



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS FRUTALES EN PUNTOS
COMERCIALES MAYORISTAS DE VALLEDUPAR PARA SU USO COMO
PECTINAS Y ALTERNATIVA SUSTENTABLE MEDIOAMBIENTAL**



**AUTORES:
ADILEYNIS PAOLA LÓPEZ ARÉVALO
KELLY JOHANA MORENO LÓPEZ**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR
2020**



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS FRUTALES EN PUNTOS
COMERCIALES MAYORISTAS DE VALLEDUPAR PARA SU USO COMO
PECTINAS Y ALTERNATIVA SUSTENTABLE MEDIOAMBIENTAL**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Ambiental y Sanitario**

Autores

**ADILEYNIS PAOLA LÓPEZ ARÉVALO
KELLY JOHANA MORENO LÓPEZ**

Director

LUIS ALBERTO ROMERO BENJUMEA

Co-Director

RAFAEL ENRIQUE MIRAMÓN PAYARES

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR
2020**



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Popular del Cesar para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario.

Jurado

Jurado



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
Ingeniería ambiental y sanitaria**

Título

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS FRUTALES EN PUNTOS
COMERCIALES MAYORISTAS DE VALLEDUPAR PARA SU USO COMO
PECTINAS Y ALTERNATIVA SUSTENTABLE MEDIOAMBIENTAL**

Presentado ante: Consejo de Facultad

Departamento: Ingeniería Ambiental y Sanitaria

Elaborado por: Adileynis Paola López Arévalo y Kelly Johana Moreno López


Director: Luis Alberto Romero Benjumea

Firma: _____

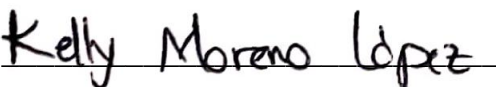
Co-Director: Rafael Enrique Miramón Payares

Firma:  _____

Estudiante: Adileynis Paola López Arévalo

Firma:  _____

Estudiante: Kelly Johana Moreno López

Firma:  _____

Valledupar, Abril 24 de 2020



DEDICATORIA

Principalmente le agradecemos a Dios por la vida, por brindarnos la sabiduría para llevar a cabo la realización del proyecto y permitimos avanzar en nuestra carrera profesional. A nuestros padres por ser los pilares más importantes en nuestras vidas y demostrarnos su amor, cariño, comprensión y apoyo para formarnos como personas de grandes virtudes y valores.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo investigativo lo agradecemos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso. A nuestros padres por ser el pilar fundamental y habernos apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron. Agradecemos de manera muy especial a nuestro Co-Director **RAFAEL ENRIQUE MIRAMÓN PAYARES** Quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos orientó en la investigación brindándonos todo lo que estaba a su alcance para llegar con eficiencia a la meta.

Agradecemos al **CENTRO BIOTECNOLÓGICO DEL CARIBE** por prestarnos sus instalaciones y equipos en el desarrollo de la investigación. Finalmente agradecemos a los todos docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarnos como persona y profesional en la **UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**.



Contenido

	Pág.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. OBJETIVOS	16
3.1 OBJETIVO GENERAL	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4. MARCO REFERENCIAL	17
4.1 ANTECEDENTES.....	17
4.2 MARCO TEÓRICO	19
4.2.1 Residuos solidos	19
4.2.2. Los residuos sólidos orgánicos y su clasificación	20
4.2.3 Métodos de obtención de la pectina de la fruta	23
4.3 MARCO CONCEPTUAL.....	25
4.4 MARCO CONTEXTUAL.....	32
4.5 MARCO LEGAL	35
4.5.1 Leyes, políticas, decretos y resoluciones sobre residuos sólidos	35
4.5.2 Normatividad relacionada con la pectina	42
5. MARCO METODOLÓGICO.....	44
5.1 LÍNEA Y SUB-LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	44
5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	44
5.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	44
5.4 POBLACIÓN	45
5.4.1 Muestra	45
5.5 DESARROLLO METODOLÓGICO	46
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	55



6.1 Etapa 1 Hidrolisis ácida analizando los parámetros fisicoquímicos (contenido de humedad, contenido de ceniza, el pH y acidez).....	55
6.2 Etapa 2: Calcular el rendimiento que tiene la pectina a partir de los residuos frutales	62
6.3 Etapa 3: Caracterizar y aprovechar los residuos obtenidos después de la extracción de pectina	67
7. CONCLUSIONES	74
8. RECOMENDACIONES.....	75
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
10. ANEXOS.....	78

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Empresas Consumidoras de Pectina	34
Tabla 2. Datos Recolectados en los Puntos de Muestreo	45
Tabla 3. % Humedad de la pectina	58
Tabla 4. % Ceniza de la pectina	60
Tabla 5. Concentración de la Acidez de la pectina	61
Tabla 6. Rendimiento de la pectina de la cascara de maracuyá con respecto al pH.	63
Tabla 7. Rendimiento de la pectina de la cascara de naranja con respecto al pH.	64
Tabla 8. % Rendimiento de la pectina de la cascara de Piña con respecto al pH.	66
Tabla 9. Parámetros de la pectina extraída comparada comparada con los requerimientos de FAO/WHO/JECFCA1 y con las propiedades de una pectina comercial	66
Tabla 10. Destilación de alcohol del agua residual de la extracción de la pectina de maracuyá	67
Tabla 11. Destilación de alcohol del agua residual de la extracción de la pectina de naranja.....	68



Tabla 12. Destilación de alcohol del agua residual de la extracción de la pectina de piña	69
Tabla 13. Muestra de agua residual.....	71
Tabla 14. Muestras iniciales en el proceso de composta.....	73
Tabla 15. Muestras Finales en el proceso de composta	73

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Esquema del Proceso de Extracción de Pectina	50
Figura 2. Esquema del proceso de elaboración de compost.	54
Figura 3. Rendimiento de la pectina de la cascara de maracuyá con respecto al pH	63
Figura 4. % Rendimiento de la pectina de la cascara de Naranja con respecto al pH	65
Figura 5. % Rendimiento de la pectina de la cascara de Piña con respecto al pH.	66
Figura 6. Destilación de alcohol del agua residual de la extracción de pectina	68
Figura 7. Destilación de alcohol del agua residual de la extracción de la pectina de naranja.....	69
Figura 8. Destilación de alcohol del agua residual de la extracción de pectina de piña	70

Lista de ilustración

Ilustración 1 Árbol del problema.....	12
Ilustración 2. Ubicación geográfica y casco urbano de Valledupar- Cesar	32



Lista de anexos

	Pág.
Anexo 1. Residuos de Mercabastos de Valledupar y Mercado central de Valledupar.....	79
Anexo 2. Proceso de extracción de la pectina de las cascaras de maracuyá, naranja y piña.	80
Anexo 3. Triturado y almacenamiento de la pectina extraída de las cascaras de maracuyá, naranja y piña.....	82
Anexo 4. Parámetros Fisicoquímicos de la pectina.....	83
Anexo 5. Crisoles en la estufa eléctrica con las muestras de pectina y luego en enfriamiento en el desecador.....	84
Anexo 6. Muestra carbonosa, llevada a la mufla para calcinación total hasta cenizas y dejada en reposos en el desecador.	85
Anexo 7. Acidez de la pectina	86
Anexo 8. Adición de fenolftaleína y titulación con la solución NaOH y como resultado cambio de color de las soluciones de pectina.	86
Anexo 9. Tratamiento de las aguas residuales resultantes del proceso de extracción de la pectina.	87
Anexo 10. pH neutralizado del agua residual después de la destilación del alcohol.	88
Anexo 11. Elaboración de compostaje.....	88



APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS FRUTALES EN PUNTOS COMERCIALES MAYORISTAS DE VALLEDUPAR PARA SU USO COMO PECTINAS Y ALTERNATIVA SUSTENTABLE MEDIOAMBIENTAL

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las condiciones en las que se desarrollan muchas de las actividades productivas de transformación de materias primas, para la comercialización de productos de consumo humano en forma de bebidas o alimentos; es claro que es parte de la cultura de la informalidad en la mayoría de los casos, pero, además, de las formas en la que se expenden las frutas y hortalizas en las centrales de abasto, mercados públicos, autoservicios y supermercados.

La demanda de frutas y hortalizas es parte de las necesidades básicas de alimentación, no obstante, se trata de productos de tipo perecederos, es decir, que su tiempo de utilidad es de corto o mediano plazo, en especial, en el caso de las frutas y hortalizas que requieren de una cadena de frío para su conservación (de Ancos, Fernández y Sánchez, 2016), pero, además, en el transportes, traslado, acopio y distribución, sufren un posible deterioro que lleva a que su comercialización no sea posible, pues no es apta para el consumo humano.

Dentro de este orden de ideas, se analiza como objeto de estudio la ciudad de Valledupar, en el caso específico de la central de abasto, el mercado público, surtifierver fruterías y supermercados; teniendo en cuenta que son uno de los centros en los que se tiene una comercialización de frutas y hortalizas, en donde se generan muchos desechos y residuos relacionados con las frutas, que por el inadecuado proceso de manejo final de residuos, se convierten en factores de contaminación y

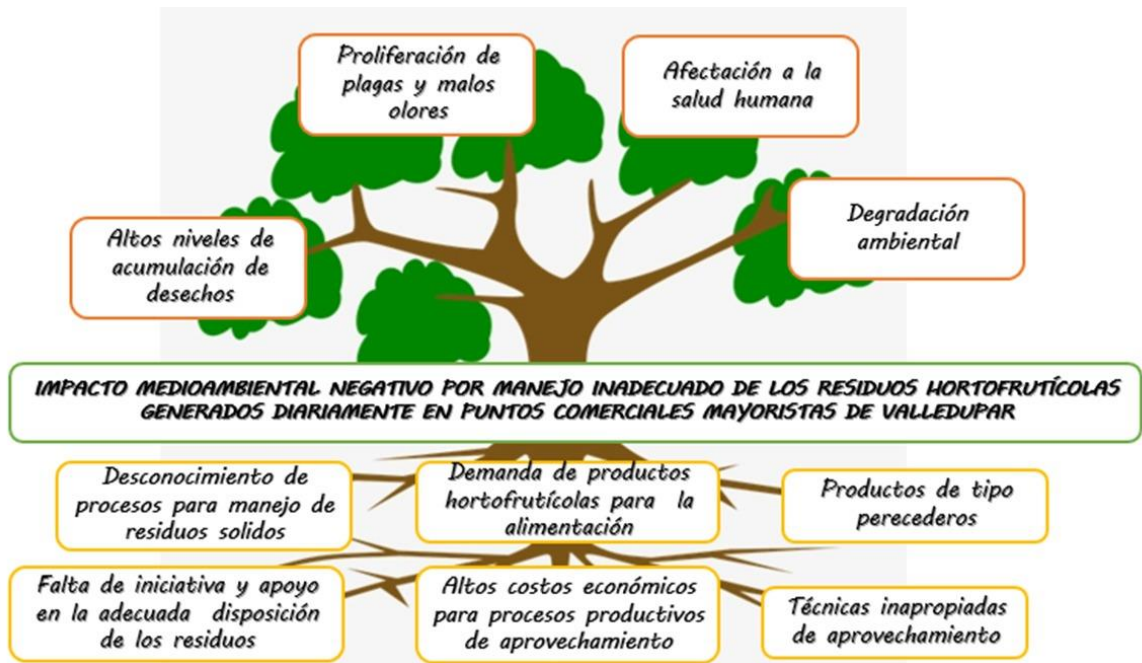


generadores de focos de vectores, por cuanto, en muy pocos casos se da su utilización para procesos productivos para aprovechamiento.

En visión de los objetivos de desarrollo sostenible ODS, (Daisaku, 2012), existe un contraste derivado de la situación que se presenta en la disposición final de los residuos de origen hortofrutícolas, si bien solo una pequeña porción es aprovechada para alimentación de animales en pequeñas explotaciones de especies menores (cerdos y ovino caprinos). El resto de los residuos es manejado y termina en el relleno sanitario de Valledupar en donde queda sin ninguna utilidad o beneficio.

Teniendo en cuenta lo expuesto, existe una necesidad de darle utilidad o aprovechamiento a estos residuos hortofrutícolas, porque obviamente se están convirtiendo en parte del factor de degradación ambiental por la contaminación que resulta de la putrefacción y su conversión en lixiviado que va hacia las fuentes hídricas.

Ilustración 1 Árbol del problema



Fuente: Los autores, 2019

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo a través del aprovechamiento de los residuos hortofrutícolas en puntos comerciales mayoristas de Valledupar para su uso como pectinas se logra contrarrestar su impacto medioambiental negativo?



2. JUSTIFICACIÓN

Valledupar, es un municipio que ha crecido considerablemente con el pasar de los años, tanto que ha llegado a 483.250 habitantes (DANE, 2018), lo cual ha provocado que este municipio replantee su organización en todos los aspectos para así lograr una mejor calidad de vida para sus habitantes.

Uno de esos aspectos va dirigido a la conservación del medio ambiente, en lo que debemos destacar el manejo de los residuos sólidos que se generan a diario en nuestra ciudad. Hay muchos de ellos que se pueden aprovechar antes de su disposición final como lo son los residuos sólidos orgánicos para así tener un beneficio ambiental lo cual sería la disminución de volúmenes de los mismos; pero actualmente solo se están empleando estos residuos para la producción de abonos; ignorando que pueden tener muchas utilidades como lo es la producción de pectina a partir de cascaras de frutos en estado de maduración.

Según la contraloría general municipal, la mayor cantidad de residuos generados en el municipio son de origen orgánico, representado por el 80.98%; es decir que es viable promover la ejecución de nuevas alternativas para así disminuir los residuos orgánicos en menos tiempo y obteniendo un producto alimenticio que puede llevarse al mercado. Este tipo de desechos tienen diferentes aplicaciones en la industria de los alimentos, provienen de las cáscaras, bagazos, semillas, entre otras. Estos residuos contienen algunas sustancias de interés que al ser extraídos crean otros productos de gran utilidad, como lo son los colorantes, edulcorantes, aceites esenciales y aditivos entre otros.

De la cáscara de las frutas se puede obtener pectina, y como se ha mencionado antes es un excelente gelificante, estabilizante y espesante. La pectina fue descubierta en 1825, en los jugos de frutas y su nombre se deriva del griego



“solidificado, cuajado”, a causa de su facilidad de gelatinizarse. Además de ser heteropolisacáridos que se presentan en la naturaleza como elementos estructurales del sistema celular de las plantas. Su componente principal es el ácido poligalacturónico, que existe principalmente esterificado con metanol. Se encuentra principalmente en las frutas y vegetales, para aprovechar su capacidad para balancear el equilibrio del agua dentro del sistema.

La pectina es un agente gelificante actualmente extraído de los cítricos y de otras frutas. Como la pectina es uno de los constituyentes principales de la pared celular, esta se encuentra en el albedo o cáscara de las frutas, por lo que contiene gran cantidad de esta sustancia.

Esta se utiliza comúnmente en la fabricación de mermeladas, jaleas, preparación de frutas para yogur, concentración de bebidas de fruta, zumo de fruta, postre de fruta y de leche, productos lácteos fermentados y directamente acidificados, productos lácteos gelificados, y golosinas.

Según el tratamiento que se les haga a las materias primas se obtienen diferentes calidades de pectinas, de acuerdo con las necesidades de los productos terminados.

Estas pectinas son en la actualidad, ingredientes muy importantes en la industria de los alimentos, para hacer gelatinas, helados, salsas y quesos. También se emplean en otras industrias, como la farmacéutica, que requieren modificar la viscosidad de sus productos y en la industria de los plásticos, así como en la fabricación de productos espumantes, como agente de clarificación y aglutinantes.

Podemos darnos cuenta que el estudio de la obtención de pectina ha sido un tema de mucho interés para los investigadores, se puede apreciar la problemática de



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

algunos países al no poder abastecerse de esta materia prima y buscar fuentes para su obtención, así como aprovechar los recursos propios de cada país.

Es por eso que en este trabajo se pretende usar esta información para orientar la investigación en un plano ambiental y económico en el municipio de Valledupar y apreciar las ventajas y desventajas en este campo. Ya que inicialmente tenemos un problema ambiental como lo es el alto contenido de residuos orgánicos que no son aprovechados por tal motivo se busca la disminución del volumen de dichos residuos e investigar si es posible generar otra utilidad a los residuos después de la extracción del producto.

En el ámbito económico queremos determinar cuáles son los costos para llevar este proyecto a cabo y así desarrollar una metodología que nos permita tener un producto de buena calidad y que se comercialice en nuestro municipio y así crear una empresa que además de que genere empleo sea amigable con el medio ambiente.



3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar proyecto de aprovechamiento de residuos orgánicos frutales en puntos comerciales mayoristas de Valledupar para su uso como pectinas y alternativa sustentable medioambiental.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la pectina obtenida por el método Hidrolisis ácida analizando los parámetros fisicoquímicos (contenido de humedad, contenido de ceniza, el pH, y acidez).
- Calcular el rendimiento que tiene la pectina a partir de los residuos frutales
- Caracterizar y aprovechar los residuos obtenidos después de la extracción de pectina



4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES

Según (Cerón y Cardona, 2011), se define como pectina.

La pectina es un polímero con cadenas de 300 a 1000 unidades de ácido galacturónico, con un número variado de grupos de metilester y tienen aplicación en la industria de alimentos por sus propiedades espesantes, estabilizantes y gelificantes para la fabricación de néctares, mermeladas y confituras” (p.68).

Partiendo del concepto de Cerón y Cardona (2011), se toma en cuenta la utilidad del uso de los frutos desechados y residuos (cáscaras), para su transformación con visión de utilidad especialmente en la industria alimenticia, con esto se indica la importancia para el proyecto de **“APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS FRUTALES EN PUNTOS COMERCIALES MAYORISTAS DE VALLEDUPAR PARA SU USO COMO PECTINAS Y ALTERNATIVA SUSTENTABLE MEDIOAMBIENTAL”**, toda vez que se busca obtener de las diversas fuentes en el contexto de comercialización de frutas y verduras, el material desechado, para demostrar mediante la aplicación de procesos de transformación, que dicho material por su mal manejo, se está convirtiendo en un elemento de contaminación.

Por lo que es importante tener en cuenta, que la aplicación de un proceso encaminado a la transformación y tratamientos de residuos frutales, que se convierten en pectina mediante purificación, concentración de extracto líquido y secado; resulta ser un excelente medio para evitar la contaminación y la inadecuada disposición final.

Dentro de todos estos elementos, se concibe el uso de la maracuyá como uno de los principales elementos de materia prima, según lo exponen (Guidi y Arandia (2010), quienes establecen dentro de su investigación “el método para la obtención de pectina a partir de la cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*), mediante Hidrólisis Ácida” (p.67). si bien el enfoque en esta materia prima, es la gran cantidad que constituye en cuanto a la observación de campo realizada, en la que, en un promedio del total de frutas y hortalizas, el 20% está conformado por cáscaras de maracuyá.

En orden de importancia se toma de referencia los autores Arellanes, Jaraba, Mármol, Páez, Mazzarri, & Rincón (2011), quienes presentan el uso de la cáscara de banano que es un fruto de gran comercialización en el mercado local; (Arellanes, et al, 2011) dentro de sus conclusiones exponen.

Es posible obtener pectina con buenas propiedades gelificantes a partir de cáscara de cambur manzano mediante extracción con ácido cítrico a pH 2,0, durante 60 min a 85°C, con un rendimiento de 16,14%, con un tiempo de gelificación 12,84 min, peso equivalente de 7210,6 g/e, contenido de AUA de 94,38%, de metoxilo de 3,23% y de cenizas de 0,91%” (Arellanes, et al, 2011, p.537).

En este orden de ideas, se contempla dentro de la investigación el hallazgo de las frutas que se comercializan en mayores cantidades, por ello, además, se hace necesario tener en cuenta las que generan mejor calidad y mayores resultados para el propósito del presente proyecto. Por lo que la naranja, el maracuyá y el banano representan en orden de importancia y de existencia dentro de los datos recolectados, lo frutos con mayor cantidad de composición de los residuos sólidos de tipo orgánico que se desechan.

Para dar mayor fundamento, se soporta en los hallazgos de (Bello, et al, 2014), que exponen “Los frutos de plátano ‘Pera’ (*Musa*ABB) pueden representar una fuente alternativa no convencional para la extracción de almidón y pectina, y



potencialmente podrían utilizarse en la industria de los alimentos como ingredientes o para elaborar recubrimientos comestibles” (p.1.501).

Con todo lo expuesto, se puede concebir, que existe una oportunidad de contribuir a la disminución del impacto ambiental en cuanto a la generación de residuos sólidos derivados de las frutas y hortalizas, por lo que pueden ser aprovechados en forma efectiva y eficiente en la elaboración de otros productos.

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Residuos solidos

Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final (Dante, 2001).

Los residuos sólidos se pueden clasificar como orgánico e inorgánicos. Entre los residuos peligrosos se encuentran los envases de plaguicidas, medicamentos vencidos, pilas o elementos utilizados por personas con enfermedades contagiosas como la hepatitis y el sida tales como gasas, curitas y jeringas. Estos elementos deben estar separados y deben estar fuera del alcance de los niños.

Residuos orgánicos. Son biodegradables (se descomponen naturalmente). Son aquellos que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, sus cáscaras, carne, huevos.



Residuos no orgánicos (o inorgánicos). Son los que por sus características químicas sufren una descomposición natural muy lenta. Muchos de ellos son de origen natural porque no son biodegradables, por ejemplo los envases de plástico. Generalmente se reciclan a través de métodos artificiales y mecánicos, como las latas, vidrios, plásticos, gomas. En muchos casos es imposible su transformación o reciclaje; esto ocurre con el tiempo, que seguirá presente en el planeta dentro de 500 años. Otros, como las pilas, son peligrosos y contaminantes.

4.2.2. Los residuos sólidos orgánicos y su clasificación

Define y clasifica los residuos sólidos orgánicos de la siguiente manera (Dante, 2001).

Definición. Son aquellos residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, la mayoría de ellos son biodegradables (se descomponen naturalmente). Se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, carne, huevos, etc., o pueden tener un tiempo de degradación más lento, como el cartón y el papel. Se exceptúa de estas propiedades al plástico, porque a pesar de tener su origen en un compuesto orgánico, posee una estructura molecular más complicada.

Cómo se clasifican. Existen muchas formas de clasificación de los residuos sólidos orgánicos, sin embargo, las dos más conocidas están relacionadas con su fuente de generación y con su naturaleza y/o características físicas.

Según su fuente de generación. Los residuos sólidos orgánicos según su fuente se clasifican en.



- **Residuos sólidos orgánicos provenientes del barrido de las calles.** Consideramos dentro de esta fuente a los residuos almacenados también en las papeleras públicas; su contenido es muy variado, pueden encontrarse desde restos de frutas hasta papeles y plásticos. En este caso, sus posibilidades de aprovechamiento son un poco más limitadas, por la dificultad que representa llevar adelante el proceso de separación física.
- **Residuos sólidos orgánicos institucionales.** Residuos provenientes de instituciones públicas (gubernamentales) y privadas. Se caracteriza mayormente por contener papeles y cartones y también residuos de alimentos provenientes de los comedores institucionales.
- **Residuos sólidos de mercados.** Son aquellos residuos provenientes de mercados de abastos y otros centros de venta de productos alimenticios. Es una buena fuente para el aprovechamiento de orgánicos y en especial para la elaboración de compost y fertilizante orgánico.
- **Residuos sólidos orgánicos de origen comercial.** Son residuos provenientes de los establecimientos comerciales, entre los que se incluyen tiendas y restaurantes. Estos últimos son la fuente con mayor generación de residuos orgánicos debido al tipo de servicio que ofrecen como es la venta de comidas. Requieren de un trato especial por ser fuente aprovechable para la alimentación de ganado porcino (previo tratamiento).
- **Residuos sólidos orgánicos domiciliarios.** Son residuos provenientes de hogares, cuya característica puede ser variada, pero que mayormente contienen restos de verduras, frutas, residuos de alimentos preparados, podas de jardín y papeles. Representa un gran potencial para su aprovechamiento en los departamentos del país.



Según su naturaleza y/o característica física. Los residuos sólidos orgánicos según su naturaleza y/o característica fuente se clasifican en.

- **Residuos de alimentos.** Son restos de alimentos que provienen de diversas fuentes, entre ellas: restaurantes, comedores, hogares y otros establecimientos de expendio de alimentos.

- **Estiércol.** Son residuos fecales de animales (ganado) que se aprovechan para su transformación en bio-abono o para la generación de biogás.

Restos vegetales. Son residuos provenientes de podas o deshierbe de jardines, parques u otras áreas verdes; también se consideran algunos residuos de cocina que no han sido sometidos a procesos de cocción como legumbres, cáscara de frutas, etc.

- **Papel y cartón.** Son residuos con un gran potencial para su reciclaje pero que no materia de desarrollo en éste trabajo.

- **Cuero.** Son residuos mayormente derivados de artículos de cuero en desuso.

- **Plásticos.** Son considerados como residuos de origen orgánico ya que se fabrican a partir de compuestos orgánicos como el etanol (componente del gas natural), también son fabricados utilizando algunos derivados del petróleo. Sin embargo, para efectos de éste trabajo, no serán objeto de estudio.

Propiedades biológicas de los residuos sólidos orgánicos

Excluyendo el plástico, la goma y el cuero, la fracción orgánica de la mayoría de los residuos se puede clasificar de la forma siguiente.



- Constituyentes solubles en agua, tales como azúcares, féculas, aminoácidos y diversos ácidos orgánicos.
- Hemicelulosa, un producto de condensación de azúcares con cinco y seis carbonos.
- Celulosa, un producto de condensación de glucosa de azúcar con seis carbonos.
- Grasas, aceites y ceras, que son ésteres de alcoholes y ácidos grasos de cadena larga.
- Lignina, un material polímero presente en algunos productos de papel como periódicos.
- Lignocelulosa, una combinación de lignina y celulosa.
- Proteínas, que están formadas por cadenas de aminoácidos.

La característica biológica más importante de la fracción orgánica de los residuos de las ciudades, es que casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos relativamente inertes. La producción de olores y la generación de moscas están relacionadas también con la naturaleza putrefactible de los materiales orgánicos encontrados en este tipo de residuos (por ejemplo, los residuos de comida) (Dante, 2001).

4.2.3 Métodos de obtención de la pectina de la fruta

Zambrano (2014), en su tesis de Ingeniería Agroindustrial “Comparación del estudio de coloración y agente de extracción en la obtención de pectina de dos variedades de maracuyá (*Passiflora edulis*)” de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta – Ecuador, cuyo objetivo “la experimentación fue estudiar qué especie de maracuyá y que ácido extractor dará una pectina con muy buenas características, la influencia de los ácidos y la capacidad formadora de gel fue desarrollado y

analizada bajo diferentes métodos como son: análisis de pH, esterificación, rendimiento, gelificación y texturización” (Zambrano, 2014, p.7).

A fin de identificar las experiencias que llevaron a cabo dentro del desarrollo del proyecto, que contribuye a la utilización de diferentes métodos, a fin de tener una mejor perspectiva en la aplicación para el propósito del presente proyecto de aprovechamiento de los residuos orgánicos frutales.

Araque y Moscoso (2013), en su trabajo de tesis de grado “Propuesta de diseño del proceso productivo para la obtención de pectina a base de residuos cítricos en Colombia, de acuerdo a las necesidades técnicas, comerciales y financieras requeridas (Bachelor's thesis, Facultad de Ingeniería) de la Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Industrial, de Bogotá D.C., se toma en específico el criterio que indican Araque y Moscoso (2013) en la introducción de su tesis, porque resulta importante su aclaración sobre las restricciones en el uso de pectinas obtenidas de las cáscaras de los fruto cítricos, si bien, esta es una de las principales fuentes de desechos y residuos frutales que se generan en el sector; pero además es de utilidad en cuanto al objetivo de

...recolectar información sobre la posibilidad de emplear los residuos de la industrialización de las frutas cítricas para producir pectina, partiendo de lo que generalmente se considera inservible o basura, y al mismo tiempo caracterizar la cadena de abastecimiento asociada con el producto, con el objetivo de establecer la viabilidad de la producción de pectina 100% colombiana” (Araque y Moscoso, 2013, p.12).

En este punto, se encuentra acorde con los propósitos de la presente investigación, porque se correlaciona en el hecho de darle utilidad a un residuo orgánico que va a parar en muchos casos a los vertederos de basura y se convierte en generador tanto de contaminación como de foco de vectores. Al mismo tiempo, toman de presente los puntos de captación de dichos residuos frutales.



4.3 MARCO CONCEPTUAL

Ácido galacturónico. Monosacárido, es un azúcar ácido y es el principal componente de la pectina.

Ácido poligalacturónico. Las pectinas están formadas fundamentalmente por largas cadenas formadas por ácido galacturónico, que puede encontrarse como tal ácido, con el grupo carboxil libre o bien con el carboxil esterificado por metanol (metoxilado).

Acondicionamiento de residuos. Operaciones que transforman los residuos a formas adecuadas para su transporte y/o almacenamiento seguros.

Albedo. Se conoce como mesocarpo o albedo, es un material blanco, esponjoso y grueso, parecido al algodón el cual está sujeto la pulpa de los cítricos y está compuesto por una gran cantidad de células parenquimatosas, que brindan soporte.

Almacenamiento o almacenaje. El depósito temporal de los residuos sólidos en contenedores previos a su recolección, tratamiento o disposición final.

Ambiente. Es cualquier espacio de interacción y sus consecuencias, entre la Sociedad (elementos sociales y culturales) y la Naturaleza (elementos naturales), en un lugar y momento determinados.

Arabinosa. Monosacárido presente en grandes cantidades formando parte de las gomas vegetales y de las plantas.



Aprovechamiento de los residuos. Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía.

Caracterización de residuos. Estudio y determinación de las propiedades de los residuos de un emplazamiento.

Centro de acopio. Lugar destinado a la recuperación y el almacenaje de materiales reciclables.

Cítricos. Frutas agrícolas, como el limón y la naranja y plantas que las producen.

Comercialización. Operación de venta o transferencia de subproductos y materias o sustancias recuperadas para reincorporarlas al proceso productivo.

Contaminación. Alteración reversible o irreversible de los ecosistemas o de alguno de sus componentes producida por la presencia o la actividad de sustancias o energías extrañas a un medio determinado. La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico. Puede clasificarse en.

- Origen químico. Productos tóxicos minerales, como sales de hierro, plomo, mercurio, ácidos, derivados del petróleo, insecticidas, detergentes, abonos sintéticos, etc.
- Origen físico. Productos y emanaciones radioactivas, materias sólidas, vertimiento de líquidos a altas temperaturas o bajas temperaturas, etc.
- Origen biológico. Por desechos orgánicos en descomposición. Existe un tipo de contaminación ambiental cuyo origen se sitúa en las conductas antisociales de



algunos humanos y que afecta no solamente el medio natural sino la vida en comunidad.

Contaminación ambiental. Introducir al medio cualquier factor que anule o disminuya la función biótica.

Contaminante. Es toda materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos, los derivados químicos o biológicos, así como toda forma de energía, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, aguas, suelo, flora, fauna o cualquier elemento ambiental, alteren o modifiquen su composición, o afecten la salud humana.

Degradable. Estructura o compuesto que puede ser descompuesto bajo ciertas condiciones ambientales (biodegradable involucra la acción de microorganismos, fotodegradable implica la acción de la luz).

Desarrollo Sostenible. Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad y manejo racional de los recursos naturales.

Disposición final. La acción de depositar o confinar permanentemente residuos sólidos en sitios o instalaciones cuyas características prevean afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

Emulsión. Es un sistema de dos fases que consta de dos líquidos parcialmente miscibles, uno de los cuales es dispersado en el otro en forma de glóbulos. La fase dispersa, discontinua o interna es en el líquido desintegrado en glóbulos.

Espesante. Hacer más denso algo; dicho de una sustancia u agente que aumenta el espesor de una disolución.



Estabilizante. Sustancia que se añade a ciertos alimentos o preparados para impedir su sedimentación o precipitación.

Gel. Es un sistema coloidal donde la fase continua es sólida y la dispersa es líquida. Los geles presentan una densidad similar a los líquidos, sin embargo su estructura se asemeja más a la de un sólido. El ejemplo más común de gel es la gelatina comestible.

Generación. La acción de producir residuos sólidos a través de procesos productivos o de consumo.

Generador. Persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo.

Hortofrutícolas. Relativo a los cultivos de frutos y vegetales.

Jalea. Gel comestible dulce, obtenido mediante la adición de gelatina o pectina. Mezcla de agua con azúcar y la infusión de una fruta o el jugo de dicha fruta.

Material recuperable. Todo aquel material que puede utilizarse como materia prima y devolverse al flujo de materiales y cuyo procesamiento puede ser económicamente viable.

Materias primas. Sustancias que permanecen en su estado natural u original, antes de ser sometida a un procesamiento o proceso de fabricación. Materiales primarios de un proceso de fabricación.

Metanol. También conocido como alcohol metílico o alcohol de madera, es el alcohol más sencillo, se emplea como disolvente.



Mermelada. Producto preparado por cocción de frutos enteros, troceados o colados y azúcar hasta conseguir una textura semifluida o espesa, generalmente alcanzada al mezclar al menos 45 partes de fruta con 55 partes de azúcar.

Minimización. El conjunto de medidas tendientes a evitar la generación de los residuos sólidos y aprovechar, tanto sea posible, el valor de aquellos cuya generación no sea posible evitar.

Orgánico. Pertenece o derivado de los organismos vivos. Que pertenece a los compuestos químicos que contienen carbono.

Pectina. Sustancia mucilaginosa, de las plantas superiores. Esta sustancia se asocia a la celulosa y le otorga a la pared celular la habilidad de absorber grandes cantidades de agua.

Polímero. Son materiales de origen tanto natural como sintético, formados por moléculas de gran tamaño, conocidas como macromoléculas. Polímeros de origen natural son: la celulosa y las proteínas.

Proceso de degradación. Proceso por el cual la materia orgánica contenida en la basura sufre reacciones químicas de descomposición (fermentación y oxidación) en las que intervienen microorganismos dando como resultado la reducción de la materia orgánica y produciendo malos olores.

Proceso Productivo. Conjunto de actividades relacionadas con la extracción, beneficio, transformación, procesamiento y/o utilización de materiales para producir bienes y servicios.



Producción Limpia. Proceso productivo en el cual se adoptan métodos, técnicas y prácticas, o incorporan mejoras, tendientes a incrementar la eficiencia ambiental de los mismos en términos de aprovechamiento de la energía e insumos y de prevención o reducción de la generación de residuos.

Producto. Bien que generan los procesos productivos a partir de la utilización de materiales primarios o secundarios. Para los fines de los planes de manejo, un producto envasado comprende sus ingredientes o componentes y su envase.

Productor. Cualquier persona, física o jurídica, cuya actividad produzca residuos como productor inicial y cualquier persona, física o jurídica, que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla o de otro tipo que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de estos residuos.

Protopectina. Es el nombre que le ha dado a las sustancias pépticas insolubles que se encuentran en los tejidos vegetales inmaduros. Los grupos carboxilo de la mayoría de los residuos de ácido galacturónico de la protopectina se encuentran esterificados con radicales metilo a lo largo de toda la cadena aunque la composición química exacta de esta se desconoce.

Reciclable. Materiales que todavía tienen propiedades físicas o químicas, útiles después de servir a su propósito original y que, por lo tanto pueden ser reutilizados o refabricados convirtiéndolos en productos adicionales.

Reciclaje. Proceso simple o complejo que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea éste el mismo en que fue generado u otro diferente. Según la complejidad del proceso que sufre el material o producto durante su reciclaje, se establecen dos tipos: directo, primario o simple; e indirecto, secundario o complejo.



Recolección. La acción de recibir los residuos sólidos de sus generadores y trasladarlos a las instalaciones para su transferencia, tratamiento o disposición final.

Reducción. Las actividades de diseño, fabricación, compra o uso de materiales para reducir la cantidad de residuos sólidos que se generan.

Residuo. Todo material en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros, resultante de un proceso de extracción de la Naturaleza, transformación, fabricación o consumo, que su poseedor decide abandonar.

Residuos orgánicos. Los residuos orgánicos son los residuos de comida y restos del jardín. Son todos aquellos residuos que se descomponen gracias a la acción de los desintegradores.

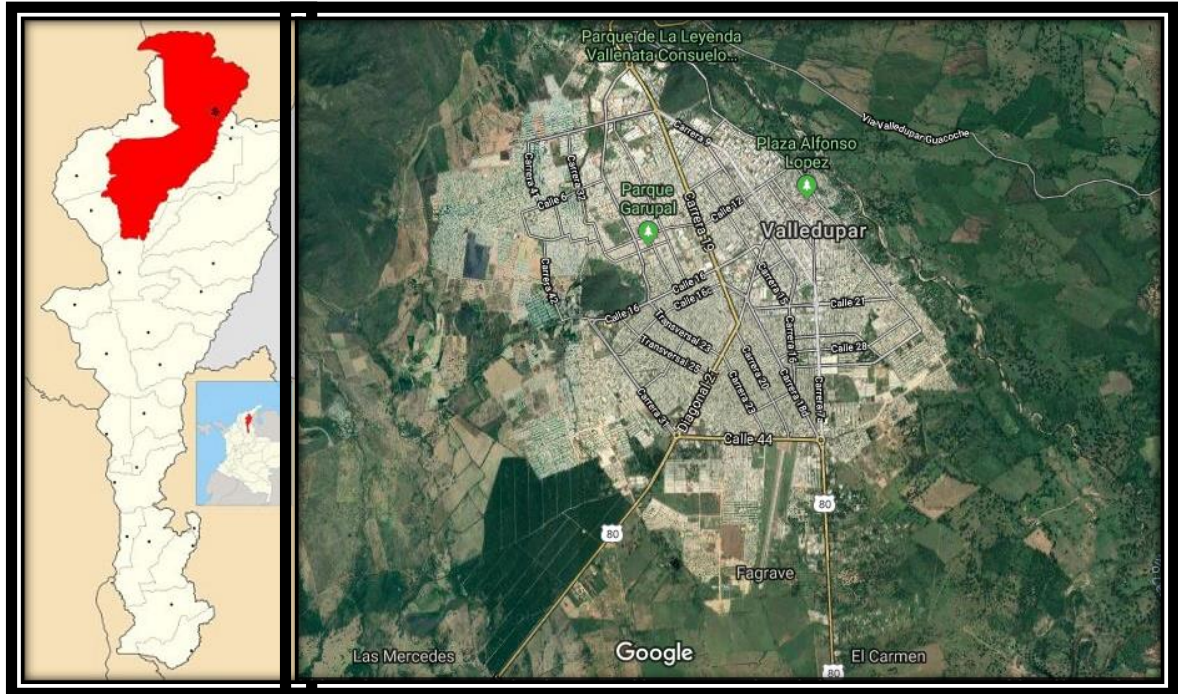
Valorización. Acción de aumentar el valor de un residuo. Los residuos se han de valorizar sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos o métodos que puedan causar perjuicios al medioambiente.

Xilosa. Monosacárido del grupo de las pentosas, se encuentra presente en la materia vegetal.



4.4 MARCO CONTEXTUAL

Ilustración 2. Ubicación geográfica y casco urbano de Valledupar- Cesar



Fuente: Google Maps

La presente investigación va dirigida al mejoramiento y aprovechamiento de los desechos orgánicos provenientes de frutas maduras en el municipio de Valledupar-cesar, el cual tiene una extensión de 4493 km², 483 250 habitantes y junto a su área metropolitana reúne 662 941³ habitantes; está conformado por 25 corregimientos y 102 veredas. Según informes de la contraloría municipal de Valledupar se generan diariamente un 80.98% de residuos orgánicos, lo que equivale a 194.34 toneladas/día. Gran parte de estos desechos van a parar al botadero de basura a cielo abierto con los que cuenta el municipio para su disposición final, sin ser aprovechados lo cual aumenta día a día el volumen de los residuos de este tipo.

El incremento de la población humana y la actitud consumista de este ha ocasionado impactos ambientales negativos a nivel mundial; por lo que la misma



naturaleza nos obliga a buscar alternativas tecnológicas que nos permitan tener una producción limpia.

Una alternativa viable sería emplear actividades encaminadas a disminuir el volumen de los residuos orgánicos, de ahí nace la idea de crear un producto cuya materia prima sean cascaras de frutas en estado de maduración para obtener subproductos como la pectina.

La pectina es una sustancia neutra que se encuentra en muchos tejidos vegetales y que se emplea en alimentación para dar consistencia a la mermelada y a la gelatina. La mayor parte de las frutas contienen pectina, pero no en la cantidad suficiente para formar un gel cuando la mermelada es fabricada, por lo que una cierta cantidad de pectina se añade para mejorar la calidad de la misma, brindándole la consistencia deseada.

Cabe destacar que en nuestro país no se produce pectina por lo que la mayoría de la pectina utilizada en el país, proviene de importaciones; para el año 2010 se importaron aproximadamente unas 195 toneladas de pectina; siendo el productor mundial Brasil.

Ambiental Mente es una empresa de consultoría ambiental de Antioquia que ha identificado algunas empresas consumidoras de pectina. En la siguiente tabla se muestra cuáles son estas empresas, su consumo mensual en Kilogramos de pectina y el valor de la compra por Kilogramo de pectina. (Mejía, 2010)

Tabla 1. Empresas Consumidoras de Pectina

Empresa	Consumo Mensual (Kg)	Valor de Compra por (Kg) en 2010	Estimación del Valor de Compra de pectina por Kg en 2020
Colanta	400	\$40.000	\$53.757
Respin y Panamericana de Alimentos	150	\$25.000	\$33.598
Frugal	100	\$21.000	\$28.222
Dulces de mi tierra	30	\$35.000	\$47.037
Bocadillos Don José	10	\$40.000	\$53.757
Bocadillos El Caribe	5	\$35.000	\$47.037
Bocadillos Frutirrey	5	\$40.000	\$53.757
Conservas Victoria	1	\$40.000	\$53.757
Conservas la Huerta	1	\$45.000	\$60.476
Dulces y Chocolates del Arriero	1	\$20.000	\$26.878

Fuente: Escuela de Ingeniería de Antioquia; Modificado por los autores, 2019.

La estimación de Valor de compra de la pectina para el año 2020 se realizó con la siguiente formula:

$$Vf = Vp(1 + i)^t$$

Donde:

Vf: Valor futuro

Vp: Valor presente

i: Porcentaje de incremento (0,03)

t: Tiempo en años

De lo anterior podemos concluir que los desechos orgánicos tienen diversas utilidades y que gracias a ello podemos contribuir en la disminución de los residuos, y en la producción de productos como la pectina que es de gran utilidad en la industria alimenticia.



4.5 MARCO LEGAL

Acorde con el Documento CONPES 3874 (Santos, et al., 2016) la normatividad en materia de residuos sólidos es amplia debido a que abarca leyes políticas, decretos y resoluciones, entre otros, tendientes a reglamentar la Gestión Integral de los Residuos Sólidos en Colombia. A continuación, se resumen en orden cronológico.

4.5.1 Leyes, políticas, decretos y resoluciones sobre residuos sólidos

La normatividad más relevante se describe a continuación.

Ley 99 de diciembre 22 de 1993. Elaborada por el Congreso de la República de Colombia. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. Una de las funciones del Ministerio es regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deteriorantes o destructivas del entorno o del patrimonio natural.

Ley 142 de 1994. Elaborada por Congreso de la República de Colombia. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios donde se incluye el servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones.

Decreto 605 de 1996. Por medio del cual se establecen los lineamientos para la adecuada prestación de un servicio de aseo desde su generación, almacenamiento, recolección y transporte, transferencia hasta su disposición final y las prohibiciones



y sanciones en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo (Capítulo I del título IV).

Política Nacional para la gestión Integral de Residuos, 1997. Elaborada por el Ministerio del Medio Ambiente. Contiene el diagnóstico de la situación de los residuos, los principios específicos (Gestión integrada de residuos sólidos, análisis del ciclo del producto, gestión diferenciada de residuos aprovechables y basuras, responsabilidad, planificación y gradualidad), los objetivos y metas, las estrategias y el plan de acción. Plantea como principio la reducción en el origen, aprovechamiento y valorización, el tratamiento y transformación y la disposición final controlada, cuyo objetivo fundamental es "impedir o minimizar" de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, y en especial minimizar la cantidad o la peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico. (Puerta, 2007)

Resolución 1096 de 2000. Expedida por el Ministerio de Desarrollo Económico, por el cual se adopta el Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico- RAS.

Resolución 201 de 2001. Expedida por la comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico. Por la cual se establecen las condiciones para la elaboración, actualización y evaluación de los planes de gestión y resultados.

Decreto 1713 de 2002. Elaborado por la Presidencia de la República de Colombia. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Establece normas orientadas a reglamentar el Servicio público de aseo en



el marco de la gestión integral de los residuos sólidos ordinarios, en materias referentes a sus componentes, niveles, clases, modalidades, calidad, y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios.

Decreto 005 de enero 7 de 2003. Elaborado por el Municipio de Medellín. Por medio del cual se establecen medidas de cultura ciudadana y de manejo ambiental para prevenir y evitar estados de emergencia sanitaria en la ciudad, obligando a los domicilios de Medellín a separar las basuras en recipientes que contengan diferencialmente los materiales orgánicos de los inorgánicos, a partir de enero 15 del 2003 y dentro de los próximos 70 días.

Decreto 1505 del 4 de junio de 2003. Elaborado por la Presidencia de la República de Colombia. Por el cual se modifica parcialmente Decreto 1713 de 2002 en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.

Resolución 1045 del 26 de septiembre de 2003. Elaborada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.

Resolución 008 de 2004. Expedida por el Área Metropolitana del Valle de Aburra. Por la se adoptó el Plan Maestro para La Gestión Integral de Residuos para el Valle de Aburra.

Decreto 838 de 2005. Elaborado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos, consideraciones ambientales sobre rellenos

sanitarios, fomento a la regionalización de los rellenos sanitarios y se dictan otras disposiciones.

Resolución Metropolitana 879 de 2007. Expedida por el Área Metropolitana del Valle de Aburra. Por medio de la cual se adopta el Manual para el Manejo Integral de Residuos en el Valle de Aburra como instrumento de autogestión y autorregulación.

Documentos de referencia sobre residuos

Sólidos Los documentos de referencia sobre residuos sólidos referenciados en la Política para la gestión Integral de Residuos y en la guía metodológica para la elaboración del plan de gestión integral de residuos sólidos del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial en el 2003 son los siguientes. Contaminación Industrial en Colombia” editado en 1994, en su artículo: el estado del ambiente en Colombia” realizado por Ernesto Sánchez y Carlos Herrera. Información fue procesada en 1992.

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, publicado por el Ministerio de Desarrollo Económico.

Instalación, manejo y comercialización de la Lombricultura y el Compostaje, UNICEF-SENA Min Desarrollo – Min ambiente -SSPD-CRA-IDEA-Embajada de Holanda -Alcaldía de Bello, medio magnético, 2001.

Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales, UNICEF-SENA-Min Desarrollo- Min ambiente - SSPD-CRA-IDEA- Embajada de Holanda, medio magnético, 2001.



Guía Ambiental para la selección de tecnologías de Manejo Integral de Residuos Sólidos, Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

Proyectos de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Guía Práctica de Formulación, Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

Normas técnicas colombianas sobre residuos sólidos

El Comité Técnico 000019 Gestión Ambiental sobre residuos sólidos ha trabajado en la elaboración de algunas guías que buscan brindar orientaciones para llegar a un buen manejo de los residuos. Hace la siguiente relación de las Guías Técnicas Colombianas relacionadas con la gestión ambiental residuos (Reinoso Icontec, 2000. p. 15.)

GTC 24. 98-12-16. Guía para la separación en la fuente. Establece directrices para realizar la separación de residuos en las diferentes fuentes generadoras, doméstica, industrial, comercial, institucional y de servicios con el fin de facilitar su posterior aprovechamiento.

GTC 35. 97-04-16. Guía para la recolección selectiva de residuos sólidos. Suministra pautas para efectuar una recolección selectiva como parte fundamental en el proceso que permite mantener la calidad de los materiales aprovechables.

Normatividad sobre residuos sólidos orgánicos en Colombia

Decreto 2202 de 1968. Expedido por la Presidencia de la República. Por el cual se reglamenta la industria y comercio de los abonos o fertilizantes químicos simples, químicos compuestos, orgánicos naturales, orgánicos reforzados, enmiendas y acondicionadores del suelo, y se derogan unas disposiciones.



NTC 2581. 89-06-21. Abonos o fertilizantes. Determinación de carbonatos totales y proporciones aproximadas de carbonatos de calcio y magnesio en calizas y calizas dolomíticas. Establece ensayos.

NTC 3795. 95-08-23. Fertilizantes sólidos. Derivación de un plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande.

NTC-ISO 8633. 95-08-23. Fertilizantes sólidos. Método de muestreo simple para lotes pequeños. Define un plan de muestreo para el control de las cantidades de fertilizante sólido de máximo 250 t y presenta el método a emplear. Se aplica a todos los fertilizantes sólidos a granel o empacados.

NTC-ISO 8634. 95-08-23. Fertilizantes sólidos. Plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande. Fertilizantes sólidos. Plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande.

NTC 234. 96-11-27. Abonos o fertilizantes. Método de ensayo para la determinación cuantitativa del fósforo. Contiene definiciones, requisitos, métodos de ensayo e informe.

NTC 4150. 97-06-25. Abonos o fertilizantes. Método cuantitativo para la determinación del nitrógeno amoniacal por titulación previo tratamiento con formaldehído. Establece un método cuantitativo para determinar el contenido de nitrógeno amoniacal en abonos o fertilizantes.

NTC 4173. 97-06-25. Fertilizantes sólidos y acondicionadores del suelo. Ensayo de tamizado. Especifica un método para la determinación, mediante ensayos de



tamizado, la distribución del tamaño de partículas de los fertilizantes sólidos y los acondicionadores de suelos.

NTC 4175. 97-06-25. Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químicos y físicos. Especifica los métodos para la preparación de las muestras o porciones de muestras requeridas para los ensayos químicos o físicos de fertilizantes sólidos. Contiene definiciones, aparatos, rotulado y reporte de preparación de muestra.

NTC 370. 97-08-27. Abonos o fertilizantes. Determinación del nitrógeno total. Establece el método para determinar el contenido de nitrógeno total en abonos o fertilizantes. Contiene definiciones y ensayos.

NTC 35. 98-03-18. Abonos y fertilizantes. Determinación de la humedad. Del agua libre y del agua total. Establece los métodos para determinar el contenido de humedad, agua libre y agua total en abonos o fertilizantes. Contiene definiciones y ensayos.

NTC 202. 01-08-01. Métodos cuantitativos para la determinación de potasio soluble en agua, en abonos o fertilizantes y fuentes de materias para su fabricación. Establece los métodos cuantitativos para la determinación del contenido de potasio soluble en agua, en abonos o fertilizantes y fuentes. De materias primas, para su fabricación.

NTC 1927. 01-10-31. Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones. Clasificación y fuentes de materias primas. Define los términos relacionados con fertilizantes, acondicionadores del suelo, fuentes de materias primas, y sus clasificaciones.



Resolución 074 de 2002. Elaborada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Por la cual se establece el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaquetado, etiquetado, Almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos. El prefijo BIO únicamente puede ser utilizado en acondicionadores orgánicos registrados para agricultura ecológica, que involucren microorganismos en su composición.

Resolución ICA No. 00150 del 21 de enero de 2003. Expedida por el Instituto Colombiano Agropecuario. Por el cual se adopta el reglamento técnico de fertilización y acondicionadores de suelos para Colombia.

NTC 40. 03-03-19. Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Etiquetado. Establece los requisitos que debe cumplir el etiquetado de los envases y embalajes destinados para fertilizantes y acondicionadores de suelos.

NTC 5167. 2004-05-31. Productos para la industria agrícola. Materiales orgánicos usados como fertilizantes y acondicionadores del suelo. Establece requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como fertilizantes o como acondicionadores del suelo. Reglamenta los limitantes actuales para el uso de materiales orgánicos, los parámetros físico químicos de los análisis de las muestras de materia orgánica, los límites máximos de metales y enuncia algunos parámetros para los análisis microbiológicos.

4.5.2 Normatividad relacionada con la pectina

CODEX STAN 192-1995. CODEX ALIMENTARIUS.

Normas internacionales de los alimentos. Norma general para los aditivos alimentarios

Decreto Ley 019 de 2012. Artículo 126.

Establece que los alimentos que se fabriquen, envasen o importen para su comercialización en el territorio nacional, requerirán de notificación sanitaria, permiso sanitario o registro sanitario, según el riesgo de estos productos en salud pública, de conformidad con la reglamentación que expida el Ministerio de Salud y Protección Social.



5. MARCO METODOLÓGICO

5.1 LÍNEA Y SUB-LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Sostenibilidad y Gestión Ambiental; Sub-línea 5. Tratamiento de residuos sólidos y líquidos.

5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se considera que la investigación aplicada en el proceso del proyecto es de tipo descriptiva (Arias, 2012); siendo nuestro propósito de estudios, especificar las condiciones que son parte del entorno de las centrales de abastos, mercados públicos surtiferas, fruterías y supermercados. para identificar cualitativa y cuantitativamente las condiciones que son generadoras de la problemática de contaminación ambiental por producción y mal manejo de residuos hortofrutícolas, así mismo, se busca analizar los aspectos relacionados con el contexto en cuanto a infraestructura, servicios públicos, compromiso de la comunidad con el ambiente y cantidad de desechos que están produciendo en forma continua.

Se tiene en cuenta el diseño de la investigación, en estudio -De campo-, ya que se trabaja directamente en el sector y con los propietarios o responsables de los entes anteriormente mencionados, con el fin de observar en forma directa la problemática de producción de residuos, formas de disposición y manejo que le dan a sus residuos dentro y fuera de sus negocios.

5.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Además, se considera el diseño experimental, con el propósito de la elaboración de la pectina a base de residuos hortofrutícolas como parte de la solución de la

problemática de manejo y disposición de residuos, para darle un control adecuado a estos contaminantes de forma adecuada, para que sirvan de manera positiva en la producción de biogás y de abono orgánico.

5.4 POBLACIÓN

Para la presente investigación en el municipio de Valledupar costa norte colombiana, teniendo como población objetivo a los vendedores de las centrales de abasto, mercado público, surtifraves, supermercados y fruterías, que se dedican a la comercialización y o transformación de productos hortofrutícolas.

5.4.1 Muestra

La muestra está relacionada con tres sectores en específico, que se detallan a continuación acorde con la cantidad de residuos generados en cada una de ellas, en promedio se escogieron 30 establecimientos, para los propósitos de la investigación.

Tabla 2. Datos Recolectados en los Puntos de Muestreo

PUNTOS DE MUESTREO	Capacidad Tanques de recolección (kg)	cantidad de tanques/día	Residuos generados (kg/día)	Residuos generados (kg/mes)
MERCABASTO	200	35	7000	210000
MERCADO PUBLICO	200	55	11000	330000
SURTIFRUVER	50	4	200	6000
TOTAL		94	18200	546000

Fuente: Los autores, 2019

Se conoce que hay un potencial aproximado de 20.000 kg/día y 600.000 kg/mes, todo corresponde a desperdicios o desechos de frutas y hortalizas.



5.5 DESARROLLO METODOLÓGICO

5.5.1 Etapa 1: Caracterizar la pectina obtenida por el método Hidrolisis ácida analizando los parámetros fisicoquímicos (contenido de humedad, contenido de ceniza, el pH y acidez).

Actividad 1.1 Recopilación de datos, interpretación y análisis de información

Descripción: Analizar junto a los miembros de las comercializadora y transformadoras hortofrutícolas, cuáles son los factores que están ocasionando la problemática, a través de estudio de campo, observación directa y recopilación de la información para sintetizar e identificar por qué no se está dando buena disposición a los desechos. Se hace necesario que el manejo de residuos sólidos, se genere a través de beneficio a la comunidad de las centrales de abastos, mercado, surtiferver, supermercados y en todo Valledupar, mediante la creación los procesos estratégicos que reutilicen los residuos y desechos hortofrutícolas, de manera que se disminuya la constante producción de agentes contaminantes y vectores que puedan afectar tanto el medio ambiente como la salud humana de manera sostenible, formando consciencia ambiental.

Actividad 1.2 Recolección de los residuos sólidos para extracción de pectina

Descripción: Luego de haber sensibilizado a los propietarios de comercios de hortofrutícolas, se procedió a la recolección de los residuos sólidos que se tomaron como materia prima para la extracción de pectina, los desechos utilizados fueron cáscaras de maracuyá, naranja y piña, que son parte de los desperdicios del despulpe de las frutas para elaboración de jugos o desechadas porque comenzaron el proceso de putrefacción y no son aptas para la venta o consumo.



Actividad 1.3 Alistamiento y preparación de los residuos sólidos para la obtención de pectina

Descripción: Luego de lavar y seleccionar el material en condiciones óptimas para el propósito de estudio, se preparó mediante picado en procesadora de alimentos, a fin de obtener los tamaños adecuados para iniciar el proceso de obtención de pectina, teniendo en cuenta que para las acciones relacionadas se debió hacer uso de recipientes refractarios de vidrio resistente al calor, los rangos de control de temperatura, tiempo de cocción y manipulación eficiente de los materiales e insumos.

Actividad 1.4 Procesamiento y caracterización mediante método Hidrolisis ácida analizando los parámetros fisicoquímicos (contenido de humedad, contenido de ceniza, el pH y acidez).

Descripción: Se procedió a la inactivación enzimática, dentro de este contexto se utilizó una muestra de 3.000 gramos de cada tipo de desecho, las cuales fueron trabajadas en porciones de 1.000 gramos haciendo una variación de pH y se distribuyeron proporcionalmente en las siguientes cantidades una de 400 gramos preparados en 1.25 litros de agua destilada y 2 porciones de 300 gramos cada una, preparadas en 1 litro de agua destilada respectivamente; se procedió al proceso de cocción, hasta llevar a punto de ebullición durante 30 minutos a una temperatura constante de 100°C.

Para el proceso se utilizaron los siguientes elementos e instrumentos de laboratorio e insumos:

- Baker
- Vidrio de reloj
- Potenciómetro o pH-metro
- Crisoles
- Estufa eléctrica
- Horno eléctrico



- Nevera
- Mortero
- Espátula
- Desecador
- Pinza para crisoles
- Balanza analítica
- Mufla
- Soporte universal
- Condensador
- Bureta
- Erlenmeyer
- Balón de destilación
- Manguera
- Termómetro
- Picadora
- Probeta
- Cuchillos
- Refractarias de vidrio
- Frascos
- Agitador
- Cedazo de lino
- Colador plástico
- Gafas
- Tapabocas
- Guantes

Reactivos

- Agua destilada
- Ácido clorhídrico al 37%
- Hidróxido de sodio NaOH 0,1N
- Alcohol etílico 96%
- Fenolftaleína
- Cal viva (CaO)

Materiales e Insumos

- Residuos sólidos de despulpado de frutas: maracuyá, naranja y piña
- Tierra negra
- Porquinaza
- Cáscara de huevo
- Hojas secas
- Aserrín
- Agua
- Borra de café
- Tanque de 50 litros en plástico
- Barra de aluminio
- Madera
- Cuchara
- Clavos
- Nevera
- Martillo
- Bolsas plásticas
- Contenedores aluminio



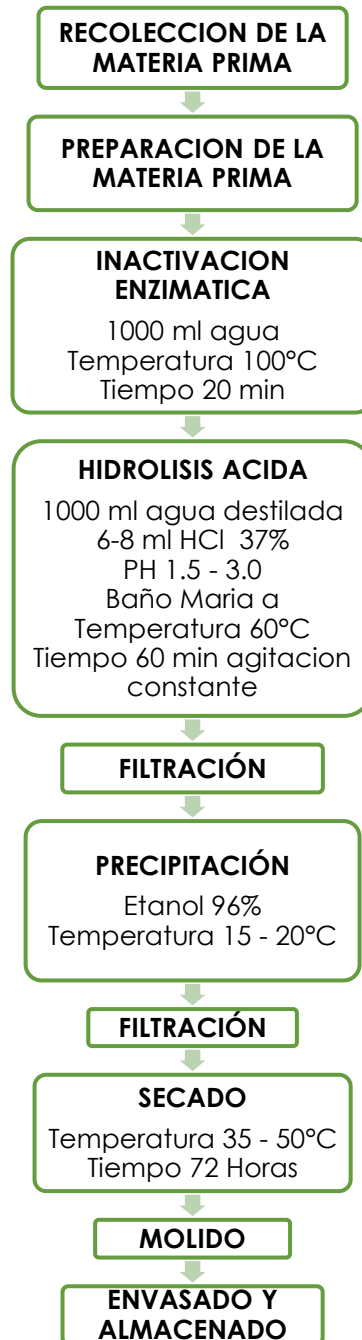
Los elementos, equipos, instrumentos, materiales e insumos, fueron utilizados para cada procedimiento, desde acondicionamiento, medición, extracción de la pectina, tratamiento de elementos residuales y elaboración de la composta. Realizados los anteriores procesos, los cuales se aplican en dos ciclos. En la primera parte del proceso de extracción de pectina se hace la inactivación enzimática bacteriana, se pasa a punto de reposo durante 20 minutos a temperatura ambiente, en ese instante se adiciona ácido clorhídrico al 37% en una proporción de 6 a 8 mililitros por litro de agua, hasta obtener un pH de 1,5 a 3.

Obtenidos los resultados del pH, se calienta a baño María durante un periodo de 60 minutos, con agitación constante, se deja reposar durante 40 minutos, se hace filtrado para separación de residuos; se realiza nuevamente calentamiento de la solución hasta punto de hervor durante 20 minutos; se separa del fuego dejando que disminuya su temperatura a unos 18°C en recipientes con hielo.

Con el propósito de precipitar la pectina, se le adicionó alcohol (Etanol), en una proporción de 300 mililitros por litro; procediendo a dejarlo en reposo durante toda la noche; se procedía a filtrar a través de cedazo de lino, para separar la pectina, dejando que se secase a una temperatura inferior a 50°C mediante horno o exposición al sol, con un tiempo promedio de 72 horas.

Se utilizaron capas de 2 milímetros de espesor, las cuales se le tomaban el porcentaje de humedad inicial en el momento de estar recién filtrada; pasadas las 72 horas, con la pectina totalmente seca, se hallaba el porcentaje de ceniza y la concentración de acidez.

Figura 1. Esquema del Proceso de Extracción de Pectina



Fuente: Los Autores, 2019



Para los cálculos de humedad se aplicó la siguiente fórmula

% HUMEDAD DE LA PECTINA:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(y - x) - (z - x)}{(y - x)} * 100$$

x = Masa crisol vacío limpio y seco

y = Masa crisol limpio y seco, + masa de la muestra húmeda

Z = Masa crisol limpio y seco, + masa de la muestra seca

Para la obtención de los porcentajes de ceniza se usó la siguiente fórmula

% DE CENIZA DE LA PECTINA:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{(z - x)}{(y - x)} * 100$$

x = Masa crisol vacío limpio y seco

y = Masa crisol limpio y seco, + masa de la muestra original

Z = Masa crisol limpio y seco, + masa de la muestra calcinada

Para la obtención de los porcentajes de concentración de acidez se usó la siguiente fórmula

$$C = 0,1 N$$

$$V = 100ml \frac{1L}{1000ml} = 0,1L$$

$$N = \frac{\# \text{ eq gr}}{L \text{ solución}} = \frac{0,01}{0,1} = 0,1$$

$$\text{Peso soluto} = \frac{N * P_m * L \text{ solución}}{\# \text{ eq gr/mol}} = \frac{0,1 \# \text{ eq gr/mol} * 40g/mol * 0,1L}{1 \text{ eq gr/mol}} = 0,4 \text{ grNaOH}$$



$$C[mg/l]Acidez(CaCO_3) = \frac{V_{gastadoNaOH} * N_{NaOH} * 50000}{V_{ml\ muestra}}$$

5.5.1 Etapa 2: Calcular el rendimiento que tiene la pectina a partir de los residuos frutales

Actividad 2.1 Recolectar las muestras iniciales

Descripción: se procedió a recolectar las muestras resultantes después del proceso de secado.

Actividad 2.2 Cálculo de rendimiento

Descripción: como parte del proceso, se pesaron los gramos de pectina obtenida en cada una de las muestras de desechos utilizados, aplicando la siguiente fórmula

$$\% R_{pectina} = \frac{\text{peso pectina}}{\text{peso muestra}} * 100$$

5.5.1 Etapa 3: Caracterizar y aprovechar los residuos obtenidos después de la extracción de pectina

Actividad 3.1 Tratar adecuadamente los líquidos residuales generados en el proceso de obtención de pectina.

Descripción: Como resultante de los procedimientos de obtención de pectina, se genera un residuo líquido de color y olor característico a las cáscaras de las frutas empleadas, con un porcentaje de alcohol utilizado anteriormente en dicho proceso, por lo cual como parte del tratamiento del agua residual realizamos la recuperación del alcohol por medio de la destilación, sabiendo que el alcohol se evapora al alcanzar una T de 80° C.



Después de la destilación del alcohol se realizó la medición de pH del agua residual, encontrando niveles de pH ácido, para lo cual se tomó una muestra de 100 mililitros de cada solución, adicionando gradualmente cal viva en proporciones de 0,1 gramo (Inactivación de los reactivos empleados en el proceso de obtención de pectina).

Actividad 3.2 Identificación de la calidad de los residuos sólidos generados en el proceso de obtención de pectina.

Descripción: por inspección ocular, se pudo constatar que resultaron de la extracción de la pectina, un tipo de desechos aprovechables (Remoción de las partículas sólidas generadas en el proceso de obtención de pectina).

Actividad 3.3 Producción de abonos orgánicos y/o compostaje.

Descripción: Reconocida la calidad y condiciones de los residuos tras la extracción de la pectina, se pasó a la selección de los residuos sólidos generados, los cuales fueron tomados en su totalidad, debido a que su biomasa es totalmente útil para el propósito de elaboración de las compostas. El proceso se realizó, colocando capas de materiales sin mezclar de la siguiente forma:

Figura 2. Esquema del proceso de elaboración de compost.



Fuente: Los autores, 2019



6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 Etapa 1 Hidrolisis ácida analizando los parámetros fisicoquímicos (contenido de humedad, contenido de ceniza, el pH y acidez)

Se logró caracterización de los factores y términos del proyecto, dentro de estos criterios, se obtuvieron los siguientes resultados en las actividades, acorde con el trabajo de campo:

En la Actividad 1.1 Recopilación de datos, interpretación y análisis de información, se logró un acercamiento con las personas encargadas de los procesos de despulpado y comercialización de productos hortofrutícolas, en el contexto de los almacenes de cadena de Valledupar, existe una responsabilidad en base a la norma NTC-GTC 024 (2009), Decreto 2811 de 1974, Ley 373 de 1997, Decreto 1575 de 2007 diseño de Sistema de Gestión Ambiental, para parámetros y directrices por medio de una guía técnica que permite hacer la adecuada separación en la fuente de residuos sólidos.

En la central de abastos Mercabastos de Valledupar se nos informó, que los residuos de las frutas, se recolectan para ser llevados a explotaciones de especies menores como granjas de porcicultura, donde la utilizan como complemento de la alimentación. Ver Anexo N°1.

El panorama encontrado en el mercado público, en los fruver y en los expendios de jugos de fruta, la realidad es otra, se conserva en lugares en forma momentánea hasta ser desechada y recogida por la empresa encargada de servicios públicos de Aseo del Norte – INTERASEO, la cual no le da ningún tratamiento y termina en el relleno sanitario, sin que se le dé ninguna utilidad a las cáscaras o frutas desechadas que no son aptas para el consumo humano. Ver Anexo N°2.



En la parte de la actividad 1.2 de Recolección de los residuos sólidos para extracción de pectina, el promedio de desperdicio y desechos en los lugares que permitieron el acceso a que se obtuvieran de sus locales la materia prima para la obtención de la pectina, fue un total de 9 kilos, de los cuales tras la limpieza y selección se obtuvieron 9 kilogramos en proporción de 3 kilos de desechos de maracuyá, 3 kilos de desechos de naranja y 3 kilos de desechos de piña.

Al realizar la actividad 1.3 de Alistamiento y preparación de los residuos sólidos para la obtención de pectina, se procedió a picar las cáscaras de las 3 muestras de maracuyá, naranja y piña, obteniendo resultados con el uso de una picadora de verduras o procesadora de alimentos, lo que permitió obtener partículas de 3 a 4 milímetros. Todo el material se le aplicó inactivación enzimática, de manera que se obtuvo un resultado un componente libre de bacterias, agentes microbianos o partículas que pudieran inferir alguna afectación durante el resto de procesos.

Como resultados de la actividad 1.4 Procesamiento y caracterización mediante método Hidrolisis ácida analizando los parámetros fisicoquímicos (contenido de humedad, contenido de ceniza, el pH y acidez), se obtuvieron los siguientes resultados acorde con el proceso:

Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la Pectina

% humedad de la pectina:

Pesamos el crisol previamente secado a 105° C, durante 30 minutos y se dejó enfriar en un desecador. Se pesaron 5 gramos de cada una de las muestras de pectina húmeda, luego llevamos dichas muestras contenidas en los crisoles a la estufa a una T entre 100°C y 105°C durante 2 horas. Se retiraron los crisoles de la estufa y



se colocaron en un desecador. Y por último pesamos las muestras para hallar los cálculos respectivos.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(y - x) - (z - x)}{(y - x)} * 100$$

$x = \text{Masa crisol vacío limpio y seco}$

$y = \text{Masa crisol limpio y seco, + masa de la muestra húmeda}$

$z = \text{Masa crisol limpio y seco, + masa de la muestra seca}$

% humedad de la pectina extraída de la cascara de maracuyá:

$$x = 18,14 \text{ gr}$$

$$y = 23,09 \text{ gr}$$

$$z = 18,22 \text{ gr}$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(23,09 \text{ gr} - 18,14 \text{ gr}) - (18,22 \text{ gr} - 18,14 \text{ gr})}{(23,09 \text{ gr} - 18,14 \text{ gr})} * 100$$

$$\% \text{ Humedad Pectina Maracuya} = 98,38\%$$

% humedad de la pectina extraída de la cascara de naranja:

$$x = 19,25 \text{ gr}$$

$$y = 24,26 \text{ gr}$$

$$z = 19,42 \text{ gr}$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(24,26 \text{ gr} - 19,25 \text{ gr}) - (19,42 \text{ gr} - 19,25 \text{ gr})}{(24,26 \text{ gr} - 19,25 \text{ gr})} * 100$$

$$\% \text{ Humedad Pectina naranja} = 96,60\%$$

% humedad de la pectina extraída de la cascara de piña:

$$x = 25,10 \text{ gr}$$

$$y = 29,65 \text{ gr}$$

$$z = 25,23 \text{ gr}$$



$$\% \text{ Humedad} = \frac{(29,65 \text{ gr} - 25,10 \text{ gr}) - (25,23 \text{ gr} - 25,10 \text{ gr})}{(29,65 \text{ gr} - 25,10 \text{ gr})} * 100$$

$$\% \text{ Humedad Pectina Piña} = 97,14\%$$

Tabla 3. % Humedad de la pectina

Muestra de pectina con	% de Humedad
Cascara de Maracuyá	98,38%
Cascara de Naranja	96,60%
Cascara de Piña	97,14%

Fuente: Los autores, 2019

% de ceniza de la pectina:

En 3 crisoles previamente tarados y secados, se pesó una cantidad de pectina seca entre 2 y 5 gramos, llevamos las muestras a la estufa a una temperatura inicialmente baja aumentando esta gradualmente hasta reducir la muestra a carbón. Con la ayuda de pinzas trasladamos los crisoles con el residuo carbonoso a una mufla precalentada a 400°C, calcinamos completamente la muestra aumentando la T hasta 550°C durante 5 horas, luego del tiempo transcurrido apagamos la mufla y esperamos que disminuyera la T a 120°C, retiramos los crisoles y los colocamos en el desecador por 30 minutos, por último se pesaron para hallar los cálculos respectivos.

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{(z - x)}{(y - x)} * 100$$

x = Masa crisol vacio limpio y seco

y = Masa crisol limpio y seco, + masa de la muestra original

Z = Masa crisol limpio y seco, + masa de la muestra calcinada



% ceniza de la pectina extraída de la cascara de maracuyá:

$$x = 17,94 \text{ gr}$$

$$y = 21,76 \text{ gr}$$

$$z = 17,98 \text{ gr}$$

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{(17,98 \text{ gr} - 17,94 \text{ gr})}{(21,76 \text{ gr} - 17,94 \text{ gr})} * 100$$

$$\% \text{ Ceniza Pectina maracuya} = 1,05\%$$

% ceniza de la pectina extraída de la cascara de naranja:

$$x = 18,03 \text{ gr}$$

$$y = 19,03 \text{ gr}$$

$$z = 18,05 \text{ gr}$$

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{(18,05 \text{ gr} - 18,03 \text{ gr})}{(19,03 \text{ gr} - 18,03 \text{ gr})} * 100$$

$$\% \text{ Ceniza Pectina naranja} = 2,0\%$$

% ceniza de la pectina extraída de la cascara de piña:

$$x = 16,56 \text{ gr}$$

$$y = 18,59 \text{ gr}$$

$$z = 16,57 \text{ gr}$$

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{(16,57 \text{ gr} - 16,56 \text{ gr})}{(18,59 \text{ gr} - 16,56 \text{ gr})} * 100$$

$$\% \text{ Ceniza Pectina Piña} = 0,49\%$$



Tabla 4. % Ceniza de la pectina

Muestra de pectina	% de Ceniza
Cascara de Maracuyá	1,05%
Cascara de Naranja	2,0%
Cascara de Piña	0,49%

Fuente: Los autores, 2019

Concentración de acidez

Se prepara una solución de 0,1 N, por lo cual se pesaron 0,4 gr de hidróxido de sodio en lentejas y se disolvieron en 100ml de agua destilada, luego la vertimos en una bureta para hacer la respectiva titulación. Se pesó 1 gr de pectina y se diluyó en 50 ml de agua destilada, luego Se tomó una alícuota de 10 ml y se trasladó a un Erlenmeyer, se adicionaron 3 gotas de fenolftaleína y empezamos a dejar caer el NaOH de la bureta hasta que cambio de color.

$$C = 0,1 N$$

$$V = 100ml \frac{1L}{1000ml} = 0,1L$$

$$N = \frac{\# eq gr}{L solución} = \frac{0,01}{0,1} = 0,1$$

$$Peso soluto = \frac{N * Pm * L solución}{\# eq gr/mol} = \frac{0,1 \# eq gr/mol * 40g/mol * 0,1L}{1 eq gr/mol} = 0,4 grNaOH$$

$$C[mg/l]Acidez(CaCO3) = \frac{VgastadoNaOH * N_{NaOH} * 50000}{Vml muestra}$$



Concentración de acidez de la pectina extraída de la cascara de maracuyá:

Volumen gastado de NaOH 1,9 ml para una alícuota de 10ml de solución de pectina de maracuyá

$$C[mg/l]Acidez(CaCO_3) = \frac{1,9ml NaOH * 0,1 N_{NaOH} * 50000}{10 ml} = 950mg/l$$

Concentración de acidez de la pectina extraída de la cascara de naranja:

Volumen gastado de NaOH 1,7 ml para una alícuota de 10ml de solución de pectina de naranja

$$C[mg/l]Acidez(CaCO_3) = \frac{1,7ml NaOH * 0,1 N_{NaOH} * 50000}{10 ml} = 850mg/l$$

Concentración de acidez de la pectina extraída de la cascara de piña:

Volumen gastado de NaOH 1,6 ml para una alícuota de 10ml de solución de pectina de piña

$$C[mg/l]Acidez(CaCO_3) = \frac{1,6ml NaOH * 0,1 N_{NaOH} * 50000}{10 ml} = 800mg/l$$

Tabla 5. Concentración de la Acidez de la pectina

Muestra de pectina	Concentración de Acidez mg/L
Cascara de Maracuyá	950 mg/L
Cascara de Naranja	850 mg/L
Cascara de Piña	800 mg/L

Fuente: Los autores, 2019



6.2 Etapa 2: Calcular el rendimiento que tiene la pectina a partir de los residuos frutales

Actividad 2.1 Recolectar las muestras

Después de secada totalmente la pectina, se recolectaron las muestras, las cuales fueron trituradas para disminuir el tamaño de las partículas, siendo almacenadas en recipientes de vidrio tipo frasco con tapas de sello, sin embargo, no se logró pulverizar; estas muestras, tienen un tiempo de conservación de 20 días, sin que se le adicionara ningún tipo de conservante o estabilizante; en el lapso transcurrido no han presentado variaciones en sus propiedades organolépticas de color, olor, textura o sabor.

Las muestras recolectadas tienen en las siguientes proporciones:

Actividad 2.2 Cálculo de rendimiento

Rendimiento de la pectina

$$\% R \text{ pectina} = \frac{\text{peso pectina}}{\text{peso muestra}} * 100$$

Pectina extraída de la cascara de maracuyá

Muestra = 1000gr pH 1,5

Peso pectina = 80,23gr

$$\% R \text{ pectina} = \frac{80,23gr}{1000gr} * 100 = 8,023\%$$

Muestra = 1000gr pH 2,5

$$\text{Peso pectina} = 68,15\text{gr}$$

$$\% R \text{ pectina} = \frac{68,15 \text{ gr}}{1000\text{gr}} * 100 = 6,815\%$$

$$\text{Muestra} = 1000\text{gr} \quad \text{pH } 3,0$$

$$\text{Peso pectina} = 57,34\text{gr}$$

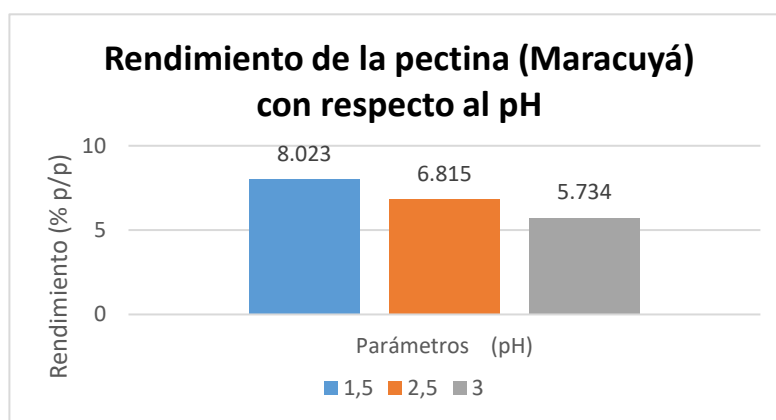
$$\% R \text{ pectina} = \frac{57,34\text{gr}}{1000\text{gr}} * 100 = 5,734\%$$

Tabla 6. Rendimiento de la pectina de la cascara de maracuyá con respecto al pH.

N° Muestras Maracuyá	Parámetros (pH)	Material (g)	Pectina seca (g)	Rendimiento (% p/p)
1	1,5	1000	80,23	8,023
2	2,5	1000	68,15	6,815
3	3	1000	57,34	5,734

Fuente: Los autores, 2019

Figura 3. Rendimiento de la pectina de la cascara de maracuyá con respecto al pH



Fuente: Los autores, 2019

Pectina extraída de la cascara de naranja

Muestra = 1000gr pH 1,5

Peso pectina = 122,20

$$\% R \text{ pectina} = \frac{122,20gr}{1000gr} * 100 = 12,22\%$$

Muestra = 1000gr pH 2,5

Peso pectina = 119,51

$$\% R \text{ pectina} = \frac{119,51gr}{1000gr} * 100 = 11,951\%$$

Muestra = 1000gr pH 3,0

Peso pectina = 116,36

$$\% R \text{ pectina} = \frac{116,36gr}{1000gr} * 100 = 11,636\%$$

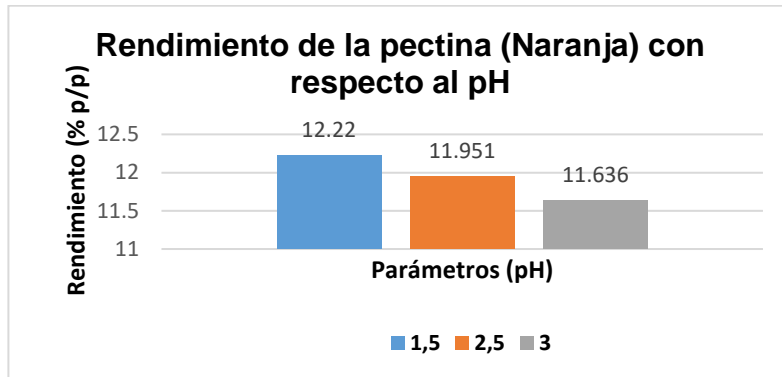
Tabla 7. Rendimiento de la pectina de la cascara de naranja con respecto al pH.

N° Muestras Naranja	Parámetros (pH)	Material (g)	Pectina seca (g)	Rendimiento (% p/p)
1	1,5	1000	122,2	12,22
2	2,5	1000	119,51	11,951
3	3	1000	116,36	11,636

Fuente: Los autores, 2019



Figura 4. % Rendimiento de la pectina de la cascara de Naranja con respecto al pH



Fuente: Los autores, 2019

Pectina extraída de la cascara de piña

Muestra = 1000gr pH 1,5

Peso pectina = 10,01gr

$$\% R \text{ pectina} = \frac{10,01gr}{1000gr} * 100 = 1,0\%$$

Muestra = 1000gr pH 2,5

Peso pectina = 8,130gr

$$\% R \text{ pectina} = \frac{8,13gr}{1000gr} * 100 = 0,813\%$$

Muestra = 1000gr pH 3.0

Peso pectina = 3,25gr

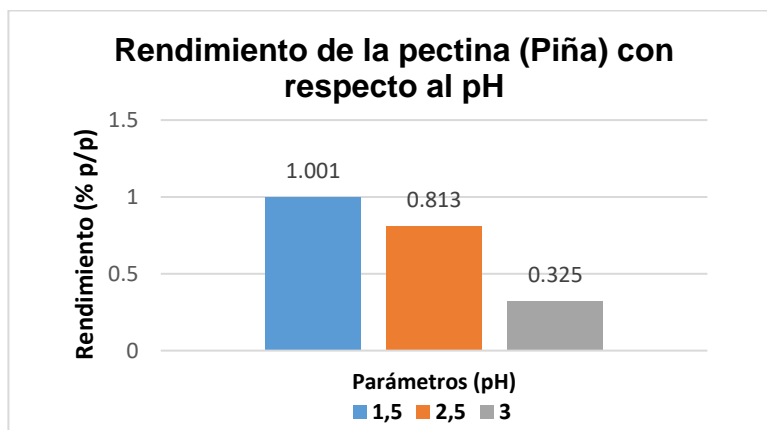
$$\% R \text{ pectina} = \frac{3,25gr}{1000gr} * 100 = 0,325\%$$

Tabla 8. % Rendimiento de la pectina de la cascara de Piña con respecto al pH.

N° Muestras Piña	Parámetros (pH)	Material (g)	Pectina seca (g)	Rendimiento (% p/p)
1	1,5	1000	10,01	1,001
2	2,5	1000	8,13	0,813
3	3	1000	3,25	0,325

Fuente: Los autores, 2019

Figura 5. % Rendimiento de la pectina de la cascara de Piña con respecto al pH.



Fuente: Los autores, 2019

Tabla 9. Parámetros de la pectina extraída comparada con los requerimientos de FAO/WHO/JECFCA1 y con las propiedades de una pectina comercial

Parámetros Experimentales	P. Maracuyá	P. Naranja	P. Piña	Estándares comerciales de la Pectina
pH	1,5	1,5	1,5	1,5 - 3
Rendimiento	8,02%	12,12%	1,001	5% - 20%
Humedad	98,38%	96,60%	97,14%	≤12%
Ceniza	1,05%	2,00%	0,49%	0,5% - 2,5%

Fuente (Pectina comercial cítrica marca AGROQUIM, C. Ltda., 2010)



6.3 Etapa 3: Caracterizar y aprovechar los residuos obtenidos después de la extracción de pectina

Actividad 3.1 Tratar adecuadamente los líquidos residuales generados en el proceso de obtención de pectina

Para realizar el proceso de recuperación de alcohol del agua residual resultante de la extracción de la pectina se tomaron muestras de 400ml según la capacidad del equipo de destilación y obtuvimos los siguientes resultados:

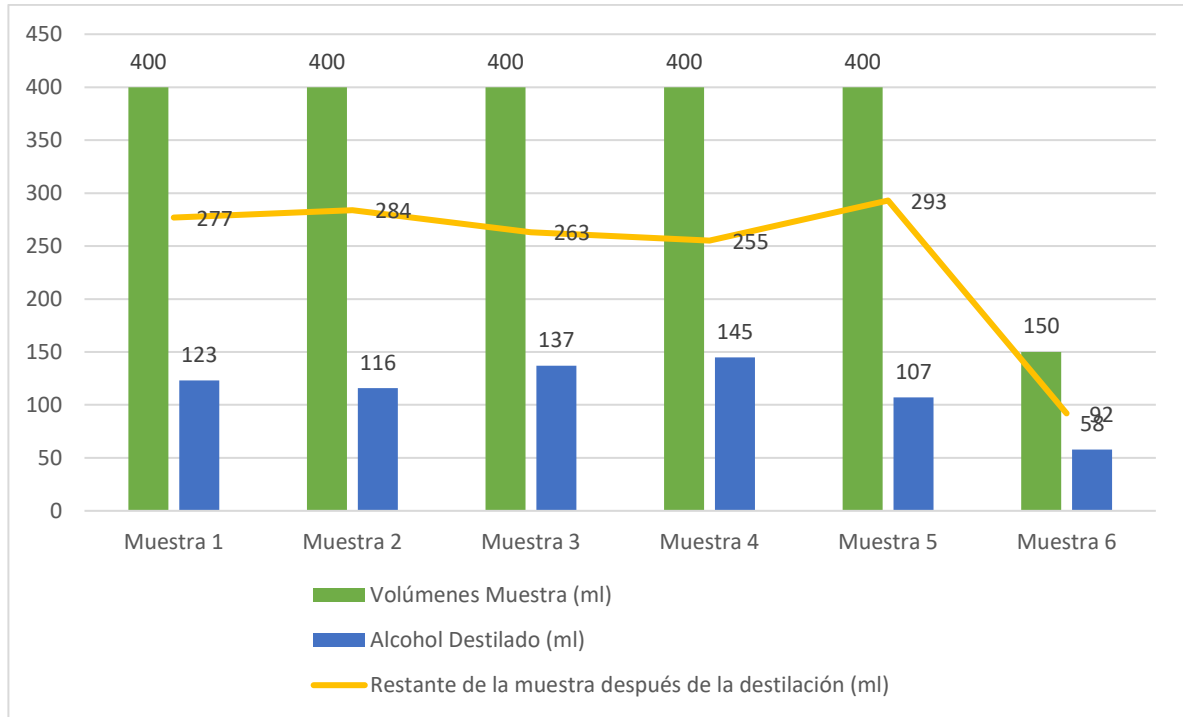
Tabla 10. Destilación de alcohol del agua residual de la extracción de la pectina de maracuyá

Muestras	Volúmenes Muestra (ml)	Alcohol Destilado (ml)	Restante de la muestra después de la destilación (ml)
1	400	123	277
2	400	116	284
3	400	137	263
4	400	145	255
5	400	107	293
6	150	58	92
TOTAL	2150	686	1464
%	100 %	31.90 %	68.10 %

Fuente: Los autores, 2019



Figura 6. Destilación de alcohol del agua residual de la extracción de pectina



Fuente: Los autores, 2019

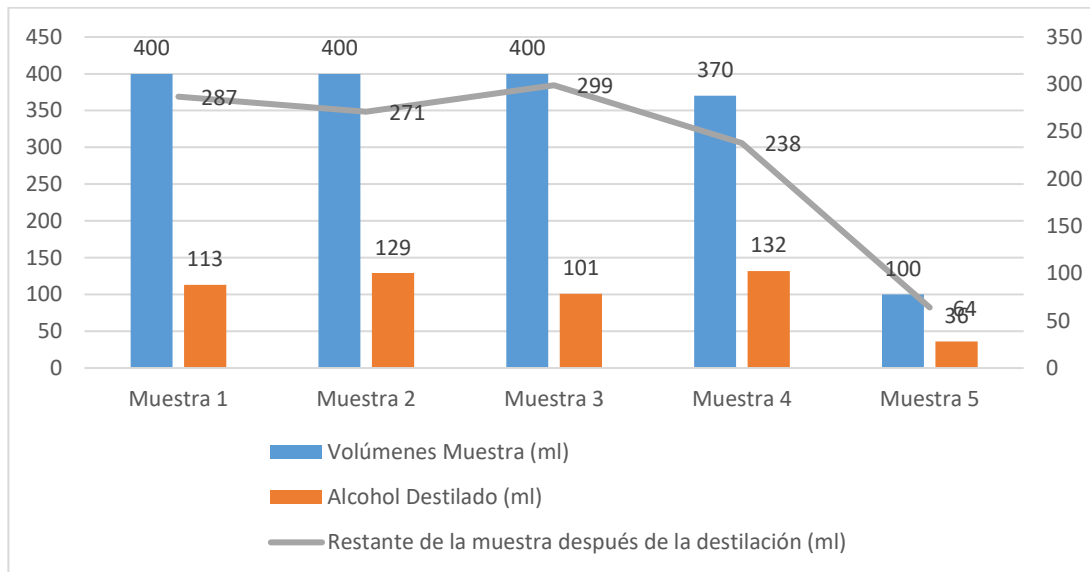
Tabla 11. Destilación de alcohol del agua residual de la extracción de la pectina de naranja

Muestras	Volúmenes Muestra (ml)	Alcohol Destilado (ml)	Restante de la muestra después de la destilación (ml)
1	400	113	287
2	400	129	271
3	400	101	299
4	370	132	238
5	100	36	64
TOTAL	1670	511	1159
%	100%	30.60%	69.40%

Fuente: Los autores, 2019



Figura 7. Destilación de alcohol del agua residual de la extracción de la pectina de naranja



Fuente: Los autores, 2019

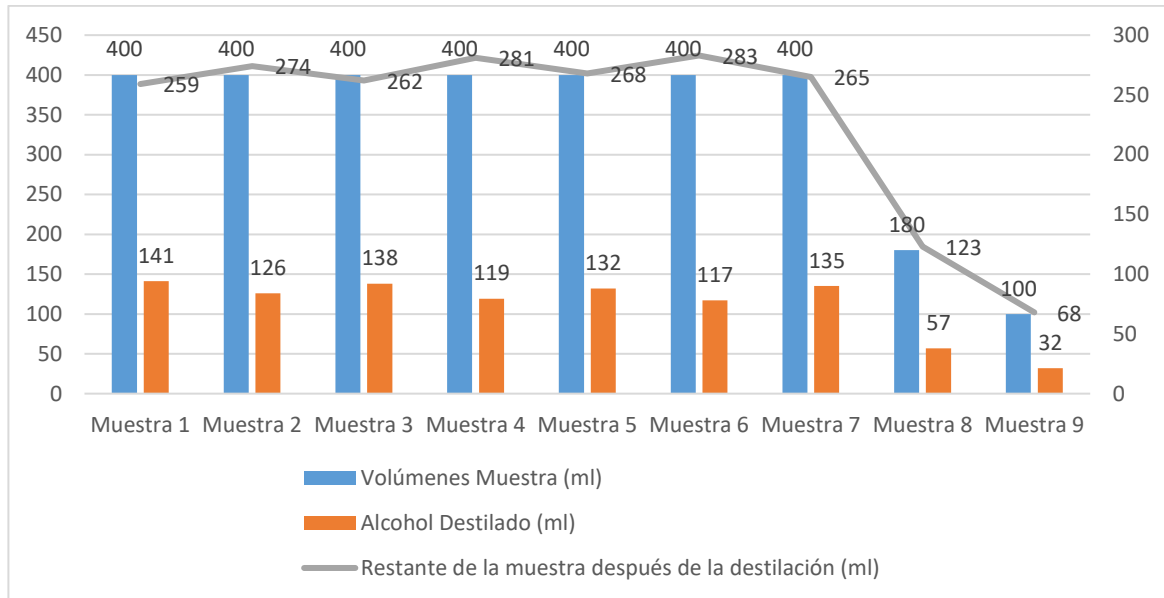
Tabla 12. Destilación de alcohol del agua residual de la extracción de la pectina de piña

Muestras	Volúmenes Muestra (ml)	Alcohol Destilado (ml)	Restante de la muestra después de la destilación (ml)
1	400	141	259
2	400	126	274
3	400	138	262
4	400	119	281
5	400	132	268
6	400	117	283
7	400	135	265
8	180	57	123
9	100	32	68
TOTAL	3080	997	2083
%	100%	32.37%	67.63%

Fuente: Los autores, 2019



Figura 8. Destilación de alcohol del agua residual de la extracción de pectina de piña



Fuente: Los autores, 2019

Tratamiento de los líquidos residuales después de la extracción de pectina y la destilación del alcohol. Para el resultado de este proceso, se tomó una prueba inicial de 100 ml de muestra y le agregamos gradualmente CaO (cal viva), hasta obtener un PH Neutro o cercano a 7. Lo cual arrojó como resultado una cantidad de 0.678 gramos de CaO por cada 100ml de muestra de agua residual.

Se obtuvieron los resultados haciendo mediciones en cada muestra de procesamiento, aplicando las respectivas pruebas, hasta obtener un pH neutro cercano a 7; después de esto se establecieron los cálculos respectivos para el total de agua residual, a fin de desecharla de forma segura a través del desagüe conectado al alcantarillado, previniendo cualquier impacto negativo en el ambiente. Agua residual de la extracción de pectina de la cascara maracuyá:



100 ml → 0,678gr

1464 ml → X

$$x = \frac{1464ml * 0,678}{100 ml} = 9,93 \text{ gr de CaO}$$

Agua residual de la extracción de pectina de la cascara naranja:

100 ml → 0,678gr

1159 ml → X

$$x = \frac{1159ml * 0,678}{100 ml} = 7,85 \text{ gr de CaO}$$

Agua residual de la extracción de pectina de la cascara piña:

100ml → 0,678gr

2083ml → X

$$x = \frac{2083ml * 0,678}{100 ml} = 14,12 \text{ gr de CaO}$$

Tabla 13. Muestra de agua residual

Muestra de agua residual	Muestra en ml	Gramos de CaO
MARACUYÁ	1461	9,93
NARANJA	1159	7,85
PIÑA	2048	14,12

Fuente: Los autores, 2019



Actividad 3.2 Identificación de la calidad de los residuos sólidos generados en el proceso de obtención de pectina.

Acorde con sus características de composición físicas, dentro de esto se concibe que la calidad de los residuos presentó unas cualidades de alto porcentaje de humedad y fácil descomposición a temperatura ambiente, las cuales se observó que son potencialmente útiles para la fermentación y la generación de proceso de composta u obtención de metano por lixiviación.

Actividad 3.3 Producción de abonos orgánicos y/o compostaje

Dentro del proceso se prepararon estos residuos inactivando con cal viva por medio de lavado, a fin de eliminar los reactivos residuales utilizados para extraer la pectina. Una vez acondicionados los residuos, se comenzó la preparación de la composta en tanques de 50 litros que en proporción de masa son 50 kilogramos, los cuales fueron llenados con el material residual en una proporción de 6 kg, mezclados con porquinaza en proporción de 0,5 kg, aserrín en proporción de 1 kilogramo, hojas secas de árboles sin ramas en proporción de 0,5 kg, cáscara de huevo de gallina en proporción de 0,25kg, tierra negra en proporción de 10 kilogramos, y 0,1kg de cal viva para un total de 18,35 kg de material para composta.

Todo el material fue acondicionado en partículas pequeñas, para promover el máximo de eficiencia durante el proceso de compostaje. Dentro de los elementos de control, se colocó una porción de cal en polvo encima de los residuos utilizados. Se adicionaba agua para remoción y mezclado en una cantidad de 5 litros cada 72 horas. La tierra utilizada fue extraída de un área húmeda, lo que permitió que tuviera una alta concentración de lombrices, lo que es muy favorable para el procedimiento, debido a la actividad de éstas y los nutrientes que aportan al humus enriquecido resultante.



Las muestras iniciales en el proceso de composta arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 14. Muestras iniciales en el proceso de composta

Muestras iniciales en el proceso de composta	
Humedad %	37,7
pH	8,31
Temperatura °C	20,5

Fuente: Los autores 2019

Las muestras finales en el proceso de composta arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 15. Muestras Finales en el proceso de composta

Muestras Finales en el proceso de composta	
Humedad %	3,2
pH	6,2
Temperatura °C	32,7

Fuente: Los autores 2019

La alcalinidad en medición del pH disminuyó, con la adición de 600 ml de borra de café.



7. CONCLUSIONES

Dentro de las conclusiones que surgen de las etapas y actividades ejecutadas en el proyecto, se puede considerar que el propósito de investigación es contribuir a la eliminación de los restos de cáscaras que actualmente son desechados y enviados al relleno sanitario o sirven como generadores de vectores, malos olores y problemas de contaminación ambiental.

Dentro de la efectividad del proceso, se obtuvo un producto aprovechable como lo es la pectina, que comercialmente se puede vender entre \$75.000 a \$160.000 por kilogramo, que en el mercado nacional, se expende en la ciudad de Medellín por la empresa Quiminet, mientras que en la ciudad de Valledupar es probable conseguirlo en algunas droguerías o distribuidoras como Distribuciones Juliao a un costo de \$267 por gramo. Si se aprovecha la pectina extraída de la cáscara de la naranja, se obtienen buenas utilidades incluso superiores a la venta del producto en pulpa.

De los residuos resultantes derivados de la extracción de pectina, se obtuvo una biomasa de 6 kg, es decir hubo una reducción de 3 kg de materia prima, cabe resaltar que fue sometida a un proceso de secado; que fue utilizada para la composta, en visión de producción de abono orgánico de humus enriquecido, teniendo en cuenta que es un residuo resultante de fácil fermentación en condiciones ambientales que no exigen mucho control y genera óptimos resultados por el alto contenido de humedad y buena nitrogenación.

Como se puede constatar, el alcohol etílico usado como reactivo es reutilizable, por proceso de destilación, lo que contribuye a que no se desperdicien muchos insumos, por otra parte, el agua residual, queda aromatizada, por lo cual podría usarse en la elaboración de ambientadores o productos de limpieza, con aromas de maracuyá, naranja y piña.



8. RECOMENDACIONES

Dentro de la visión de Sostenibilidad y Gestión Ambiental, y, la Sub-línea 5. Tratamiento de residuos sólidos y líquidos, se presentan las siguientes recomendaciones, a fin de aprovechar al máximo las cualidades de los residuos de las frutas utilizadas para la obtención de pectina, toda vez que la potencial comercialización de los procesos de aprovechamiento de los residuos de las frutas, que serían pectina, humus enriquecido, biogás y base de agua residual aromática, potencialmente convertida en limpiadores de piso o ambientadores, son activos que permiten la obtención de ingresos económicos que favorecen a las empresas y las comunidades; por ello se recomienda:

- Tomar en consideración como proyecto conexo, el aprovechamiento de la composta con humus enriquecido, para la creación de esquemas de cultivos orgánicos para auto sostenimiento.
- Aprovechar el agua de los procesos de enfriamiento del gas en el condensador durante la destilación de alcohol, mediante la recirculación para ser usadas en otras actividades.
- Visionar la utilización del agua aromatizada que queda como producto residual de los procesos, para crear productos de limpieza y aseo del hogar.
- Crear un centro de acopio de residuos de frutas, para crear un impacto positivo dentro del municipio de Valledupar, entrando en la visión de los objetivos de desarrollo sostenible ODS.
- Incluir la fruta tradicional de amplia presencia en el municipio como es el mango, para darle un máximo aprovechamiento en las temporadas de cosecha.
- Realizar como proyecto conexo un estudio de factibilidad para el montaje de una planta de extracción de pectinas.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araque Arango, F., & Moscoso, R. E. (2013). Propuesta de diseño del proceso productivo para la obtención de pectina a base de residuos cítricos en Colombia, de acuerdo a las necesidades técnicas, comerciales y financieras requeridas (Bachelor's thesis, Facultad de Ingeniería). Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Industrial, de Bogotá D.C. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/6353/AraqueArangoFelipe2013.pdf?sequence=1>
- Arellanes, A., Jaraba, M., Mármol, Z., Páez, G., Mazzarri, C. A., & Rincón, M. (2011). Obtención y caracterización de pectina de la cascara del cambur manzano (Musa AAB). *Revista de La Facultad de Agronomía*, 28(4), 523–539.
- Bello-Lara, Juan Esteban, Balois-Morales, Rosendo, Sumaya-Martínez, María Teresa, Juárez-López, Porfirio, Rodríguez-Hernández, Adriana Inés, Sánchez-Herrera, Leticia Mónica, Jiménez-Ruiz, Edgar Iván, Extracción y caracterización reológica de almidón y pectina en frutos de plátano 'Pera' (Musa ABB). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas [en línea]* 2014, (mayo-junio). [Fecha de consulta. 16 de septiembre de 2018] Disponible en. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263131168016>> ISSN 2007-0934
- Cerón-Salazar, I., y Cardona-Alzate, 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. Obtenido de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/401>
- Dante (2001). Guía No.2. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Quito, Guía No.2. p.10.
- De Ancos, B., Fernández-Jalao, I., & Sánchez-Moreno, C. (2016). Compuestos funcionales en productos de IV YV Gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(2). Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/813/81349041002/>
- De la Vega, J. C., Cañarejo, M. A., & Pinto, N. S. (2017). Avances en Tecnología de Atmósferas Controladas y sus Aplicaciones en la Industria. Una Revisión. *Información tecnológica*, 28(3), 75-86. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000300009&script=sci_arttext&tlng=pt

- Guidi, A., y Arandia Quiroga, MZ (2010). Obtención de Pectina a Partir de la cascara de maracuyá mediante Hidrólisis Ácida. *Diario Boliviano de Ciencias*, (4), 67-71.
- Daisaku Ikeda, P. (2012). Propuesta sobre el medio ambiente 2012 Por una sociedad global sostenible. Aprendizaje para el empoderamiento y el liderazgo. Retrieved from <http://www.sgi.org/assets/pdf/Propuesta-sobre-Medio-Ambiente-2012.pdf>
- Rodríguez Valiente, I. (2016). Pretratamiento de hidrólisis hidrotérmica para la degradación de los carbohidratos complejos de residuos de frutas para la obtención de bioetanol.
- Vargas Buitrago, A. J. (2016). Estudio técnico para la valorización de residuos sólidos vegetales provenientes de la plaza de mercado san Francisco de Bucaramanga. (Estudio de caso). Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, División de Ingenierías y Arquitectura, Facultad de Química Ambiental, Maestría en Ciencias y Tecnologías Ambientales. Zambrano Salcedo, N. L. (2014). Comparación del estudio de coloración y agente de extracción en la obtención de pectina de dos variedades de maracuyá (*Passiflora edulis*) (Doctoral dissertation). Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta – Ecuador. Disponible en <http://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/340/1/ULEAM-AGROIN-0024.pdf>



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**LA ACREDITACIÓN ES
EL COMPROMISO DE TODOS**

10. ANEXOS

Anexo 1. Residuos de Mercabastos de Valledupar y Mercado central de Valledupar



Fuente: Los autores, 2019

Anexo 2. Proceso de extracción de la pectina de las cascara de maracuyá, naranja y piña.

Cascara de frutas, lavadas y picadas.



Maracuyá



Naranja



Piña

Inactivación enzimática cascara de maracuyá, naranja y piña.



Maracuyá

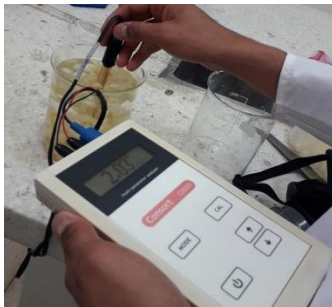


Naranja



Piña

Adición de HCl y Medición de pH en el proceso de extracción de pectina



Maracuyá



Naranja



Piña



Agitación constante a baño maría de las cascaras



Maracuyá



Naranja



Piña

Adición de Alcohol para precipitar la pectina



Maracuyá



Naranja



Piña

Filtración de la pectina extraída.



Maracuyá



Naranja



Piña

Secado de la pectina extraída.



Maracuyá



Naranja



Piña



Anexo 3. Triturado y almacenamiento de la pectina extraída de las cascavas de maracuyá, naranja y piña.



Fuente: Los autores, 2019

Anexo 4. Parámetros Fisicoquímicos de la pectina

% Humedad

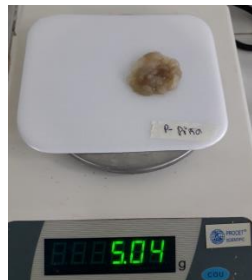
Muestra de la pectina húmeda



Maracuyá



Naranja



Piña

Peso de los crisoles vacíos



Crisoles con las muestras de pectina húmeda.



Maracuyá



Naranja



Piña

Anexo 5. Crisoles en la estufa eléctrica con las muestras de pectina y luego en enfriamiento en el desecador.



Peso de los crisoles con las muestras de pectina carbonosas.



Maracuyá

Naranja

Piña

% Ceniza

Muestras de pectina seca



Maracuyá

Naranja

Piña

Peso de los crisoles vacíos y secos

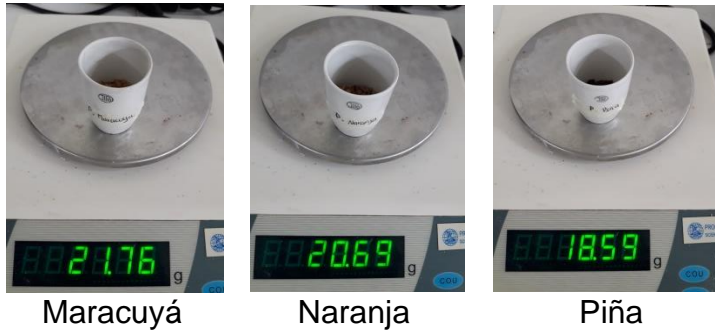


Maracuyá

Naranja

Piña

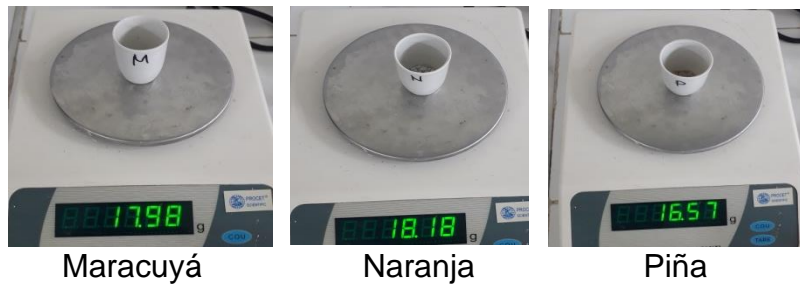
Peso de los crisoles con muestra de pectina



Anexo 6. Muestra carbonosa, llevada a la mufla para calcinación total hasta cenizas y dejada en reposos en el desecador.



Peso de los crisoles después de calcinadas las muestras de pectina.



Fuente: Los autores, 2019



Anexo 7. Acidez de la pectina

Gramos de las muestras de NaOH y de pectina. Soluciones con una concentración 0,1 N y pectina disuelta en agua destilada.



pH de la pectina disueltas en agua destilada.



Maracuyá

Naranja

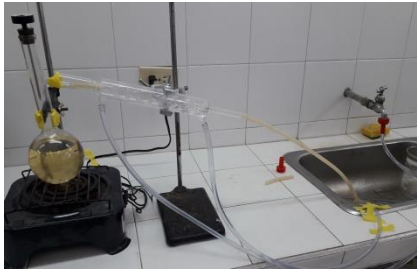
Piña

Anexo 8. Adición de fenolftaleína y titulación con la solución NaOH y como resultado cambio de color de las soluciones de pectina.



Anexo 9. Tratamiento de las aguas residuales resultantes del proceso de extracción de la pectina.

Destilación de alcohol del agua residual de la extracción de la pectina de las cascaras de maracuyá, naranja y piña.



Maracuyá



Naranja



Piña

pH del Agua residual después de la destilación de alcohol.



Maracuyá



Naranja



Piña

Adición de cal para neutralización de PH.





Anexo 10. pH neutralizado del agua residual después de la destilación del alcohol.



Maracuyá



Naranja



Piña

Anexo 11. Elaboración de compostaje.



Temperatura del compostaje.



Inicial



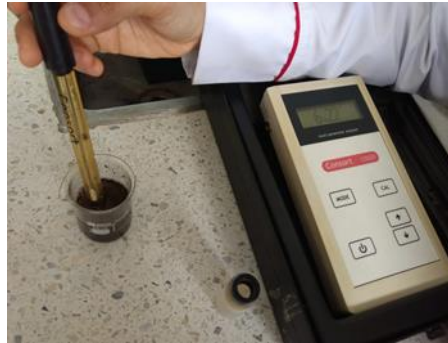
Final



pH del compostaje.



Inicial



Final

Humedad del compostaje.



Inicial



Final

Fuente: Los autores, 2019