

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



**FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PREVIO
A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TEMA

**“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL pH PARA LA
EXTRACCIÓN DE PECTINA EN LA CÁSCARA DE
PITAHAYA (*SELENICEREUS UNDATUS* (HAW) D.R HUNT)”**

AUTORA

Gissella Elizabeth Vera González

DIRECTOR

Ing. Juan Elías González Rivera MSc.

PUYO-ECUADOR

2020

AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL

Yo, Gissella Elizabeth Vera González en calidad de autora del proyecto de investigación realizado sobre la “**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL pH PARA LA EXTRACCIÓN DE PECTINA EN LA CÁSCARA DE PITAHAYA (*SELENICEREUS UNDATUS* (HAW) D.R HUNT).**” por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o de parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Gissella Elizabeth Vera González

C.C. 1314683267

AUTORA

gissella.vera03@gmail.com

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Certifico que en el presente proyecto de investigación sobre el tema “Evaluación de la influencia del pH para la extracción de pectina en la cáscara de pitahaya (*selenicereus undatus* (Haw) D.R HUNT).” Previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial ha sido desarrollado por la señorita: Gissella Elizabeth Vera González, bajo mi tutoría y dirección, cumpliendo con todos los requisitos y disponibilidades legales establecidos por la Universidad Estatal Amazónica “UEA” por lo que autorizo su presentación

Ing. Juan Elías González Rivera MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 38-SAU-UEA-2020

Puyo, 27 de enero de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a la egresada VERA GONZÁLEZ GISSELLA ELIZABETH con C.I. 1314683267, con el Tema: "EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL pH PARA LA EXTRACCIÓN DE PECTINA EN LA CÁSCARA DE PITAHAYA (*SELENICEREUS UNDATUS* (HAW) D.R HUNT)", de la carrera, Ingeniería Agroindustrial. Director del proyecto MSc. González Rivera Juan Elías, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 2%, Informe generado con fecha 24 de enero de 2020 por parte del director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis de Gissela Vera González Evaluación de la influencia de pH para la extracción de pectina de cáscara de pitahaya
URKUND.docx (D62947585)
Submitted: 1/24/2020 4:37:00 PM
Submitted By: \${Xml.Encode(Model.Document.Submitter.Email)}
Significance: 2 %

Sources included in the report:

Tesis Pectina Angela Bravo y Evelyn Condo.docx (D16047184)
Tesis Borrador 3.0.pdf (D40424318)
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6487/Quispe_Condori_Catherin_Liz.pdf?sequence=3&isAllowed=y.Yepes,](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6487/Quispe_Condori_Catherin_Liz.pdf?sequence=3&isAllowed=y.Yepes)
<https://docplayer.es/70478003-Extraccion-y-caracterizacion-de-pectina-apartir-de-cascaras-de-platano-para-desarrollar-un-diseno-general-del-proceso-de-produccion.html>
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6583454.pdf>

Instances where selected sources appear:

10

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación aprueba el proyecto de investigación **“Evaluación de la influencia del pH para la extracción de pectina en la cáscara de pitahaya (*selenicereus undatus* (Haw) D.R HUNT).”**

Manuel Pérez

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Yasiel Arteaga

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Italo Lara

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por ser el soporte en los momentos de mi vida más difíciles, por darme la sabiduría y el conocimiento necesario, para poder culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre, Anita González quien es la persona que me incentivo muchos años para lograr este objetivo, quien siempre ha estado a mi lado, apoyándome.

A mis hermanas Liz y Mile por su apoyo incondicional y afecto.

Al MSc Juan Elías González quien me apoyo en todo este transcurso como Director de Tesis, quien con su paciencia y conocimiento me supo guiar.

A la Dra. Ana Chafla por todo los conocimientos y vivencias transmitidas durante toda la carrera Universitaria y en especial por brindarme su amistad.

A mi grupo de amig@s, que más que amig@s han sido como herman@s con los cuales hemos vivido muchas experiencias dentro y fuera de los salones de clases.

Gissella Elizabeth Vera González

DEDICATORIA

Los años de mi educación superior se han caracterizado por ser de lucha constante, de sacrificios, desvelos, gratas vivencias; con momentos de éxitos y también de angustias. Tiempo en el cual se pusieron a prueba mis deseos de superación en más de una oportunidad, haciendo que cualquier adversidad que se presentara en el camino sea resuelta.

Dedico este proyecto a la persona que siempre ha estado a mi lado incondicionalmente Ismael Guachimboza, que, con su ejemplo, paciencia, conocimiento y sobre todo mucho amor supo guiarme y apoyarme en mis momentos más difíciles, quien siempre me impulsó a ser mejor y confió ciegamente en mí, te puedo decir qué lo logramos mil gracias por todo.

Gissella Elizabeth Vera González

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar la influencia del pH para la extracción de pectina de cáscara de pitahaya (*Selenicereus undatus* (HAW) D.R HUNT) y la evaluación del rendimiento en base al método de hidrólisis ácida, con el uso de alcohol y ácido cítrico a diferentes pH (2, 2.5 y 3). La temperatura y tiempo de extracción fueron constantes (temperatura: 90°C y tiempo: 90min). Para la caracterización de la pectina se realizaron análisis de humedad, cenizas, porcentaje de metóxilo y grado de esterificación. Obteniendo como resultado, el contenido de humedad que fue de 11.13% que se encuentra dentro de los rangos establecidos por la FAO, el contenido de cenizas fue de 12.07%, el cual no cumple con las especificaciones, el porcentaje de metóxilo fue de 49.45% y el grado de esterificación de 68.36%, obteniendo como una pectina de bajo metóxilo y con una gelificación lenta. El rendimiento fue de 8.57%, dando como resultado que el pH no influye en el método de extracción.

Palabras claves: Pectina, hidrólisis ácida, caracterización de la pectina.

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the influence of pH for the extraction of pitahaya pectin (*Selenicereus undatus* (HAW) D.R HUNT) and the evaluation of the yield based on the acid hydrolysis method, with the use of alcohol and citric acid at different concentrations and pH as study factors and ranges (2, 2.5 and 3). The temperature and extraction time were constant (temperature: 90°C and time: 90min). For the characterization of pectin, moisture, ash, methoxyl percentage and degree of esterification analyzes were performed. Obtaining as a result the moisture content of 11.13% that is within the ranges established by FAO, the ash content was 12.07%, which does not meet the specifications, the methoxyl percentage was 49.45% and the grade of esterification of 68.36%, obtaining as a low methoxy pectin and with a slow gelation. The yield was 8.57%, resulting in the pH not influencing the extraction method.

Key words: Pectin, acid hydrolysis, pectin characterization.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN, PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS.....	2
1.2 PROBLEMA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO II.	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS.....	5
2.1 ANTECEDENTES	5
2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO	7
2.2.1 PITAHAYA AMARRILLA.....	7
2.2.1.1 Generalidades	7
2.2.1.2 Clasificación Botánica.....	7
2.2.1.3 Composición nutricional y propiedades fisicoquímicas.	7
2.2.2 PECTINA.....	8
2.2.2.1 Definición	8
2.2.2.2 Usos de la pectina	8
2.2.2.3 Porcentaje de metóxilo	10
2.2.2.4 Pectinas de alto metóxilo.....	10
2.2.2.5 Pectinas de bajo metóxilo.....	11
2.2.2.6 Grado de esterificación	11
2.2.2.7 Método de extracción	11
2.2.2.8 Hidrólisis ácida.....	11
2.2.2.9 Extracción de pectinas por microondas	12
2.3 MARCO CONCEPTUAL	12

CAPÍTULO III.	13
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
3.1 LOCALIZACIÓN.....	13
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	13
3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	14
3.3.1 Método de medición.....	14
3.3.2 Material experimental.....	14
3.3.3 Factores y niveles de estudio.....	15
3.3.4 Métodos estadísticos.....	15
3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
3.4.1 Proceso de extracción de la Pectina.....	16
3.4.1.1 Preparación de la materia prima.....	16
3.4.1.2 Triturado y secado.....	16
3.4.1.3 Extracción de la pectina - hidrólisis ácida.....	16
3.4.1.4 Filtrado y secado de la pectina.....	17
3.4.1.5 Diagrama de flujo del proceso.....	18
3.4.2 Caracterización de la pectina.....	19
3.4.2.1 Determinación del contenido de cenizas.....	19
3.4.2.2 Determinación del contenido de humedad.....	19
3.4.3 Caracterización fisicoquímica.....	20
3.4.3.1 Determinación del porcentaje de metóxilos.....	20
3.4.3.2 Grado de esterificación.....	20
3.4.4 Determinación del rendimiento del proceso de extracción.....	21
CAPÍTULO IV.	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1 RESULTADOS.....	22
4.1.1 Extracción de pectina de cáscara de pitahaya por hidrólisis ácida.....	22
4.1.2 Porcentaje de cenizas:.....	22
4.1.3 Porcentaje de humedad.....	24
4.1.4 Porcentaje de metóxilo.....	25
4.1.5 Grado de esterificación.....	25
4.1.6 Rendimiento.....	26

CAPÍTULO V	28
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	28
5.1 CONCLUSIONES	28
5.2 RECOMENDACIONES	29
CAPÍTULO VI	30
6. BIBLIOGRAFÍA.....	30
ANEXOS	33
A. ESPECIFICACIONES OFICIALES DE PUREZA PARA PECTINAS COMERCIALES.....	33
B. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Usos de la pectina	9
Tabla 2 Tipo de Gelificación de Pectinas	10
Tabla 3 Equipos y Materiales	14
Tabla 4 Diseño completamente al azar	15
Tabla 5 Porcentaje de Cenizas de la Pectina	22
Tabla 6 ANOVA Cenizas	23
Tabla 7 TUKEY porcentaje de cenizas	23
Tabla 8 ANOVA de Humedad	24
Tabla 9 TUKEY	24
Tabla 10 ANOVA de Metóxilo	25
Tabla 11 TUKEY	25
Tabla 12 ANOVA Esterificación	25
Tabla 13 TUKEY	26
Tabla 14 Porcentaje de rendimiento	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad Estatal Amazónica.	13
Figura 2. Diagrama de flujo	18

CAPÍTULO I.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha incrementado la producción de pitahaya amarilla en Ecuador, de las cuales se consume principalmente la pulpa mientras que sus cáscaras a menudo se descartan. Esta fruta tropical además de tener múltiples beneficios saludables que ayudan al buen vivir de la persona presenta excelentes características constitutivas en sólidos solubles totales, ricos en ácidos orgánicos, proteínas, antocianinas y otros minerales como potasio, magnesio, calcio y vitamina C (Esquivel & Araya, 2012). Las pectinas son moléculas complejas de carbohidratos que se utilizan principalmente como agentes gelificantes en la industria de alimentos y bebidas. Así también son ampliamente utilizadas para la elaboración de productos farmacéuticos y cosméticos (Cedeño , 2019).

La pectina se compone principalmente de un residuo ácido galacturónico, con diversos grados de esterificación de metilo. La pectina industrial usualmente se extrae de las cáscaras de cítricos y del orujo de manzana con un proceso químico físico de múltiples etapas que se caracteriza por un paso de extracción con ácido mineral diluido caliente y recuperación a través de la precipitación de alcohol (Serrat & De la Fé Isaac, 2018).

Finalmente, diversos estudios muestran que es factible obtener pectinas a partir de la cáscara de pitahaya utilizando el método de la hidrólisis ácida, donde además, con estudios previos como el de Ismail et al. (2012), se concluye que el tiempo de extracción, la temperatura y el pH influyen en la composición y calidad final de la pectina extraída, es por eso que, el presente trabajo de investigación se enfoca en estudiar la influencia del pH dentro del proceso de extracción de pectina mediante la aplicación de la hidrólisis ácida para el aprovechamiento de las cáscaras de pitahaya amarilla. Al final del presente trabajo se evidencia la obtención de la pectina, caracterizándola en términos del porcentaje de cenizas, porcentaje de humedad, porcentaje de metóxilos y grado de esterificación; así como se cuantifican los rendimientos obtenidos en función de la materia prima empleada (cáscaras de pitahaya).

1.1 JUSTIFICACIÓN, PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS.

1.2 PROBLEMA

Estudios previos han demostrado que dependiendo del método que se aplique a las materias primas se pueden obtener diferentes calidades de pectinas, los cuales van en relación con las necesidades de los productos finales, y dichas pectinas se utilizan en la industria alimentaria y farmacéutica como espesante, puesto que permiten modificar la viscosidad de múltiples productos, así también, se pueden usar en la fabricación de espumantes, como agente de clarificación y aglutinantes (Guidi & Arandia, 2010).

Para el desarrollo del presente trabajo del porcentaje del contenido de pectina en la cáscara, se empleó el método de hidrólisis ácida. Según las investigaciones dicho método, ofrece los mejores rendimientos y los reactivos son de fácil acceso para su empleo en las pruebas de laboratorio (Yamunaqué & Milagros, 2015).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los deficiente estudios en residuos de frutas amazónicas a partir de la cáscara de la pitahaya para dar valor agregado utilizando técnicas de hidrólisis ácidas que brinda mejores ventajas en el rendimiento de la pectina.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La pectina es una sustancia de origen vegetal que está presente en las plantas y frutas cítricas; cuya característica principal es la gelificación natural. Las pectinas son hidrocoloides que en soluciones acuosa presentan propiedades espesantes, estabilizantes y sobre todo gelificantes; son insolubles en alcoholes y disolventes orgánicos corrientes, y son parcialmente solubles en jarabes ricos en azúcares, usados comúnmente en la industria como un aditivo (Bravo & Condo, 2015).

La obtención de pectinas es a partir de fuentes cítricas no tradicionales por su importancia como son las plantas nativas o propias de una región para el aprovechamiento de residuos agroindustriales. Además, el mercado mundial de pectinas está creciendo considerablemente por lo tanto muchos frutos o sus respectivos desperdicios constituyen una oportunidad para la extracción de pectinas comerciales (Guidi & Arandia, 2010).

Hoy en día, en Ecuador, la extracción y venta de pectinas representa un mercado inexplorado, es así como, ni siquiera existen indicadores que reflejen la situación de la producción y comercialización de las pectinas en el país. Por otra parte, muchos países de la región han marcado su posición como importadores de pectinas y están encaminando a investigaciones de nuevas plantas vegetales que buscan promover y desarrollar su propia producción y comercialización interna (Yamunaqué & Milagros, 2015).

Por otra parte, en Ecuador se cultivan múltiples especies de pitahayas introducidas desde Colombia, y, hace pocos años se identificó la especie (*Cereus triangularis haw*) que pertenece a la familia de las Cactaceae registrada por el Banco Central del Ecuador como nativa del sector del Cantón de Palora, Provincia Morona Santiago, por tal razón en la actualidad se han dedicado al cultivo y producción de pitahaya con fines de comercialización a los diferentes mercados internacionales (Esquivel & Araya, 2012).

Finalmente, Tang et al. (2011) evaluaron diferentes condiciones de extracción de pectina a partir de la cáscara de pitahaya (*Hylocereus sp.*), genotipo “Orejona”., obteniendo un máximo rendimiento de alrededor de 17 %, que fue logrado a pH = 3,5 con una relación de etanol de 0,5; en donde se establece que el resultado obtenido es “equivalente al que se obtiene extrayendo pectina de manzana y levemente inferior a naranja” que representan las mayores fuentes de extracción de pectina; por lo que, se concluyó que las cáscaras de pitahaya pueden ser utilizadas industrialmente para la obtención de pectinas de calidad (Esquivel & Araya, 2012).

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Evaluar la influencia del pH para la extracción de pectina de la cáscara de pitahaya (*Selenicereus Undatus* (HAW) D.R HUNT)

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Realizar la extracción de pectina contenida en la cáscara de pitahaya, aplicando el método de hidrólisis ácida.
- b) Caracterizar la pectina obtenida según el contenido de humedad, cenizas, grado metóxilo y esterificación de la pitahaya (*Selenicereus Undatus* (HAW) D.R HUNT).
- c) Evaluar la cuantificación del rendimiento del método aplicado en función del valor de pH utilizado para la extracción de la pectina.

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS

2.1 ANTECEDENTES

Obtuvieron pectina de alto y bajo metóxilo de la cáscara de arveja (*Pisum sativum*), por el método de hidrólisis ácida. El objetivo fue obtener pectina a partir de la cáscara de arveja a través hidrólisis ácida con ácido clorhídrico (HCl) en diferentes condiciones de tiempo (40 y 90 minutos) y temperatura (50 y 80°C), resultado de ello, a 80°C y 90 minutos, se obtuvo un rendimiento del 12% con lo que se demostró que a mayor temperatura y tiempo de hidrólisis mayor es el rendimiento de la pectina, pero en desmedro de la calidad de ésta. Se evaluó la calidad de la pectina extraída en función de acidez libre, peso equivalente, porcentaje de metóxilo, y grado de esterificación, con lo cual se diseñó y modeló el proceso de obtención de la pectina. Finalmente, sobre la base del modelo matemático con un coeficiente de regresión lineal de 96%, se concluyó que la temperatura fue la variable más significativa en el proceso de obtención de pectina (Quispe Condori, 2017).

Obtuvieron pectina a partir de la cáscara de maracuyá mediante hidrólisis ácida. Se buscaba establecer un método para la obtención de pectina a partir de la cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*), en el cual se utilizó la hidrólisis ácida. En este sentido se procedió de la siguiente manera: se inicia con el pesado, selección, lavado y picado de la materia prima; luego se hizo la inactivación enzimática, hidrólisis ácida, filtración, centrifugación, enfriado, para finalmente, proceder a la precipitación con alcohol, filtración, secado, molido, envasado y almacenado. Resultado de la caracterización de la pectina obtenida se obtuvieron valores similares a los de la pectina comercial, referentes al contenido de materia seca, humedad y cenizas; con pequeñas variaciones en cuanto a la acidez libre y el pH. A través de la combinación de los factores, el mayor rendimiento fue de 8.59% a temperatura de 50°C, con un tiempo de 10 min y concentración de 0.0045 M (Guidi & Arandia, 2010).

Obtuvieron y caracterizaron la pectina de la cáscara de cacao utilizando agentes como agentes para extracción el ácido cítrico y ácido clorhídrico con pH 2 y 3, y variando el tiempo de la hidrólisis ácida entre 60 a 90 minutos, aplicando un diseño factorial 33. Resultados de los

análisis estadísticos aplicados se determinó rendimientos de extracción de entre 4,45 a 9,95 g/100g, donde las pectinas extraídas con ácido cítrico con pH 2, tiempo de 90 minutos y ácido clorhídrico con pH 2 y tiempo de 60 minutos, tuvieron los más altos rendimientos de 9.41 y 9.95g/100g, respectivamente. Finalmente, se evaluó la calidad de cada producto, mediante la caracterización fisicoquímica de la pectina, con lo cual las pudo clasificar como pectinas de alto metóxilo (Mendoza, Jiménez , & Ramirez, 2017).

Compararon la pectina obtenida a partir del aprovechamiento de las cáscaras de banano, con la pectina obtenida a partir de las cáscaras de cacao. En ambos casos se utilizó el método de hidrólisis ácida bajo condiciones de extracción de pH 1.5 y 3 a temperaturas de 60 y 80°C para los dos tipos de muestras. Se considera un análisis preliminar de la materia prima, midiendo el contenido de humedad, contenido de cenizas, y en cuanto a su densidad determinación de densidades. Se determinan los rendimientos más altos para cada tipo de materia prima, donde para el cacao se obtuvo un rendimiento de 2.817% a pH 3 y temperatura 60°C, en tanto que para las cáscaras de banano fue 2.575% a pH 1.5 y temperatura de 60°C. Finalmente, mediante el análisis de espectroscopía infrarroja, se determina la calidad de la pectina obtenida, donde se determinó que la pectina de alto metóxilo y de mayor gelación de espectro G con 74.87%, se obtuvo con las cáscaras de cacao a pH 3 a una temperatura de 60°C. Mientras que con las cáscaras de banano a pH 3 a temperatura de 60°C pectina de bajo metóxilo y de lenta gelificación la del espectro C con 31.69%. Los espectros obtenidos, determinan que la pectina es de buen rendimiento y calidad, consiguiendo además, evidenciar claramente la muestra con mayor contenido de metóxilo, con lo que se pudo concluir que las cáscaras de banano y cacao son una buena fuente para la producción de pectina útil para su empleo en las diversas aplicaciones de la industria (Bravo, Franco, & Evelyn, 2015).

2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

2.2.1 PITAHAYA AMARRILLA.

2.2.1.1 Generalidades

En Ecuador la producción de pitahaya tiene apertura desde hace 10 años, localizada en el noroccidente de la provincia de pichincha. Al pasar los años se descubrió una nueva variedad de pitahaya localizada en el oriente ecuatoriano, la cual contenía mayor grados BRIX, pulpa, un mejor rendimiento en peso y una apariencia mucho mejor que la fruta colombiana, por tal razón se abrieron las puertas a muchos países. La forma de esta es ovalada, con un color rojo o amarillo intenso, su sabor es muy dulce, la pulpa es espumosa con pequeñas y suaves semillas comestibles.

2.2.1.2 Clasificación Botánica

La pitahaya (*Selenicereus undatus* haw) pertenece al:

- Reino Plantae, Clase Angiospermae.
- Subclase Dicotyledoneae.
- Orden Opuntiales.
- Familia Cactaceae,
- Nombre Científico (*Selenicereus undatus* (HAW) D.R HUNT)
- Con su variante *Hylocereus* sp.

La altitud óptima para este tipo de plantas se encuentra entre los 800 - 1850 m.s.n.m, con temperaturas entre 18°C y 25°C, se adapta a suelos bien drenados con pH ligeramente ácido de 5.5 - 6.5, se desarrolla en ambientes cálidos húmedos (CORPOICA & PRONATTA, 2002).

2.2.1.3 Composición nutricional y propiedades fisicoquímicas.

En 100g de la parte comestible de la pitahaya está compuesta por agua 83g, proteína 0.16 a 0.29g, grasa 0.21 a 0.61g, fibra 0.7 a 0.9g, cenizas 0.64 a 0.68g, algunos minerales como calcio 6.3 a 8.8 mg, fósforo 30.2 a 36.1 mg, hierro 0.55 a 0.65 mg, entre los pigmentos se tiene al caroteno 0.005 a 0.012 mg, vitaminas tales como la tiamina 0.28 a 0.43 mg, riboflavina 0.043 a 0.045 mg y vitamina C de 8 a 9 mg. En la cáscara de pitahaya se puede encontrar betalaínas,

pigmentos naturales de color rojo y amarillo que se utilizan mucho en la industria, porque tienen una función antioxidante que ayuda a prevenir la muerte prematura (Huachi & Yugsi, 2015).

2.2.2 PECTINA

2.2.2.1 Definición

Las pectinas son fibras naturales de gran interés en repostería y farmacéutica por sus propiedades nutritivas, curativas, espesantes y gelificantes. Las pectinas son polisacáridos ubicados en la pared celular primaria de plantas superiores. Químicamente, son polímeros lineales de D-oc (1->4) de ácido galacturónico anhidro. Parte de los grupos carboxilos de este ácido son esterificados con metanol (Guidi & Arandia, 2010).

Estos polisacáridos tienen origen vegetal, y se aplican en la industria de los alimentos como espesantes y gelificantes, se los conoce como agentes GRAS lo que significa que son “generalmente reconocidos como seguros” y son hidrocoloides ampliamente utilizados en Europa, su consumo a nivel mundial se ha incrementado con el pasar de los años. Estudios han demostrado su actividad antitumoral, antimicrobiana y prebiótica (Morales, López, Chavarría, & Rodríguez).

En Ecuador la producción frutícola es relevante, pero en la mayoría de los casos, los productos se comercializan en estado fresco, es decir, existe una baja industrialización. La carencia de dicha industria se evidencia mucho más en procesos destinados a la obtención de productos o compuestos derivados, debido a diversos factores: económicos, culturales, sociales, pero en su mayoría, es debido a la falta de conocimiento de los procesos requeridos para procesar las materias primas (Yepes, Montoya, & Orozco, 2008).

2.2.2.2 Usos de la pectina

- La pectina es un aditivo esencial en la fabricación de muchos alimentos, ya que es un gelificante, estabilizante y espesante. La pectina es uno de los estabilizadores más requeridos por el mercado.
- En la actualidad es utilizada para la elaboración de jaleas, mermeladas y productos con y sin azúcar. La pectina ayuda a conseguir la consistencia deseada, reduce la creación

de agua o jugos en la superficie de los productos y también distribuye la fruta dentro del producto.

- La pectina actualmente es comercializada principalmente para usos industriales, pero en algunos mercados europeos son distribuidas a los consumidores como espesantes, el uso de pectina es amplio, a continuación, se detallan algunas aplicaciones (García Montoya & Penagos Gómez, 2011).

En la industria alimentaria la pectina según su estructura tiene diferentes usos que se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Usos de la pectina en la industria

	Pectina de alto metoxilo (HM)	Pectina de bajo metóxilo (LM)
Productos lácteos	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilización de bebidas lácteas ácidas 	<ul style="list-style-type: none"> • Yogures • Preparados de frutas para yogures • Preparados de frutas para cremas de postre
Aplicaciones de frutas	<ul style="list-style-type: none"> • Mermeladas tradicionales • Bebidas de frutas 	<ul style="list-style-type: none"> • Mermeladas bajas en calorías • Preparados de frutas para yogures • Preparados para rellenos de panadería/pastelería
Productos de confitería	<ul style="list-style-type: none"> • Pasta de fruta (combinada con gelatina) • Productos gelificados (combinados con gelatina) 	<ul style="list-style-type: none"> • Varios

(García Montoya & Penagos Gómez, 2011)

2.2.2.3 Porcentaje de metóxilo

Los grupos carboxilos de una cadena de pectina se encuentran parcialmente esterificados por radicales metilos (O-CH₃). Una pectina completamente metoxilada alcanzaría un 16.32% de grupo metóxilos, pero hasta hoy no se ha logrado aislar una de este tipo. La importancia de la metilación, radica en su relación con la propiedad más importante de formar geles, aunque existen discrepancias sobre cuán realmente importantes es su proporción dentro de la estructura de la pectina.

2.2.2.4 Pectinas de alto metóxilo.

Estas pectinas poseen la mayor parte del grupo carboxilo del ácido galacturónico esterificado, normalmente poseen más del 50% de unidades del ácido galacturónico, por lo tanto, son solubles en agua. De tal manera, estas pectinas forman geles en condiciones de pH entre 2.8 y 3.5 con un contenido de sólidos solubles que varían entre 60 y 70°Brix. El grado de esterificación de las pectinas de alto metóxilo influye mucho sobre sus propiedades, en particular; a mayor grado de esterificación, mayor es la temperatura de gelificación. Las pectinas se clasifican según su rapidez de gelificación y el medio, se utiliza comúnmente en la elaboración de mermeladas y conservantes de frutos (Quispe Condori, 2017).

Tipos de gelificación de pectina de alto metóxilo según su porcentaje de esterificación.

Tabla 2. Tipo de gelificación de pectinas

Gelificación de la pectina	Porcentaje de esterificación (%)
Lenta	60-67
Mediana	68-70
Rápida	71-76

(Quispe Condori, 2017)

2.2.2.5 Pectinas de bajo metóxilo.

Las pectinas de bajo metóxilo presentan un porcentaje inferior al 50% de esterificación. Las pectinas de bajo contenido de metóxilo no necesitan de la presencia de azúcares para gelificar, por lo tanto, las pectinas de bajo metóxilo requieren de cationes divalentes tales como el calcio para formar entrecruzamientos moleculares. Las pectinas de bajo metóxilo son menos sensibles a los cambios de pH es por esto que pueden formar geles en el intervalo de 2.5 a 6,5, las pectinas de bajo metóxilo se utilizan para elaborar conservas y productos de contenido bajo en azúcar, conocidos en la actualidad como productos dietéticos (Saavedra , 2015).

2.2.2.6 Grado de esterificación

Se refiere al porcentaje de grupos carboxil que son esterificados con metano; este porcentaje puede ser calculado por determinación del contenido de metóxilo. El grado de esterificación es uno de los parámetros más importantes para la estimación del comportamiento de la pectina, para determinar el tiempo de gelificación y su velocidad de dispersión en soluciones acuosas y su capacidad para formar geles normales o de bajo contenido de sólidos (Nizama, 2015).

2.2.2.7 Método de extracción

Existen diferentes técnicas para la extracción de pectina a partir de tejidos vegetales, en las cuales pueden utilizarse procedimientos físico-químicos, o enzimáticos. Con la finalidad de obtener un mayor rendimiento durante la extracción de sustancias pécticas, comúnmente se realizan pretratamientos al material vegetal para facilitar la extracción (Bravo, Franco, & Evelyn, 2015).

2.2.2.8 Hidrólisis ácida

La extracción de pectinas por métodos convencionales se lleva a cabo a temperaturas cerca de los 90°C por al menos una hora. Las pectinas continuamente se extraen y separan de los desechos de diversos frutos mediante acidificación. Comercialmente usando ácidos como el cítrico, clorhídrico, fosfórico, nítrico o sulfúrico, se obtienen pectinas a altas temperaturas para hidrolizar la protopectina. Después de concentrarlas, se precipita la pectina con la adición de alcohol, se seca, se granula y por último se tamiza. La extracción en soluciones acuosas ácidas no sensibles al calcio es apta para obtener pectinas (Bravo & Condo, 2015).

2.2.2.9 Extracción de pectinas por microondas

Los métodos de extracción convencional provocan la degradación térmica de proteínas, lo que por ende genera pérdidas de cantidad y calidad de la pectina extraída. Por tal razón, se han establecido nuevos métodos en donde la pectina puede extraerse con mejor calidad y rendimiento en menores tiempos, como es el caso de la extracción asistida con microondas, que ha mostrado obtener pectinas en menor tiempo demostrando un mejor rendimiento y calidad (Nizama, 2015).

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Pectina: Es el principal componente enlazante de la pared celular de los vegetales y frutas. Químicamente, es un polisacárido compuesto de una cadena lineal de moléculas de ácido D-galacturónico, las que unidas constituyen el ácido poli galacturónico.

Ácido D-galacturónico: es un monosacárido de 6 átomos de carbono correspondiente a la forma oxidada de la D-galactosa, por lo que también pertenece al grupo de los azúcares ácidos. Es el principal componente de las pectinas.

Monosacáridos: son glúcidos o hidratos de carbono más sencillos.

Metóxilo: es un grupo funcional o radical consistente en un grupo metilo unido a un oxígeno.

Esterificación: se denomina al proceso por el cual se sintetiza un éster. Un éster es un compuesto derivado formalmente de la reacción química entre un ácido carboxílico y un alcohol.

Hidrólisis: Formación de un ácido y una base a partir de una sal por interacción con el agua.

CAPÍTULO III.

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo experimental de esta investigación se realizó en la provincia de Pastaza, en la ciudad de Puyo en los laboratorios del Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica - CIPCA e instalaciones de la Universidad Estatal Amazónica que está ubicado en el Km. 2 1\2 vía Puyo- Napo en los Laboratorios de Agroindustria tales como Bromatología y Química.



Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad Estatal Amazónica.

Fuente:(Google Maps, 2019)

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación Descriptiva. - Es un estudio descriptivo con un enfoque cuantitativo por motivo de que se recolectarán datos químicos del contenido de pectina de la cáscara que ayudarán a la evaluación de la Pitahaya (Hernández, Fernández, & Baptista, 2016).

Investigación exploratoria. – Estos estudios tiene como objetivo examinar los problemas poco estudiados, en relación con el contenido de pectina de la en cáscara de pitahaya (Hernández, Fernández, & Baptista, 2016).

3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.3.1 Método de medición

Se busca establecer rangos cualitativos y cuantitativos (físicos y químicos), a través de un muestreo directo mediante el análisis físico químico en laboratorios con equipamiento apropiado, en torno a la determinación de *cenizas*, *humedad*, *metóxilos* y *esterificación* de las pectinas extraídas.

3.3.2 Material experimental

Tabla 3. Equipos y materiales

MATERIALES Y EQUIPOS	MATERIAL DE VIDRIO	REACTIVOS	MATERIAL AUXILIAR
Balanza analítica	Mortero	Ácido cítrico	Olla
Baño maría	Vasos de precipitación	Hidróxido de sodio	Lienzo
pH metro	Balón Erlenmeyer	Ácido clorhídrico	Papel aluminio
Rota evaporadores	Bureta		Brocha
Estufa	Probeta		Papel filtro
Molino	Matraz		Manguera de goma
Mufla	Agitador		

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Factores y niveles de estudio

Se realizó un diseño completamente al azar, con una muestra de 50g, a una temperatura de 90°C y tiempo de 90min.

Tabla 4. Diseño completamente al azar

Factor	Niveles	Observaciones
pH	2	4
	2.5	4
	3	4

Nota: se utilizó 12 unidades experimentales utilizando el método de hidrólisis acida.

Tipo de diseño experimental

Diseño completamente al azar. De 3*4 repeticiones

N.º tratamientos 3

N.º de repeticiones 4

Total, de unidades experimentales 12

3.3.4 Métodos estadísticos

Descriptivo: Utilizado para establecer las medias de los valores cuantitativos de la evaluación del contenido de pectina para su valoración con fines de aprovechamiento industrial. Para ello se debe obtener la desviación típica y barra de gráfico.

Análisis de varianza: Se realizó considerando como datos bases los expuestos (cenizas, humedad, metóxilos y esterificación) para este fin.

Prueba Tuckey: Se establecieron rangos cuantitativos para la categorización de los datos a recolectar, esto será comparado en base a las Normativas Ecuatorianas.

3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Proceso de extracción de la Pectina

3.4.1.1 Preparación de la materia prima

La cáscara debe ser lavada con agua clorada para evitar la propagación de bacterias, esto ayuda a prevenir la contaminación microbiana previo al proceso de extracción, a través de la inactivación de enzimas presentes en la cáscara (Mendoza, Jiménez , & Ramirez, 2017).

3.4.1.2 Triturado y secado

Para la obtención de pectina de cáscara de pitahaya, inicialmente se realizó un cepillado y lavado de la fruta para eliminar los microorganismos, se procedió a cortar las puntas de la fruta y se realizó 4 cortes en la parte externa para separar cáscara y pulpa. En bandejas de aluminio, se colocó las cáscaras para su respectivo secado en una estufa a 55 °C durante 72 horas para alcanzar un peso constante. La cáscara seca se ingresó a un molino de cuchillas para realizar la molienda respectiva (Zegada, 2015).

3.4.1.3 Extracción de la pectina - hidrólisis ácida.

1. El proceso de extracción por hidrólisis ácida se inició colocando 50 gramos de residuos secos y triturados en un vaso de precipitación.
2. Experimentalmente se determinó que por cada gramo de residuo se debían añadir 25 ml de agua destilada, Sobre esta base, se calculó la cantidad de agua necesaria para cada muestra.
3. Se procedió a la preparación del agua acidulada, para lo cual, se agregó ácido cítrico hasta llegar a las siguientes concentraciones de mezcla: ph de 2, 2,5 y 3.
4. Cuando se obtuvo la concentración deseada de pH, se mezclaron los residuos secos con el agua acidulada.
5. La mezcla se llevó a baño maría y se calienta a 90°C durante 90 minutos con agitación constante. Transcurrido este tiempo se filtró en caliente con la ayuda de un lienzo.
6. El líquido filtrado fue concentrado hasta eliminar ¼ de agua a través de un roto-evaporador.

7. Cuando se ha enfriado la disolución, se agregó etanol 95° a baja temperatura (ambiente) agitando fuertemente el recipiente para precipitar. Se consideró una relación de 2 litros de etanol 95° por cada litro de disolución.
8. Finalmente, se dejó reposar la mezcla final por un periodo mínimo de 12 horas (Zegada, 2015).

3.4.1.4 Filtrado y secado de la pectina

9. Se filtro la pectina precipitada y se lavó primero con etanol 95° y posteriormente con etanol al 75°.
10. La pectina precipitada, filtrada y lavada se extendió en una bandeja de aluminio resistente al calor y se seca en una estufa a 55 °C durante 12 horas aproximadamente o hasta obtener peso constante.
11. Una vez se haya secado se pesó y con la ayuda de un mortero se trituro la muestra. En este se obtiene la pectina final a ser caracterizada y evaluada (Zegada, 2015).

3.4.1.5 Diagrama de flujo del proceso

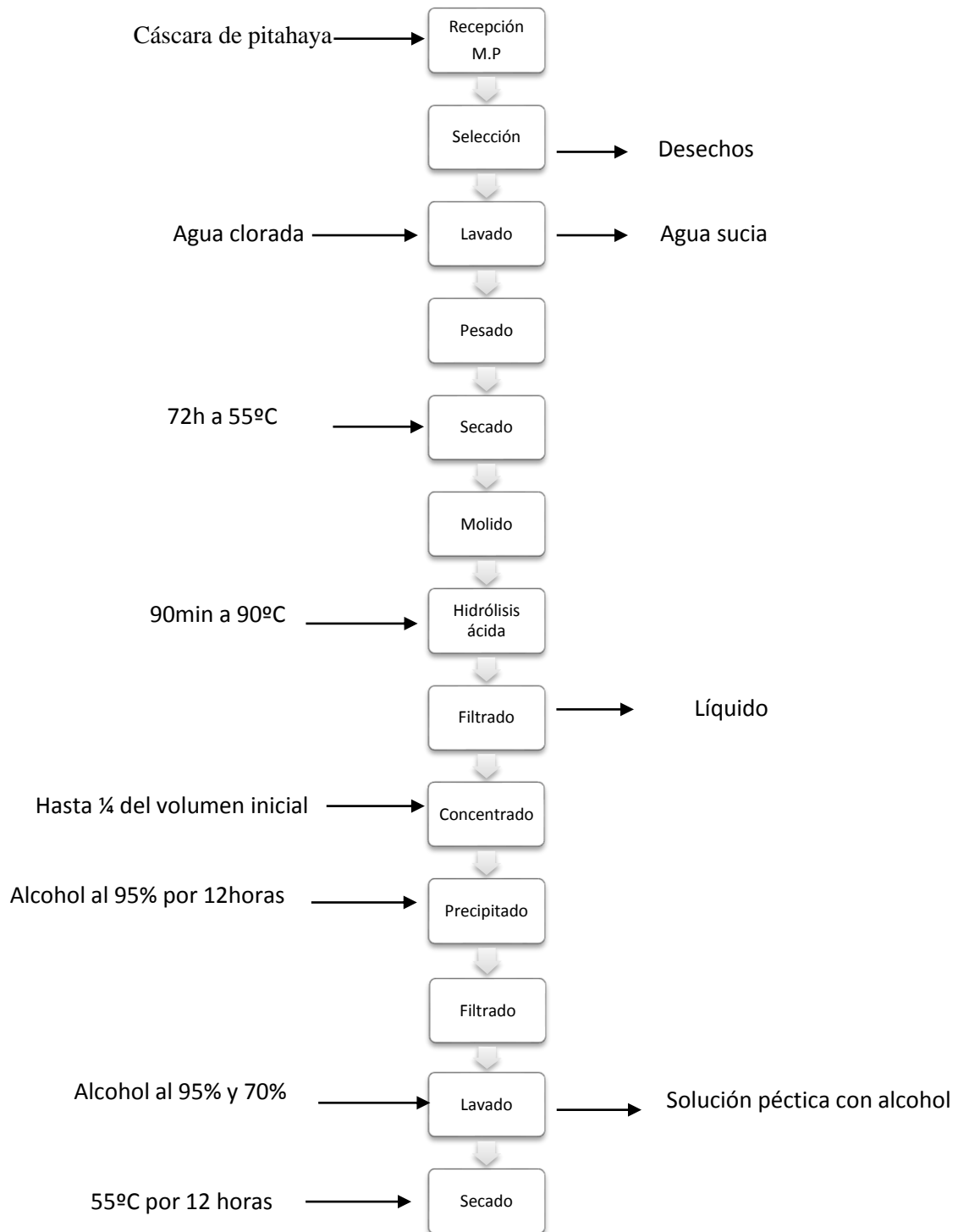


Figura 2. Diagrama de flujo

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Caracterización de la pectina

3.4.2.1 Determinación del contenido de cenizas.

Se pesó el crisol y se anotó su peso, sobre el mismo se pesó 2g de la muestra molida y fue transferida a una hornilla para quemar la muestra hasta carbonizarla. Colocar el crisol en la mufla a 600 °C durante 2 horas. Retirar el crisol de la mufla, dejarlo enfriar ligeramente y luego colocarlo en un desecador para que se enfríe, tomar el peso final (Cabarcas & Guerra, 2012).

El contenido de cenizas totales se realizó con la siguiente ecuación.

$$\% C = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} * 100 \quad (\text{Ec-1})$$

Donde:

- C: contenido de cenizas en % de masa
- m: peso del crisol vacío en gr
- m1: peso del crisol + muestra en gr
- m2: peso de crisol con cenizas en gr

3.4.2.2 Determinación del contenido de humedad

Para la determinación de humedad se pesaron 2 gramos de muestra de pectina en un recipiente de aluminio previamente seco y pesado. Posteriormente, se colocó el recipiente y su contenido en la estufa a 100-105°C por 2 horas. Enfriar y pesar la muestra para realizar los cálculos respectivos (Cabarcas & Guerra, 2012).

Para la determinación del contenido de humedad se utilizó la siguiente ecuación:

$$H = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} * 100 \quad (\text{Ec-2})$$

Donde:

- H: pérdida por calentamiento en % de masa
- m: masa del recipiente vacío, en gr
- m1: masa del recipiente con la muestra húmeda en gr

- m2: masa del recipiente con la muestra seca

3.4.3 Caracterización fisicoquímica.

Se realizó de acuerdo a la metodología planteada por (Owens et al, citado por García, 2009)

3.4.3.1 Determinación del porcentaje de metóxilos.

Para determinar el porcentaje de metóxilos se preparó la disolución péctica con 0.5g de sustancia péctica, en un erlenmeyer de 250 ml se agregó la sustancia péctica y se humedeció con 5 ml de alcohol al 95%, finalmente se agregó 100 ml de agua destilada.

A la disolución péctica se agregó 25 ml de hidróxido de sodio al 0.1N, se agitó y dejó en reposo por 30 min a temperatura ambiente, transcurrido los 30 min se agregó 25 ml de ácido clorhídrico a una concentración de 0.25N, mezclar perfectamente añadir 5 gotas de fenolftaleína como indicador, titular con hidróxido de sodio al 0.1N hasta alcanzar un pH de 7.5 o un color rojizo (Nizama, 2015).

La ecuación que se utilizó es la siguiente:

$$\% \text{ Metóxilo} = \frac{\text{meq B} * 31 * 100}{\text{mg componente ácido}} \quad (\text{Ec-3})$$

Donde:

- meq B: miliequivalentes de NaOH (hidróxido de sodio) utilizados en la titulación.
- 31: peso molecular del metoxilo (CH₃O) expresado en mg/meq
- Componente ácido: peso de la muestra (mg)

3.4.3.2 Grado de esterificación.

Para el grado de esterificación se utilizó el procedimiento descrito por Schultz.

Se valoró 10 ml de disolución de pectina, se rotuló 3 vasos de erlenmeyer con la letra E (carboxilos esterificados), T (carboxilos totales) y la letra C (control). En los vasos E y T se añadió 5 ml de disolución péctica respectivamente, 10 ml de agua destilada se añadió al frasco con el rotulado C, a los frascos E y T se le añadieron 5 ml de agua destilada. Al frasco E se añadió 5 gotas de fenolftaleína como indicador, con la ayuda de una bureta, se añadió gota a

gota hidróxido de sodio en una concentración de 0.1mol/L hasta alcanzar un pH de 7.5, esperar 30s y anotar el peso consumido de hidróxido de sodio. Por lo tanto, se añadieron 2 ml de NaOH 0,5 mol/l a todos los frascos y se dejó reposar por 30 min. Por último, se valoró potenciométricamente el contenido de iones hidroxilo residuales con una solución estándar de HCl 0,05 mol/l hasta pH 7,5, el cual debió permanecer estable durante 30 s. La diferencia entre el volumen de HCl consumido por el control y el consumido por los frascos E y T corresponde a los contenidos de grupos carboxilo esterificados y totales, respectivamente (Serrat & De la Fé Isaac, 2018).

El grado de esterificación (GE) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$GE(\%) = \frac{\text{moles de grupos carboxilo esterificado}}{\text{moles de grupos carboxilo totales}} * 100 \quad (\text{Ec-4})$$

3.4.4 Determinación del rendimiento del proceso de extracción.

Para el cálculo del rendimiento de pectina, se calculó la pectina pura libre de humedad y cenizas, se tomó el peso de la cáscara en base seca para realizar los respectivos cálculos. Para el porcentaje de rendimiento se utilizó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de Rend: } \frac{\text{pectina pura (g)}}{\text{peso prom.de cáscaras en base seca (g)}} * 100 \quad (\text{Ec-5})$$

CAPÍTULO IV.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Extracción de pectina de cáscara de pitahaya por hidrólisis ácida

Para la extracción de pectina de cáscara de pitahaya se utilizó el método de hidrólisis ácida, con variación en el pH (2, 2.5 y 3), se utilizó tiempo y temperatura constante (90 min a 90 °C), con una muestra de 50g de residuos secos, para la hidrólisis utilizamos ácido cítrico en diferentes concentraciones hasta alcanzar el pH deseado, obtuvimos pectina pura 17g a un pH de 2, en el siguiente tratamiento la pectina 15.20g a un pH 2.5 y en el último tratamiento se logró obtener una cantidad mayor de pectina equivalente a 17.90g a un pH 3 y obteniendo el mejor rendimiento de la masa total del 8.57% y por sus condiciones de pH.

Para cada variable (contenido de humedad, cenizas, grado metoxilo y esterificación), se aplicaron 4 tratamientos variando el factor de estudio (pH= 2, 2.5, 3).

4.1.2 Porcentaje de cenizas:

En la tabla 5 se presenta los resultados de los análisis del porcentaje de cenizas de acuerdo a las características y los tipos de tratamientos realizados en esta investigación.

Tabla 5. Porcentaje de cenizas de la pectina

Factor de estudio	Tratamientos			
pH	R1	R2	R3	R4
2	11,20	11,11	12,24	12,23
2,5	10,4	9,6	6,79	10,08
3	13,2	11,38	11,4	12,29

Fuente: Laboratorio de química de la UEA

A partir de la tabla 6 hasta la tabla 13, se aplica el análisis ANOVA utilizando el software INFOSTAT versión 2019, para la obtención de resultados del porcentaje de cenizas, humedad, metóxilo y grado de esterificación que se detallan en cada tabla antes mencionada.

Tabla 6. ANOVA Cenizas

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	19,2	2	9,59950833	7,44657841	0,0123555
pH	19,2	2	9,59950833	7,44657841	0,0123555
Error	11,6	9	1,28911667	CV:10,33%	
Total	30,8	11			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. TUKEY porcentaje de cenizas

pH	Medias	N	E.E.	Grupo	Grupo
2,5	9,22	4	0,57	A	
2	11,7	4	0,57		B
3	12,07	4	0,57		B

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos del análisis de varianza del % cenizas obtenidas de la cáscara de pitahaya amarilla, se observa en la tabla 7 que existen diferencias significativas en relación al porcentaje de cenizas de la pectina obtenida de la cáscara de cuerdo a los tratamientos para la producción de pectina. Con una prueba estadística Fisher de 7.44 y con una probabilidad de ocurrencia 1,2%. El coeficiente de variación de 1.28% permite tener una alta confiabilidad por las diferencias que existen entre los tratamientos de los resultados obtenidos. Por lo tanto, todos los tratamientos que se probaron altas diferencias significativas de porcentaje de cenizas, sin que los métodos y la forma de la obtención de la pectina influya sobre esta variable. Lo que concuerda con otros estudios, según la Food Chemicals Codex, el porcentaje máximo de cenizas para las pectinas comerciales es de 10%, según los datos arrojados el pH de 2.5 con un porcentaje de cenizas de 9.22%, es el único que cumple las especificaciones. El pH de 2 y de 3 pasan los rangos establecidos, esto se debe al tamaño de las partículas al momento que se realizó los análisis.

4.1.3 Porcentaje de humedad

Tabla 8. ANOVA de Humedad

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,09	2	0,0439	0,0725207	0,93058437
pH	0,09	2	0,0439	0,0725207	0,93058437
Error	5,45	9	0,60534444	CV:7,05%	
Total	5,54	11			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. TUKEY porcentaje de humedad

pH	Medias	N	E.E.	Grupo
2	10,92	4	0,39	A
2,5	11,06	4	0,39	A
3	11,13	4	0,39	A

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 y 9 se visualiza los resultados obtenidos del análisis de varianza para el contenido de humedad, en la tabla 9 se puede observar que no existen diferencias significativas entre las variables de pH. Con una prueba estadística Fisher de 0.072 y con una probabilidad de ocurrencia del 9.31%. El coeficiente de variación de 7.5% permite tener una adecuada confiabilidad por la homogeneidad de los resultados obtenidos, a pesar que no existe diferencia significativa en la variación de pH, el análisis del contenido de humedad nos arrojó que se encuentra dentro de los rangos establecidos por la Food and Agriculture Organization, Food Chemicals Codex y Environmental Export Council. Que indica que el porcentaje máximo para la humedad de las pectinas es de 12% (Nizama, 2015).

4.1.4 Porcentaje de metóxilo

Tabla 10. ANOVA de Metóxilo

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,87	2	0,93520833	2,38326986	0,14769974
pH	1,87	2	0,93520833	2,38326986	0,14769974
Error	3,53	9	0,39240556	CV:1,28 %	
Total	5,4	11			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. TUKEY porcentaje de metóxilo

pH	Medias	N	E.E.	Grupo
3	48,61	4	0,31	A
2,5	48,61	4	0,31	A
2	49,45	4	0,31	A

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 y 11 se observa los resultados de análisis de porcentaje de metóxilo. En la tabla 11 los datos arrojaron que no existen diferencias significativas entre las variables de pH. Con una prueba estadística Fisher de 2.38 y con una probabilidad de ocurrencia del 14.7%. El coeficiente de variación de 1.28% permite tener una adecuada confiabilidad por la homogeneidad de los resultados obtenidos, el porcentaje de metóxilo es de 49.45%, según Saavedra ,(2015) las pectinas de bajo metóxilo presentan un porcentaje inferior al 50% de esterificación, por lo tanto, el resultado obtenido nos indica que las pectinas se encuentran en la categoría de pectinas de bajo metóxilo.

4.1.5 Grado de esterificación

Tabla 12. ANOVA Esterificación

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	101,84	2	50,9196583	0,87173209	0,45075626
pH	101,84	2	50,9196583	0,87173209	0,45075626
Error	525,71	9	58,41205	CV:11,74%	
Total	627,55	11			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. TUKEY Esterificación

pH	Medias	N	E.E.	Grupo
3	61,28	4	3,82	A
2	65,63	4	3,82	A
2,5	68,36	4	3,82	A

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 y 13 para el grado de esterificación se puede visualizar que al 95% de confianza no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Con una prueba estadística Fisher de 0.71 y con una probabilidad de ocurrencia del 45.07%. El coeficiente de variación de 11.74 % permite tener una adecuada confiabilidad por la homogeneidad de los resultados obtenidos, el grado de esterificación es de 61,28% para el pH 3, 65,63% para el pH 2 y 68,36% para el pH 2.5. Según Quispe Condori(2017) hace referencia a la gelificación de pectinas con el porcentaje de esterificación que se visualiza en la tabla 2, por lo cual las pectinas que se evaluaron nos indican que el pH 3 y 2 son pectinas de bajo metóxilo con gelificación lenta, por otro lado, las pectinas de pH 2,5 se encuentran en los rangos de gelificación mediana.

4.1.6 Rendimiento

El la tabla 14 se observa los resultados obtenidos del porcentaje de rendimiento, donde la temperatura y tiempo fueron constante respectivamente (90 °C y 90 min).

Tabla 14. Porcentaje de rendimiento

Porcentaje de Rendimiento				
Ítem	pH	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Rendimiento (%)
pH	2	90	90	8,14
	2,5	90	90	7,28
	3	90	90	8,57

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se observa que, para diferentes valores de pH, bajo las mismas condiciones de tiempo y temperatura, el total del proceso no varía significativamente, con lo cual, se evidencia que el pH de la solución péctica, por sí sólo, no constituye un factor que influya mayormente en

el rendimiento total de la extracción de pectina. La obtención de pectina con los parámetros de ph de 2, 2.5 y 3, temperatura de 90 °C y 90 minutos, presentó un porcentaje de rendimiento del 8.14%, 7.28% y 8.57% respectivamente. Según Chaparro, Márquez, & Sánchez (2015) llegan a la conclusión que: a mayor temperatura y tiempo de hidrólisis aumenta el rendimiento de la pectina, pero disminuye su calidad, como podemos observar en la tabla 10 en contenido de grado de metóxilo es inferior al 50% , por lo tanto son pectinas de bajo metóxilo con una gelificación lenta (Chaparro, Márquez, & Sánchez, 2015).

CAPÍTULO V.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se realizó la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida, con cuatro repeticiones para cada valor de pH, de donde, sobre la base del análisis de resultados obtenidos al no existir diferencia significativa entre los valores obtenidos, se concluye que el pH no influye en términos de humedad, grado metóxilo y esterificación de la pectina extraída; mientras que en lo correspondiente al porcentaje de cenizas se encontró que los resultados presentaban varianza significativa.
- Para cada muestra de pectina obtenida, se realizó su caracterización mediante análisis físico químico en los laboratorios, a través de métodos convencionales para el caso del contenido de humedad, cenizas y a través del método de Owens para el caso del grado metóxilo y esterificación. Sobre esta base, se encontró que la humedad está dentro del rango conforme a la FAO (menor al 12%); mientras que el grado metoxilo clasifica a la pectina como de bajo grado metóxilo y esterificación de gelificación lenta y mediana.
- Dado que los valores del rendimiento del proceso de extracción no presentan diferencia significativa, se concluye que el pH por sí mismo, no constituye en un factor incidente en la cantidad de pectina que obtiene como resultado. Sin embargo, al existir variación considerable en lo referente la cantidad de cenizas, se puede inferir que el pH influye en la producción de cenizas presentes, lo cual a su vez puede incidir en la calidad final de la pectina obtenida.

5.2 RECOMENDACIONES

- El estudio de la influencia del pH por sí solo no consiguió mostrar diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que es recomendable añadir más variables de estudio que puedan influir en el método de extracción, como por ejemplo tiempo, temperatura, tipo de ácido empleado, así como ampliar el rango de pH incluyendo valores más bajos.
- Realizar análisis de compuestos fenólicos que puedan influir en la coloración de la pectina extraída, dado que, a nivel comercial, es de importancia que el color sea lo más "neutro" posible para poder utilizarlo en diversas aplicaciones industriales.
- A nivel industrial sería recomendable implementar un proceso de triturado sofisticado dado que los métodos convencionales no consiguen triturar completamente la muestra dejando producto con material particulado lo cual se considera producto defectuoso además de ocasionar pérdidas en el rendimiento.
- Se recomienda optimizar el proceso de extracción de pectina en función de las características fisicoquímicas de la materia empleada (variedad, nivel de madurez, condiciones ambientales), a fin de reducir los tiempos de procesamiento, mejor aprovechamiento de los subproductos, mejorar reacción estequiométrica y potenciar la calidad del producto a la vez que se reducen los costos y se mejora el rendimiento.

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA

- Chaparro, S., Márquez, R., & Sánchez, J. (2015). Extracción de pectina del fruto del higo (*Opuntia ficus indica*) y su aplicación en un dulce de piña. *SciELO*, 435-443.
- Quispe Condori, C. (15 de Febrero de 2017). Obtención de pectina de alto y bajo metóxilo de cáscara de arveja (*Pisum sativum*), por el método de hidrólisis ácida. *Universidad Nacional del Altiplano*. Perú:
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6487/Quispe_Condori_Catherin_Liz.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- Yepes, S., Montoya, L., & Orozco, F. (28 de Mayo de 2008). Valorización de residuos agroindustriales – frutas – en medellín y el sur del valle del aburrá, Colombia. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*.
Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v61n1/a18v61n1.pdf>?
- Banco Central del Ecuador. (2015). *Mercado Internacional de Pitahaya*. Quito: Banco Central del Ecuador.
- Bravo, A., & Condo, E. (2015). Comparación de la pectina obtenida a partir del aprovechamiento de las cáscaras de banano y cacao por el método de hidrólisis ácida. Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8938/1/BCIEQ-T-0113%20Bravo%20Mat%3adas%20Angela%20Mabel%3b%20Condo%20Franco%20Evelyn%20Ivonne.pdf>
- Bravo, M. A., Franco, C., & Evelyn, I. (2015). Comparación de la pectina obtenida a partir del aprovechamiento de las cáscaras de banano y cacao por el método de hidrólisis ácida. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8938>. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8938>
- Cabarcas, E., & Guerra, A. (2012). *Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción*. Cartagena de Indias.
- CORPOICA & PRONATTA. (2002). *Pitahaya Cosecha y Postcosecha*. (C. C. Agropecuaria, Ed.) Colombia: CORPOICA & PRONATTA.
- Diana Jordán Molina, J. S. (Abril de 2014). "Producción y Exportación de la Fruta Pitahaya hacia el mercado Europeo". Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Victor_Gonzalez_Jaramillo2/publication/28797001_Produccion_Y_Exportacion_De_La_Fruta_Pitahaya_Hacia_El_Mercado_Europeo/links/0046353

3d93455a21400000/Produccion-Y-Exportacion-De-La-Fruta-Pitahaya-Hacia-El-Mercado-Europh

- Esquivel, P., & Araya, Y. (28 de Junio de 2012). Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 113-129. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Patricia_Esquivel2/publication/327110925_Caracteristicas_del_fruto_de_la_pitahaya_Hylocereus_sp_y_su_potencial_de_uso_en_la_industria_alimentaria/links/5b7a3c5ea6fdcc5f8b55ac7d/Caracteristicas-del-fruto-de-la-pitahaya-
- García Montoya, C., & Penagos Gómez, C. E. (2011). *El entorno comercial de la pectina en la industria alimentaria antioqueña*.
- Google Maps. (Julio de 2019). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Universidad+Estatal+Amaz%C3%B3nica+-+UEA/@-1.4689575,-77.9981836,780m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x91d3e095452fca23:0xf701ae5f94cacb94!8m2!3d-1.4689575!4d-77.9959949>
- Guidi, A., & Arandia, M. (Octubre de 2010). Obtención de pectina a partir de la cáscara de maracuyá mediante hidrólisis ácida. *Revistas Bolivianas*. Obtenido de http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2075-89362010000300014&script=sci_arttext
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2016). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill Education.
- Huachi, L., & Yugsi, E. (2015). Desarrollo de la Pitahaya (*Cereus* Sp.) en Ecuador. *La Granja Revista de Ciencias de la Vida*, 7.
- Mendoza, L., Jiménez, J., & Ramirez, M. (2017). Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*.
- Molina, D., Vásconez, J., & Veliz, C. (2009). Producción y Exportación de la Pitahaya hacia el Mercado Europeo. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*, 14.
- Montesinos Cruz, J., Rodríguez Larra, L., Ortiz Pérez, R., Fonseca Flores, M., Ruíz Herrera, G., & Guevara Hernández, F. (2015). *Pitahaya (Hylocereus spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano*. México .
- Morales, Y., López, M., Chavarría, N., & Rodríguez, A. (s.f.). *Tuna y Xoconostle: fuentes de pectinas de interés alimentario*. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icap/article/download/2963/2984?inline=1>. Obtenido de

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icap/article/download/2963/2984?inline=1>

Nizama, K. (2015). *Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de cacao (Theobroma Cacao L.)*. Piura .

Saavedra , L. A. (2015). *Uso integral del maracuyá (Passiflora Edulis Flavicarpa) en la extracción de pectina y formulación de mermeladas*. Quito.

Serrat, M., & De la Fé Isaac, Á. (2018). Extracción y caracterización de pectina de pulpa de café de la variedad Robusta. *Revista Cubana de Química* , 522-538.

Yamunaqué, N., & Milagros, K. (2015). Obtención y caracterización de pectina extraída de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) mediante hidrólisis ácida. Piura:
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/382>. Obtenido de
https://media.proquest.com/media/pq/classic/doc/4032206001/fmt/pi/rep/NONE?_s=kREe3cRWuEB5PwHldwA6bq4Bdv0%3D

Zegada, V. (25 de Julio de 2015). Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas. *SciELO*.

ANEXOS

A. ESPECIFICACIONES OFICIALES DE PUREZA PARA PECTINAS COMERCIALES

CARACTERISTICAS	REFERENCIAS		
	FAO (1978)	FCC (1981)	EEC (1978)
Humedad	máx.12%	máx.12%	máx.12%
Cenizas ácido insolubles	máx.1%	máx.1%	máx.1%
Cenizas totales	-	máx.10%	-
Dióxido de Sulfuro	máx.50mg/kg	-	máx.50mg/kg
Metil sulfato de sodio	-	máx.0,1%	-
Metanol, etanol e isopropanol	máx.1%	-	máx.1%
Contenido de nitrógeno pectina amidada	máx.2,5%	-	máx.2,5%
Contenido de nitrógeno pectina	máx.0,5%	-	máx.0,5%
Ácido galacturónico	min. 65%	-	min.65%
Total de anhidrogalacturónico en el contenido de pectina	-	min. 70%	-
Grado de Amidación pectina amidada	máx.25%	máx.40%	máx.25%
Grado de esterificación de pectina HM	-	min 50%	-
Grado de esterificación de pectina LM	-	máx.50%	-
Arsénico, ppm	máx.3	máx.3	máx.3
Plomo, ppm	máx.10	máx.10	máx.10
Cobre, ppm	máx.50	-	-
Zinc, ppm	máx.25	-	máx.25
Cobre + Zinc, ppm	-	-	máx.50
Metales pesados	-	máx.40	-

B. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA



1. Preparación de la materia prima



2. Cáscara para el proceso secado



3. Cáscara seca



4. Molienda



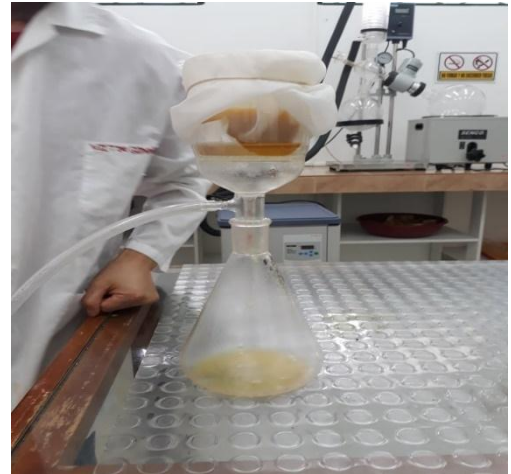
5. Preparación del agua acidulada



6. Mezcla de la muestra



7. Hidrólisis ácida



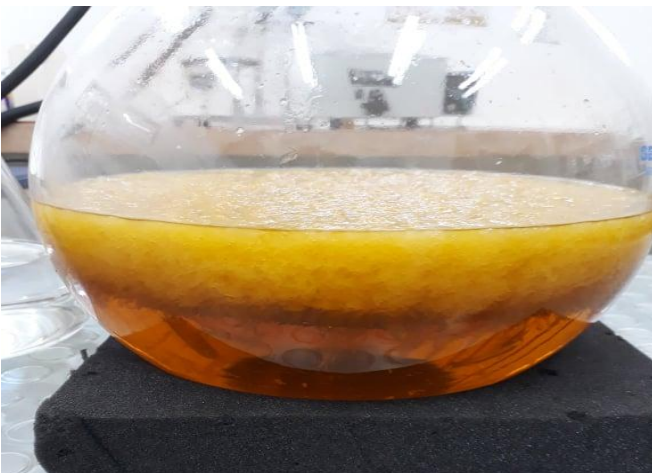
8. Filtrado



9. Concentrado para eliminar $\frac{1}{4}$ de agua



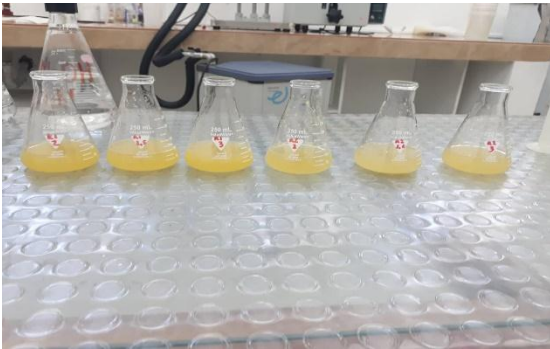
10. Precipitado de la pectina



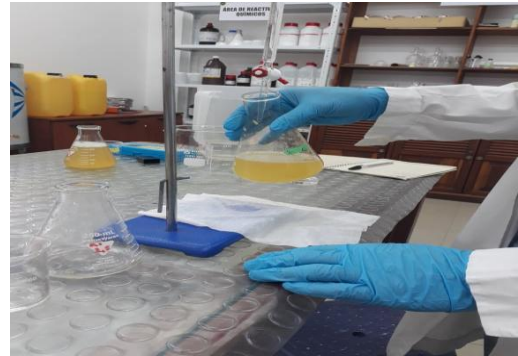
11. Reposo durante 24 horas



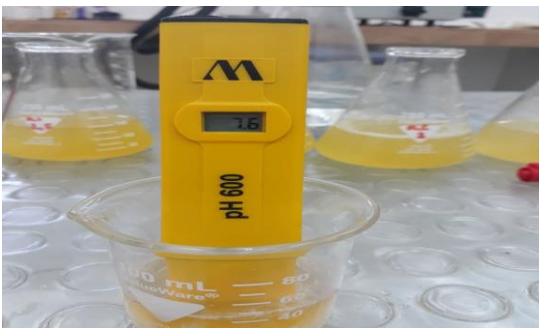
12. Secado de pectina precipitada



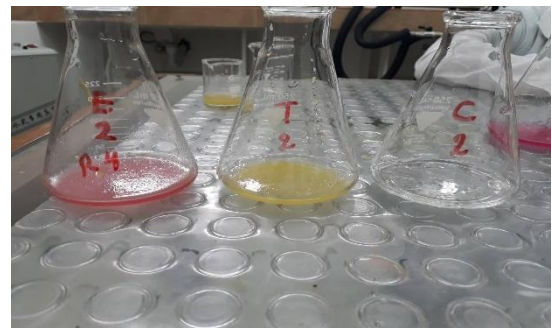
1. Metóxilo



2. Titulación



3. Control de pH



4. Grado de esterificación