnoarque- "Nodo La Granja"	Proyecto investigación en curso	*Brix	R	6	Max 13	AM	P(UFC/100 ml)	20 C.E.	Max 300
							pH (0-14)	P	4,6	Max 4,0	CT	P(UFC/100 ml)	o	<10
							Acidez titulable (g/100ml)	T	0	0	E. COLI	P(UFC/100 ml)	0	<10
							-	-	-	-	Myl	P(UFC/100 ml)	0	Max 100

*1 Estos análisis aplican para control interno de muestras tomadas en Centro Agropecuario como indicador estimado de su calidad. MB: microbiológico FO/S: fisicoquímico/sensorial
 *2 C: colorimetría. T: titulación. P: potenciometría. R: refractometría. D: destilación FM: Filtración por membrana. SD: Sustrato definido. P: Placa. NMP: Numero Mas Probable. QT: Quany tray, etc.
 *3 CT: coliformes totales. E. coli: *Escherichia coli*. CF: Coliformes fecales. AM: Aerobios mesófilas. Ec(+): *Staphylococcus coagulans* positivo, S: *Salmonella*, Cl s-r: *Clostridium sulfiro-reductor*, E Cl s-r: *Escherichia coli* s-r.
 Esporas de *Clostridium sulfiro-reductor*, MYL: mohos y levaduras, LO: levaduras osmofílicas, etc.

*4 Aquí se puede referir a la descripción de la norma usada (resolución, decreto, NTC, ISO, fecha de expedición, número, etc). También dar análisis de los resultados si así se solicita.

***4 OBSERVACIONES: Resolución 3929 del 2013- Requisitos microbiológicos del refresco de fruta. Cumple con todos los parámetros a excepción de pH.**

FIRMA DEL RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	<i>Favio Medina</i>	FIRMA DEL RESPONSABLE DEL SEGUIMIENTO	
Elaboró: Favio Medina	Revisó: Favio Medina	Aprobó: SENA Empresa	Fecha: 2014-02-18
Fecha: 2014-02-18	Fecha: 2014-02-18	Fecha: 2014-10-28	Fecha: 2014-10-28

# de la Muestra	FECHA		EMPRESA QUE SOLICITA EL ANALISIS	LUGAR MUESTREO	MOTIVO DEL ANALISIS	1 ANALISIS FISICOQUIMICO Y SENSORIAL			1 ANALISIS MICROBIOLOGICO				
	Toma muestr	Análisi				Parámetros	Técnica empleada y unidades	Reporte	NORMA Res 3929/2013	Parámetro	Técnica empleada y unidades	Reporte	NORMA Res 3929/2013
4394	12/07/2018	12/07/2018	Talento proyecto investigación	Tecnoparque- "Nodo La Granja"	Proyecto investigación en curso	*Brix	R	6	Max 13	AM	P(UFC/100 ml)	27X10 ¹	Max 300
						pH (0-14)	P	5,1	Max 4,0	CT	P(UFC/100 ml)	0	<10
						Acidez titulable (g/100ml)	T	0	0	E. COLI	P(UFC/100 ml)	0	<10
							-	-	-	MYL	P(UFC/100 ml)	13 C.E	Max 100

*1: Estos análisis aplican para control interno de muestras tomadas en Centro Agropecuario como indicador estimado de su calidad. MB: microbiológico FQ/S; fisicoquímico/sensorial
 **2: C: colorimetría, T: titulación, P: potencimetría, R: refractometría, D: destilación FM: Filtración por membrana, SD: Sustrato definido, P: Placa, NMP: Numero Mas Probable, OT: Quany tray, etc.
 *3: CT: coliformes totales, E. coli: *Escherichia coli*, CF: *Coliformes fecales*, AM: Aerobios mesófilas, Ec(+): Estafilococo coagulasa positivo, S: *Salmonella*, Cl s-r: *Clostridium* sulfito-reductor, E Cl s-r: Esporas de *Clostridium* sulfito-reductor, MYL: mohos y levaduras, LO: levaduras osmofílicas, etc.
 **4: Aquí se puede referir a la descripción de la norma usada (resolución, decreto, NTC, ISO, fecha de expedición, número, etc). También dar análisis de los resultados si así se solicita.
***5: OBSERVACIONES: Resolución 3929 del 2013- Requisitos microbiológicos del refresco de fruta. Cumple con todos los parámetros a excepción de pH.**

FIRMA DEL RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO:  FIRMA DEL RESPONSABLE DEL SEGUIMIENTO: 

Elaboró: Favio Medina
 Revisó: Favio Medina
 Fecha: 2014-02-18
 Aprobó: SENA Empresa
 Fecha: 2014-10-28

G.Resultados análisis bromatológico de la cáscara de mangostino.

	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		Código: PS-P04-F07		
	REPORTE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO BROMATOLOGICOS- FOLIARES Y OTROS- LASEREX			Versión: 04	
USUARIO (persona o entidad)		YEFRI JHOAN MACHADO			
FECHA DE RECEPCION 3/07/2018		FECHA DE MUESTREO 15/06/2018		FECHA DE ENTREGA 8/08/2018	
TIPO DE ANALISIS BROMATOLÓGICO COMPLETO		FINCA La Carolina	VEREDA ----	DEPARTAMENTO Tolima	
N° CONSECUTIVO		660	661	OBSERVACIONES	
IDENTIFICACION		Mangostino cáscara procesado	Mangostino sin procesar		
PUNTO DE MUESTREO					
PARÁMETROS		UNIDADES	660	661	MÉTODO ANALÍTICO
Humedad	%	29,9	10,2		Gravimétrico
Materia seca	%	70,1	89,8		Gravimétrico
Ceniza	%	2,6	2,7		Gravimétrico
Proteína Cruda	%	2,9	3,5		Kjeldalh
Extracto etéreo	%	1,03	1,61		Gravimétrico
Fibra bruta	%	36,6	26,4		Gravimétrico
FDN	%	-----	-----		Gravimétrico
FDA	%	-----	-----		Gravimétrico
FDL	%	-----	-----		Gravimétrico
Carbono Organico	%	-----	-----		Walkley - Black
Nitrógeno	%	0,46	0,56		Kjeldalh
Calcio	%	0,07	0,03		Espectrofotométrico/AA
Magnesio	%	0,03	0,01		Espectrofotométrico/AA
Sodio	mg/Kg	90,48	21,87		Espectrofotométrico/AA
Potasio	%	0,66	0,51		Espectrofotométrico/AA
Hierro	mg/Kg	101,23	182,04		Espectrofotométrico/AA
Cobre	mg/Kg	6,25	9,27		Espectrofotométrico/AA
Manganeso	mg/Kg	5,82	1,73		Espectrofotométrico/AA
Zinc	mg/Kg	8,11	6,66		Espectrofotométrico/AA
Boro	mg/Kg	<0,04	<0,04		Espectrofotométrico/Uv-Vis
Fósforo	%	0,04	0,07		Espectrofotométrico/Uv-Vis
Azufre	%	0,07	0,08		Espectrofotométrico/Uv-Vis
Observaciones :					
1. Los resultados son reportados en base seca.					
2. Los resultados encontrados son válidos únicamente para la muestra analizada. La misma fue tomada por personas ajenas al laboratorio.					
3. LASEREX no se hace responsable de la interpretación de los resultados ni de la forma como se proceda con ellos.					
Certificados bajo las normas: ISO 9001:2008 SC 6996 - 2 Y GP1000: 2009 GP 168 - 2					
		FIRMA:  DIRECTOR LASEREX NOMBRE: LUIS FERNANDO RODRIGUEZ H. MAT. PROF: PQ-1704 TELEFAX: 2771212 EXT 9359			
Fecha Versión 04: 01-09-2014					

BIBLIOGRAFÍA

- Accame, María Emilia Carretero. (2016). Mangostán, del trópico a las farmacias. *Panorama actual del medicamento*, 40(394), 628-632.
- Agronet. (2016). Área cosechada, producción y rendimiento de Mangostino, 2007-2016. Agronet;[consultado 2018 ago 20].
- Alam, Md Nur, Bristi, Nusrat Jahan, & Rafiquzzaman, Md. (2013). Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 21(2), 143-152.
- Alemawor, Francis, Dzogbefia, Victoria P, Oddoye, Emmanuel OK, & Oldham, James H. (2009). Effect of *Pleurotus ostreatus* fermentation on cocoa pod husk composition: Influence of fermentation period and Mn 2+ supplementation on the fermentation process. *African journal of biotechnology*, 8(9).
- Alonso, P, Salucci, Mónica, Lázaro, Regina, Malani, G, & Ferro, Anna. (1999). Capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. *Rev Cubana Alim Nutric*, 13(2), 104-111.
- Amyrgialaki, Eleni, Makris, Dimitris P, Mauromoustakos, Andy, & Kefalas, Panagiotis. (2014). Optimisation of the extraction of pomegranate (*Punica granatum*) husk phenolics using water/ethanol solvent systems and response surface methodology. *Industrial Crops and Products*, 59, 216-222.
- Ángel, Alejandra Díaz, Flórez, José Daniel Duarte, & González, María Patricia Chaparro. (2014). Evaluación de la actividad fungistática del extracto de la cáscara del mangostino (*Garcinia mangostana* L.) en *Botrytis cinerea* para la biopreservación de la coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). *Alimentos Hoy*, 22(33), 59-80.
- Antolovich, Michael, Prenzler, Paul, Robards, Kevin, & Ryan, Danielle. (2000). Sample preparation in the determination of phenolic compounds in fruits. *Analyst*, 125(5), 989-1009.
- Arazo, Migdalia, Alarcón, Adonis Bello, Becerra, Maiby Montelier, & Roche, Liván Delgado. (2015). Rendimiento y poder reductor de diferentes extractos de frutos de *Garcinia tinctoria* (choisy) WF Wight. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 25(1).
- Artigas, José, Perea, Pascual, & Ramo, Jaume. (2002). *Tecnología del color* (Vol. 58): Universitat de valencia.
- Azmir, Jannatul, Zaidul, ISM, Rahman, MM, Sharif, KM, Mohamed, A, Sahena, F, . . . Omar, AKM. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: a review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 426-436.

- Block, Gladys, Patterson, Blossom, & Subar, Amy. (1992). Fruit, vegetables, and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence. *Nutrition and cancer*, 18(1), 1-29.
- Bogdanoff, Nicolás Mauricio. (2015). Optimización de los procesos de obtención y concentración de pectina de naranja. *Tesis de Doctorado, Universidad de la Plata*.
- Brand-Williams, Wendy, Cuvelier, Marie-Elisabeth, & Berset, CLWT. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Bueno, J. (2000). *Alimentación: Equipos y tecnología*.
- Cáceres, Armando. (1996). Plantas de uso medicinal en Guatemala. *Editorial Universitaria 402p. Sp Detailed accounts of*, 120.
- Cerón, Ivonne, Higueta, J, & Cardona, Carlos. (2010). Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de tres frutas cultivadas en la región andina. *Vector*, 5(2011), 5.
- Chaivisuthangkura, Apinya, Malaikaew, Yaowaluk, Chaovanalikit, Arusa, Jaratrungtawee, Amornmart, Panseeta, Panomwan, Ratananukul, Pinitit, & Suksamrarn, Sunit. (2009). Prenylated xanthone composition of *Garcinia mangostana* (mangosteen) fruit hull. *Chromatographia*, 69(3-4), 315-318.
- Chisté, Renan Campos, de Faria, Lênio José Guerreiro, Lopes, Alessandra Santos, & Mattietto, R de A. (2009). Características físicas e físico-química da casca de mangostão em três períodos da safra. *Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Chong, Yee Mun, Chang, Sui Kiat, Sia, Winne Chiaw Mei, & Yim, Hip Seng. (2015). Antioxidant efficacy of mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.) peel extracts in sunflower oil during accelerated storage. *Food Bioscience*, 12, 18-25. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.07.002>
- Daza, Luis Daniel, Herrera, Andrea Veronica, Murillo, Elizabeth, & Mendez, Jhon Jairo. (2014). Evaluación de propiedades antioxidantes de parte comestible y no comestible de pitahaya, uchuva y mangostino. *INGRESAR A LA REVISTA*, 12(1), 98-105.
- de Mendoza, K Hurtado, Huamán, M, Bravo, N, Silva, A, & Silva, R. Evaluación del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 19(1), 63-75.
- de Ugaz, Olga Lock Sing. (1997). *Colorantes naturales*: Fondo Editorial PUCP.
- Departamento Nacional De Planeación. (2011a). Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad pp. 25-41. .
- Departamento Nacional De Planeación. (2011b). Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad, Colombia, Región-Tolima pp. 25-41. Bogotá, Colombia.
- Dixon, Richard A, & Paiva, Nancy L. (1995). Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *The plant cell*, 7(7), 1085.
- Font, Nuria García, Agero, Teresa Ortega Hernández, Costa, Maria Do Céu, & Salgueiro, Lúcia. (2011). Posibles efectos beneficiosos para la salud del fruto de mangostán. *Revista de fitoterapia*, 11(2), 119-129.

- Forero, Clara Luz, Hoyos, Olga Lucia, & Bazante, William. (2008). Evaluación de residuos de ají (*Capsicum* spp.) como sustrato en la producción de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*). *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 6(1), 42-53.
- Foster, Brian C, Arnason, J Thor, & Briggs, Colin J. (2005). Natural health products and drug disposition. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, 45, 203-226.
- Garzón, Gloria Astrid. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27-36.
- Geilfus, Frans, & Bailón, Pascual. (1994). *El árbol al servicio del agricultor: Guía de especies* (Vol. 2): Bib. Orton IICA/CATIE.
- Guamán, Linda. (2009). *Caracterización de los compuestos fenólicos de plantas alimenticias nativas de la Sierra Ecuatoriana por métodos instrumentales*. Universidad del Azuay.
- Ibrahim, U. K., Mohd Salleh, R., Maqsood-UI-Hague, S. N. S., Abd Hashib, S., & Abd Karim, S. F. (2018). *Optimization of Bread Enriched with Garcinia mangostana Pericarp Powder*. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- Kanchanapoom, K , & Kanchanapoom, M. (1998). Mangosteen. In P. E. Shaw, H. T. Chan, & S. Nagy (Eds.), *Tropical and subtropical fruits.*, 191 - 216.
- Kuskoski, E Marta, Asuero, Agustín G, Troncoso, Ana M, Mancini-Filho, Jorge, & Fett, Roseane. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*, 25(4), 726-732.
- León, Paula. (2018). Antioxidantes del mangostino: potencial para la agroindustria colombiana. *EAN Business Review*, 5(2).
- Lock de Ugaz, Olga. (1997). *Colorantes Naturales*: Lima: PUCP. Fondo Editorial.
- López, Marta Sánchez-Paniagua, Ruiz, Beatriz López, & Cabarcos, Enrique López. (2008). *Biosensores amperométricos de tirosinasa para la determinación de compuestos fenólicos en medios acuosos y no acuosos*: Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.
- Manasathien, J, & Khanema, P. (2015). Antioxidant and cytotoxic activities of mangosteen (*Garcinia mangostana*) pericarp extracts. *Suranaree. J. Sci. Technol.*, 22, 357-367.
- Mancera, María Magdalena, Soto, Juan Manuel, Sánchez, Esteban, Yáñez, Rosa María, Montes, Federico, & Balandrán, René Renato. (2007). Caracterización mineral de manzana Red Delicious y Golden Delicious de dos países productores. *Tecnociencia*, 1(2), 6-17.
- Mantell, C, Rodriguez, M, & de la Ossa, E Martinez. (2002). Semi-batch extraction of anthocyanins from red grape pomace in packed beds: experimental results and process modelling. *Chemical Engineering Science*, 57(18), 3831-3838.
- Martins, Silvia, Mussatto, Solange I, Martínez-Avila, Guillermo, Montañez-Saenz, Julio, Aguilar, Cristóbal N, & Teixeira, Jose A. (2011). Bioactive phenolic compounds: production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnology advances*, 29(3), 365-373.

- Masci, Alessandra, Coccia, Andrea, Lendaro, Eugenio, Mosca, Luciana, Paolicelli, Patrizia, & Cesa, Stefania. (2016). Evaluation of different extraction methods from pomegranate whole fruit or peels and the antioxidant and antiproliferative activity of the polyphenolic fraction. *Food chemistry*, 202, 59-69.
- Medina-Torres, Nelly, Ayora-Talavera, Teresa, Espinosa-Andrews, Hugo, Sánchez-Contreras, Angeles, & Pacheco, Neith. (2017). Ultrasound assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from vegetable sources. *Agronomy*, 7(3), 47.
- Menghi, Ariel. (2002). Alergias e intolerancias alimentarias. *Invenio*, 5(8).
- Mercado, Gilberto, Carrillo, Rosa, Wall, Abraham, López, José, & Álvarez, Emilio. (2013). Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutrición Hospitalaria*, 28(1), 36-46.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). Sistema de Estadísticas Agropecuarias - Agronet. 2017
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Resolución numero 3929 de 2013. *Colombia, Bogotá*, 16-26.
- Mishra, Krishnanand, Ojha, Himanshu, & Chaudhury, Nabo Kumar. (2012). Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chemistry*, 130(4), 1036-1043.
- Morton, Julia Frances. (1987). *Fruits of warm climates*: JF Morton.
- Muñoz, Juan Manuel, Muñoz, Javier Andres, & Rojas, Consuelo Montes. (2015). Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayan, Cauca. *INGRESAR A LA REVISTA*, 13(1), 73-82.
- Murillo, Elizabeth, Mendez, Jonh, Murillo, Walter, Moyano, Diego, & Osorio, Natalia. (2012). POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE LA CÁSCARA DEL MANGOSTINO. *Vitae*, 19(1), S355-S356.
- Naziri, Eleni, Nenadis, Nikolaos, Mantzouridou, Fani Th, & Tsimidou, Maria Z. (2014). Valorization of the major agrifood industrial by-products and waste from Central Macedonia (Greece) for the recovery of compounds for food applications. *Food research international*, 65, 350-358.
- Noguera, RR, Ramírez, JF, & Posada, SL. (2016). Efecto de la concentración de proteína cruda en suplementos para vacas lecheras sobre la degradación de la materia seca in vitro. *Livestock Research for Rural Development*, 28(8).
- Obón, J, Castellar, M, Alacid, M, & Fernández, J. (2009). Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. *Journal of Food Engineering*, 90(4), 471-479.
- Ong, Khai Lun, Kaur, Guneet, Pensupa, Nattha, Uisan, Kristiadi, & Lin, Carol Sze Ki. (2017). Trends in food waste valorization for the production of chemicals, materials and fuels: Case study South and Southeast Asia. *Bioresource technology*.

- Palapol, Y, Ketsa, S, Stevenson, D, Cooney, J, Allan, A, & Ferguson, I. (2009). Colour development and quality of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) fruit during ripening and after harvest. *Postharvest Biology and Technology*, 51(3), 349-353.
- Patterson, R, & Butler, J. (1982). Tartrazine-induced chromosomal aberrations in mammalian cells. *Food and Chemical Toxicology*, 20(4), 461-465.
- Pereira, Olívia R. (2009). *Estudio estructural y determinación de propiedades antioxidativas de extractos etanólicos de Thymus citriodorus y Cytisus multiflorus*. Universidad de Salamanca, Facultad de Farmacia.
- Pérez, Elena. (2014). INFO Mangostán (*Garcinia mangostana*).
- Pérez Encalada, Samuel Armando. (2017). *Determinación de flavonoides y actividad antioxidante de cladodios de nopal (Opuntia ficus-indica)*. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas.
- Pimentel, Tatiana, Madrona, Grasiela, Garcia, Sandra, & Prudencio, Sandra. (2015). Probiotic viability, physicochemical characteristics and acceptability during refrigerated storage of clarified apple juice supplemented with *Lactobacillus paracasei* ssp. *paracasei* and oligofructose in different package type. *LWT-Food science and Technology*, 63(1), 415-422.
- Pothitirat, Werayut, Chomnawang, Mullika, Supabphol, Roongtawan, & Gritsanapan, Wandee. (2009). Comparison of bioactive compounds content, free radical scavenging and anti-acne inducing bacteria activities of extracts from the mangosteen fruit rind at two stages of maturity. *Fitoterapia*, 80(7), 442-447.
- Pradas, V, & García, C. (2008). Algunos aditivos alimentarios podrían determinar comportamientos hiperactivos en niños preescolares (3 años) y escolares (8-9 años)
- Evidencias en pediatría 4.1.*
- Procolombia. (2015).
- Ramírez, Daniel;. (2016). Potencialidad de exportación de mangostino liofilizado con destino al mercado farmacéutico de la eurozona.
- Ramirez, Daniel; . (2016). Potencialidad de exportación de mangostino liofilizado con destino al mercado farmacéutico de la eurozona
- Tesis profesional en finanzas y comercio internacional, Bogotá, DC, 75.*
- Ramírez, Juan Sebastián, & Castro, Vanessa. (2014). Analysis Of Acceptance And Preference Of Manjar Blanco Del Valle. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 20-27.
- Recalde Vera, Alejandra S. (2007). Evaluación del efecto del presecado y tiempo de fermentación, en los contenidos de polifenoles totales, alcaloides y acidos volatiles en dos genotipos de cacao.
- Restrepo, Mauricio, Acosta, Elly, Ocampo, Juan , & Morales, Cristian. (2006). Sustitución de tartrazina por betacaroteno en la elaboración de bebidas no alcohólicas. *Revista Lasallista de Investigación*, 3(2).
- Ríos, Norma Constanza Bonilla, Varón, Flor Angela, & Garzón, Leidy Paola. (2015). EXTRACCIÓN DE PIGMENTOS COLORANTES TIPO

- FLAVONOIDES, FLOR DEL POMO (*Syzygium jambos*). ZONA VERDE DEL IEAR. FLORENCIA CAQUETÁ. *Amazonia Investiga*, 3(5).
- Rodríguez, Aida T, Morales, Daysi, & Ramírez, MA. (2000). Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento in vitro de hongos fitopatógenos. *Cultivos tropicales*, 21(2).
- Rodríguez, GR, Gonzalez, R, Grajales, A, Ruiz, MA, & Abud, M. (2005). Spray-drying of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product. *Drying Technology*, 23(4), 955-973.
- Rojas, J, Peñuela, A, Gómez, C, Aristizabal, G, Chaparro, M, & López, J. (2004). Caracterización de los productos hortifrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad.
- Schanda, János. (2007). *Colorimetry: understanding the CIE system*: John Wiley & Sons.
- Segura, Carol, Guerrero, Camilo, Posada, Ernesto, Mojica, Jaquelin, & Mora, Walter Pérez. (2015). Caracterización de residuos de la industria vinícola del valle de Sáchica con potencial nutricional para su aprovechamiento después del proceso agroindustrial. *Encuentro Nacional de Investigación y Desarrollo ENID*, 2.
- Shibata, Masa-Aki, Iinuma, Munekazu, Morimoto, Junji, Kurose, Hitomi, Akamatsu, Kanako, Okuno, Yasushi, . . . Otsuki, Yoshinori. (2011). α -Mangostin extracted from the pericarp of the mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn) reduces tumor growth and lymph node metastasis in an immunocompetent xenograft model of metastatic mammary cancer carrying a p53 mutation. *BMC medicine*, 9(1), 69.
- Singleton, Vernon, Orthofer, Rudolf, & Lamuela, Rosa. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent *Methods in enzymology* (Vol. 299, pp. 152-178): Elsevier.
- Sothornvit, R. (2010). *Drying process and mangosteen rind powder product*. Paper presented at the VI International Symposium on Banana: XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People 928.
- Stone, Herbert, Sidel, Joel, Oliver, Shirley, Woolsey, Annette, & Singleton, Richard C. (2004). Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Descriptive Sensory Analysis in Practice*, 23-34.
- Suttirak, W, & Manurakchinakorn, S. (2009). *Total phenolic contents and antioxidant activities of mangosteen peel extracts*. Paper presented at the Proceedings of the 35th Congress on Science and Technology of Thailand (STT 35), Chonburi, Thailand.
- Suttirak, Weerayuth, & Manurakchinakorn, Supranee. (2014). In vitro antioxidant properties of mangosteen peel extract. *Journal of food science and technology*, 51(12), 3546-3558.
- Tovar del Río, Jennifer. (2013). *determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecoregion Cafétera*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

- Wilches Rodríguez, Julio César. (2015). Valoración y crecimiento de hongos comestibles nutracéutico y nutricéuticos en sustratos agroindustriales del Valle del Cauca.
- Wittenauer, Judith, Falk, Susanne, Schweiggert, Ute, & Carle, Reinhold. (2012). Characterisation and quantification of xanthenes from the aril and pericarp of mangosteens (*Garcinia mangostana* L.) and a mangosteen containing functional beverage by HPLC–DAD–MSn. *Food chemistry*, 134(1), 445-452.
- Wu, Di, & Sun, Da-Wen. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 29(1), 5-20.
- Wu, SJ, Tsai, JY, Chang, SP, Lin, DL, Wang, SS, Huang, SN, & Ng, LT. (2006). Supercritical carbon dioxide extract exhibits enhanced antioxidant and anti-inflammatory activities of *Physalis peruviana*. *Journal of ethnopharmacology*, 108(3), 407-413.
- Xu, Zhenzhen, Wu, Jihong, Zhang, Yan, Hu, Xiaosong, Liao, Xiaojun, & Wang, Zhengfu. (2010). Extraction of anthocyanins from red cabbage using high pressure CO₂. *Bioresource technology*, 101(18), 7151-7157.
- Yepes, S; Montoya, L; Orozco F,. (2008). Valorización de residuos agroindustriales–frutas–en Medellín y el sur del Valle del Aburrá, Colombia. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellin*, 61(1), 4422-4431.
- Yudtanduly Acuña, M, Zuluaga, Carlos, & Suárez, Devis. (2016). Potencial antioxidante de los extractos obtenidos del pericarpio y la semilla del fruto de *Garcinia mangostana* L. según el método de extracción. *Agronomía Colombiana*, 34(1Supl), S709-S711.
- Zavaleta, Juana, Muñoz, Ana, Blanco, Teresa, Alvarado, Carlos, & Loja, Bertha. (2005). Capacidad antioxidante y principales ácidos fenólicos y flavonoides de algunos alimentos. *Horizonte Médico*, 5(2).