

**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CUATRO LÍNEAS
PRODUCTIVAS DE LAS EMPRESAS HORTALIZAS GOURMET S.A Y
FRUTIDELICIAS Y CÍA. S.A.S PARA LA BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS DE
APROVECHAMIENTO EN LA UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA - SEDE
CALI**

MAIRA FERNANDA RAMÍREZ LASSO

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
SAN JUAN DE PASTO**

2016

**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CUATRO LÍNEAS
PRODUCTIVAS DE LAS EMPRESAS HORTALIZAS GOURMET S.A Y
FRUTIDELICIAS Y CÍA. S.A.S PARA LA BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS DE
APROVECHAMIENTO EN LA UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA - SEDE
CALI**

MAIRA FERNANDA RAMÍREZ LASSO

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniera
Agroindustrial**

Asesor de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial:

PhD. OSWALDO OSORIO MORA

Asesora de la Universidad de San Buenaventura-Seccional Cali:

BIÓLOGA DIANA MARCELA ORDOÑEZ GARCÉS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

SAN JUAN DE PASTO

2016

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Abril de 2016.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la fe ni desfallecer en el intento.

A mis familiares por su constante apoyo y ánimo para seguir adelante.

A mis Abuelos que son lo más lindo que me ha brindado Dios y en especial a mis tíos y tías que me han apoyado y acompañado en esta etapa de mi vida.

A mis padres Rosalba y Ricardo por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar. A mis sobrinas Isabela y Tatiana quien han sido y son una de mis motivaciones, inspiraciones y felicidad.

A mi novio y compañero de vida Cesar Iván Chaves por su apoyo, comprensión, consejos, y cariño para terminar este trabajo.

A mis amigas: Gabriela Pazmiño, Leidy Córdoba, Paola calvache, Lina Gonzales y tantas personas más especiales de mi vida, por compartir las angustias y gratificaciones, a todos ellos mil gracias.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad san Buenaventura, facultad de ingeniería agroindustrial en especial a la Coordinadora de laboratorios Ing. Martha Cecilia Castillo Leiva, por su apoyo y oportuna gestión para la culminación de este trabajo.

A mi asesora Diana Marcela Ordoñez Garcés, quien con sus conocimientos y experiencia me guió y acompañó en todo el proceso investigativo, además a todo el grupo de compañeros y amigos del laboratorio Naranjos que siempre estuvieron dispuestos a ofrecerme su ayuda, colaboración, calidez y valiosa amistad gracias por todo.

A mi asesor PhD. Oswaldo Osorio Mora, por su amistad, paciencia y su constante apoyo durante el desarrollo del proyecto, gracias por brindarme la fortaleza y la seguridad para continuar siempre firme.

A los Gerentes Dr. Julián David Yarce Marín y Dr. Pedro Luis Peña Gómez de las empresas Frutidelicias y Cía. S.A.S y Hortalizas Gourmet S.A por su buena disposición y colaboración para la realización de este proyecto.

Finalmente, a mi jurado de tesis Ingeniero Agroindustrial Oscar Arango, que dedico su tiempo y esfuerzo, para el logro de estos objetivos, así como a todos los profesores del programa quienes compartieron y transmitieron todo su conocimiento, durante mi formación profesional.

A todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron a la realización de este proyecto.

Con mucho cariño, Maira Fernanda Ramírez Lasso

RESUMEN

Conocida la realidad de la contaminación ambiental generada por las industrias procesadoras de frutas, es factible realizar este estudio en la medida que se enfoque en buscar una alternativa de aprovechamiento para dichos residuos que generen ingresos adicionales, al mismo tiempo que disminuya la carga orgánica que se dispone en vertederos y/o rellenos sanitarios más cercanos a Yumbo y al casco municipal de Cali. Esta investigación abarco esta problemática haciendo uso de tecnología de punta, realizando balances de masa, diagramas de producción y caracterización fisicoquímica de residuos de frutas como mango, papaya, lulo, mora, naranja, maracuyá, y frutas enteras como melón honeydew, melón piel de sapo y melón cantaloupe, estableciendo parámetros iniciales para definir estrategias que garanticen un beneficio económico para las empresas. Todo en miras al aprovechamiento de residuos frutícolas en futuros procesos fermentativos para la producción de ácido láctico y/o sus derivados.

ABSTRACT

Known the reality of environmental pollution from industries processing fruit, it is feasible to conduct this study to the extent that focuses on finding an alternative use for such waste to generate additional revenue while decreasing the organic load that It disposed in landfills and / or fillers closest to Yumbo and the municipal health center of Cali. This research involved these problems using technology, making mass balances, flow charts and physico-chemical characterization of waste fruits such as mango, papaya, lulo, blackberry, orange, passion fruit, and whole fruits such as honeydew, cantaloupe skin toad and cantaloupe, setting initial parameters to define strategies to ensure an economic benefit for companies. All in order to use of fruit residues in future fermentation processes for the production of lactic acid and / or its derivatives.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. TITULO	17
1.1 Descripción de las empresas	17
<i>1.1.1 Empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S</i>	17
<i>1.1.2 Empresa Hortalizas Gourmet S.A</i>	17
1.2 Problemática y justificación.....	18
2. MARCO REFERENCIAL.....	22
2.1 Marco teórico	22
<i>2.1.1 Residuos agroindustriales</i>	22
<i>2.1.2 Residuos de cítricos</i>	23
<i>2.1.3 Características de los residuos y su impacto</i>	24
2.2 Antecedentes	26
<i>2.2.1 Aprovechamiento de residuos agroindustriales</i>	26
<i>2.2.2 Residuos frutícolas para usos biotecnológicos</i>	27
2.2.3 Obtención de Pectina	28
<i>2.2.4 Obtención de Ácido láctico</i>	29
<i>2.2.5 Reciclaje de los residuos sólidos orgánicos</i>	30
3. OBJETIVOS	31
3.1 Objetivo general	31
3.2 Objetivo específicos	31

4. METODOLOGÍA.....	32
4.1 Materias primas.....	32
4.2 Obtención y acondicionamiento de la materia prima empresa frutidelicias y CÍA. S.A.S	32
4.3 Obtención y acondicionamiento de la materia prima empresa hortalizas gourmet s.a	34
4.4 Diagramas de producción.....	36
4.5 Balances de masa	36
4.6 Tamaño de muestra necesario para la caracterización	36
4.6.1 <i>Determinación del tamaño de muestra</i>	36
4.7 Caracterización fisicoquímica de los sustratos agroindustriales	39
4.7.1 <i>Recolección de los sustratos agroindustriales</i>	39
4.7.2 <i>Clasificación de los sustratos agroindustriales</i>	39
4.7.3 <i>Determinación de humedad (NTC 1291)</i>	39
4.7.3.1 <i>Empresa Frutidelicias</i>	39
4.7.3.2 <i>Empresa Hortalizas Gourmet S.A</i>	40
4.7.4 <i>Determinación de Cenizas (NTC282)</i> :	40
4.7.4.1 <i>Empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S</i>	40
4.7.4.2 <i>Empresa Hortalizas Gourmet S.A</i>	41
4.7.5 <i>Medición de pH (NTC 4592) y solidos solubles totales (SST) (NTC 4624)</i> :	41
4.7.5.1 <i>Empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S</i>	41
4.7.5.2 <i>Empresa Hortalizas Gourmet S.A</i>	42
4.7.6 <i>Contenido de Azúcares y ácido cítrico por HPLC</i>	43
4.7.6.1 <i>Empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S</i>	43

4.7.6.2 <i>Empresa Hortalizas Gourmet S.A</i>	43
4.7.7 <i>Selección de los mejores sustratos para obtener ácido láctico</i>	45
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
5.1 Diagramas de producción de las empresas frutidelicias y cía. S.A.S y hortalizas gourmet S.A	46
5.1.1 <i>Diagrama de elaboración de pulpas cáscara gruesa mango-lulo-maracuyá</i>	46
5.1.2 <i>Diagrama de elaboración de pulpa de naranja</i>	47
5.1.3 <i>Diagrama de elaboración de pulpa de mora y papaya.</i>	48
5.1.4 <i>Diagrama de producción de la empresa Hortalizas Gourmet S.A</i>	49
5.2. Balances de masa	50
5.2.1 <i>Balance de masa empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S</i>	50
5.2.1.1 <i>Balance de masa de la pulpa congelada de mango mes de noviembre</i>	51
5.2.1.2 <i>Balance de masa de la pulpa congelada de maracuyá mes de diciembre:</i>	51
5.2.1.3 <i>Balance de masa de la pulpa congelada de lulo mes de diciembre:</i>	51
5.2.1.4 <i>Balance de masa de la pulpa congelada de naranja mes de diciembre:</i>	52
5.3 Tamaño de muestra	55
5.3.1 <i>Empresa Hortalizas Gourmet S.A</i>	55
5.3.2 <i>Empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S</i>	56
5.4 Caracterización fisicoquímica de las muestras	61
5.4.1 <i>Caracterización fisicoquímica empresa Hortalizas Gourmet S.A</i>	61
5.4.1.1 <i>Caracterización fisicoquímica de las averías de melón</i> <i>(Cucumis melo var. Cantalupensis)</i>	61
5.4.1.2 <i>Caracterización fisicoquímica de las averías de melón</i>	

<i>(Cucumis melo var. inodorus cv. Honeydew)</i>	64
5.4.1.3 Caracterización fisicoquímica de las averías de melón	
<i>(Cucumis melo var. Inodorus cv. Piel de sapo)</i>	65
5.4.2 Caracterización fisicoquímica empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S	67
6. CONCLUSIONES	74
7. RECOMENDACIONES.....	76
ANEXOS	94

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Adecuación de materia prima para pruebas fisicoquímicas.....	34
Figura 2. Separación y adecuación de la muestra.....	36
Figura 3. Medición de pH para determinar el tamaño de muestra. empresa Hortalizas Gourmet S.A.	38
Figura 4. Medición de azúcares para determinar el tamaño de muestra empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S.....	38
Figura 5. Determinación de humedad	40
Figura 6. Determinación de cenizas	41
Figura 7. Determinación de pH y solidos solubles totales	42
Figura 8. Adecuación de las muestras para HPLC	43
Figura 9. Determinación de azúcares en HPLC.	44
Figura 10. Resultados de pH para determinar el tamaño de muestra empresa Hortalizas Gourmet S.A	56
Figura 11. Resultado de azúcares para determinar el tamaño de muestra empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S.....	58

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Residuos de frutas de los meses de octubre, noviembre y diciembre- 2015, empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S	53
Tabla 2. Balance de masa de las tres variedades de melón (Cucumis melo) empresa Hortalizas Gourmet S.A	54
Tabla 3. Averías en campo de las tres variedades de melón (Cucumis melo) empresa Hortalizas Gourmet S.A	54
Tabla 4. Resultados de pH de las tres variedades de melón (Cucumis melo) empresa Hortalizas Gourmet S.A	55
Tabla 5. Resultado de azúcares de los diferentes residuos- empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S	57
Tabla 6. Tamaño de muestra necesario empresas Hortalizas Gourmet S.A y Frutidelicias y Cía. S.A.S	59
Tabla 7. Contenido de azúcares de diferentes sustratos para la producción de ácido láctico	60
Tabla 8. Distribución porcentual del pericarpio de melón Cantaloupe (Cucumis melo var. Cantalupensis)	63
Tabla 9. Resultados de la caracterización fisicoquímica de averías de melón Cantaloupe (Cucumis melo var. Cantalupensis)	63
Tabla 10. Distribución porcentual del pericarpio de melón (Cucumis melo var. inodorus cv. Honeydew)	65

Tabla 11.	Resultados de la caracterización fisicoquímica de averías de melón (Cucumis melo var. inodorus cv. Honeydew)	65
Tabla 12.	Distribución porcentual del pericarpio de melón (Cucumis melo var. inodorus cv. Piel de sapo)	66
Tabla 13.	Resultados de la caracterización fisicoquímica de averías de melón (Cucumis melo var. inodorus cv. Piel de sapo).	66
Tabla 14.	Resultados de la caracterización fisicoquímica de residuos empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S	72

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Liofilización de residuos empresa Frutidelicias y Cía. S.A	96
Anexo B. Liofilización de residuos empresa Hortalizas Gourmet S.A	96
Anexo C. Determinación de humedad empresa Hortalizas Gourmet S.A.....	98
Anexo D. Residuos de Frutas empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S. – 2015.....	99
Anexo E. Averías de Melón Cantaloupe - Honeydew y Piel de Sapo - empresa Hortalizas Gourmet. S.A. -2015	100
Anexo F. Tamaño de muestra utilizando el software Minitab versión 16. Empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S	101
Anexo G. Caracterización fisicoquímica de averías de melón empresa Hortalizas Gourmet S.A.....	105
Anexo H. Caracterización fisicoquímica de residuos de frutas empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S	112
Anexo I. Curvas estándares del equipo HPLC utilizando el software EZChrom Elite versión 3.3.2 SP1	115

INTRODUCCIÓN

Aunque cada sector en particular genera residuos en diferentes porcentajes de acuerdo con los tipos de productos que fabrican se estima que los residuos sólidos orgánicos constituyen cerca del 70% del volumen total de residuos generados (Sumaya *et al.*, 2012); la industria alimentaria es uno de los sectores que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente, bien sea por sus procesos productivos o por los diferentes productos no conformes que no llegan al mercado. Estos residuos pueden aprovecharse de diversas formas. Entre estos residuos se encuentran los provenientes de las frutas, los cuales pueden utilizarse en alimentación animal, humana, abonos, obtención de biogás, extracción de aceites esenciales, producción de ácido láctico, pectinas, flavonoides, entre otros (Elena & Echeverri, 2013).

En Colombia el aprovechamiento de residuos se enfoca mayoritariamente en la elaboración de compost (Bohòrquez *et al.*, 2014), también hay estudios en la obtención de energía usando combustión de biomasa agroindustrial (Gonzalez-Salazar *et al.*, 2014), por otro lado (Moncada *et al.*, 2016) evaluaron el uso de residuos de pino para producir furfural y etanol; mientras que en otra investigación se realizaron análisis técnicos y económicos para extraer pectina a partir de la cáscara de naranja (Acevedo & Ramírez, 2011) y cáscara de maracuyá amarilla (Rodríguez, 2012).

Sin embargo, en Colombia no existe una alternativa de aprovechamiento de residuos frutícolas ya que estos se ven como desecho y las empresas no cuenta con una mentalidad sostenible causando contaminación al medio ambiente. Por esto, es necesario conocer las características físicas y químicas básicas y de esta forma generar posibilidades biotecnológicas para que las empresas procesadoras y/o productoras de frutas decidan mejorar la disposición y aprovechamiento de sus residuos convirtiéndose en un referente de producción eficiente.

Este estudio se enfocó en aplicar técnicas de última tecnología, realizando balances de masa, diagramas de producción y caracterización fisicoquímica de residuos de mango, papaya, maracuyá, naranja, mora, lulo, melón piel de sapo, melón honeydew y melón cantaloupe; logrando resultados óptimos que garanticen un mutuo beneficio empresa- universidad, teniendo como actores a las empresas Frutidelicias y Cía. S.A.S, Hortalizas Gourmet S.A y la Universidad de San Buenaventura Cali. Esto será la base para futuros procesos fermentativos para producir ácido láctico y/o sus derivados a partir de residuos frutícolas.

1. TITULO

“CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CUATRO LÍNEAS PRODUCTIVAS DE LAS EMPRESAS HORTALIZAS GOURMET S.A Y FRUTIDELICIAS Y CÍA. S.A.S PARA LA BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO EN LA UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA - SEDE CALI”

1.1 Descripción de las empresas

1.1.1 Empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S

Esta empresa cuenta con tres líneas de producción de las cuales son pulpa congelada, rellenos- glaseados – zumo de frutas y aderezos; se describe el proceso de las líneas de producción de pulpa congelada.

Los operarios reciben la fruta de acuerdo a la variedad establecida, y se realiza la inspección fitosanitaria, se realiza selección por tamaños y punto de maduración. Lavado con agua potable a temperatura adecuada para eliminar residuos, adheridos a la fruta; seleccionada la fruta, se inicia el escaldado para que sea más eficiente el proceso de despulpe por intermedio de tamices que realizan la separación de la pulpa y los materiales de desecho. Se realiza bajo las condiciones de asepsia, en bolsa de polietileno debidamente rotulado marca “FRUGOS” o “FRUTIDELICIAS”, código de barras, fecha de vencimiento y registro sanitario. Después de empacada se almacena en cuartos fríos a temperatura de -20°C, lo que garantiza una vida útil de un año, y se debe conservar siempre la cadena de frío. Esta empresa tiene tres líneas de producción las cuales son pulpa – congelada, rellenos- glaseados – zumo de frutas y aderezos.

1.1.2 Empresa Hortalizas Gourmet S.A

Hortalizas Gourmet S.A es una compañía agroindustrial dedicada a la siembra, el procesamiento y la distribución de productos frescos y procesados con los más altos estándares

de calidad. La familia Hortaliza Gourmet es la unión de un agrónomo y una administradora, con el deseo de ofrecer un portafolio de productos anteriormente importados; siempre pensando en darle valor agregado al producto para diferenciar del agricultor común. Cuenta con 160 hectáreas en producción permanente, cosechando aproximadamente 200 toneladas semanales de variedad de frutas y hortalizas. Esta empresa tiene dos líneas de producción las cuales son productos en fresco entre los cuales se encuentran frutas y hortalizas y Productos procesados como conservas.

Cada una de estas empresas aportó muestras de residuos que fueron analizadas en los laboratorios los Naranjos de la Universidad San Buenaventura Cali.

1.2 Problemática y justificación

Las empresas industriales procesadoras y comercializadoras de frutas generan altos volúmenes de residuos orgánicos que requieren la aplicación de tecnologías apropiadas para la disposición final de residuos, lo que permite un control racional de los impactos producidos por estos, sin que se ponga en riesgo el medio ambiente y la salud pública. Así mismo, El aprovechamiento de residuos agroindustriales genera procesos de descomposición que le son propios, que corresponden a la generación de gases y lixiviados con altas cargas de contaminantes, lo cual crea la necesidad de usar sistemas de tratamiento costosos y complejos, necesarios para realizar la remoción de contaminantes que exige la normatividad (Cali, 2015), de tal manera que se evite un mayor deterioro de los recursos (agua, aire y suelo). De la misma forma, el procesamiento de las frutas y vegetales genera aguas residuales que poseen alta carga de sólidos suspendidos, azúcares, harinas, agentes de blanqueado, sales e incluso residuos de pesticidas. Sin embargo, los residuos sólidos como semillas, hojas, tallos, cáscaras y producto no conforme, representan una oportunidad para su aprovechamiento, teniendo en cuenta su gran volumen y composición. Es entonces, desde este planteamiento, que se propone un manejo de

residuos industriales que garantice y reduzca el impacto ambiental, y además genere ingresos adicionales a las empresas Hortalizas Gourmet S.A y Frutidelicias y Cía. S.A.S a partir de una relación costo-beneficio óptimo.

Por otra parte, el aprovechamiento de residuos frutícolas ha tomado gran fuerza entre la comunidad científica y sobre todo a nivel industrial, en donde los procesos de transformación generan subproductos que pueden ser útiles en otras actividades. De hecho, estudios recientes demuestran que las cáscaras de frutas como la naranja contienen antioxidantes que podrían tener un efecto benéfico en la salud humana (Londoño-Londoño *et al.*, 2010). Sin embargo, los residuos generados en las transformaciones agroindustriales y por las pérdidas post cosecha en las empresas (Hortalizas gourmet y Frutidelicias) aún no han sido aprovechados eficientemente, en parte, porque su valor es aún desconocido y, sobretodo, por la falta de métodos apropiados para caracterizar dichos residuos.

En cuanto a los costos que genera el procesamiento de estos residuos, como lo son el secado, almacenamiento y transporte, son factores que limitan económicamente su aplicación industrial y, por lo tanto son utilizados con un escaso tratamiento, como alimento para animales, fertilizantes o simplemente se convierten en focos de contaminación para las fuentes de agua, cultivos o peor aún son un problema de salud pública en centros de abastecimiento urbanos, en donde su disposición final genera gastos cada vez más insostenibles. Por lo tanto, la utilización eficiente, a bajo precio y ecológicamente racional de estos residuos cobra importancia, sobre todo por las restricciones legales ambientales que ya empiezan a surtir efecto en muchos países (Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá, 2002), así mismo por el “PGIRS” Plan de gestión integral de residuos en la ciudad de Cali, 2015-2027 (Cali, 2015).

Como ya se dijo, los subproductos del procesamiento de frutas como; cascara, semillas, bagazo y pepas, son fuentes prometedoras de compuestos que pueden ser utilizados debido a sus propiedades favorables tecnológicas o nutricionales. Actualmente existe una adecuada estrategia para el manejo y estabilización de los residuos de mango provenientes tanto de su industrialización como de la cadena productiva. Esto puede promover innovación en procesos, dar valor agregado a los productos para que dos de las 20 empresas frutícolas del valle del cauca (Morales *et al.*, 2014) se vuelvan más sofisticadas e innovadoras como lo sostiene la guía sectorial colombiana (Bash, 2015).

Esta estrategia de aprovechamiento implica profundizar en el mejoramiento de la calidad de la fruta durante toda la cadena productiva y establecer prácticas agrícolas sustentables, sostenibles y competitivas que permitan el aprovechamiento integral tanto de la pulpa, de la cáscara y el hueso del mango (Sumaya *et al.*, 2012), lo cual se puede replicar en otros tipos de frutas. Algunos ejemplos de esto, son el de Jawad *et al.* (2013), donde se evalúa el uso de residuos de cáscara de mango para la producción de ácido láctico a partir del método biofermentativo; así mismo, Koppa *et al.* (2013), produjeron biogás a través de digestión anaerobia utilizando residuos de cáscara de naranja, como combustible para generar electricidad y Choi *et al.* (2015), sostiene que los residuos de frutas son una alternativa atractiva de biomasa para la producción de bioetanol ya que tiene niveles altos de azúcares fermentables de glucosa, fructosa y sacarosa.

Teniendo en cuenta que el plan frutícola del valle del cauca (Ministerio De Agricultura y desarrollo & Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle, 2006) establece un aumento en la producción de frutas de alrededor de 10 mil hectáreas en un periodo de 10 años y que actualmente se produce aproximadamente 40 mil toneladas anuales de frutas (Cauca, 2014) y que

aproximadamente el 50% queda para consumo interno (Cámara de comercio de Cali, 2014), los residuos son un problema susceptible de mejora mediante buenas prácticas de manufacturas y aprovechamiento de los mismos.

Conocida la realidad de la contaminación ambiental generada por las industrias procesadoras de frutas, es factible realizar este estudio en la medida que se enfoque en buscar una alternativa de aprovechamiento para dichos residuos que generen ingresos adicionales, al mismo tiempo que disminuya la carga orgánica que se dispone en vertederos y/o rellenos sanitarios más cercanos a Yumbo y al casco municipal de Cali. Esta investigación abarco esta problemática haciendo uso de tecnología de punta, realizando balances de masa, diagramas de producción y caracterización fisicoquímica de residuos de frutas como mango, papaya, lulo, mora, naranja, maracuyá, y frutas enteras como melón honeydew, melón piel de sapo y melón cantaloupe, estableciendo parámetros iniciales para definir estrategias que garanticen un beneficio económico para las empresas. Todo en miras al aprovechamiento de residuos frutícolas en futuros procesos fermentativos para la producción de ácido láctico y/o sus derivados.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco teórico

2.1.1 Residuos agroindustriales

Los residuos agroindustriales son materiales en estado sólido o líquido que se generan a partir del consumo directo de productos primarios o de industrialización y, que ya no son de utilidad para el proceso que los generó, pero que son susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar otro producto con valor económico, de interés comercial y/o social (Olán & Huerta, 2014). El problema al que se enfrentan los residuos agroindustriales es que no existe una clara conciencia ambiental para su manejo, además de que falta capacidad tecnológica y recursos económicos para darles un destino final, así como una legislación específica para promover la gestión de este tipo de residuos, que asegure un buen manejo desde su generación hasta su disposición final. Aún en estos días, esta problemática prevalece a nivel mundial. Con cierta frecuencia al hablar sobre el tema se maneja en forma confusa los términos: residuos y desechos, sin importar que existe una diferencia conceptual entre ellos (Saval, 2012).

El término “residuos”, se aplica a aquellos que pueden tener o no un valor comercial, porque son poco comunes o porque se generan en bajas cantidades, sin embargo, algunos de sus constituyentes aún en baja proporción, le pueden conferir algún interés para su utilización. (Saval, 2012).

El término “desecho”, está referido a aquellos materiales que no tienen algún valor comercial, ni poseen atributos de interés para ser utilizados en algún proceso, por lo que se consideran como basura y se les debe dar una disposición final.

En general, las características de los residuos agroindustriales son muy variadas, dependen de la materia prima y del proceso que los generó, no obstante, comparten una

característica principal que es el contenido de materia orgánica, constituida por diferentes porcentajes de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina.

Al buscar una oportunidad de aprovechamiento de los residuos, se hace necesaria su caracterización para conocer su composición, la calidad de sus componentes y la cantidad que se genera, con esto se pueden definir las tecnologías más apropiadas para su aprovechamiento y posterior tratamiento. Respecto a esto último, es de esperar que después del aprovechamiento de un residuo se genere un siguiente residuo más agotado que podría tener otra aplicación, o bien, convertirse en un desecho (Saval, 2012).

Es por esto que se observa que las frutas cultivadas en las zonas templadas se caracterizan por tener una gran porción comestible y cantidades moderadas de material de residuo, tales como cáscaras y semillas. En contraste, el procesamiento de frutas tropicales y subtropicales genera una mayor cantidad de residuos que unido al aumento de la producción, representa un problema cada vez mayor, pues el material vegetal suele ser propenso a la descomposición microbiana, lo que limita su explotación comercial (Fonseca & Maturana, 2010).

2.1.2 Residuos de cítricos

El aprovechamiento industrial de las especies de cítricos se ha convertido en una actividad intensiva en Colombia donde participan empresas dedicadas a toda la cadena productiva (cultivadores, procesadoras, centros de distribución y exportadores), produciendo jugos, pulpas, concentrados y frutas en fresco; pero a medida que la producción crece, se aumenta también la generación de residuos sólidos y líquidos, los cuales están compuestos principalmente de agua, azúcares solubles, fibra, ácidos orgánicos, aminoácidos, minerales, aceites esenciales, flavonoides y vitaminas, estando en cantidades diferentes dependiendo de la fracción de la fruta (jugo, cáscara, pulpa, mesocarpio), su estado de madurez y el sistema empleado para la extracción del jugo (Fonseca & Maturana, 2010).

Específicamente, en cuanto a los flavonoides, la naringina es el mayoritario en la toronja, la hesperidina lo es en la naranja, mientras que hesperidina y diosmina son abundantes en el limón y la mandarina. Otros metabolitos importantes en los cítricos son las cumarinas y ácidos orgánicos como el ácido cítrico y ascórbico. Las grandes cantidades de residuos de frutas se generan a partir de los procesos agrícolas en todo el mundo. Estos residuos son a menudo simplemente arrojados a vertederos. Residuos de las frutas tienen altos niveles de azúcares, incluyendo sacarosa, glucosa, y fructosa, que puede ser fermentados para la producción de bioetanol (Fonseca & Maturana, 2010).

2.1.3 Características de los residuos y su impacto

La principal fuente de generación de residuos líquidos en la industria procesadora de frutas y hortalizas radica en el proceso de lavado. Los residuos líquidos generados en el lavado de frutas y hortalizas se caracterizan por contener, principalmente, sólidos suspendidos y materia orgánica disuelta. También es común encontrar pesticidas, insectos y jugos provenientes de la materia prima, hojas, tallos y otras partes de las plantas. Adicionalmente, existen procesos característicos generadores de residuos líquidos; entre ellos se destaca el proceso de pelado, donde se generan importantes cantidades de aguas con alto contenido orgánico soluble y sólidos suspendidos. Las aguas del proceso de blanqueado y del proceso de evaporación también tienen alto contenido de materia orgánica soluble. En las aguas de lavado de equipos es común encontrar detergentes y materia orgánica disuelta (Guerrero *et al.*, 2011).

En la agroindustria, los residuos sólidos provienen generalmente de las etapas de limpieza, lavado, corte, deshuesado, pelado y descorazonado. En la etapa de pre-tratamiento (rejillas) se generan restos de frutas y verduras que deben ser eliminados antes de pasar a las otras etapas del proceso de tratamiento. Entre los residuos sólidos más comunes producidos por este tipo de industria se encuentran restos de frutas, frutas en mal estado, semillas, envases y

embalajes. Sin embargo, la gran mayoría de ellos son reutilizados como suplemento alimenticio para animales o como mejoradores de suelo. La contaminación tiene relación principalmente con la putrefacción de material orgánico, lo que ocasiona malos olores y lixiviación de contaminantes hacia el suelo y las aguas superficiales y subterráneas (Guerrero *et al.*, 2011). Por su parte, la gestión de residuos sólidos agrupa todas las medidas para la prevención y reducción, así como para la disposición ordenada y compatible desde un punto de vista ambiental de los residuos sólidos de todo tipo, en este caso industriales. La disposición ordenada de residuos sólidos industriales es parte esencial de la gestión de residuos, cuyos objetivos son proteger la salud humana y contribuir a la calidad de vida, conservar el equilibrio ecológico del medio ambiente, garantizar la disposición segura de los residuos sólidos de la industria, y permitir la permanente conservación y cuidado de los recursos que sirven al bienestar general de la sociedad” (Guerrero *et al.*, 2011).

En Inglaterra se encontró un nuevo uso para los residuos de la fruta: convertirlos en energía limpia. Dos empresas se asociaron para instalar una planta de digestión anaeróbica, donde los restos de fruta son convertidos en electricidad (Frutícola, 2011). Para Pandey *et al.* (2000), la aplicación de residuos agroindustriales en bioprocesos provee por un lado sustratos alternativos y, por otro, ayuda a resolver los problemas de polución que genera su disposición. Lee *et al.* (2003) avalan el potencial que tiene la aplicación de tecnología de biogás a partir del tratamiento de aguas residuales en algunas agroindustrias, así mismo, Wu *et al.* (2015), demostraron que los residuos de frutas a partir de la fermentación acidogénica son una alternativa importante para producir ácido láctico.

2.2 Antecedentes

2.2.1 Aprovechamiento de residuos agroindustriales

La protección del medio ambiente se ha convertido en un tema prioritario para los sectores gubernamental e industrial, por ello se ha hecho importante lograr un uso racional de los subproductos agroindustriales; este plan puede contribuir a minimizar los gastos que supone la gestión de residuos y también incentivar nuevas fuentes de materias primas para la obtención de productos de alto valor agregado. Los residuos agroindustriales no se han aprovechado eficientemente, en parte, porque en muchos casos su valor es a un desconocido, de tal manera que el auge de los estudios ha centrado su atención en la necesidad de identificar y recuperar sustancias de interés farmacéutico, cosmético o alimentario presentes en residuos de productos tales como manzana, cítricos, bagazo de caña de azúcar entre otros. Es así como se han diseñado procesos para utilizar estos materiales en la generación de productos valorizados como etanol, enzimas, ácidos orgánicos, grasas, aminoácidos, pectina y metabolitos secundarios biológicamente activos, entre otros (Alvarez, 2012).

En los últimos años, la agroindustria de cítricos en Colombia ha mostrado un crecimiento significativo, originado por la expansión del mercado de los derivados de frutas como jugos, concentrados, néctares y pulpas entre otros (Navarrete *et al.*, 2014). Los residuos generados durante el procesado de cítricos están constituidos por flabelos, albedos, segmentos de membrana y semillas, que tienen potencialidad como material de partida para la elaboración de productos comerciales importantes; entre ellos se destacan los aceites esenciales, aceites fijos, fibras, y pectinas. En particular, el epicarpio o cáscara de los cítricos es una fuente importante en aceites esenciales, los cuales están constituidos por compuestos volátiles (generalmente aislables por hidrodestilación) que son responsables del aroma y sabor característicos de los vegetales. Los

Aceites esenciales de los cítricos (mandarina, limón, naranja y lima) tienen una demanda alta, principalmente en la industria de alimentos, farmacéutica y de cosméticos, son utilizados en la preparación de aromatizantes, saborizantes, desinfectantes ambientales, como antimicrobianos y como precursores de síntesis química (Choi *et al.*, 2015).

2.2.2 Residuos frutícolas para usos biotecnológicos

Los residuos de la agroindustria de frutas son utilizados con frecuencia para la generación de productos de valor añadido, lo que permite mitigar problemas ambientales como propagación de plagas, malos olores, contaminación de suelos y de agua, entre otros.

Los residuos del procesamiento de las semillas de algunas frutas son empleadas para la extracción de ácidos grasos (Sogi *et al.*, 2013). Por otro lado, los residuos de piña se utilizan como sustrato para la síntesis de ácido láctico (Araya-cloutier *et al.*, 2010), las cáscaras de varias frutas han sido utilizadas para la extracción de pectina (Prakash *et al.*, 2014). Los estudios de Kim *et al.* (2012), muestran que los extractos etanólicos de cáscara de mango variedad Irwin ayudan a la prevención del cáncer de cuello uterino. Sin embargo, para encontrar el uso potencial de los residuos agroindustriales es necesario hacer su caracterización como punto de inicio para el desarrollo de productos con valor agregado.

Jawad *et al.* (2013), evaluaron el uso de residuos de cáscara de mango para la producción de ácido láctico a partir del método bio-fermentativo; por otro lado Koppa *et al.* (2013), produjeron biogás a través de digestión anaerobia utilizando residuos de cáscara de naranja, como combustible para generar electricidad.

De tal manera se han definido criterios de selección de los residuos para ser aprovechados con fines biotecnológicos, algunos de ellos son:

- Que el principal componente del residuo pueda ser utilizado como sustrato para la producción fermentativa de insumos de procesos industriales, o bien, que el material pueda ser sometido a extracciones para recuperar alguno de sus componentes que tenga un mercado demandante.
- Que el residuo esté disponible localmente y en las cantidades necesarias para asegurar la fabricación de un producto de interés.
- Que no tenga otras aplicaciones o usos que compitan con el proceso que se pretende promover.
- Que no requiera pretratamiento, y en caso de requerirlo, que éste sea sencillo y económico (Saval, 2012).

2.2.3 Obtención de Pectina

La pectina es el principal componente de las paredes celulares de los tejidos vegetales. El término pectina incluye a una familia de oligosacáridos y polisacáridos que tienen características en común, pero que difieren en cuanto a su estructura. En general la pectina está constituida por al menos un 65% de ácido galacturónico y puede contener tres tipos de polisacáridos: homogalacturonano, ramnogalacturonano I y ramnogalacturonano II. La aplicación industrial y tecnológica de las pectinas se basa en su habilidad para formar geles. El uso de residuos industriales de origen vegetal para la obtención de pectina tiene una relevancia alta desde el punto de vista económico y ambiental. Los residuos que se obtienen del procesamiento industrial de manzana, durazno (melocotón), diversos cítricos, mango, guayaba, papaya, maracuyá, son una fuente importante de materiales pépticos de alta calidad que pueden utilizarse en formulaciones alimenticias, farmacéuticas y poliméricas (Gray, 2012).

Las pectinas con alto grado de esterificación en combinación con almidones o quitosano son ideales para la elaboración de películas biodegradables y termo resistentes (180 °C) con un uso potencial para el empaque de detergentes e insecticidas. El uso de mezclas de pectina con diversas proteínas (β lactoglobulina, quitosano, proteína de suero lácteo, gelatina y harina de soya) ha mostrado potencial para ser utilizadas en la micro encapsulación y liberación controlada de compuestos bioactivos (probióticos ADN, aceites esenciales, medicamentos, hormonas y fitoquímicos), elaboración de empaques y cubiertas comestibles para diversos alimentos (frutas, hortalizas, carnes, productos de panificación) y como agentes estabilizadores en sistemas alimenticios. Entre estos compuestos activos destacan compuestos que evitan el oscurecimiento, colorantes, aromas, nutrientes, especias y agentes antimicrobianos. Las cubiertas a base de pectina también son utilizadas con la finalidad de reducir la absorción de grasa durante el freído de las carnes. La pectina también tiene potencial para remover metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y cobre) en solución acuosa y puede ser utilizada para la modificación superficial de implantes médicos, mejorando su incorporación al huésped (Doll, 2013).

2.2.4 Obtención de Ácido láctico

El ácido láctico se utiliza como conservante y acidulante en los alimentos, uno de los principales obstáculos en la producción a gran escala de esta sustancia es el costo de la materia prima. Esta aplicación de residuos agroindustriales representa una alternativa atractiva para reemplazar las materias primas costosas (Munilla, 2013). Sin embargo, la aplicación de microorganismos para la producción de ácido láctico utilizando materias primas rentables es limitada. Por lo tanto, esta situación hace deseable el aprovechamiento de residuos para la generación de productos de alto valor agregado como es el ácido (L+) láctico, el cual es utilizado

en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica y como materia prima para polimerizarse a ácido poli lactato y poder obtener plástico de origen bacteriano (Gil *et al.*, 2013).

La utilización de residuos agroindustriales como materia prima de bajo costo, para la obtención de ácido (L+) láctico está ganando interés. Esta opción de transformar desechos en nuevas materias primas se perfila como una opción atractiva para generar posibilidades biotecnológicas para que las empresas procesadoras y productoras de frutas decidan mejorar la disposición y aprovechamiento de los residuos agroindustriales convirtiéndose en un referente de producción eficiente.

2.2.5 Reciclaje de los residuos sólidos orgánicos

Una parte importante de los residuos que se generan en la industria de transformados vegetales está constituida por la fracción orgánica sólida derivada del tratamiento previo de las materias primas vegetales. En la actualidad esta fracción de sólidos orgánicos se emplea en parte como alimentación animal, una pequeña proporción se destina a otras aplicaciones (ej. combustible) y el resto de la materia no empleada constituye un residuo destinado a vertedero. El envío de esta materia orgánica a vertedero supone una pérdida de recursos puesto que puede ser un subproducto aprovechable en otros procesos como son: compostaje, mecanización. El reciclaje de los residuos sólidos orgánicos por cualquiera de las vías mencionadas se ve favorecido, entre otros, por el hecho de que las empresas generadoras normalmente están concentradas en determinadas zonas geográficas y podría aplicarse medidas conjuntas de aprovechamiento de los residuos. Además, el uso del subproducto en alimentación animal puede aumentarse si se realiza una correcta planificación.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Caracterizar los residuos sólidos de cuatro líneas productivas de las empresas Hortalizas Gourmet S.A y Frutidelicias y Cía. S.A.S para la búsqueda de alternativas de aprovechamiento en la Universidad de San Buenaventura Cali.

3.2 Objetivo específicos

- Realizar diagramas de líneas de producción por cada una de las empresas.
- Determinar el balance de masa, en cada una de las líneas de producción.
- Establecer el tamaño de muestra adecuado para determinar la caracterización de los residuos provenientes de las líneas de producción identificadas
- Realizar la caracterización fisicoquímica de los residuos frutícolas.

4. METODOLOGÍA

En este trabajo se realizaron visitas a las empresas Frutidelicias y Cía. S.A.S y Hortalizas Gourmet S.A. para trabajar con residuos o líneas de producción accesibles según temporada de cosecha, se manejó logística interna y la necesidad costo beneficio que favoreció a la empresa como a la institución, se caracterizaron fisicoquímicamente y se identificó la especie vegetal de la cual provenían los residuos proporcionados de las dos empresas en mención.

4.1 Materias primas

Los residuos agroindustriales fueron recolectados de las empresas Hortalizas Gourmet S.A y Frutidelicias y Cía. S.A.S de la ciudad de Cali, localizadas en el municipio de Yumbo el cual se encuentra al norte de la ciudad de Cali, los residuos vegetales empleados fueron los disponibles en el momento de la recolección de muestras. Los análisis fueron realizados en los laboratorios los Naranjos de la Universidad de San Buenaventura Cali. Los residuos de frutas llegaron en bloques congelados a -20°C , previamente empacados y rotulados, se utilizaron neveras de icopor para transportar la materia prima desde cada una de las empresas Frutidelicias y Cía. S.A.S, Hortalizas Gourmet S.A hasta la Universidad San Buenaventura Cali. Una vez recibidas las muestras, fueron almacenadas a -20°C en un congelador (Haceb, Colombia) hasta su caracterización.

4.2 Obtención y acondicionamiento de la materia prima empresa frutidelicias y CÍA. S.A.S

Los residuos agroindustriales de mango (*Mangifera indica* var. Keitt), papaya (*Carica papaya*), lulo (*Solanum quitoense*), naranja (*Citrus sinensis* var. Valencia late), mora (*Rubus glaucus* benth), maracuyá (*Passiflora edulis*), fueron proporcionados por la empresa Frutidelicias, obtenidos de efluentes provenientes de los procesos de refinamiento y despulpado para la producción de pulpa de fruta congelada.

Partiendo de los bloques congelados, se realizó un proceso de corte en sierra sinfín (Javar, Colombia) dejando los trozos con 1 cm de grosor aproximadamente. Se tomaron 500 gramos y se secaron a $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 15 horas en un horno de convección forzada (Memmert, Alemania), transcurrido el tiempo se procedió a triturar en un molino (IKA, Alemania) hasta obtener un polvo de partícula reducida (30 mesh aprox.) teniendo en cuenta que el proceso de acondicionamiento se realizó con el propósito de homogenizar la muestra. Posteriormente, se procedió hacer una reconstitución del polvo para medir azúcares en el equipo de (HPLC) cromatógrafo líquido de alta eficacia (Hitachi, Japón). Se extrajeron 500 gramos de residuos de las muestras previamente congeladas y se liofilizaron (Labconco, EEUU) como reserva para futuros análisis (ver Apéndice A).

En cuanto a la muestra homogenizada (polvo) se pesó para realizar las mediciones de pH y SST, realizando una reconstitución del polvo teniendo en cuenta el porcentaje de humedad inicial de la muestra. La medición de pH se realizó en un potenciómetro (Bante instruments, China) a partir de 3 g de polvo reconstituido hasta lograr el contenido de agua de la muestra inicial, agitando constantemente la muestra hasta obtener un valor constante; en algunas ocasiones era necesario hacer una dilución 1:1 p/p con agua destilada dependiendo del residuo que se estaba evaluando, para lograr la homogenización completa. Se extrajeron 50 ml de cada muestra y se almacenaron en tubos falcon en congelación ($-4 \pm 2^{\circ}\text{C}$) para los análisis de azúcares y ácido cítrico (HPLC). Los resultados de pH, °Brix, azúcares y ácido cítrico, fueron obtenidos a partir de la muestra reconstituida – diluida (ver Figura 1).

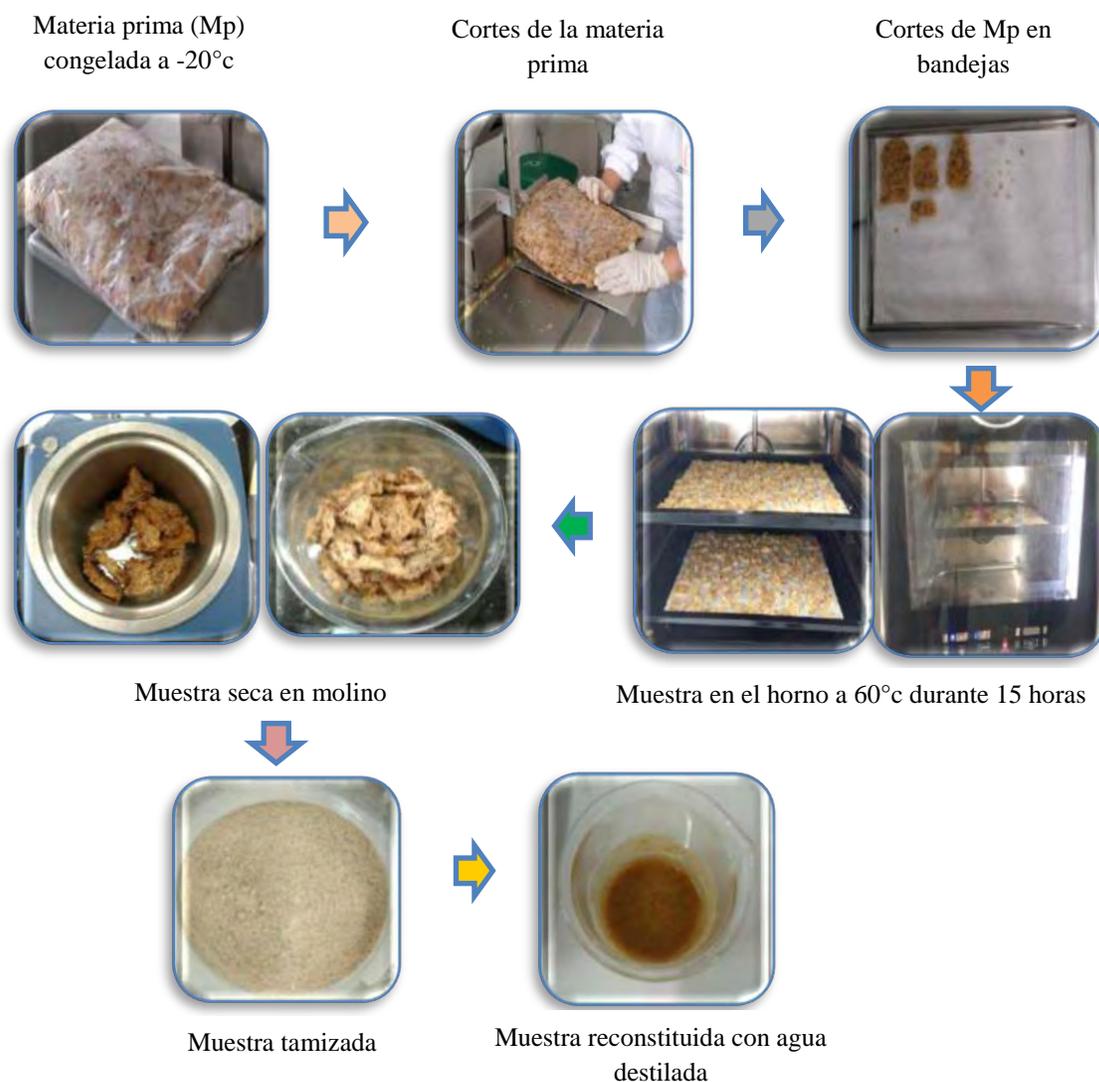


Figura 1. Adecuación de materia prima para pruebas fisicoquímicas

Fuente. Este estudio

4.3 Obtención y acondicionamiento de la materia prima empresa hortalizas gourmet s.a

Los residuos de cosecha de melón cantaloupe de tres variedades; (*Cucumis melo var. Cantalupensis*), (*Cucumis melo var. inodorus cv. Piel de sapo*), (*Cucumis melo var. inodorus cv. Honeydew*), fueron donados por la empresa Hortalizas Gourmet S.A, obtenidos después de la cosecha y preselección en campo, rechazados como averías por daños mecánicos (rasguños,

magulladuras, cortes) o parámetros morfológicos (tamaño, color, forma). Los análisis fueron realizados en los laboratorios los naranjos de la Universidad de San Buenaventura, Cali (USB). Una vez recibidas las muestras, fueron almacenadas a -4 ± 2 °C en un congelador (Haceb, Colombia) hasta su caracterización.

Las muestras fueron descongeladas a temperatura de refrigeración 8 ± 1 °C (Haceb, Colombia). Posteriormente, se cortó manualmente cada fruto independientemente, separando corteza, pulpa y semillas (ver Figura 2). Se pesó cada parte y se calculó la composición porcentual (las semillas fueron secadas a temperatura ambiente 25 ± 5 °C). Se tomó 100 g de pulpa, se homogenizó en licuadora (Oster, EEUU) y se hizo una medición de pH en un potenciómetro (Bante instruments, China). El procedimiento se le realizó a cada fruto para determinar el tamaño de muestra requerido. Una vez validado el tamaño de muestra, se unificaron las muestras y se homogenizaron, conservando de manera separadas, pulpa, corteza y semillas. Las semillas fueron almacenadas en bolsas Ziploc[®] a temperatura ambiente (25 ± 1 °C), como reserva para futuros análisis. Se extrajeron 250 g de pulpa y 250 g de corteza de las muestras homogenizadas y se liofilizaron (Labconco, EEUU) con el mismo propósito de las muestras antes mencionadas (ver Apéndice B).

Se homogenizaron en licuadora (Oster, EEUU) 500 g de pulpa y 250 g de corteza para los análisis de contenido de humedad, cenizas, azúcares y ácidos orgánicos, pH y °Brix. Se extrajeron 50 ml de cada muestra y se almacenaron en tubos falcon en congelación (-4 ± 2 °C) para los análisis de azúcares y ácidos orgánicos. Los resultados de pH y °Brix de la corteza, fueron obtenidos a partir de la muestra diluida (ver figura 2).

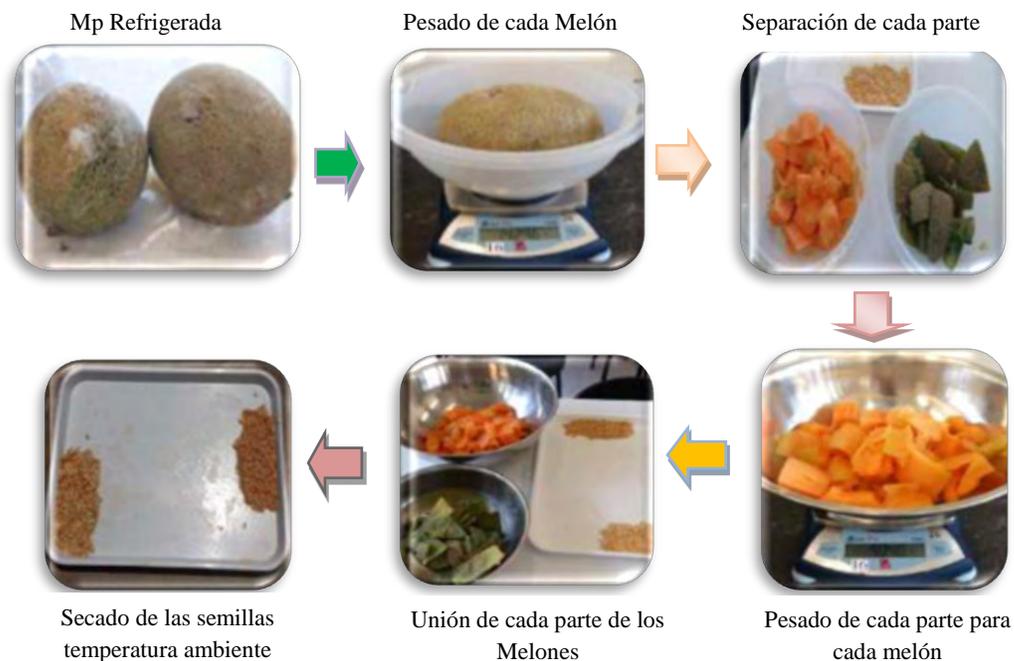


Figura 2. Separación y adecuación de la muestra

Fuente. Este estudio

4.4 Diagramas de producción

Actividad a realizar, describir los procesos que realizan las empresas en cada una de las líneas de producción.

4.5 Balances de masa

Actividades a realizar, describir los balances de masa en cada una de líneas de producción.

4.6 Tamaño de muestra necesario para la caracterización

4.6.1 Determinación del tamaño de muestra

El tamaño de la muestra puede depender de factores ajenos a las consideraciones estadísticas: la cantidad de material disponible, facilidad de conseguir las muestras, restricciones éticas y morales y costos asociados a la consecución, etc. Por otro lado, en el terreno de la

estadística, lo importante es: el tamaño de muestra y la capacidad para obtener estimaciones con niveles específicos de precisión para este estudio (Sokal & Rohlf, 2013).

Para determinar el tamaño de muestra requerido para estas muestras, se realizó un muestreo aleatorio simple donde el factor de variación utilizado fue el pH, para la empresa Hortalizas gourmet S.A y azúcares para la empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S, usando un pHmetro digital (Bante instruments, China) y un equipo de cromatografía líquida de alta eficacia (Hitachi, Japón). Arrojando datos más exactos.

Por lo tanto, para establecer la varianza del pH en las variedades de melón cantaloupe se realizó una prueba piloto, midiendo el pH de 4 melones para cada variedad. Se extrajeron 100 gramos de pulpa para cada melón, se licuo para hacer la medición de pH, (ver Figura 3) y además se estableció la varianza de azúcares analizando de dos a cuatro lotes del mismo residuo (mango, papaya, lulo, naranja, mora, maracuyá) y se extrajeron 500 gramos de cada lote, después se secaron a $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 15 horas en un horno de convección forzada (Memmert, Alemania), transcurrido el tiempo se procede a triturar en un molino (IKA, Alemania) hasta obtener un polvo de partícula reducida (30 mesh aprox.) teniendo en cuenta que el proceso de acondicionamiento se realizó con el propósito de homogenizar la muestra.

Posteriormente, se procedió hacer una reconstitución del polvo para medir azúcares en el equipo de (HPLC) cromatografía líquida de alta eficacia (Hitachi, Japón). El procedimiento se le realizó a cada residuo para determinar el tamaño de muestra requerido (ver Figura 4).



Figura 3. Medición de pH para determinar el tamaño de muestra. empresa Hortalizas

Gourmet S.A.

Fuente. Este estudio

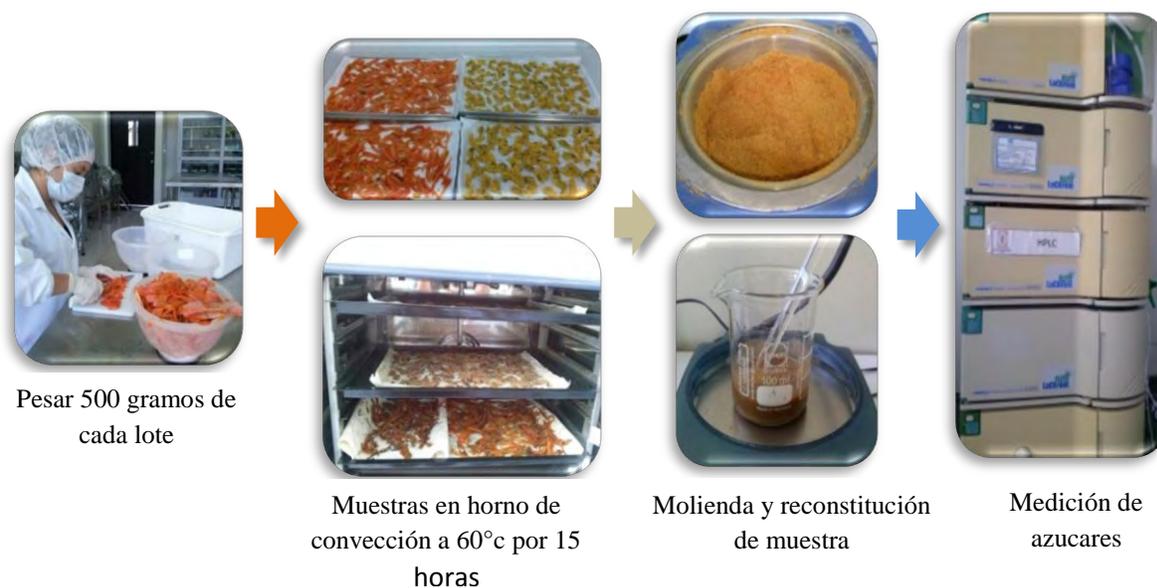


Figura 4. Medición de azúcares para determinar el tamaño de muestra empresa

Frutidelicias y Cía. S.A.S.

Fuente. Este estudio

4.7 Caracterización fisicoquímica de los sustratos agroindustriales

4.7.1 Recolección de los sustratos agroindustriales

Las recolecciones de los sustratos agroindustriales se llevaron a cabo directamente en el sitio donde se realizó el proceso agroindustrial que lo genera, de manera inmediata, no se recolectaron sustratos agroindustriales que estuvieron acumulados por periodos de tiempo prolongados. Una vez recolectados se colocaron en neveras de icopor con hielo para ser transportados al laboratorio los Naranjos de la USB donde se congelaron a -20°C hasta su clasificación.

4.7.2 Clasificación de los sustratos agroindustriales

Los sustratos agroindustriales se clasificaron en la planta piloto agroindustrial multipropósito de la Universidad San Buenaventura Cali de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Especie vegetal de la cual provienen (mango, papaya, melón etc.).
- Parte de la fruta (cáscaras, pulpas, semillas, epicarpio, mesocarpio y endocarpio).
- Estado de madurez.

Los sustratos agroindustriales clasificados con los parámetros anteriormente descritos se mantuvieron en un congelador (Haceb, Colombia) a -20°C hasta su caracterización.

4.7.3 Determinación de humedad (NTC 1291).

4.7.3.1 Empresa Frutidelicias

Se realizó la determinación de humedad por el método de secado infrarrojo en una balanza analizador de humedad (Ohaus, EEUU) a 110°C , a partir de muestras congeladas de 1 cm de grosor aproximadamente; secando muestras entre 0,5 y 1,5 gramos. Los resultados fueron expresados en porcentaje una vez alcanzado peso constante, se realizó por triplicado (ver Figura 5).

4.7.3.2 Empresa Hortalizas Gourmet S.A

Para este análisis se empleó la determinación gravimétrica. Inicialmente las capsulas fueron lavadas y se llevaron al horno durante 1 hora a 105°C. Posteriormente se retiró del horno y se dejaron en el desecador durante media hora aproximadamente hasta una temperatura ambiente para luego pesar en la balanza analítica (Ohaus, EEUU).

Se pesaron las capsulas vacías se añadieron 5 gramos para el caso de pulpa y 3 gramos para cáscara. La determinación de humedad se realizó por triplicado. Finalmente las capsulas se llevaron al horno a una temperatura de 105°C durante 4 horas. Luego se dejaron enfriar en el desecador y se pesaron. Este procedimiento se repitió varias veces hasta obtener peso constante (ver Apéndice C).



Figura 5. Determinación de humedad

Fuente. Este estudio

4.7.4 Determinación de Cenizas (NTC282):

4.7.4.1 Empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S

La determinación se realizó por método de calcinación. Se pesaron 3 gramos de muestra en una capsula de platino y se llevaron a la mufla a 600 °C por 3 horas. Para el reporte de resultados de la empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S los datos fueron calculados en función de la

humedad presente en el polvo inicial, para ser expresados respecto a la muestra original (base húmeda: bh) (ver Figura 6).

4.7.4.2 Empresa Hortalizas Gourmet S.A

La determinación se realizó por método de calcinación. Se transfirieron las muestras deshidratadas previamente a la mufla y se llevaron a 600 °C por 3 horas. Las muestras se pesaron en balanza analítica (Ohaus, EEUU) y se reportaron los resultados en base húmeda.

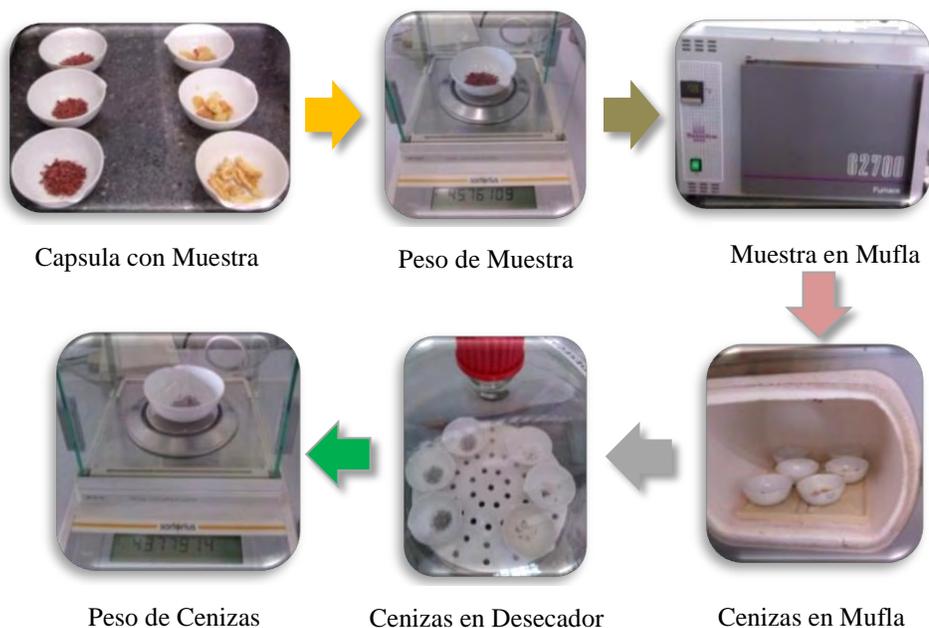


Figura 6. Determinación de cenizas

Fuente. Este estudio

4.7.5 Medición de pH (NTC 4592) y solidos solubles totales (SST) (NTC 4624):

4.7.5.1 Empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S.

Para realizar las mediciones de pH y SST, se realizó previamente la reconstitución del polvo teniendo en cuenta el porcentaje de humedad inicial de la muestra. La medición de pH se realizó en un potenciómetro (Bante instruments, China) a partir de 3 g de polvo reconstituido para cada replica, agitando constantemente la muestra hasta obtener un valor constante.

Posteriormente, se midió el porcentaje de SST en un refractómetro (PCE instruments, Reino Unido), a partir de la muestra reconstituida y filtrada a través de un paño Wypall[®], depositando de 3-4 gotas sobre el cristal.

4.7.5.2 Empresa Hortalizas Gourmet S.A

Para realizar las mediciones de pH y SST se tomó 50 ml del zumo homogenizado para cada réplica. Se midió el potencial de hidrógeno en un potenciómetro (Bante instruments, China). El contenido de SST se midió en un refractómetro (PCE instruments, Reino Unido), depositando de 3-4 gotas previamente filtradas a través de paño Wypall[®] (ver Figura 7).

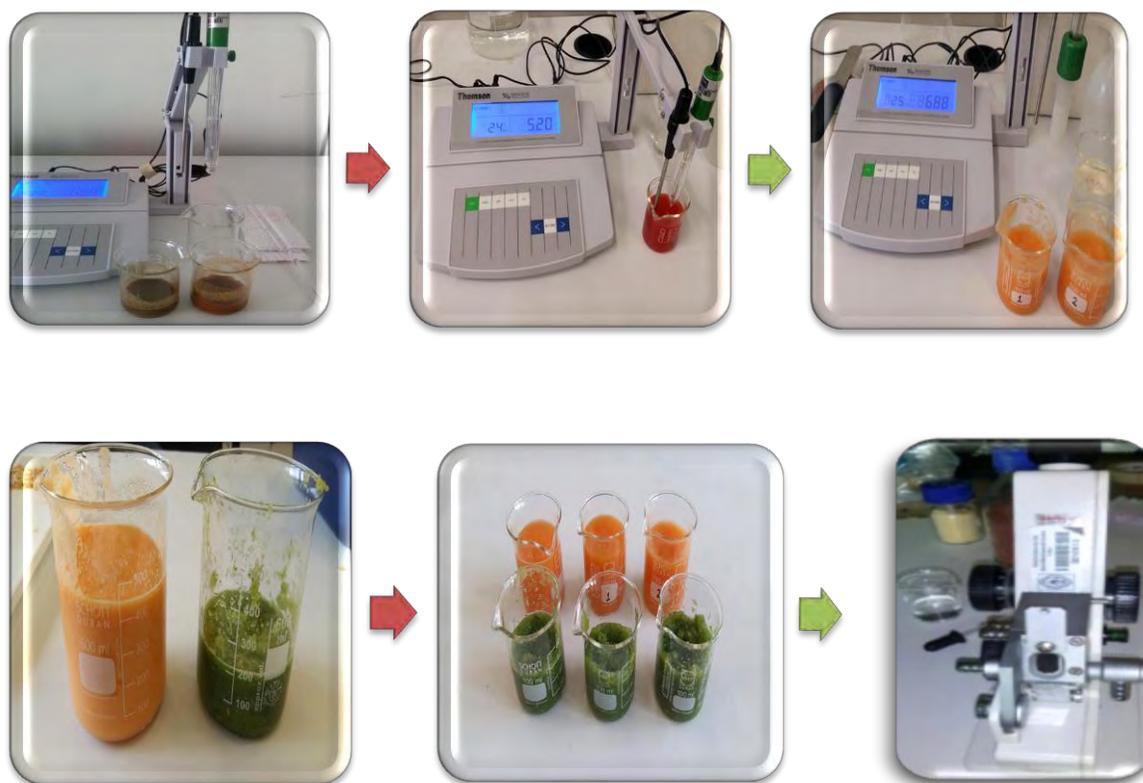


Figura 7. Determinación de pH y sólidos solubles totales

Fuente. Este estudio

4.7.6 Contenido de Azúcares y ácido cítrico por HPLC.

4.7.6.1 Empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S

se procedió a realizar la reconstitución de los residuos de frutas, teniendo en cuenta el porcentaje de humedad inicial de la muestra, preparando 50 ml de epicarpio y se traspasó el contenido en tubos falcon para guardar en el congelador A -20°C para realizar análisis de HPLC (ver Figura 8).

4.7.6.2 Empresa Hortalizas Gourmet S.A

Se procedió a realizar la homogenización con una licuadora, se pesó la pulpa 500 gramos y la cáscara 250 gramos. luego de obtener una mezcla homogénea se extrajeron 50 ml de cáscara y 50 ml de pulpa para guardar en el congelador A -20°C para realizar análisis de HPLC en tubos plásticos falcon.



Figura 8. Adecuación de las muestras para HPLC

Fuente. Este estudio

Las muestras se llevaron hasta temperatura ambiente (25 °C) en baño maría. Se centrifugaron (Hettich, Alemania) a 9.000 rpm por 10 min. Se extrajeron 2 ml del sobrenadante por cada muestra y se separan en 2 tubos eppendorf (1 ml en cada uno). Se llevaron a microcentrífuga (Labnet, EEUU) a 10.000 rpm por 10 min. Se extrajo el sobrenadante y se pasó a través de un filtro de membrana de 0,22 µm.

El contenido de azúcares y ácido cítrico se determinó por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), inyectando 20 µL del extracto filtrado al cromatógrafo (Hitachi, Japón) con una columna Hi-Plex H, usando H₂SO₄ 5mM como fase móvil, con un flujo de 0,4 ml/min a 70 °C con detector de índice de refracción (IR), comparando con estándares de glucosa, fructosa y ácido cítrico (ver Figura 9).



Figura 9. Determinación de azúcares en HPLC.

Fuente. Este estudio

4.7.7 Selección de los mejores sustratos para obtener ácido láctico

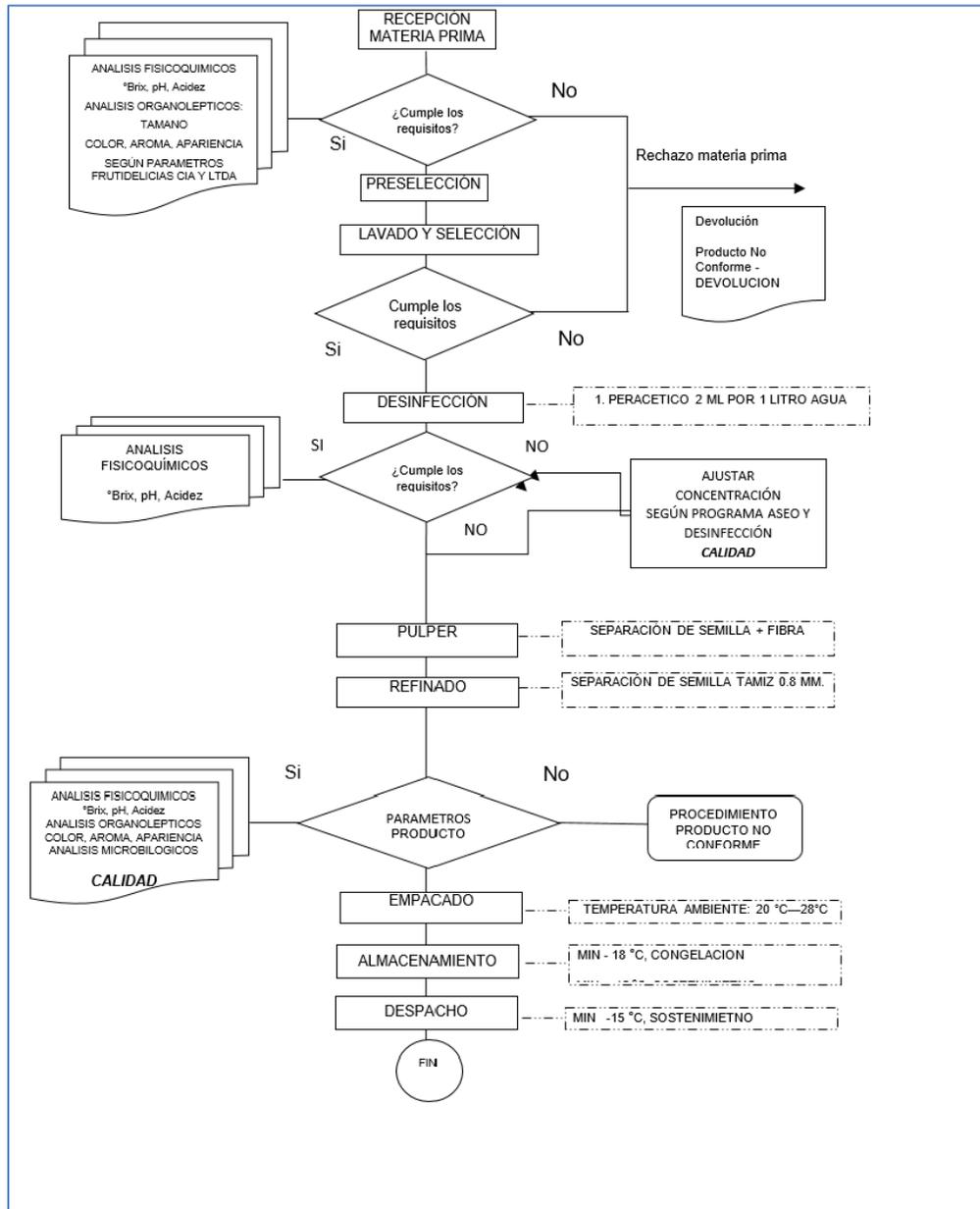
Los parámetros para escoger el sustrato agroindustrial con potencial para la producción de ácido láctico son:

- Alto contenido de azúcares fermentables.
- Menor cantidad de sólidos solubles (carbohidratos no fermentables).

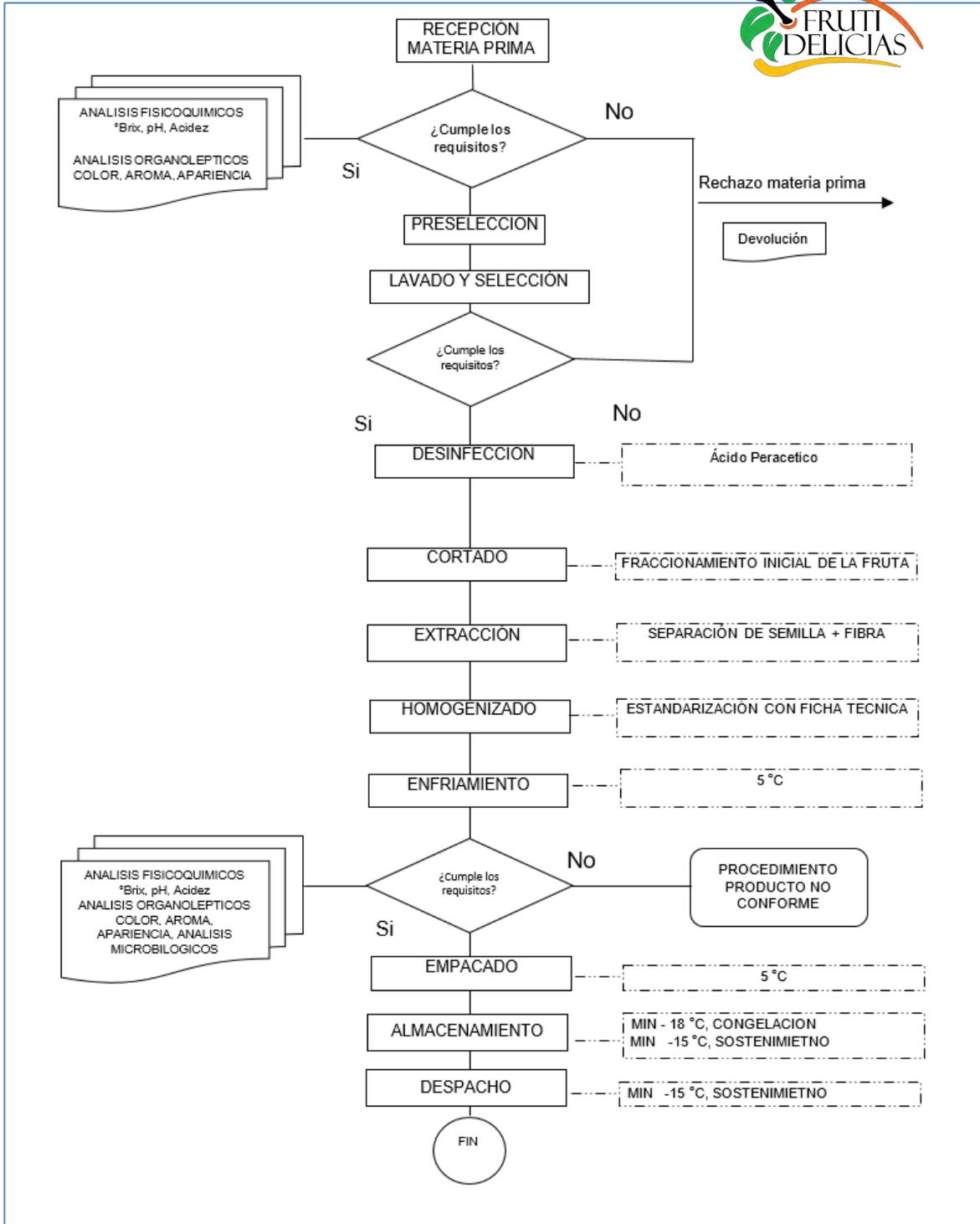
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Diagramas de producción de las empresas Frutidelicias y CÍA. S.A.S y hortalizas gourmet S.A

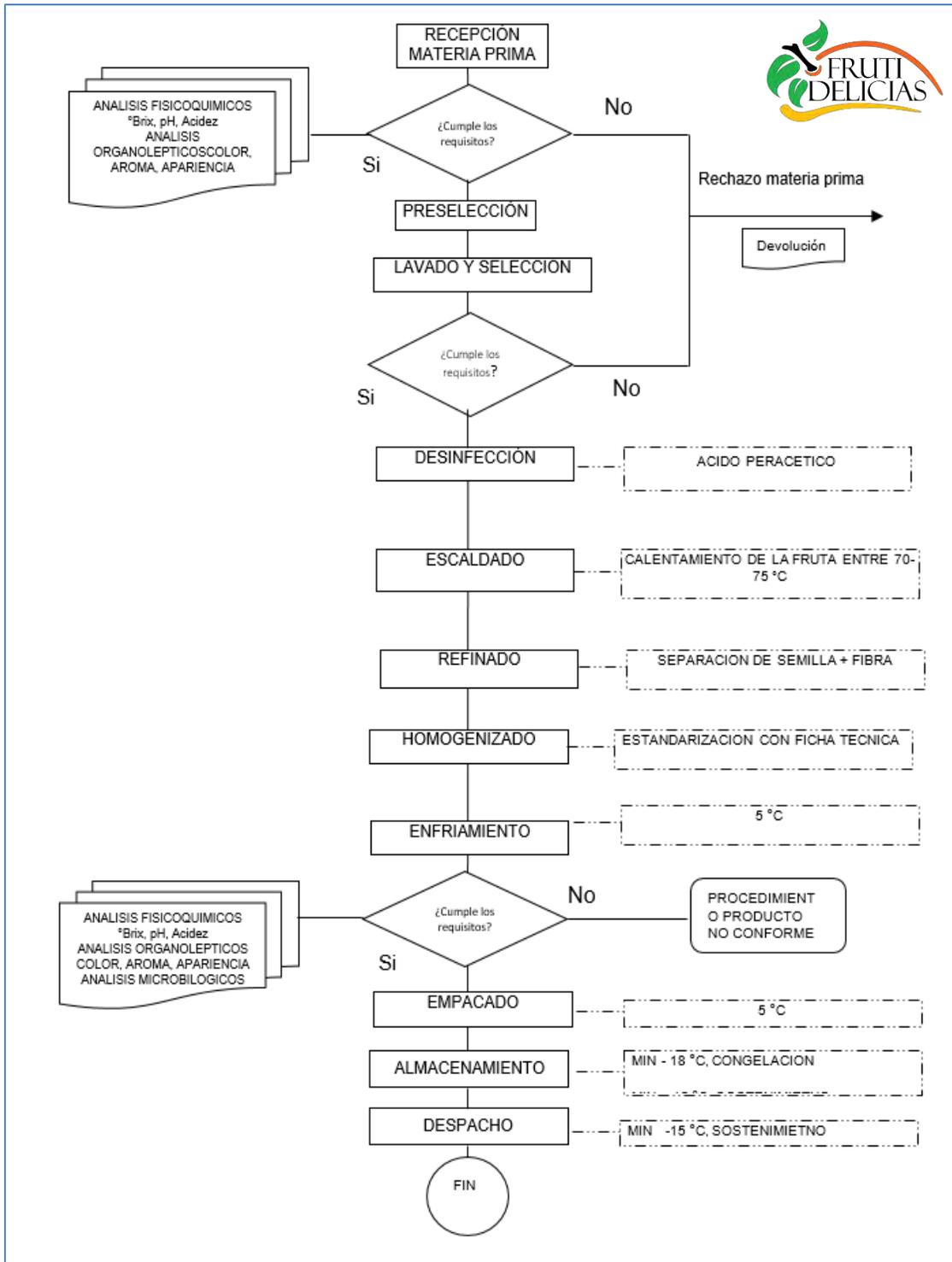
5.1.1 Diagrama de elaboración de pulpas cáscara gruesa mango-lulo-maracuyá



5.1.2 Diagrama de elaboración de pulpa de naranja

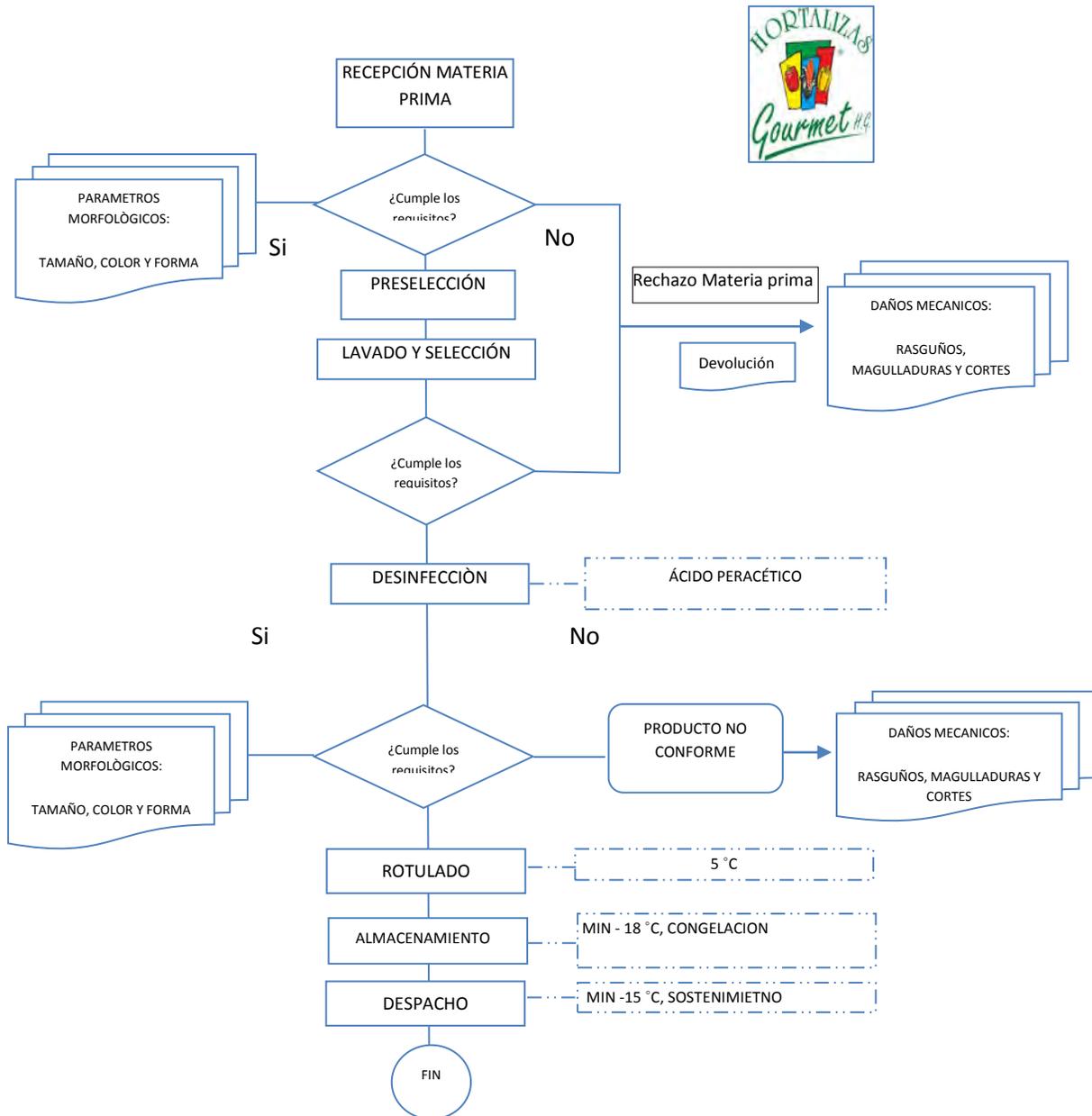


5.1.3 Diagrama de elaboración de pulpa de mora y papaya.



5.1.4 Diagrama de producción de la empresa Hortalizas Gourmet S.A

Se presenta el diagrama de producción para las tres variedades de melón cantaloupe, teniendo en cuenta que la empresa vende los frutos en fresco a las cadenas de mercado con su respectivo logo.



Se entregó a la empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S un informe con los diagramas de producción, de esta forma la empresa cuenta con una herramienta importante para identificar los puntos de control críticos en sus procesos de despulpado, refinado, cortado y extracción donde se generan los residuos, también se puede evaluar la transformación, revisar fallas, evitar demoras y planes de mejora para reducir los tiempos muertos en cada línea de producción.

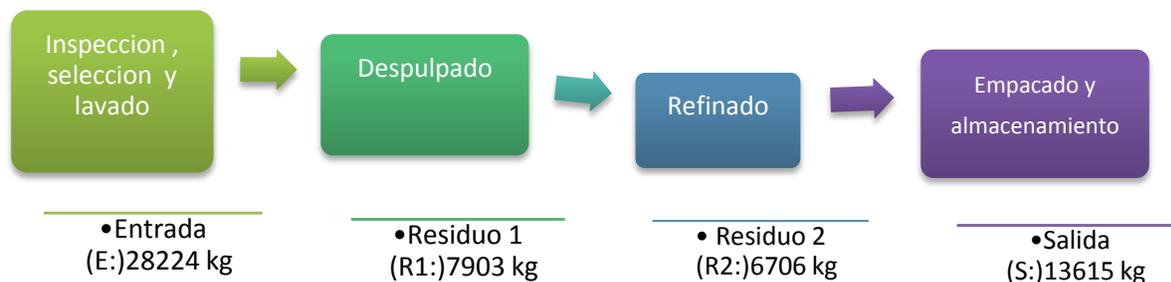
La empresa Hortalizas Gourmet S.A recibió como guía base el diagrama de producción, para determinar parámetros de control del proceso, revisar posibles pérdidas de materia prima y evitar demoras en el momento de entregar el producto al mercado.

5.2. Balances de masa

5.2.1 Balance de masa empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S

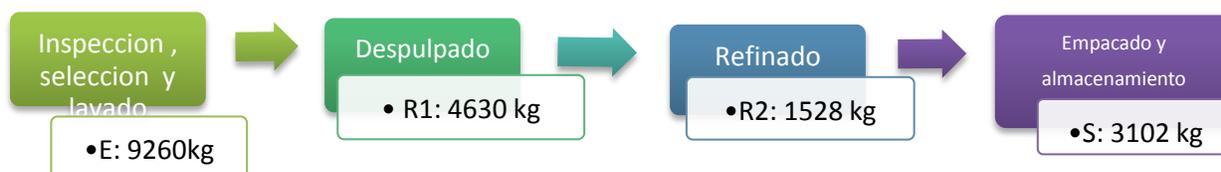
Se presentan los balances de masa para cada una de las pulpas congeladas; en el diagrama de flujo mencionado en el capítulo anterior se cuenta con las etapas de despulpado refinado, extracción y cortado de las cuales se consiguieron los residuos para ser analizados en el laboratorio los Naranjos de la Universidad San Buenaventura-Cali, en la **Tabla 1** se encuentra el porcentaje promedio de los residuos que la empresa genera en tres meses (ver Apéndice D).

5.2.1.1 Balance de masa de la pulpa congelada de mango mes de noviembre.



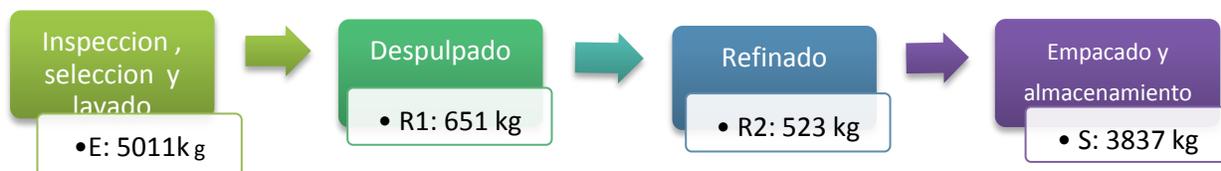
El rendimiento que se obtiene es del 48,24 % y los residuos que se generan son de 14609 kilos con un rendimiento de 51,76% para el mes de noviembre.

5.2.1.2 Balance de masa de la pulpa congelada de maracuyá mes de diciembre



El rendimiento que se obtiene es del 33,5 % y los residuos que se generan son de 6158 kilos con un rendimiento de 66, 5% para el mes de diciembre.

5.2.1.3 Balance de masa de la pulpa congelada de lulo mes de diciembre

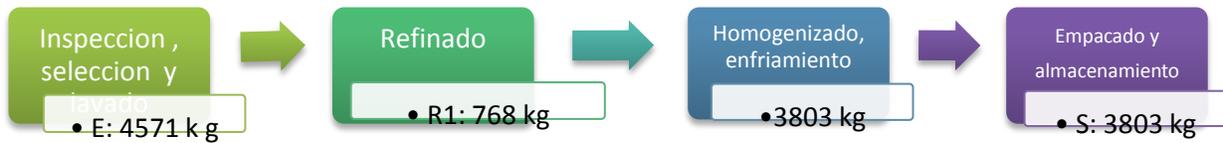


El rendimiento que se obtiene es del 76,57% y los residuos que se generan son de 1174 kilos con un rendimiento de 23,43% para el mes de diciembre.

5.2.1.4 Balance de masa de la pulpa congelada de naranja mes de diciembre

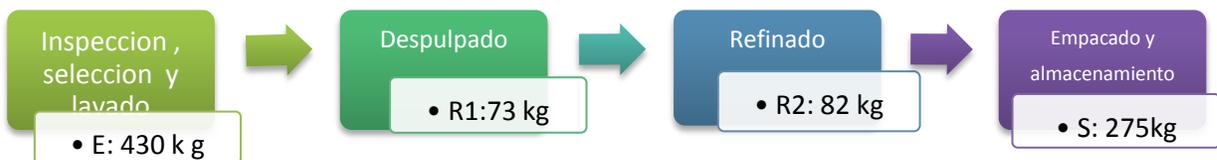


El rendimiento que se obtiene es del 40,85% y los residuos que se generan son de 5618 kilos con un rendimiento de 59,15% para el mes de diciembre.



El rendimiento que se obtiene es del 63,95% y los residuos que se generan son de 275 kilos con un rendimiento de 36,05% para el mes de diciembre.

5.2.1.5 Balance de masa de la pulpa congelada de mora mes de diciembre



El rendimiento que se obtiene es del 83,19% y los residuos que se generan son de 768 kilos con un rendimiento de 16,81% para el mes de diciembre.

5.2.1.6 Balance de masa de la pulpa congelada de papaya mes de diciembre

Tabla 1.

Residuos de frutas de los meses de octubre, noviembre y diciembre- 2015, empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S

Fruta	Fruta (kg/3 meses)	Pulpa (kg/3 meses)	Residuos (kg/3 meses)	Porcentaje de residuos
Mango (<i>Mangifera indica</i>)	13422	6676	6747	50,26%
Maracuyá (<i>Passiflora Edulis</i>)	8123	2764	5359	65,97%
Mora (<i>Rubus Glaucus Benth</i>)	20150	18497	1653	8,20%
Naranja (<i>Citrus Sinensis</i>)	9495	3234	6261	65,94%
Papaya (<i>Carica Papaya</i>)	710	381	329	46,4%
Lulo (<i>Solanum Quitoense</i>)	4167	3086	1082	25,96%

Fuente. Este estudio

En la **Tabla 2** se encuentran los resultados del balance de masa promedio de 8 meses de la empresa Hortalizas Gourmet S.A para las tres variedades de melón (*Cucumis melo*) (ver Apéndice E), y en la **Tabla 3** se presentan los resultados de las averías de campo por hectárea semanal y anual.

Tabla 2.***Balance de masa de las tres variedades de melón (Cucumis melo) empresa Hortalizas Gourmet*****S.A**

Producto	Entrada (kg/8meses)	Salida (kg/8 meses)	(kg/8 Perdidas meses)	(kg/8 Porcentaje residuos	d
Melón					
Cantaloupe	50.220	47.991	2.229	4,44%	
Melón					
Honeydew	4.302	4.098	204	4,74%	
Melón piel de sapo	4.947	4.778	169	3,42%	

Fuente. Este estudio

Tabla 3.***Averías en campo de las tres variedades de melón (Cucumis melo) empresa Hortalizas*****Gourmet S.A**

Producto	Producción(kg)/		Averías (kg)	
	Hectárea		Semanal	Anual*
Melón				
Honeydew	24000		100	5200
Melón Piel de				
Sapo	24000		100	5200
Melón Larga				
Vida	30000		800	41600

Nota: *52 semanas por año.

Fuente. Este estudio

Los residuos generados en los procesos de despulpado, refinado, extracción, corte y averías de campo, se convierten en una materia prima atractiva en procesos biotecnológicos

innovadores como una alternativa de aprovechamiento en la producción de ácido láctico y polihidroxibutírate (PHB).

5.3 Tamaño de muestra

Mediante la metodología por muestreo aleatorio simple (MAS), propuesta por Sokal & Rohlf, (2013), se calculó el tamaño necesario de residuos agroindustriales; donde el factor de variación utilizado fue el pH para la empresa Hortalizas Gourmet S.A y azúcares para la empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S, utilizando el programa Minitab versión 16 que arroja datos exactos (ver Apéndice F).

5.3.1 Empresa Hortalizas Gourmet S.A

Para saber la desviación estándar del pH en las variedades de cada fruta se realizó una prueba piloto, midiendo el pH de 3 frutos de la misma variedad, como se muestra en la **Tabla 4**. Se extrajo 100 gramos de pulpa para cada fruto para hacer la medición pertinente de pH, arrojando los siguientes resultados.

Tabla 4.

Resultados de pH de las tres variedades de melón (Cucumis melo) empresa Hortalizas Gourmet S.A

PH	Melón cantaloupe	Melón piel de sapo	Melón honeydew
Replica 1	6,39	5,69	5,7
Replica 2	6,35	5,7	5,73
Replica 3	6,35	6,35	5,69

Fuente. Este estudio

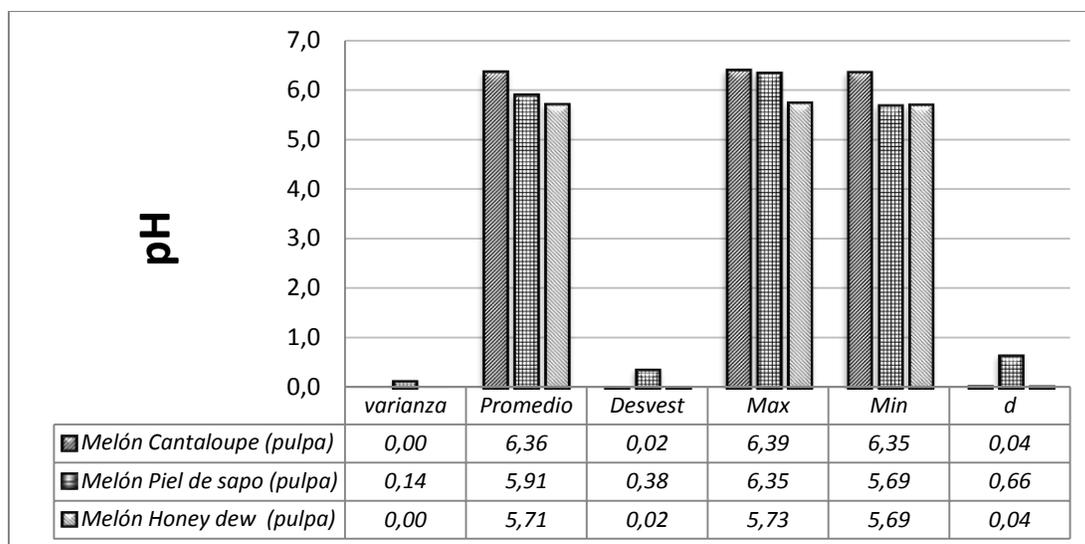


Figura 10. Resultados de pH para determinar el tamaño de muestra empresa Hortalizas

Gourmet S.A

Fuente. Este estudio

5.3.2 Empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S

Se tomó muestras aleatorias de lotes de cada residuo para determinar la cantidad de azúcares de la muestra por medio del equipo HPLC, con las mediciones se calculó un estadístico, en función de media y desviación estándar, dando como resultado los siguientes datos, ver **Tabla**

5.

Tabla 5.**Resultado de azúcares de los diferentes residuos- empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S**

Residuos	Glucosa (g/L)	Fructosa (g/L)
Lulo	4,31	3,69
	4,74	4,59
Papaya	64,62	71,75
	66,77	70,80
Mora	1,79	2,10
	2,22	2,91
	1,37	1,83
	2,52	3,14
	5,80	8,14
Maracuyá	4,55	8,58
	4,50	8,51
Naranja	44,34	24,35
	44,43	24,46
Mango	80,79	84,00
	81,15	90,36

Fuente. Este estudio

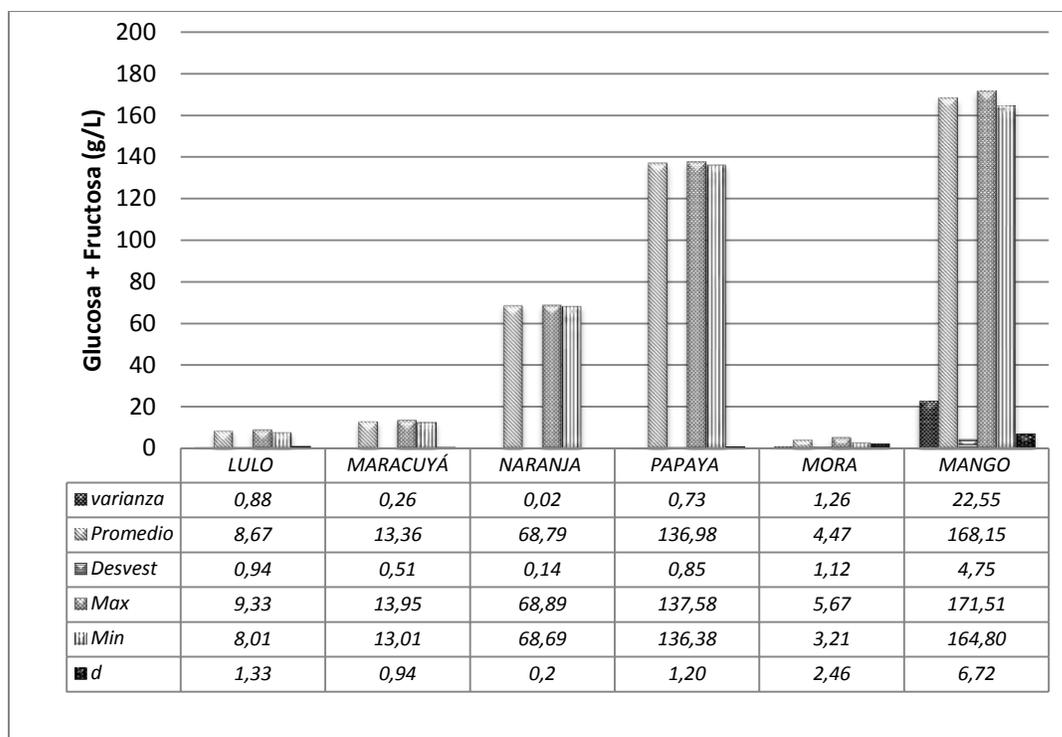


Figura 11. Resultado de azúcares para determinar el tamaño de muestra empresa

Frutidelicias y Cía. S.A.S

Fuente. Este estudio

Es importante aclarar que una muestra demasiado grande implica un desperdicio de recursos y una muestra demasiado pequeña disminuye la utilidad de los resultados de las estimaciones y pruebas de hipótesis. El problema principal al momento de determinar el tamaño de una muestra es obtener alta precisión y bajo costo para la estimación de un determinado parámetro, en la **Tabla 6** se presenta el tamaño de muestra para cada residuo, así mismo se calculó con la siguiente ecuación teniendo en cuenta que para el nivel de confiabilidad se utilizó la distribución normal estándar con un alfa (α) de 0,05 utilizando el programa Minitab versión 16:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha} * \sigma}{ME} \right)^2$$

Dónde:

n = Tamaño de muestra

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$ = Es el inverso de la probabilidad acumulada de la desviación normal estándar a 1-

$\alpha/2$; $\alpha=1$ -nivel de confianza/100.

σ = Desviación estándar

ME = Error de muestreo aceptado (rango de variación entre la muestra y la población)

Se reemplazan los datos en el programa y en la ecuación, se consigue como resultado lo siguiente:

Tabla 6.

Tamaño de muestra necesario empresas Hortalizas Gourmet S.A y Frutidelicias y Cía. S.A.S

Empresa	Fruta/Residuo	desviación estándar	Tamaño de muestra en unidades o Lotes*
Hortalizas Gourmet S. A	Melón Cantaloupe	±0,023	2
	Melón piel de sapo	±0,378	5
	Melón Honeydew	±0,021	2
	Lulo (<i>Solanum quitoense</i>)	±0.937	4
	Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)	±0,510	3
Frutidelicias y Cía. S.A.S	Naranja (<i>Citrus sinensis var. Valencia late</i>)	±0,141	2
	Papaya (<i>Carica papaya</i>)	±0,852	4
	Mora (<i>Rubus glaucus benth</i>)	±1,123	4
	Mango (<i>Mangifera indica</i>) *	±4,748	4

Fuente. Este estudio

El tamaño de muestra se mide en unidades para frutas y en g/L para los residuos.

Margen de error para las frutas fue de 0.5 unidades de pH y el margen de error para los

residuos fue de 2(g/L) cantidad de azúcar, *excepto para los residuos de mango que el margen de error fue de 8 (g/L)

*Aunque en literatura se manejen estándares de azúcares entre 60 hasta 140 g/L, para esta investigación se determinó el tamaño de muestra con un margen de error de 8 g/L para el residuo de mango. teniendo en cuenta que al momento de realizar fermentaciones las bacterias homofermentativas pueden crecer con esta cantidad de azúcares.

En la **Tabla 7** se presentan las evidencias de autores que utilizan diferentes sustratos (azúcares) en la producción de láctico.

Tabla 7.

Contenido de azúcares de diferentes sustratos para la producción de ácido láctico

Sustrato	Azúcares (g/L)	Producción de Ácido Láctico	Autor
Mucilago de café	60	41g/L	Zabala <i>et al.</i> , 2008
Residuos de Piña	77 87	64 g/L	Araya-cloutier <i>et al.</i> , 2010
Rastrojo de maíz hidrolizado	106 140	180 g/L	Peng <i>et al.</i> , 2013
Batata cruda	136	198,32 g/L	Nguyen <i>et al.</i> , 2013
Residuos lignocelulosicos de tasa de maíz	70	33,97 g/L	Serna & Rodriguez, 2005
Almidón de maíz	60-90	49- 76,2 g/L	
Salvado de arroz	100	28 g/L	Abdel <i>et al.</i> , 2013

Fuente. Este estudio

Es importante determinar el tamaño de muestra necesario para utilizar los recursos y tiempo que se dispone de una manera costo- efectiva, ya que una muestra demasiado grande o pequeña nos daría datos no confiables

5.4 Caracterización fisicoquímica de las muestras

5.4.1 Caracterización fisicoquímica empresa Hortalizas Gourmet S.A.

5.4.1.1 Caracterización fisicoquímica de las averías de melón (*Cucumis melo* var. *Cantalupensis*)

En las **Tablas 8 y 9** se presentan las averías de melón, donde se encontró frutos compuestos en un $73.77 \pm 1.91\%$ de pulpa (mesocarpio, endocarpio, placenta), $20.66 \pm 0,95\%$ de corteza (epicarpio) y $1.62 \pm 0.17\%$ de semillas. Se encontraron similitudes en el contenido de pulpa, sin embargo, la proporción de corteza y semillas difirió significativamente (Ghanbarian *et al.*, 2007), esto podría ser explicado por las diferencias propias entre cultivares e híbridos, aun perteneciendo a la misma especie (ver Apéndice G).

La pulpa tuvo un contenido de humedad del $91.39\% \pm 0.21$ en base húmeda (bh), donde se encontró valores semejantes en híbridos de la misma variedad por Ghanbarian *et al.* (2007) del $91.3\% - 92.7\%$ para cultivares Semsouri y Shahabadi respectivamente. El departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2015) reportó una humedad promedio de 90.15% , y 91.56% por Mis *et al.* (2012), así mismo se tuvo en la corteza un contenido de humedad del $88.81 \pm 0.90 \%$.

En el pH de la pulpa, se encontraron valores de 6.36, los cuales están en el rango reportado por otros autores para var. *Cantalupensis*, de 5.12 hasta 6.55 para otros cultivares encontrados por Escribano Martín, (2010) ; Millán *et al.* (2001); Beaulieu *et al.* (2007) ; Galeb *et al.* (2002); Ghanbarian *et al.* (2007); Álvarez *et al.* (2013).

El pH de la corteza fue inferior al presentado en la pulpa, con un valor promedio de 5.46. Esa tendencia es coherente con valores encontrados por Galeb *et al.* (2002), donde evaluó el potencial de hidrógeno en muestras de pulpa y “pulpa + corteza”, donde encontró una

disminución en el último tratamiento, lo cual se explica por una mayor concentración de algunos ácidos orgánicos en la corteza.

El porcentaje de sólidos solubles totales (SST) de la pulpa es de 9.38 °Brix, similar al reportado por Álvarez *et al.* (2013), se encontró en el rango presentado por diversos autores entre cultivares de la misma variedad, desde 6.2 hasta 10.41 °Brix. (Ghanbarian *et al.*, 2007; Laínez & Krarup, 2008; Mis *et al.*, 2012; Escribano Martín, 2010).

El contenido de SST en la corteza fue de 2.42°Brix, inferior al presentado en la pulpa; esta diferencia puede explicarse por la naturaleza funcional de los tejidos, ya que la corteza tiene como función proteger el fruto de los factores externos, mientras el endocarpio y mesocarpio (pulpa) son los encargados de almacenar los reservas energéticas, por lo tanto, la pulpa contiene la mayoría de los SST (Chrost & Schmitz, 1997).

En el contenido de ceniza en la pulpa se encontró un valor de 0.85%, superior al reportado por Ghanbarian *et al.* (2007) del 0.47% y 0.69% para cultivares Semsouri y Shahabadi respectivamente. Las diferencias pueden ser atribuidas al índice de madurez en el cual fueron cosechados los frutos; el autor antes mencionado al analizar las características fisicoquímicas de los dos cultivares en función del estado de madurez, descubrió una disminución del contenido de cenizas en el proceso de maduración.

En cuanto a la determinación del contenido de azúcares y ácido cítrico, se tuvieron resultados en pulpa similares a los reportados por Stepansky *et al.* (1999) para el contenido de glucosa y fructosa en otros cultivares del grupo Cantalupensis, y superiores tanto en contenido de azúcares y ácido cítrico en comparación con los valores obtenidos por Beaulieu *et al.*(2003) e Galeb *et al.* (2002).

Tabla 8.

Distribución porcentual del pericarpio de melón Cantaloupe (Cucumis melo var. Cantalupensis)

% Pulpa	73,77	± 1,91
% Corteza	20,66	± 0,95
% Semillas	1,62	± 0,17

Fuente. Este estudio

Tabla 9.

Resultados de la caracterización fisicoquímica de averías de melón Cantaloupe (Cucumis melo var. Cantalupensis)

Parámetro	Pulpa	Corteza
% CH	91,39 ± 0,21	88,81% ± 0,90
% Cenizas	0,84 ± 0,06	1,53% ± 0,07
pH	6,36 ± 0,02	5,45 ± 0,00
°Brix	9,38 ± 0,28	2,41 ± 0,38
Glucosa	27,95 ± 3,28	3,99 ± 0,00
* (mg/gpf)		
Fructosa	20,51 ± 0,06	6,85 ± 0,05
(mg/gpf)		
Á. cítrico	8,48 ± 0,18	5,92 ± 0,23
(mg/gpf)		

Nota: * gpf = Gramos peso en fresco

Fuente. Este estudio

5.4.1.2 Caracterización fisicoquímica de las averías de melón (*Cucumis melo* var. *inodorus* cv. *Honeydew*).

En las Tablas 10 y 11 se presentan las averías de melón donde se encontró frutos compuestos en un 86.33% de pulpa 8.01% de corteza y 1.23% de semillas. En pulpa se tuvo un contenido de humedad del 93.89% en base húmeda (bh), valores semejantes de 89.92 y 91.60% en cultivares de la misma variedad por Lester, (2008); Liang, (2001); USDA, (2015). Por otro lado, en la corteza se obtuvo un contenido de humedad del 90.90%. En el pH de la pulpa, se encontraron valores de 5.71, los cuales estuvieron por debajo del rango reportado por otros autores, de 6.00 hasta 6.20 y en la corteza se tuvo un valor superior al presentado en la pulpa de 6.00 (Stepansky *et al.*, 1999; Supapvanich *et al.*, 2011; Chong *et al.*, 2015) respectivamente.

El porcentaje de SST de la pulpa fue de 6.72°Brix, inferior al encontrado por otros autores, los cuales reportan valores desde 8.51 hasta 16.29 (Álvarez *et al.*, 2011; Lester, 2008; Liang, 2001; Miccolis & Saltveit, 1995; Portela & Cantwell, 1998; Saftner *et al.*, 2008; Supapvanich *et al.*, 2011; Verzera *et al.*, 2014). Esta diferencia puede explicarse por un proceso de maduración incompleto, como se evidencia en el estudio realizado por Miccolis & Saltveit, (1991) donde encontraron valores similares a los presentados, a los 30 días después de antesis, es decir, a medio ciclo de maduración. No obstante, se encontraron trabajos en la literatura que obtuvieron valores cercanos a los encontrados en un rango de 6 a 7.5 por Chong *et al.* (2015); Stepansky *et al.* (1999) y en la corteza de 2.03°Brix, inferior al presentado en la pulpa.

Se encontró un valor de 0.43% de ceniza en la pulpa, similar al reportado por USDA, (2015) del 0.41%.

En el contenido de azúcares y ácido cítrico, se tuvo resultados en pulpa dentro del rango reportado en la literatura (Lester, 2008; Stepansky *et al.*, 1999; USDA, 2015).

Tabla 10.**Distribución porcentual del pericarpio de melón (*Cucumis melo* var. *inodorus* cv. *Honeydew*)**

% Pulpa	86,33	± 0,62
% Corteza	8,01	± 0,68
% Semillas	1,23	± 0,14

Fuente. Este estudio

Tabla 11.**Resultados de la caracterización fisicoquímica de averías de melón (*Cucumis melo* var. *inodorus* cv. *Honeydew*)**

Parámetro	Pulpa		Corteza	
% CH	93,89	± 0,04	90,90	± 1,58
% Cenizas	0,43	± 0,01	0,99	± 0,07
pH	5,71	± 0,02	6,00	± 0,01
°Brix	6,72	± 0,10	2,03	± 0,06
Glucosa (mg/gpf)	25,17	± 1,02	4,21	± 0,11
Fructosa (mg/gpf)	21,56	± 1,02	6,8	± 0,20
Á. cítrico (mg/gpf)	6,26	± 0,50	2,39	± 0,04

Nota: * gpf = Gramos peso en fresco

Fuente. Este estudio

5.4.1.3 Caracterización fisicoquímica de las averías de melón (*Cucumis melo* var. *Inodorus* cv. *Piel de sapo*)

En las **Tablas 12 y 13** se presentan las averías de melón, donde se encontró frutos compuestos en un 83.11% de pulpa 10.19% de corteza y 2.1% de semillas.

Se encontró en pulpa un contenido de humedad del 94.56% en base húmeda (bh), valor superior a los reportados por Escribano Martín, (2010) entre 83.6 y 88.76 en cultivares de la misma variedad. Por otro lado, en la corteza se tuvo un contenido de humedad del 91.68%.

En el pH de la pulpa se encontraron valores de 5.60, los cuales estuvieron por debajo del rango reportado por otros autores, (Stepansky *et al.*, 1999; Supapvanich *et al.*, 2011; Chong *et al.*, 2015) y para la corteza se tuvo un valor de 5.96.

El porcentaje de SST de la pulpa fue de 5.62 °Brix, inferior al encontrado por otros autores, (Álvarez *et al.*, 2011; Lester, 2008; Liang, 2001; Miccolis & Saltveit, 1995; Portela & Cantwell, 1998; Saftner *et al.*, 2008; Supapvanich *et al.*, 2011; Verzera *et al.*, 2014) y en la corteza se encontró un valor de 2.35.

En lo referente al contenido de ceniza, en la pulpa se encontró un valor de 0.43%, similar al reportado por USDA, (2015) del 0.41% y en la corteza de 0.99%.

En la determinación del contenido de azúcares y ácido cítrico, se tuvieron resultados en pulpa dentro del rango reportado en la literatura (Lester, 2008; Stepansky *et al.*, 1999; USDA, 2015).

Tabla 12.

Distribución porcentual del pericarpio de melón (Cucumis melo var. inodorus cv. Piel de sapo)

% Pulpa	83,11	± 1,30
% Corteza	10,19	± 0,14
% Semillas	2,01	± 0,04

Fuente. Este estudio

Tabla 13.

Resultados de la caracterización fisicoquímica de averías de melón (*Cucumis melo var. inodorus cv. Piel de sapo*).

Parámetro	Pulpa		Corteza	
% CH	94,56	± 0,04	91,68	± 0,20
% Cenizas	0,43	± 0,01	0,996	± 0,07
pH	5,60	± 0,01	5,96	± 0,01
°Brix	5,62	± 0,13	2,35	± 0,13
Glucosa (mg/gpf)	20,76	± 0,58	7,74	± 0,09
Fructosa (mg/gpf)	19,75	± 0,62	10,13	± 0,14
Á. cítrico (mg/gpf)	4,64	± 0,10	4,27	± 0,04

* gpf = Gramos peso en fresco

Fuente. Este estudio

5.4.2 Caracterización fisicoquímica empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S

En la **Tabla 14** se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica realizada a los seis (6) tipos de residuos de frutas de la empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S (ver Apéndice H).

Tabla 14.

Caracterización fisicoquímica epicarpio de lulo (*Solanum quitoense*)

Parámetro evaluado	Resultado (Promedio +/- DE)	Resultados de otros estudios	Autor
pH	3,26 ±0,12	3,21- 3,29- 3,09 y 2,94	Igual <i>et al.</i> , 2014; Restrepo & Sánchez, 2005; Loaiza <i>et al.</i> , 2014
Humedad	86,01 ±0,50	87,2	Restrepo & Sánchez, 2005
Cenizas	4,32 ±0,22	0,93	Restrepo & Sánchez, 2005
Grados Brix	3,10 ±0,10	6,57-7,89 - 9,03	Loaiza <i>et al.</i> ,2014; Igual <i>et al.</i> , 2014

Fuente. Este estudio

En cuanto al resultado de pH, humedad, cenizas y sólidos solubles totales, puede atribuirse a las diferencias propias entre cultivares e híbridos, aun perteneciendo a la misma especie y por los estados de madurez diferentes.

Respecto al contenido de azúcares y ácido cítrico, se obtuvieron resultados de 8.67 g/L y 6.67 g/L respectivamente, similares a los reportados por Choi *et al.* (2015) e Choi *et al.* (2013).

Tabla 15.

Caracterización fisicoquímica epicarpio de maracuyá (*Passiflora edulis*)

Parámetro evaluado	Resultado (Promedio +/- DE)	Resultados de otros estudios	Autor
pH	3,93 ±0,01	2,85 - 3,69	Iberoamericano <i>et al.</i> , 2014; Aguilar <i>et al.</i> , 2014
Humedad	86,05 ±0,61	84,64- 86,74 - 87,74	Aguilar <i>et al.</i> ,2014; Iberoamericano <i>et al.</i> , 2014; Silva <i>et al.</i> , 2008
Cenizas	9,66 ±0,49	6,6	Rodríguez, 2012
Grados Brix	6,00 ±0,00	14,35 y 13,6	Aguilar <i>et al.</i> , 2014; Iberoamericano <i>et al.</i> , 2014

Fuente. Este estudio

En cuanto a los resultados de pH, humedad, cenizas y sólidos solubles totales, estos pueden ser utilizados como parámetros relevantes para un estudio de viabilidad en la producción de pectinasa (Ahmed *et al.*, 2015).

Sobre el contenido de azúcares y ácido cítrico, se obtuvieron resultados de 13.36 g/L, 5.32 g/L respectivamente, inferior reportado por Silva *et al.* (2011); la variación puede atribuirse a la cantidad de azúcares en el fruto, que depende principalmente de la variedad, del rendimiento

asimilatorio de las hojas, de la relación hoja/fruto, de las condiciones climáticas durante el desarrollo del fruto, del estado de desarrollo y de la madurez (Pinzon *et al.*, 2007).

Tabla 16.

Caracterización fisicoquímica epicarpio de naranja (*Citrus sinensis* var. *Valencia late*)

Parámetro evaluado	Resultado (Promedio +/- DE)	Resultados de otros estudios	Autor
pH	3,56 ±0,01	3,93 - 4,93	Cerón & Cardona, 2011; Iberoamericano <i>et al.</i> , 2014
Humedad	69,28 ±0,42	65,9 - 85,9	Iberoamericano <i>et al.</i> , 2014; Cerón & Cardona, 2011
Cenizas	3,59 ±0,16	3,8 - 4,8	Lazzari <i>et al.</i> , 2015
Grados Brix	7,95 ±0,05	7.1	Cerón & Cardona, 2011

Fuente. Este estudio

Los resultados de humedad, cenizas y solidos solubles totales pueden ser utilizados para la producción de bioetanol (Choi *et al.*, 2015). Por otro lado, se encontró que el pH es importante como base para análisis de viabilidad de convertir las cáscaras de naranjas en biogás (Koppar *et al.*, 2013).

Respecto al contenido de azúcares y ácido cítrico, se obtuvo resultados de 68.79 g/L, 10 g/L respectivamente, superior al reportado por Botero, (2012), Choi *et al.* (2015) de 19.2 g/L y 47.6 g/L para el contenido de glucosa y fructosa, esta diferencia puede ser atribuida al contenido de solidos solubles totales que puede variar según el estado de maduración del fruto.

Tabla 17.**Caracterización fisicoquímica epicarpio de papaya (*Carica papaya*)**

Parámetro evaluado	Resultado (Promedio +/- DE)	Resultados de otros estudios	Autor
pH	4,77 ±0,01	4,3 - 5,3 - 5,6	Braga & Conti-Silva, 2015; Dotto <i>et al.</i> ,2015; Udomkun <i>et al.</i> ,2016
Humedad	82,17 ±0,07	60 - 80 - 83,5 - 87,8	Dotto <i>et al.</i> ,2015; Udomkun <i>et al.</i> ,2016; Kurozawa <i>et al.</i> ,2014
Cenizas	7,50 ±0,43	0,4 - 0,7	Kurozawa <i>et al.</i> , 2014; Hernández & Rueda, 2006
Grados Brix	9,00 ±0,00	9,0 - 12	Braga & Conti-Silva, 2015; Kurozawa <i>et al.</i> ,2014; Udomkun <i>et al.</i> ,2016

Fuente. Este estudio

Se observaron diferencias entre los valores reales y los reportados en la literatura. Las diferencias en los valores de la caracterización fisicoquímica del epicarpio de papaya de pH, humedad, cenizas, sólidos solubles totales, azúcares y ácido cítrico, pueden atribuirse a que los autores evaluaron el fruto completo, en estados de madurez diferentes, además por las diferencias propias entre cultivares e híbridos, aun perteneciendo a la misma especie. según Gonzalez et al. (2015), los resultados obtenidos del epicarpio de papaya pueden ser utilizados como parámetros para la producción de metano por su alto contenido de azúcares para ser utilizados por diferentes microorganismos que realizan el proceso de fermentación.

Tabla 18.**Caracterización fisicoquímica epicarpio de mango (*Mangifera indica* var. *Keitt*)**

Parámetro evaluado	Resultado (Promedio +/- DE)	Resultados de otros estudios	Autor
pH	4,25 ±0,01	3,19- 4,2 - 5,0 - 9,0	Quintero et al., 2013; Mejía et al.,2007; Choi et al., 2015
Humedad	81,5 ±0,34	60 - 90	Serna et al., 2015; Mejía et al.,2007; Yepes et al., 2008
Cenizas	1,56 ±0,14	3,8 - 4,8	Lazzari et al., 2015
Grados Brix	9,50 ±0,10	10	Marques et al., 2016

Fuente. Este estudio

En cuanto a la caracterización fisicoquímica del epicarpio de mango, las variaciones pueden explicarse por las diferencias edáficas, climáticas y productivas del cultivo de origen, además por las diferencias propias entre cultivares y las etapas de maduración diferentes.

Respecto a los resultados de la caracterización fisicoquímica del epicarpio de mango, estos valores se pueden utilizar como parámetros para formulaciones prebióticas en alimentos procesados (Cock & Torres, 2015) y además pueden ser utilizados para la síntesis de ácido láctico a través de hidrólisis enzimática por su alto contenido de azúcares fermentables (Araya-cloutier et al.,2010).

Tabla 19.**Caracterización fisicoquímica endocarpio de Mora (*Rubus glaucus benth*)**

Parámetro evaluado	Resultado (+/- DE)	(Promedio Resultados de otros estudios	de otros Autor
pH	3,14 ±0,04	2,67 - 2,77 - 3,1	Ayala <i>et al.</i> , 2013; Arteaga & Miñaca, 2014; García <i>et al.</i> , 2003
Humedad	48,03 ±0,36	86,89 - 87,7	Ayala <i>et al.</i> , 2013; Rodríguez <i>et al.</i> , 2012
Cenizas	1,74 ±0,02	2,1	García <i>et al.</i> , 2003
Grados Brix	4,00 ±0,00	4,8 - 7,5 - 8,5	Ayala <i>et al.</i> , 2013; García <i>et al.</i> , 2003; Rodríguez <i>et al.</i> , 2012

Fuente. Este estudio

Esta diferencia de resultados se debe a que los autores analizaron el mesocarpio y estos son los que contienen la mayoría de los SST. Los resultados de SST de $4 \pm 0,00$ °Brix pueden ser utilizados para la obtención de aceites con potencial en la industria cosmética (Hurtado, 2012).

En cuanto al contenido de azúcares y ácido cítrico, se encontró valores de 4.07 g/L, 5.69 g/L respectivamente, valor inferior reportado por Choi *et al.* (2015) entre 6.8 g/L hasta 32g/L, las variaciones se deben a las diferencias edáficas, climáticas y productivas del cultivo de origen (ver Apéndice I).

En la tabla 20 se presenta el resumen de la caracterización fisicoquímica de los residuos frutícolas de la empresa Frutidelicias y Cia. S.A.S

*Tabla 20.**3 Resultados de la caracterización fisicoquímica de residuos empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S*

Parámetro	Mora	Maracuyá	Mango	Papaya	Lulo	Naranja
pH	3,14 ±0,04	3,93 ±0,01	4,25 ±0,01	4,77 ±0,01	3,26 ±0,12	3,56 ±0,01
Humedad	48,03 ±0,36	86,05 ±0,61	81,5 ±0,34	82,17 ±0,07	86,01 ±0,50	69,28 ±0,42
Cenizas	1,74 ±0,02	9,66 ±0,49	1,56 ±0,14	7,50 ±0,43	4,32 ±0,22	3,59 ±0,16
Grados Brix	4,00 ±0,00	6,00 ±0,00	9,50 ±0,10	9,00 ±0,00	3,10 ±0,10	7,95 ±0,05
Glucosa (g/L)	1,79 ±0,42	4,95 ±0,74	80,97 ±0,25	65,70 ±1,52	4,52 ±0,30	44,38 ±0,06
Fructosa (g/L)	2,28 ±0,56	8,41 ±0,23	87,2 ±4,50	71,28 ±0,67	4,15 ±0,64	24,41 ±0,08
Ácido cítrico (g/L)	5,31 ±1,73	5,32 ±0,18	15,4 ±2,41	6,64 ±0,27	6,67 ±0,26	10 ±0,06

Fuente. Este estudio

6. CONCLUSIONES

En el marco de esta investigación se entregó a la empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S un informe con los diagramas de producción, de esta forma la empresa cuenta con una herramienta importante para identificar los puntos de control críticos en sus procesos de despulpado, refinado, cortado y extracción donde se generan los residuos, también se puede evaluar la transformación, revisar fallas, evitar demoras y planes de mejora para reducir los tiempos muertos en cada línea de producción.

La empresa Hortalizas Gourmet S.A recibió como guía base un diagrama de producción, para determinar parámetros de control del proceso, revisar posibles pérdidas de materia prima y evitar demoras en el momento de entregar el producto al mercado.

Los residuos generados en los procesos de despulpado, refinado, extracción, corte y averías de campo, se convierten en una materia prima atractiva en procesos biotecnológicos innovadores como una alternativa de aprovechamiento en la producción de ácido láctico y polihidroxibutírate (PHB).

Es importante aclarar que una muestra demasiado grande implica un desperdicio de recursos y una muestra demasiado pequeña disminuye la utilidad de los resultados de las estimaciones y pruebas de hipótesis, por tal razón es vital determinar el tamaño de muestra necesario para utilizar los recursos y tiempo que se dispone de una manera costo- efectiva.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica los residuos de mora, naranja, lulo, maracuyá y melón, se determinó que no son aptos para la producción de ácido láctico, pero se presentan alternativas para elaborar diferentes estudios de viabilidad a partir de una vía biotecnológica en la obtención de aceites esenciales, pectinas, antioxidantes, bioetanol, metano, biogás, entre otras.

Los resultados de la caracterización fisicoquímica muestran que los residuos agroindustriales con potencial para la producción de ácido láctico son mango y papaya, por su alto contenido de azúcares fermentables.

7. RECOMENDACIONES

Es importante continuar realizando análisis bromatológicos para identificar las propiedades de los diferentes residuos presentados en esta investigación, con el propósito de identificar el contenido de proteínas y grasas y de esta forma evaluar la posibilidad de elaborar diferentes compuestos poliméricos.

Se recomienda medir la cantidad de sacarosa para cada uno de los residuos utilizados en esta investigación.

Debido a que los residuos de las cáscaras de frutas cítricas como naranja se descartaron para fermentaciones lácticas, se puede estudiar su uso para la obtención de hesperidina, flavonoides, naranjina, y en el caso de cáscaras de maracuyá se puede evaluar la obtención de pectina.

Para los residuos de semillas de mora y maracuyá se recomienda la evaluación de antioxidantes usando las técnicas de ABTS (2,2-azinobis-3 etilbenzotiazolin-6-sulfónico), y DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidracil).

Como alternativa para la gestión integral de los residuos sólidos orgánicos de las empresas estudiadas, se recomienda plantear la posibilidad de diversificar sus procesos produciendo ácido láctico, aunque no se descartan fermentaciones etanólicas o butanólicas ya que el contenido de azúcares de los residuos es apto para que, según el microorganismo usado, se puede obtener una amplia gama de metabolitos biotecnológicos.

REFERENCIAS

- Abdel-Rahman, M. A., Tashiro, Y., & Sonomoto, K. (2013). Recent advances in lactic acid production by microbial fermentation processes. *Biotechnology Advances*, 31(6), 877–902.
- Acevedo Berger, V., & Ramírez Díaz, D. M. (2011). Análisis técnico y económico de la pectina, a partir de la cáscara de la naranja (*Citrus sinensis*), 1–77.
- Aguilar, J., Benavides, D., Cabanillas, J., Espinoza, M., Gómez, E., & Valverde, L. (2014). Agroindustrial Science. *Agroindustrial Science*, 1, 7–18.
- Ahmed, I., Zia, M. A., Hussain, M. A., Akram, Z., Naveed, M. T., & Nowrouzi, A. (2015). Bioprocessing of citrus waste peel for induced pectinase production by *Aspergillus niger*; its purification and characterization. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, (November), 1–7.
- Álvarez Avilés, A., López, E. J., Huez López, M., Preciado Flores, F. A., Valenzuela Cornejo, P., Martínez Carrillo, F., & Zazueta Soto, C. O. (2011). Evaluación de Seis Cultivares de Melón (*Cucumis melo* L. inodorus group) Honeydew en la Región de la Costa Hermosillo. In *XIV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas* (pp. 41–45).

- Álvarez, C., Fermín, N., García, J., Martínez, A., & Peña, E. (2013). Evaluation of the effect of applying a coating edible in melons (*cucumis melo* L., var. cantaloupe) cut and stored refrigerated. *Saber*, 25(2), 218–226.
- Alvarez, R. (2012). Formulación de un recubrimiento comestible para frutas cítricas, estudio de su impacto mediante aproximación metabolómica y evaluación de la calidad poscosecha, 221.
- Araya-cloutier, C., Rojas-garbanzo, C., Velázquez-carillo, C., Nacional, C., Ciencia, D., Alimentos, T. De, ... Rica, C. (2010). Slap 2010 enzimática simultánea a la fermentación de un medio a base de un desecho de piña (*ananas comosus*), para su uso poliláctico *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 11(7), 407–416.
- Arteaga, C., & Miñaca, M. (2014). Secado al vacío mediante espumación del sistema de pulpa de mora con albúmina de huevo. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1–90
- Ayala, C., Valenzuela, C., & Bohórquez, Y. (2013). Caracterización fisicoquímica de mora de castilla (*rubus glaucus* benth) en seis estados de madurez physicochemical characterization of castilla blackberry (*rubus glaucus* benth) in six maturity states caracterização físico-química de amora de castilla, 11(2), 10–18.

- Bash, E. (2015). Guia sectorial Colombiana- Colciencias. *PhD Proposal*, 1(2), 1–55.
- Beaulieu, J. C., & Lea, J. M. (2007). Quality Changes in Cantaloupe During Growth , Maturation , and in Stored Fresh-cut Cubes Prepared from Fruit Harvested at Various Maturities. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 132(5), 720–728.
- Beaulieu, J. C., Lea, J. M., & Eggleston, G. (2003). Sugar and Organic Acid Variations in Commercial Cantaloupes and Their Inbred Parents. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(4), 531–536.
- Bohórquez, A., Puentes, Y. J., & Menjivar, J. C. (2014). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar Quality evaluation of compost produced from agro-industrial byproducts of sugar cane, 15, 73–81.
- Botero, J. (2012). Design and Evaluation of Sustainable Biorefineries from Feedstocks in Tropical Regions. *Master's Thesis*, 162.
- Braga, H. F., & Conti-Silva, A. C. (2015). Papaya nectar formulated with prebiotics: Chemical characterization and sensory acceptability. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 854–860.
- Cali, A. de S. de. (2015). Plan De Gestión Integral De Santiago De Cali, 733.

- Camara de comercio de Cali. (2014). Enfoque Competitivo, Gerencia de desarrollo regional y de competitividad, 6.
- Cauca, G. del V. del. (2014). Encadenamientos Productivos : Camino para Mejorar el Desarrollo Socioeconómico del Valle del Cauca, 13.
- Cerón, I., & Cardona, C. (2011). Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja. *Ingeniería Y Ciencia - Ing.cienc.*, 7(13), 65–86.
- Chan, G., Boix, A., & Oliag, P. (2005). Estudios en Papaya (Carica papaya) procesada por Deshidratación osmotica, 1, 1–195.
- Choi, I. S., Kim, J.-H., Wi, S. G., Kim, K. H., & Bae, H.-J. (2013). Bioethanol production from mandarin (Citrus unshiu) peel waste using popping pretreatment. *Applied Energy*, 102, 204–210.
- Choi, I. S., Lee, Y. G., Khanal, S. K., Park, B. J., & Bae, H.-J. (2015). A low-energy, cost-effective approach to fruit and citrus peel waste processing for bioethanol production. *Applied Energy*, 140, 65–74.
- Chong, J. K., Lai, S., & Yang, H. (2015). Chitosan combined with calcium chloride impacts fresh-cut honeydew melon by stabilising nanostructures of sodium-carbonate-soluble pectin. *Food Control*, 53, 195–205.

- Chrost, B., & Schmitz, K. (1997). Changes in soluble sugar and activity of α -galactosidases and acid invertase during muskmelon (*Cucumis melo* L .) fruit development. *Journal of Plant Physiology*, 151(1), 41–50.
- Cock, L., & Torres, C. (2015). indica variedades Keitt y Tommy Atkins Agro industrial potential of peels of mango (*Mangifera indica*) Keitt, 64, 1–7.
- Doll, R. (2013). Pigmentos Naturales Hortofrutícolas, (40), 8–11.
- Dotto, G. L., Vieira, M. L. G., & Pinto, L. A. A. (2015). Use of chitosan solutions for the microbiological shelf life extension of papaya fruits during storage at room temperature. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 126–130.
- Elena, A., Echeverri, M., & Manizales, U. (2013). Aprovechamiento de residuos orgánicos, 1–121.
- Escribano Martín, S. (2010). *Caracterización etnobotánica, agro-morfológica, sensorial, físico-química, nutricional y molecular de las variedades locales de melón de villaconejos*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Fonseca, E., & Maturana, G. (2010). Aprovechamiento de los residuos vegetales de una central de abastos para la obtención de etanol. *Épsilon*, 14, 21–31.

- Frutícola. (2011). Residuos de frutas generan electricidad. 20110131, de Portal frutícola Sitio web: www.portalfruticola.com 2011
- Galeb, A. D. S., Wrolstad, R. E., & McDaniel, M. R. (2002). Composition and quality of clarified cantaloupe juice concentrate. *Journal of Food Processing Preservation*, 26, 39–56.
- Ghanbarian, D., Shojaei, Z. A., Ebrahimi, A., & Yuneji, S. (2007). Physical Properties and Compositional Changes of two Cultivars of Cantaloupe Fruit During Various Maturity Stages. *Iran Agricultural Research*, 25(2).
- Gil, R. H., Domínguez, R. M., & Pacho, J. D. (2013). Bioproducción de ácido láctico a partir de residuos de cáscara de naranja : Procesos de separación y purificación. *Tecnología, Ciencia Y Educación Del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos (IMIQ)*, 23(2), 79–90.
- Gray, J. (2012). *Fibra dietética. Definición, análisis, fisiología y salud*. Fst.Sagepub.Com (pp. 1–48).
- García, P. D., Vilorio-matos, A., Belén, D., Rodríguez, U. S., Alimentos, I. De, Biomoléculas, L. De, ... Naranjos. (2003). Características fisicoquímicas y composición de ácidos grasos del aceite crudo extraído de residuos de mora (*Rubus glaucus* Benth). *Grasas Y Aceites*, 54, 259–263.

González-Sánchez, M. E., Pérez-Fabiel, S., Wong-Villarreal, A., Bello-Mendoza, R., & Yáñez-Ocampo, G. (2015). Residuos agroindustriales con potencial para la producción de metano mediante la digestión anaerobia. *Revista Argentina de Microbiología*, 47(3), 229–235.

González Álvarez, D.O., 2013. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de alimentos funcionales: una aproximación desde la nutrición animal. , pp.1–101

Gonzalez-Salazar, M. A., Morini, M., Pinelli, M., Spina, P. R., Venturini, M., Finkenrath, M., & Poganietz, W.-R. (2014). Methodology for estimating biomass energy potential and its application to Colombia. *Applied Energy*, 136, 781–796

Guerrero, R., & Valenzuela, L. (2011). Agroindustria y Medio Ambiente. *Trilogía.Ciencia.Tecnología.Sociedad*, 23(33), 63–83.

Hernández, J., & Rueda, D. C. (2006). Diseño Preliminar De Un Proceso De Obtención De Etanol a Partir De Material Lignocelulósico De Frutas, Aplicando La Tecnología De Hidrólisis Térmica Catalizada. *Univerdidad Industrial de Santander*, 1, 1–65.

Hurtado, A. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales de frutas para la obtención de aceites con potencialidad en la industria cosmética, utilizando la tecnología de extracción con fluidos supercríticos., 33.

Iberoamericano, C. (2014). *Libro de Actas*. (P. Fito, M. Andrés, L. Arguelles, & M. Ortolá, Eds.)
(Universida, Vol. 3). España.

ICONTEC (1999). Norma Técnica Colombiana NTC 1291 frutas y hortalizas. Determinación de
humedad

ICONTEC (1999). Norma Técnica Colombiana NTC 282 Determinación de Cenizas.

ICONTEC (1999). Norma Técnica Colombiana NTC 4592 Determinación de pH.

ICONTEC (1999). Norma Técnica Colombiana NTC 4624 jugos de frutas y hortalizas.
Determinación de solidos solubles totales

Igual, M., Ramires, S., Mosquera, L. H., & Martinez-Navarrete, N. (2014). Optimization of spray
drying conditions for lulo (*Solanum quitoense* L.) pulp. *Powder Technology*, 256, 233–
238.

Jawad, A. H., Alkarkhi, A. F. M., Jason, O. C., Easa, A. M., & Nik Norulaini, N. a. (2013).
Production of the lactic acid from mango peel waste - Factorial experiment. *Journal of
King Saud University - Science*, 25(1), 39–45.

- Kim, H.; Kim, H.; Mosaddik, A.; Gyawali, R.; Ahn, K.; y Kim, S. 2012. Induction of apoptosis by ethanolic extract of mango peel and comparative analysis of the chemical constituents of mango peel and flesh. *Food Chem.* 133(2):416-422.
- Koppar, A., & Pullammanappallil, P. (2013). Anaerobic digestion of peel waste and wastewater for on site energy generation in a citrus processing facility. *Energy*, 60, 62–68.
- Kurozawa, L. E., Terng, I., Hubinger, M. D., & Park, K. J. (2014). Ascorbic acid degradation of papaya during drying: Effect of process conditions and glass transition phenomenon. *Journal of Food Engineering*, 123, 157–164
- Laínez, D., & Krarup, C. (2008). Caracterización en pre y poscosecha de dos cultivares de melón reticulado del tipo Oriental (*Cucumis melo* Grupo *Cantalupensis*). *Ciencia E Investigación Agraria*, 35(1), 59–66.
- Lazzari, E., Schena, T., Primaz, C., Maciel, G., Machado, M., Cardoso, C., ... Bastos, E. (2015). Article in press. *Industrial Crops and Products*, 1–7.
- Lee s., park j. y brissonneau d. 2003. Biogas Generation and Recovery Potential within Selected Agroindustries and Solid Waste Management Sector in Thailand. *Environmental Engineering Research*, vol. 8, Nº 3, pp. 107-115

- Lester, G. E. (2008). Antioxidant, Sugar, Mineral, and Phytonutrient Concentrations across Edible Fruit Tissues of Orange-Fleshed Honeydew Melon (*Cucumis melo* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 3694–3698.
- Liang, C.-P. (2001). *Quality Evaluation of Honeydew Melon: Effects of Ethylene Treatment*. University of Georgia.
- Loaiza, D. I. G., Santos, L. E. O., Mahecha, P. V., & Amariles, H. D. V. (2014). Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) cosechados en tres grados de madurez. *Acta Agronomica*, 63(1), 11–17.
- Londoño- Londoño, J., Lima, V. R. De, Lara, O., Gil, A., Pasa, T. B. C., Arango, G. J., & Pineda, J. R. R. (2010). Clean recovery of antioxidant flavonoids from citrus peel: Optimizing an aqueous ultrasound- assisted extraction method. *Food Chemistry*, 119(1), 81-87.
- Marques, E. J. N., De Freitas, S. T., Pimentel, M. F., & Pasquini, C. (2016). Rapid and non-destructive determination of quality parameters in the “Tommy Atkins” mango using a novel handheld near infrared spectrometer. *Food Chemistry*, 197, 1207–1214.
- Mejía Giraldo, L. F., Martínez Correa, H. A., Betancourt Gutiérrez, J. E., & Castrillón Castaño, C. E. (2007). Aprovechamiento del residuo agroindustrial del mango común (*Mangifera indica* L.) en la obtención de azúcares fermentables. *Ingeniería Y Ciencia - Ing.cienc.*, 3(6), 41–62.

- Miccolis, V., & Saltveit, M. E. (1991). Morphological and Physiological Changes during Fruit Growth and Maturation of Seven Melon Cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(6), 1025–1029.
- Miccolis, V., & Saltveit, M. E. (1995). Influence of storage period and temperature on the postharvest characteristics of six melon (*Cucumis melo* L., Inodorus Group) cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 5, 211–219.
- Millán Trujillo, F. R., López Plá, S., Tavera Roa, V., Tapia, M. S., & Cava, R. (2001). Estudio de la estabilidad microbiológica del melón (*Cucumis melo* L.) mínimamente procesado por impregnación al vacío. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51(2).
- Ministerio De Agricultura y desarrollo, & Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle. (2006). Plan Frutícola Nacional, Diagnóstico Y Análisis De Los Recursos Para La Fruticultura En Colombia, 1–88.
- Mis, K., Sundararajan, S., Alfaro, L., & Sathivel, S. (2012). Development of cantaloupe (*Cucumis melo*) juice powders using spray drying technology. *LWT - Food Science and Technology*, 46(1), 287–293.
- Moncada, J., Cardona, C. a., Higueta, J. C., Vélez, J. J., & López-Suarez, F. E. (2016). Wood residue (*Pinus patula* bark) as an alternative feedstock for producing ethanol and furfural

- in Colombia: experimental, techno-economic and environmental assessments. *Chemical Engineering Science*, *140*, 309–318.
- Morales, D., Rivera, M., & Icesi, U. (2014). Plan de empresa: Fruticol del valle. *PhD Proposal*, *1*, 1–74
- Munilla, G. B. C. (2013). Ácido láctico y poliláctico. *ICIDCA*, *1*, 48–59.
- Nanda, S., Reddy, S. N., Hunter, H. N., Dalai, A. K., & Kozinski, J. A. (2015). Supercritical water gasification of fructose as a model compound for waste fruits and vegetables. *Journal of Supercritical Fluids*, *104*, 112–121.
- Navarrete, C., Gil, J., Durango, D., & Garcia, C. (2014). Extraction and characterization of mandarin essential oil obtained from agroindustrial residues. *77*(162), 85–92.
- Nguyen, C. M., Choi, G. J., Choi, Y. H., Jang, K. S., & Kim, J.-C. (2013). D- and L-Lactic Acid Production From Fresh Sweet Potato Through Simultaneous Saccharification and Fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, *81*, 40–46.
- Olán, Jorge E., & Huerta, J. J. (2014). El método bocashi como alternativa para el manejo de los residuos orgánicos agrícolas. *Universidad Veracruzana*, 1–111.

- Pandey a., soccol c., nigam p. y otros 2000. Biotechnological Potential of Agro-industrial Residues II: cassava bagasse. *Bioresource Technology* 74, pp. 81-87.
- Prakash, J.; Sivakumar, V.; Thirugnanasambandham, K; y Sridhar, R. 2014. Microwave assisted extraction of pectin from waste Citrullus lanatus fruit rinds. *Carboh. Pol.* 101:786791.
- Peng, L., Wang, L., Che, C., Yang, G., Yu, B., & Ma, Y. (2013). Bacillus sp. strain P38: an efficient producer of L-lactate from cellulosic hydrolysate, with high tolerance for 2-furfural. *Bioresource Technology*, 149, 169–76.
- Portela, S. I., & Cantwell, M. I. (1998). Quality changes of minimally processed honeydew melons stored in air or controlled atmosphere. *Postharvest Biology and Technology*, 14, 351–357.
- Pinzón, I. M., Fisher, G., & Corredor, G. (2007). Determination of the maturity stages of purple passion fruit. *Agronomía Colombiana*, 25(1), 83–95.
- Quintero, V., Giraldo, G., Lucas, J., & Vasco, J. (2013). Caracterización fisicoquímica del mango comun (*Mangifera indica* L.) durante su proceso de maduración. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 11(1), 10–18.
- Restrepo, jorge E. D., & Sanchez, J. A. V. (2005). Estudio de la factibilidad para la exportación de pulpa de lulo a algunos países de centroamerica y el caribe, 1, 1–116.

- Rodríguez, B., Zluluaga-Pava, Y., & Cruz-Rios, D. (2012). Producto potencialmente simbiótico a partir de mora de castilla (*Rubus glaucus*) aplicando impregnación a vacío. *Scientia Agropecuaria*, 3, 273–278.
- Rodríguez, M. (2012). Evaluación de las características espesantes del mesocarpio de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) en la producción de conservas, 1, 1–23.
- Saftner, R., Abbott, J. A., Lester, G., & Vinyard, B. (2008). Sensory and analytical comparison of orange-fleshed honeydew to cantaloupe and green-fleshed honeydew for fresh-cut chunks. *Postharvest Biology and Technology*, 42(2006), 150–160.
- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales : Pasado , Presente y Futuro. *BioTecnologia*, 16(2), 14–46.
- Serna, L., & Rodriguez, S. (2005). Producción Biotecnológica De Acido Láctico : *Ciencia Y Tecnologia Alimentaria*, 5, 1–13.
- Serna-cock, L., Ayala, A., Torres, C., & Alfredo, L. (2015). Evaluation of food powders obtained from peels of mango (*Mangifera indica*) as sources of functional ingredients, 26(2), 41–50.
- Silva, E. M., & Peralta, L. R. (2011). Effects of Fruit Condition and Storage Temperature, 2, 449–459.

- Silva, N. C., Benites, E. A., & Gomero, J. C. M. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. *Ingeniería Industrial*, (26), 175–199.
- Stepansky, A., Kovalski, I., Schaffer, A. A., & Perl-treves, R. (1999). Variation in sugar levels and invertase activity in mature fruit representing a broad spectrum of *Cucumis melo* genotypes, *46*, 53–62.
- Sogi, D.; Siddiq, M.; Greiby, I.; y Dolan, K. 2013. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of Tommy Atkins mango peel and kernel as affected by drying methods. *Food Chem.* 141(3):264955
- Sokal, R., & Rohlf, J. (2013). *Introduction to Biostatistics* (Dover, Vol. 2012). New York.
- Sumaya, M. T., Sánchez, L., Torres, G., & García, D. (2012). Red de valor de mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. *Quinta Época*, 30, 826–833.
- Supapvanich, S., Boon-lha, K., & Mhernmee, N. (2011). Quality Attribute Changes in Intact and Fresh-Cut Honeydew Melon (*Cucumis melo* var . *inodorus*) cv . “Honey World” during Storage. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 45, 874–882.

Udomkun, P., Nagle, M., Argyropoulos, D., Mahayothee, B., Latif, S., & Müller, J. (2016). Compositional and functional dynamics of dried papaya as affected by storage time and packaging material. *Food Chemistry*, *196*, 712–719.

USDA. (2015a). *Basic Report 09181 , Melons , cantaloupe , raw*.

USDA. (2015b). *Full Report (All Nutrients) 09184 , Melons , honeydew , raw*.

Valente, M., Prades, A., & Laux, D. (2013). Potential use of physical measurements including ultrasound for a better mango fruit quality characterization. *Journal of Food Engineering*, *116*(1), 57–64.

Verzera, A., Dima, G., Tripodi, G., Conduro, C., Crinò, P., Romano, D., ... Paratore, A. (2014). Aroma and sensory quality of honeydew melon fruits (*Cucumis melo* L . subsp . *melo* var . *inodorus* H . Jacq .) in relation to different rootstocks. *Scientia Horticulturae*, *169*, 118–124.

Wu, Y., Ma, H., Zheng, M., & Wang, K. (2015). Lactic acid production from acidogenic fermentation of fruit and vegetable wastes. *Bioresource Technology*, *191*, 53–58.

Yepes, S. M., Montoya Naranjo, L. J., & Orozco Sánchez, 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.

Zabala, M. A. (2008). Mucílago de café con *Lactobacillus bulgaricus* nrri-b548 lactic acid production by fermentation of coffee mucilage with *Lactobacillus bulgaricus* NRRL-B548, 147–153.

ANEXOS

Anexo A. Liofilización de residuos empresa Frutidelicias y Cía. S.A

Muestra de cascara dentro del congelador a -20°C



Muestras cortadas con sierra sin fin



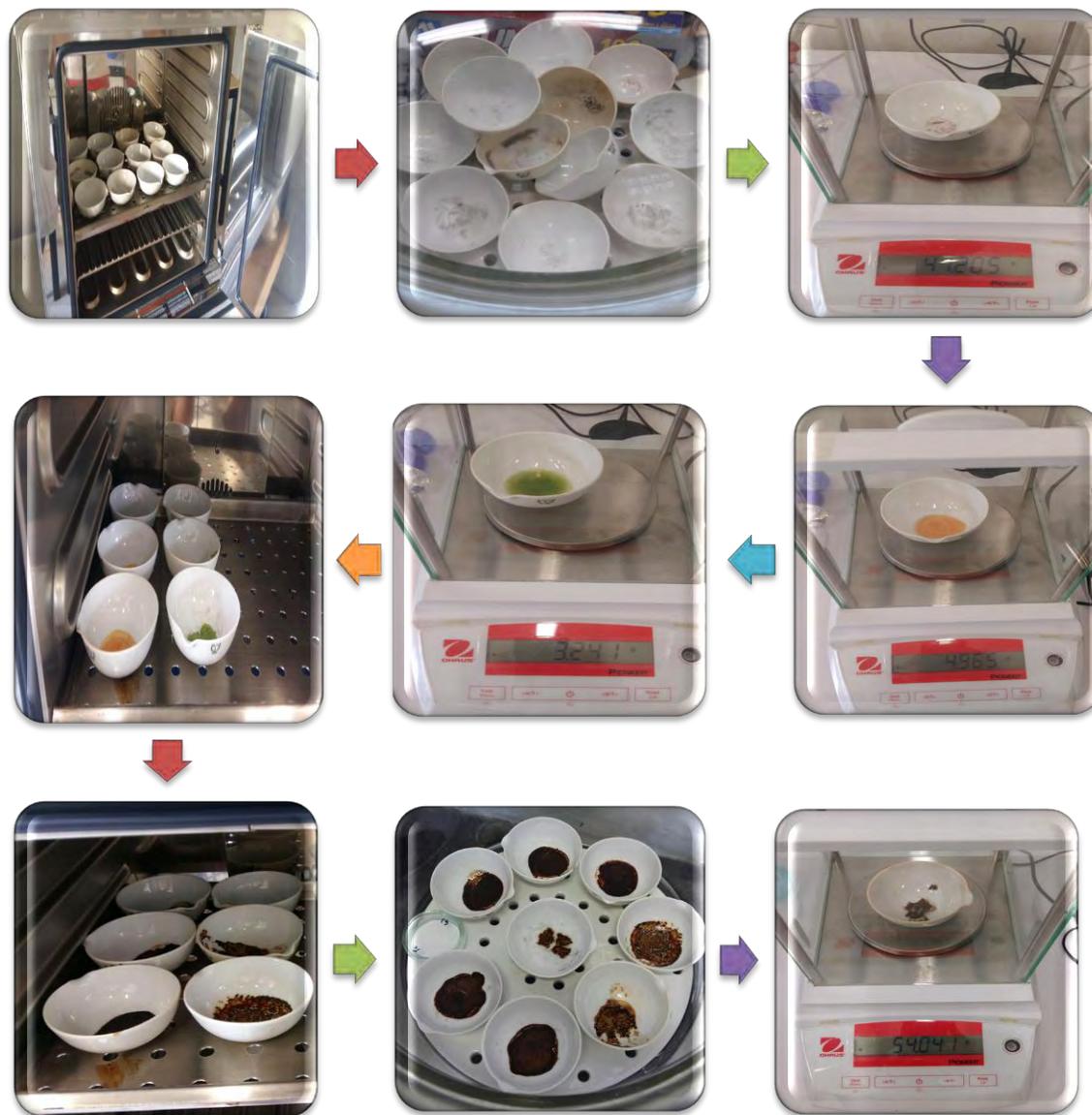
Adecuación de muestra en cuadros de 1 cm, organizados en el papel aluminio.



Anexo B. Liofilización de residuos empresa Hortalizas Gourmet S.A



Anexo C. Determinación de humedad empresa Hortalizas Gourmet S.A



Anexo D. Residuos de Frutas empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S. – 2015

Mes	Fruta	Fruta (Kilos)	Porcentaje	Pulpa (Kilos)	Residuos (Kilos)
Octubre	Mango	12043	53,30%	6419	5.624
Octubre	Maracuyá	11255	34,18%	3847	7.408
Octubre	Mora	1525	90,95%	1387	138
Octubre	Naranja	12396	29,36%	3639	8.757
Octubre	Papaya	1701	51,09%	869	832
Octubre	Lulo	2233	78,59%	1755	478
Noviembre	Mango	28224	48,24%	13615	14.609
Noviembre	Maracuyá	3854	34,33%	1323	2.531
Noviembre	Mora	54354	92,55%	50303	4.051
Noviembre	Naranja	6592	33,12%	2183	4.409
Noviembre	Papaya	0	0	0	0
Noviembre	Lulo	5258	69,68%	3664	1.594
Diciembre	Mango	0	0	0	0
Diciembre	Maracuyá	9260	33,73%	3102	6.158
Diciembre	Mora	4571	83,15%	3803	768
Diciembre	Naranja	9498	40,85%	3880	5.618
Diciembre	Papaya	430	64,19%	275	154
Diciembre	Lulo	5011	76,59%	3837	1.174

**Anexo E. Averías de Melón Cantaloupe - Honeydew y Piel de Sapo - empresa Hortalizas
Gourmet. S.A. -2015**

Mes	Melón larga vida			Melón Honeydew			Melón piel de sapo		
	Entrada Kg	Avería Kg	Porcentaje	Entrada Kg	Avería Kg	Porcentaje	Entrada Kg	Avería Kg	Porcentaje
Enero	53.347	1.075	2,0%	0	0	0	3.527	554	16%
Febrero	73.802	835	1,1%	0	0	0	5.687	217	4%
Marzo	59.897	2.075	3,5%	0	0	0	4.632	116	2,5%
Abril	83.256	10.242	12,3%	2.359	32	0,0%	1.398	58	0,0%
Mayo	37.766	2.086	5,5%	55	44	80,0%	3.364	43	1,3%
Junio	14.669	444	3,0%	5.224	46	0,9%	1.679	13	0,8%
Julio	42.779	526	1,2%	8.009	404	5,0%	6.782	13	0,2%
Agosto	36.245	549	1,5%	5.863	492	8,4%	12.503	334	2,7%

**Anexo F. Tamaño de muestra utilizando el software Minitab versión 16. Empresa
Frutidelicias y Cía. S.A.S**

Tamaño de muestra utilizando el software Minitab versión 16.

Empresa Frutidelicias y Cía. S.A.S

RESIDUOS DE LULO

Tamaño de la muestra para estimación

Método

Parámetro	Media
Distribución	Normal
Desviación estándar	0,9369 (estimado)
Nivel de confianza	95%
Intervalo de confianza	Bilateral

Resultados

	Tamaño
Margen de error	de la muestra
2	4

RESIDUOS DE MARACUYÀ

Tamaño de la muestra para estimación

Método

Parámetro	Media
Distribución	Normal
Desviación estándar	0,5099 (estimado)
Nivel de confianza	95%
Intervalo de confianza	Bilateral

Resultados

	Tamaño
Margen de error	de la muestra
2	3

RESIDUOS DE NARANJA

Tamaño de la muestra para estimación

Método

Parámetro	Media
Distribución	Normal
Desviación estándar	0,1414 (estimado)

Nivel de confianza 95%
 Intervalo de confianza Bilateral

Resultados

Margen de error de la muestra
 Tamaño de la muestra
 2 2

RESIUDOS DE PAPAYA

Tamaño de la muestra para estimación

Método

Parámetro Media
 Distribución Normal
 Desviación estándar 0,8521 (estimado)
 Nivel de confianza 95%
 Intervalo de confianza Bilateral

Resultados

Margen de error de la muestra
 Tamaño de la muestra
 2 4

RESIDUOS DE MORA

Tamaño de la muestra para estimación

Método

Parámetro Media
 Distribución Normal
 Desviación estándar 1,1226 (estimado)
 Nivel de confianza 95%
 Intervalo de confianza Bilateral

Resultados

Margen de error de la muestra
 Tamaño de la muestra
 2 4

RESIDUOS DE MANGO

Tamaño de la muestra para estimación

Método

Parámetro	Media
Distribución	Normal
Desviación estándar	4,7482 (estimado)
Nivel de confianza	95%
Intervalo de confianza	Bilateral

Resultados

	Tamaño
Margen de error	de la muestra
8	4

Empresa hortalizas gourmet

MELÓN CANTALOUPE

Tamaño de la muestra para estimación

Método

Parámetro	Media
Distribución	Normal
Desviación estándar	0,0231 (estimado)
Nivel de confianza	95%
Intervalo de confianza	Bilateral

Resultados

	Tamaño
Margen de error	de la muestra
0,5	2

MELON PIEL DE SAPO

Tamaño de la muestra para estimación

Método

Parámetro	Media
Distribución	Normal
Desviación estándar	0,3782 (estimado)
Nivel de confianza	95%
Intervalo de confianza	Bilateral

Resultados

Tamaño

Margen de la
de error muestra
0,5 3

MELON HONEY DEW

Tamaño de la muestra para estimación

Método

Parámetro	Media
Distribución	Normal
Desviación estándar	0,0208 (estimado)
Nivel de confianza	95%
Intervalo de confianza	Bilateral

Resultados

	Tamaño
Margen de la	de la
de error muestra	muestra
0,5	2

Anexo G. Caracterización fisicoquímica de averías de melón empresa Hortalizas Gourmet
S.A
Melón Cantaloupe
Distribución Peso

Muestra	Peso Total	Peso Pulpa	% Pulpa	Peso Corteza	% Corteza	Peso Semillas	% Semillas	Pérdidas
1	1487,3	1127,4	75,80%	305,3	20,53%	21,7	1,46%	2,21%
2	1099,9	808,2	73,48%	217,7	19,79%	17,7	1,61%	6,73%
3	747	538	72,02%	161,9	21,67%	13,4	1,79%	6,31%
Desvest			1,91%		0,95%		0,17%	
Promedio			73,77%		20,66%		1,62%	96,05%

Pulpa

Muestra	pH	°Brix
1P	6,39	9,7
2P	6,35	9,2
3P	6,35	9,25
Desvest	0,023	0,275
Promedio	6,363	9,383

Corteza

Muestra	pH	°Brix
1P	5,45	2
2P	5,46	2,5
3P	5,46	2,75
Desvest	0,006	0,382
Promedio	5,457	2,417

Contenido de Humedad de Pulpa

Muestra	Peso Cápsula	Peso Muestra	Peso C + Muestra 18h	Peso Final	% MS bh	% CH bh
1P	43,52	5,003	43,961	0,441	8,815%	91,185%
2P	43,427	4,971	43,862	0,435	8,751%	91,249%
3P	48,018	5,158	48,469	0,451	8,744%	91,256%
1P	47,551	5,047	47,9812	0,4302	8,524%	91,476%
2P	43,518	5,273	43,9713	0,4533	8,597%	91,403%
3P	45,818	5,148	46,2425	0,4245	8,246%	91,754%
				Desvest	0,210%	0,210%
				Promedio	8,61%	91,39%

Continuación Anexo G

Contenido de Humedad de Corteza

Muestra	Peso Cápsula	Peso Muestra	Peso C + Muestra 18h	Peso Final	% MS bh	% CH bh
1C	46,112	2,94	46,253	0,141	9,592%	90,408%
2C	44,501	3,059	44,69	0,189	12,357%	87,643%
3C	47,56	3,083	47,737	0,177	11,482%	88,518%
1C	48,016	3,074	48,3672	0,3512	11,425%	88,575%
2C	44,451	3,128	44,8009	0,3499	11,186%	88,814%
3C	53,809	3,031	54,1451	0,3361	11,089%	88,911%
				Desvest	0,902%	0,902%
				Promedio	11,19%	88,81%

Contenido de Cenizas de Pulpa

Peso C + Cenizas	Peso Cenizas	% CENIZAS bh
47,59	0,039	0,773%
43,566	0,048	0,910%
45,862	0,044	0,855%
	Desvest	0,069%
	Promedio	0,846%

Contenido de Cenizas de Corteza

Peso C + Cenizas	Peso Cenizas	% CENIZAS bh
48,065	0,049	1,594%
44,5	0,049	1,566%
53,853	0,044	1,452%
	Desvest	0,076%
	Promedio	1,537%

Contenido de Azúcares y Á. Orgánicos por HPLC

Muestra	Pulpa			Corteza		
	Glucosa (g/L)	Fructosa (g/L)	Á. cítrico (g/L)	Glucosa (g/L)	Fructosa (g/L)	Á. cítrico (g/L)
1	31,4	21,228	8,671	4,064	7,018	5,866
2	26,587	21,323	8,928	4,06	6,948	6,2
Desvest	3,40	0,07	0,18	0,003	0,05	0,24
Promedio	28,99	21,28	8,80	4,06	6,98	6,03

Continuación Anexo G

Contenido de Azúcares y Á. Orgánicos por HPLC						
Muestra	Pulpa			Corteza		
	Glucosa (mg/gpf)	Fructosa (mg/gpf)	Á. cítrico (mg/gpf)	Glucosa (mg/gpf)	Fructosa (mg/gpf)	Á. cítrico (mg/gpf)
1	30,270	20,464	8,359	3,988	6,887	5,757
2	25,631	20,556	8,607	3,984	6,818	6,084
Desvest	3,28	0,06	0,18	0,003	0,05	0,23
Promedio	27,95	20,51	8,48	3,99	6,85	5,92

Melón Honeydew
Distribución Peso

Muestra	Peso Total	Peso Pulpa	% Pulpa	Peso Corteza	% Corteza	Peso Semillas	% Semillas	Pérdidas
1	1520,7	1306,6	85,92%	110,9	7,29%	20,8	1,37%	5,42%
2	1334,4	1161,5	87,04%	115,2	8,63%	14,5	1,09%	4,32%
3	1455,0	1251,8	86,03%	118,1	8,12%	17,9	1,23%	5,85%
4	1434,1	1252,2	87,32%	121,2	8,45%	17,5	1,22%	4,23%
5	1297,4	1082,6	83,44%	102,9	7,93%	18	1,39%	
Desvest			0,62%		0,68%		0,14%	
Promedio			86,33%		8,01%		1,23%	95,58%

Pulpa		
Muestra	pH	°Brix
1P	5,69	6,8
	5,70	6,75
3P	5,73	6,6
Desvest	0,021	0,104
Promedio	5,707	6,717

Corteza		
Muestra	pH	°Brix
1C	5,99	2,00
2C	6,00	2,00
3C	6,01	2,10
Desvest	0,010	0,058
Promedio	6,000	2,033

Continuación Anexo G

Contenido de Humedad de Pulpa

Peso Cápsula	Peso Muestra	Peso C + MS	Peso Final	% MS bh	% CH bh
47,939	5,136	48,255	0,316	6,153%	93,847%
45,383	5,33	45,707	0,324	6,079%	93,921%
46,085	5,091	46,396	0,311	6,109%	93,891%
			Desvest	0,037%	0,037%
			Promedio	6,11%	93,89%

Contenido de Azúcares y Á. Orgánicos por HPLC

Muestra	Pulpa			Corteza		
	Glucosa (g/L)	Fructosa (g/L)	Á. cítrico (g/L)	Glucosa (g/L)	Fructosa (g/L)	Á. cítrico (g/L)
1	25,118	21,408	6,073	4,198	6,766	2,398
2	26,598	22,89	6,798	4,358	7,056	2,462
Desvest	1,05	1,05	0,51	0,11	0,21	0,05
Promedio	25,858	22,149	6,436	4,278	6,911	2,430

Contenido de Cenizas de Pulpa

Peso C + Cenizas	Peso Cenizas	% CENIZAS bh
47,961	0,022	0,428%
45,407	0,024	0,450%
46,106	0,021	0,412%
	Desvest	0,019%
	Promedio	0,430%

Contenido de Cenizas de Corteza

Peso C + Cenizas	Peso Cenizas	% CENIZAS bh
43,772	0,014	0,920%
44,933	0,017	1,068%
47,223	0,015	0,999%
	Desvest	0,074%
	Promedio	0,996%

Continuación Anexo G

Contenido de Azúcares y Á. Orgánicos por HPLC						
Muestra	Pulpa			Corteza		
	Glucosa (mg/gpf)	Fructosa (mg/gpf)	Á. cítrico (mg/gpf)	Glucosa (mg/gpf)	Fructosa (mg/gpf)	Á. cítrico (mg/gpf)
1	24,451	20,840	5,912	4,129	6,654	2,358
2	25,892	22,282	6,618	4,286	6,939	2,421
Desvest	1,02	1,02	0,50	0,11	0,20	0,04
Promedio	25,17	21,56	6,26	4,21	6,80	2,39

Melón Piel de Sapo

Distribución Peso

Muestra	Peso Total	Peso Pulpa	% Pulpa	Peso Corteza	% Corteza	Peso Semillas	% Semillas	Pérdidas
1	1602,1	1309,6	81,74%	165,5	10,33%	32,9	2,05%	5,87%
2	1412,7	1191,2	84,32%	143,9	10,19%	28,0	1,98%	5,49%
3	1319,8	1099	83,27%	132,6	10,05%	26,3	1,99%	6,68%
4	1419,8	1154,3	81,30%	188,9	13,30%	28,3	1,99%	5,40%
Desvest			1,30%		0,14%		0,04%	
Promedio			83,11%		10,19%		2,01%	95,31%

Pulpa

Muestra	pH	°Brix
1P	5,59	5,75
2P	5,60	5,50
3P	5,60	5,60
Desvest	0,006	0,126
Promedio	5,597	5,617

Corteza

Muestra	pH	°Brix
1C	5,95	2,25
2C	5,97	2,50
3C	5,96	2,30
Desvest	0,010	0,132
Promedio	5,960	2,350

Continuación Anexo G

Contenido de Humedad de Pulpa

Peso Cápsula	Peso Muestra	Peso C + MS	Peso Final	% MS bh	% CH bh
53,812	5,038	54,084	0,272	5,399%	94,601%
43,425	5,121	43,704	0,279	5,448%	94,552%
58,14	5,003	58,414	0,274	5,477%	94,523%
			Desvest	0,039%	0,039%
			Promedio	5,44%	94,56%

Contenido de Humedad de Corteza

Peso Cápsula	Peso Muestra	Peso C + MS	Peso Final	% MS bh	% CH bh
46,387	1,5185	46,516	0,129	8,495%	91,505%
45,821	1,518	45,948	0,127	8,366%	91,634%
48,021	1,531	48,145	0,124	8,099%	91,901%
			Desvest	0,202%	0,202%
			Promedio	8,32%	91,68%

Contenido de Cenizas de Pulpa

Peso C Cenizas	+ Peso Cenizas	% CENIZAS bh
47,961	0,022	0,428%
45,407	0,024	0,450%
46,106	0,021	0,412%
	Desvest	0,019%
	Promedio	0,430%

Contenido de Cenizas de Corteza

Peso C Cenizas	+ Peso Cenizas	% CENIZAS bh
43,772	0,014	0,920%
44,933	0,017	1,068%
47,223	0,015	0,999%
	Desvest	0,074%
	Promedio	0,996%

Continuación Anexo G

Contenido de Azúcares y Á. Orgánicos por HPLC						
Muestra	Pulpa			Corteza		
	Glucosa (g/L)	Fructosa (g/L)	Á. cítrico (g/L)	Glucosa (g/L)	Fructosa (g/L)	Á. cítrico (g/L)
1	21,13	20,052	4,744	7,854	10,272	4,34
2	21,989	20,96	4,892	7,99	10,474	4,392
Desvest	0,61	0,64	0,10	0,10	0,14	0,04
Promedio	21,56	20,51	4,82	7,92	10,37	4,37

Contenido de Azúcares y Á. Orgánicos por HPLC						
Muestra	Pulpa			Corteza		
	Glucosa (mg/gpf)	Fructosa (mg/gpf)	Á. cítrico (mg/gpf)	Glucosa (mg/gpf)	Fructosa (mg/gpf)	Á. cítrico (mg/gpf)
1	20,348	19,310	4,569	7,673	10,036	4,240
2	21,176	20,185	4,711	7,806	10,233	4,291
Desvest	0,58	0,62	0,10	0,09	0,14	0,04
Promedio	20,76	19,75	4,64	7,74	10,13	4,27

Anexo H. Caracterización fisicoquímica de residuos de frutas empresa Frutidelicias y Cía.

S.A.S

Residuos de Mora

Pruebas	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	\bar{x}	$\bar{\sigma}$
pH	3,1	3,15	3,18	3,14	0,04
Humedad (%)	48,21	47,62	48,27	48,03	0,36
Cenizas (%)	1,75	1,76	1,72	1,74	0,02
Grados Brix	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00
Glucosa (g/L)	1,79	2,215	1,38	1,794	0,42
Fructosa (g/L)	2,1	2,91	1,84	2,28	0,56
Ácido cítrico (g/L)	6,1	6,5	3,33	5,31	1,73

Residuos de Maracuyá

Pruebas	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	\bar{x}	$\bar{\sigma}$	$\bar{\sigma}$
pH	3,92	3,94	3,94	3,93	0,01	
Humedad (%)	86,48	86,31	85,35	86,05	0,61	
Cenizas (%)	10,163	9,63	9,19	9,66	0,49	
Grados Brix	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	
Glucosa (g/L)	5,8	4,55	4,5	4,95	0,74	
Fructosa (g/L)	8,15	8,58	8,51	8,41	0,23	
Ácido cítrico (g/L)	5,11	5,40	5,45	5,32	0,18	

Continuación Anexo H

Residuos de Lulo

Pruebas	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	\bar{x}	$\bar{\sigma}$
pH	3,14	3,38	3,2	3,26	0,12
Humedad (%)	85,44	86,35	86,25	86,01	0,50
Cenizas (%)	4,0919	4,34	4,53	4,32	0,22
Grados Brix	3	3,2	3,1	3,10	0,10
Glucosa (g/L)	4,31	4,74		4,52	0,30
Fructosa (g/L)	3,695	4,60		4,15	0,64
Ácido cítrico (g/L)	6,49	6,86		6,67	0,26

Residuos de Papaya

Pruebas	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	\bar{x}	$\bar{\sigma}$
pH	4,78	4,76	4,76	4,77	0,01
Humedad (%)	82,13	82,14	82,25	82,17	0,07
Cenizas (%)	7,13	7,42	7,97	7,50	0,43
Grados Brix	9,00	9,00	9,00	9,00	0,00
Glucosa (g/L)	64,62	66,775		65,70	1,52
Fructosa (g/L)	71,75	70,805		71,28	0,67
Ácido cítrico (g/L)	6,83	6,45		6,64	0,27

Continuación Anexo H

Residuos de Mango

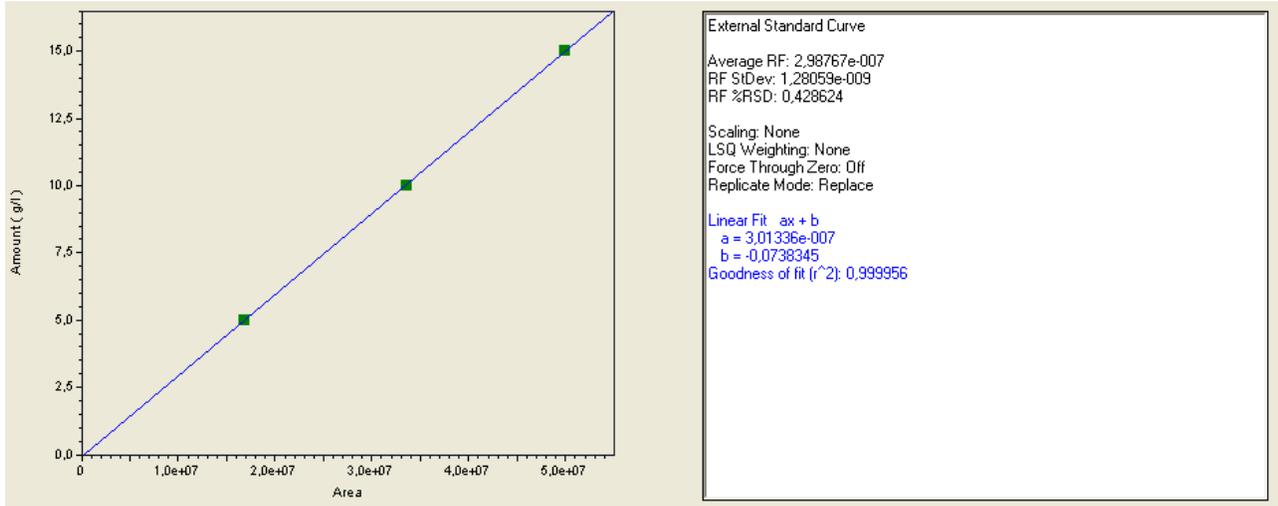
Pruebas	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	\bar{x}	$\bar{\sigma}$
pH	4,26	4,24	4,24	4,25	0,01
Humedad (%)	81,92	81,25	81,45	81,54	0,34
Cenizas (%)	1,44	1,53	1,71	1,56	0,14
Grados Brix	9,6	9,40	9,5	9,5	0,10
Glucosa (g/L)	80,790	81,15		80,97	0,25
Fructosa (g/L)	84	90,36		87,18	4,50
Ácido cítrico (g/L)	17,06	13,65		15,35	2,41

Residuos de Naranja

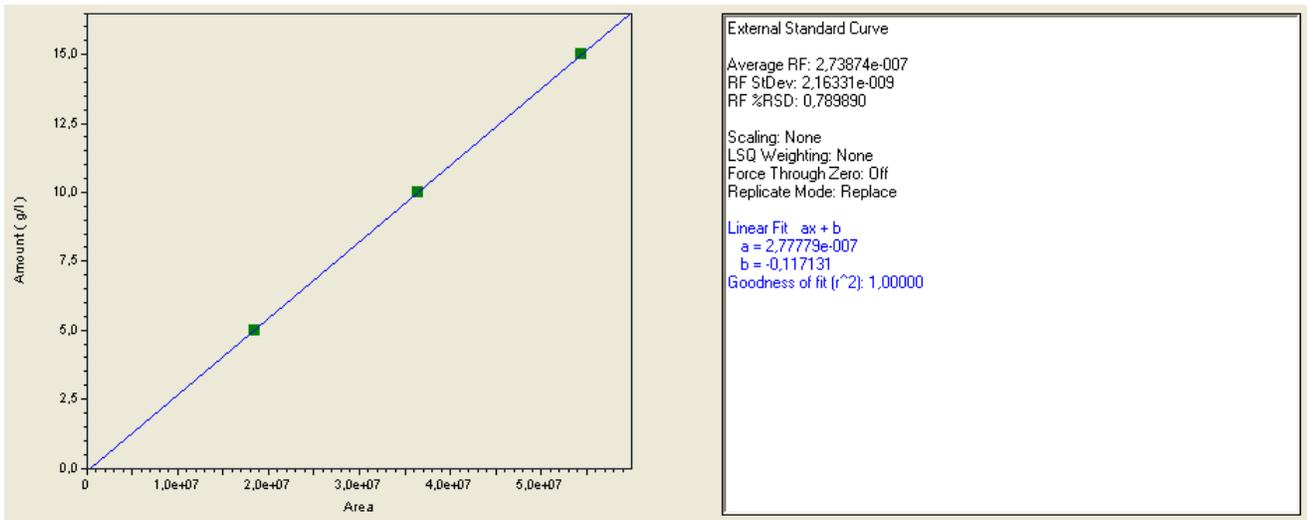
Pruebas	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	\bar{x}	$\bar{\sigma}$
pH	3,56	3,56	3,55	3,56	0,01
Humedad (%)	69,58	68,79	69,47	69,28	0,42
Cenizas (%)	3,58	3,75	3,43	3,59	0,16
Grados Brix	8,00	7,9	7,95	7,95	0,05
Glucosa (g/L)	44,335	44,425		44,38	0,06
Fructosa (g/L)	24,355	24,465		24,41	0,08
Ácido cítrico (g/L)	10,045	9,955		10	0,06

**Anexo I. Curvas estándares del equipo HPLC utilizando el software EZChrom Elite
versión 3.3.2 SP1**

Curva estándar de glucosa



Curva estándar de fructosa



Continuación Anexo I.

Curva estándar de ácido cítrico

