



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE ESTADÍSTICA**

**“DISEÑO EXPERIMENTAL PARA ANALIZAR FACTORES QUE  
INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO DE PULPA DE MORA EN LA  
AGROINDUSTRIA MIS FRUTALES CIUDAD DE RIOBAMBA,  
ENERO – JUNIO 2020”**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para obtener el grado académico de:

**INGENIERA EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA**

**AUTORA: ANDREA BELÉN YUBAILLE CARRILLO**

**DIRECTORA: Dra. JAQUELINE ELIZABETH BALSECA CASTRO**

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **Andrea Belén Yubaille Carrillo**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Andrea Belén Yubaille Carrillo declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de agosto de 2021

Andrea Belén Yubaille Carrillo  
Firmado digitalmente por  
Andrea Belén Yubaille Carrillo  
Fecha: 2021.08.21 11:59:35  
-05'00'

Andrea Belén Yubaille Carrillo

060562181-2

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE ESTADÍSTICA**

El Tribunal del Trabajo de Titulación, certifica que: El trabajo de investigación: “**DISEÑO EXPERIMENTAL PARA ANALIZAR FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO DE PULPA DE MORA EN LA AGROINDUSTRIA MIS FRUTALES CIUDAD DE RIOBAMBA, ENERO – JUNIO 2020**”, de responsabilidad de la señorita Andrea Belén Yubaille Carrillo, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Natalia Alexandra Pérez Londo <b>PRESIDENTA DEL TRIBUNAL</b>	 NATALIA ALEXANDRA PEREZ LONDO Firmado digitalmente por NATALIA ALEXANDRA PEREZ LONDO Fecha: 2021.08.21 12:26:34 -05'00'	16 de agosto de 2021
Dra. Jaqueline Elizabeth Balseca Castro <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 JAQUELINE ELIZABETH BALSECA CASTRO Firmado digitalmente por JAQUELINE ELIZABETH BALSECA CASTRO Fecha: 2021.08.23 22:31:13 -05'00'	16 de agosto de 2021
Ing. Johanna Enith Aguilar Reyes <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>JOHANNA ENITH AGUILAR REYES</b>	16 de agosto de 2021

## **DEDICATORIA**

La presente investigación se la dedico a Dios por ser mi guía espiritual que necesité para escoger el camino correcto, por darme la fortaleza, valor, inteligencia para seguir adelante e iluminarme en cada instante de mi vida para no decaer y seguir adelante.

A mis padres Luis y Martha, quienes siempre me han sabido dar su apoyo, amor, sacrificio, comprensión en todo este largo camino. Por siempre enseñarme el valor de responsabilidad, humildad y ser mi inspiración para lograr mis sueños. A mis hermanas Fernanda y Elizabeth, por brindarme su apoyo constante y su amor incondicional. De igual manera a mis sobrinos Ariana y Alejandro por regalarme día a día su amor, y alegría por ser mi motor de inspiración y superación. A mis abuelos Elena, Ángela, Manuel, Francisco, quienes son para mí, un ejemplo claro de lucha, amor y dedicación. A mis amigas y amigos quienes me acompañaron durante esta etapa de mi vida, brindándome su amistad, consejos, sus alegrías, y tristezas gracias por haber sido parte de mi vida.

Andrea

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme sus puertas para prepararme y enfrentarme a retos llenos de esfuerzos y dedicación convirtiéndome en una persona responsable y con conocimientos para servir a la sociedad. De igual manera agradezco a todos mis maestros por su paciencia y por compartir sus conocimientos, haciendo de mí una mejor persona.

Un sincero agradecimiento a la Dra. Jaqueline Balseca directora del trabajo de titulación, Ing. Johanna Aguilar miembro de tribunal, por su valiosa colaboración y tiempo en el asesoramiento de este trabajo de investigación. A la Ing. Adriana Abarca gerente de la agroindustria Mis Frutales por la facilidad de aplicar la investigación en su prestigiosa empresa.

Andrea

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY/ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>4</b>
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Planteamiento del Problema.....	6
1.3. Justificación.....	6
1.4. Objetivos.....	8
1.4.1. <i>Objetivo General</i> .....	8
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	8
1.5. Bases Teóricas.....	9
1.5.1. <i>Pulpa de fruta</i> .....	9
1.5.2. <i>Mora</i> .....	10
1.5.3. <i>Análisis organoléptico y físico químico</i> .....	10
1.5.3.1. <i>Ph</i> .....	10
1.5.3.2. <i>Grados Brix</i> .....	10
1.5.4. <i>Proceso de elaboración de pulpas de fruta</i> .....	11
1.5.5. <i>Recepción y pesaje de materia prima</i> .....	11

<b>1.5.6.</b>	<b><i>Fase de separación y transformación</i></b> .....	12
<b>1.5.7.</b>	<b><i>Fase de conservación</i></b> .....	13
<b>1.5.8.</b>	<b><i>Equipos de control de las frutas</i></b> .....	13
<b>1.5.8.1.</b>	<i>pH (Metro)</i> .....	13
<b>1.5.8.2.</b>	<i>Refractómetro</i> .....	13
<b>1.5.9.</b>	<b><i>Rendimiento de producción</i></b> .....	13
<b>1.6.</b>	<b>Bases Conceptuales</b> .....	14
<b>1.6.1.</b>	<b><i>Estadística descriptiva</i></b> .....	14
<b>1.6.2.</b>	<b><i>Medidas de tendencia central</i></b> .....	14
<b>1.6.2.1.</b>	<i>Media</i> .....	14
<b>1.6.2.2.</b>	<i>Mediana</i> .....	15
<b>1.6.3.</b>	<b><i>Medidas de dispersión</i></b> .....	15
<b>1.6.3.1.</b>	<i>Varianza</i> .....	15
<b>1.6.3.2.</b>	<i>Desviación estándar</i> .....	15
<b>1.6.4.</b>	<b><i>Diseño estadístico de experimentos</i></b> .....	16
<b>1.6.4.1.</b>	<i>Variable respuesta</i> .....	17
<b>1.6.4.2.</b>	<i>Factor controlable</i> .....	17
<b>1.6.4.3.</b>	<i>Nivel y tratamiento</i> .....	17
<b>1.6.4.4.</b>	<i>Error aleatorio y error experimental</i> .....	17
<b>1.6.5.</b>	<b><i>Validación de Supuestos</i></b> .....	18
<b>1.6.5.1.</b>	<i>Normalidad</i> .....	18
<b>1.6.5.2.</b>	<i>Homogeneidad</i> .....	20
<b>1.6.5.3.</b>	<i>Independencia</i> .....	20
<b>1.6.6.</b>	<b><i>Análisis de Varianza (ANOVA)</i></b> .....	21
<b>1.6.6.1.</b>	<i>Valor P</i> .....	21
<b>1.6.7.</b>	<b><i>Diseños factoriales</i></b> .....	22
<b>1.6.7.1.</b>	<i>Diseño factorial general 2<sup>k</sup></i> .....	22



<b>1.6.7.2.</b>	<i>Estimación de contrastes, sumas de cuadrados</i> .....	22
<b>1.6.7.3.</b>	<i>ANOVA para el factorial <math>2^k</math></i> .....	23
<b>1.6.7.4.</b>	<i>Diseño factorial <math>2^k</math> no replicado</i> .....	23
<b>1.6.8.</b>	<b><i>Gráfico de efectos de Daniel</i></b> .....	24
<b>1.6.8.1.</b>	<i>Diagrama de Pareto de efectos</i> .....	24
<b>1.6.8.2.</b>	<i>Colapsación o proyección del diseño</i> .....	25
<b>1.6.9.</b>	<b><i>Efecto principal e interacción</i></b> .....	25
<b>1.6.10.</b>	<b><i>Modelo de regresión</i></b> .....	25
<b>1.6.10.1.</b>	<i>Predicciones</i> .....	26
<b>1.6.11.</b>	<b><i>Representación geométrica del diseño <math>2^3</math></i></b> .....	26
<b>1.6.12.</b>	<b><i>Coefficiente de determinación <math>R^2</math></i></b> .....	27

## **CAPÍTULO II**

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	28
<b>2.1.</b>	<b>Tipo y diseño de investigación</b> .....	28
<b>2.2.</b>	<b>Localización del estudio</b> .....	28
<b>2.3.</b>	<b>Población de estudio</b> .....	29
<b>2.4.</b>	<b>Tamaño de la Muestra</b> .....	29
<b>2.5.</b>	<b>Método de muestreo</b> .....	29
<b>2.6.</b>	<b>Técnica de recolección de datos</b> .....	29
<b>2.7.</b>	<b>Análisis estadístico</b> .....	29
<b>2.8.</b>	<b>Identificación de variables</b> .....	30
<b>2.9.</b>	<b>Operacionalización de variables</b> .....	30

## CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1.</b>	<b>Análisis exploratorio y gráfico del peso de la materia prima.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1.1.</b>	<i>Análisis de la producción total de pulpa .....</i>	<i>34</i>
<b>3.2.</b>	<b>Obtención del rendimiento de producción de pulpa de Mora .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.</b>	<b>Matriz de Datos del diseño.....</b>	<b>36</b>
<b>3.4.</b>	<b>Introducción de datos en el software RStudio .....</b>	<b>37</b>
<b>3.4.1.</b>	<i>Análisis exploratorio del rendimiento de pulpa de mora .....</i>	<i>37</i>
<b>3.4.2.</b>	<i>Comprobación del supuesto de normalidad .....</i>	<i>38</i>
<b>3.5.</b>	<b>Diseño factorial 2<sup>4</sup>.....</b>	<b>40</b>
<b>3.5.1.</b>	<i>Diagrama de Pareto.....</i>	<i>40</i>
<b>3.5.2.</b>	<i>Gráfico de Daniel .....</i>	<i>41</i>
<b>3.6.</b>	<b>ANOVA del modelo 1.....</b>	<b>41</b>
<b>3.6.1.</b>	<i>Análisis de ANOVA .....</i>	<i>42</i>
<b>3.7.</b>	<b>Modelo 2 ANOVA Mejorado.....</b>	<b>46</b>
<b>3.8.</b>	<b>Gráfica de efectos principales.....</b>	<b>49</b>
<b>3.8.1.</b>	<i>Gráfica de efectos de interacción doble.....</i>	<i>50</i>
<b>3.8.2.</b>	<i>Gráficos de efectos principales significativos .....</i>	<i>51</i>
<b>3.9.</b>	<b>Diagnóstico del modelo.....</b>	<b>54</b>
<b>3.10.</b>	<b>Análisis del modelo de regresión .....</b>	<b>58</b>
<b>3.10.1.</b>	<i>Estimación del modelo de regresión.....</i>	<i>58</i>
<b>3.11.</b>	<b>Gráfica experimental predicha.....</b>	<b>59</b>
<b>3.12.</b>	<b>Coefficiente de determinación.....</b>	<b>59</b>

<b>CONCLUSIONES</b> .....	60
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	61
<b>GLOSARIO</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Tabla de signos del diseño factorial $2^3$ efectos principales.....	26
<b>Tabla 1-2:</b> Operalización de variables.....	30
<b>Tabla 1-3:</b> Factores y niveles del diseño .....	32
<b>Tabla 2-3:</b> Matriz del diseño factorial $2^4$ .....	36
<b>Tabla 3-3:</b> Región de Rechazo Modelo 1 .....	46
<b>Tabla 4-3:</b> Región de Rechazo Modelo 2 .....	48
<b>Tabla 5-3:</b> Coeficientes del modelo de regresión .....	58

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfica 1-1:</b>	Diagrama de Flujo para la elaboración de Pulpa.....	11
<b>Gráfica 2-1:</b>	VARIABLES de un proceso.....	16
<b>Gráfica 3-1:</b>	Representación geométrica del diseño factorial $2^3$ .....	27
<b>Gráfica 1-3:</b>	Diagrama de caja del peso de la Mora.....	33
<b>Gráfica 2-3:</b>	Diagrama de caja de la producción total de pulpa de Mora.....	34
<b>Gráfica 3-3:</b>	Proceso de elaboración.....	35
<b>Gráfica 4-3:</b>	Diagrama de caja de los Rendimiento de pulpa de Mora.....	38
<b>Gráfica 5-3:</b>	Gráfico de Normalidad.....	39
<b>Gráfica 6-3:</b>	Diagrama de Pareto de Efectos.....	40
<b>Gráfica 7-3:</b>	Gráfica de Daniel.....	41
<b>Gráfica 8-3:</b>	Gráfica de los efectos principales.....	49
<b>Gráfica 9-3:</b>	Gráfica de interacción doble de los efectos.....	50
<b>Gráfica 10-3:</b>	Gráfica del efecto principal Grados Brix .....	51
<b>Gráfica 11-3:</b>	Gráfica del efecto principal pH.....	52
<b>Gráfica 12-3:</b>	Gráfica del efecto principal Temperatura de cocción.....	53
<b>Gráfica 13-3:</b>	Gráfica de normalidad.....	54
<b>Gráfica 14-3:</b>	Gráfico de supuestos.....	57
<b>Gráfica 15-3:</b>	Gráfico de cubo y respuesta predicha .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Pulpa de Mora .....	9
<b>Figura 1-2:</b>	Mapa del Cantón de Riobamba .....	28
<b>Figura 1-3:</b>	Análisis exploratorio del peso de la Mora .....	33
<b>Figura 2-3:</b>	Medidas de dispersión y de forma .....	33
<b>Figura 3-3:</b>	Análisis exploratorio de la producción total de pulpa .....	34
<b>Figura 4-3:</b>	Medidas de dispersión y de forma.....	35
<b>Figura 5-3:</b>	Introducción de los datos al Software RStudio .....	37
<b>Figura 6-3:</b>	Análisis del rendimiento de pulpa de Mora .....	37
<b>Figura 7-3:</b>	Medidas de dispersión y de forma.....	37
<b>Figura 8-3:</b>	Test de Normalidad .....	39
<b>Figura 9-3:</b>	Resultado Diseño factorial $2^4$ Modelo 1 .....	45
<b>Figura 10-3:</b>	Resultado Diseño factorial $2^4$ Modelo .....	48
<b>Figura 11-3:</b>	Test de Normalidad del error .....	54
<b>Figura 12-3:</b>	Test estadístico de Bartlett .....	55
<b>Figura 13-3:</b>	Test estadístico de Durbin-Watson .....	56

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** COMANDOS RSTUDIO

**ANEXO B:** AVAL DE LA AGROINDUSTRIA MIS FRUTALES

**ANEXO C:** MATRIZ DE DATOS DEL CONTROL DE RENDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN

**ANEXO D:** REGISTRO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA MORA

**ANEXO E:** REGISTRO DE VERIFICACIÓN DEL CONTROL DE LA MATERIA PRIMA

**ANEXO F:** NORMAS INEN

**ANEXO G:** CONTROL DE CALIDAD DE LA MORA

**ANEXO H:** ESCALDADO DE LA FRUTA

**ANEXO I:** DESPULPADO DE LA MORA

**ANEXO J:** PRODUCTO FINAL

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar los factores que influyen en el rendimiento de pulpa de mora en la agroindustria Mis Frutales enero – junio 2020, mediante la aplicación de un diseño factorial  $2^4$  sin réplica, se identificó cuatro factores: Grados Brix, pH que intervienen en la materia prima y la temperatura de cocción, tiempo de cocción que son parte del proceso de elaboración, sobre la variable Rendimiento cada factor con dos niveles de prueba. Este estudio es transversal debido a que se llevó a cabo en un período de tiempo determinado. La población corresponde al total de 13120 kilos de mora que cumplen con la norma INEN 2 337. Para la matriz de datos se trabajó con la Ing. Adriana Abarca gerente de la agroindustria, donde se obtuvo una muestra de 16 puntos experimentales. Mediante el análisis gráfico y analítico los factores más significativos es la presencia de los grados Brix, pH y temperatura de cocción, obteniéndose que el punto que maximiza es (1,1,1): a un nivel alto de 12 °Bx; 3,2 pH y 85°C temperatura de cocción y el que minimiza el rendimiento es (-1,-1,-1): a un nivel bajo de 9 °Bx, 3 pH y 83°C temperatura de cocción. Se determinó el rendimiento de mora estimado para maximizar un valor de 94,88%, esta estimación es confiable puesto que el modelo tiene un alto coeficiente de determinación del 89,67%. Se concluye que los factores antes mencionados a un nivel bajo de 9 °Bx, 3 pH y 83°C Temperatura de cocción están provocando pérdidas. Por lo tanto, se recomienda a la agroindustria trabajar con materia prima que cumpla con los parámetros de calidad, puesto que en los resultados de la investigación los grados Brix, pH influyen de manera significativa en el rendimiento de producción de pulpa de mora.

**Palabras clave:** <DISEÑO FACTORIAL>, <PUNTOS EXPERIMENTALES>, <MAXIMIZAR>, <MINIMIZAR>, <FACTORES>



Firmado electrónicamente por:  
JHONATAN RODRIGO  
PARREÑO UQUILLAS



22-03-2021

0805-DBRAI-UPT-2021



## SUMMARY/ABSTRACT

The present research work aimed to determine the factors that influence the yield of blackberry pulp in the agro-industry Mis Frutales in the period January - June 2020, through applying a factorial design 24 without replication, four factors were identified: Brix degrees, pH that intervenes in the raw material and the cooking temperature, cooking time that is part of the elaboration process, on the yield variable, each factor with two test levels. This study is cross-sectional because it was carried out in a certain period of time. The population corresponds to the total of 13,120 kilos of blackberries that comply with the INEN 2 337 standard. For the data matrix, we worked with engineer Adriana Abarca, manager of the agro-industry, where a sample of 16 experimental points was obtained. Through graphical and analytical study, the most significant factors are the presence of degrees Brix, pH and cooking temperature, obtaining that the point that maximizes is (1,1,1): at a high level of 12 ° Bx; 3.2 pH and 85 ° C cooking temperature and the one that minimizes performance is (-1, -1, -1): at a low level of 9 ° Bx, 3 pH and 83 ° C cooking temperature. The estimated default yield was determined to maximize a value of 94,88%, this estimate is reliable since the model has a high coefficient of determination of 89.67%. It is concluded that the aforementioned factors to a Low level of 9 ° Bx, 3 pH and 83 ° C Cooking temperatures are causing losses. Therefore, it is recommended to the agro-industry to work with raw material that meets the parameters of quality, since in the results of the investigation, the Brix degrees and pH influence in a significant way in blackberry pulp production yield.

**Keywords:** <FACTORIAL DESIGN>, <EXPERIMENTAL POINTS>, <MAXIMIZE>, <MINIMIZE>, <FACTORS>

## INTRODUCCIÓN

La producción de mora a nivel nacional e internacional, implementa buenas prácticas acordes a la comercialización y producción de pulpa extraída de fruta natural en las agroindustrias, las mismas que deben ser procesadas bajo normas de calidad. Contando con un equipo responsable de la inocuidad en cada proceso productivo de la pulpa de fruta teniendo en cuenta que deben ser productos frescos que garanticen un apoyo nutricional y vitamínico permitiendo así que el cultivo sea rentable para los consumidores (Ayala *et al.*, 2016, pp. 10–9).

El presente trabajo titulado “Diseño experimental para analizar factores que influyen en el rendimiento de pulpa de mora en la agroindustria Mis Frutales ciudad de Riobamba, enero – junio 2020”. Se lleva a cabo con el objetivo de determinar qué factores influyen en el bajo rendimiento de pulpa mediante la aplicación de un diseño experimental y con ello presentar el mejor tratamiento que ayude a obtener mejoras en el proceso.

Debido a la alta demanda de producción se analizan aspectos importantes y de interés para los administradores de la agroindustria ya que se evidencio que el rendimiento de la pulpa de mora ha disminuido en los meses de enero – junio 2020. Considerando los siguientes factores (PH, Grados Brix) de la materia prima, (Temperatura de cocción, Tiempo de cocción) del Proceso, como afectan a la variable dependiente (Rendimiento de producción) cada factor con dos niveles de prueba.

Mediante la implementación del diseño factorial 2<sup>4</sup> se podrá obtener conclusiones válidas y objetivas para la toma de decisiones que ayude a solventar los problemas en la agroindustria. La aplicación del diseño conduce a un análisis estadístico mediante la utilización del software libre RStudio ayudando así a la optimización de tiempo y recursos, para ello la investigación se ha estructurado de la siguiente manera: CAPITULO I (Marco referencial, Antecedentes, Planteamiento del problema, Justificación, Objetivos, Marco teórico referencial), CAPITULO II (Marco metodológico), CAPITULO III (Análisis e interpretación de resultados, finalmente las conclusiones, recomendaciones, anexos, bibliografía).

Los resultados obtenidos sirven para validar la metodología aplicada para el análisis mencionado, además de servir como referencia para el estudio de otros problemas que conlleven a la pérdida en la

producción. La metodología empleada en el desarrollo de la presente investigación se validará conforme el análisis de los resultados.

La agroindustria implica toda actividad que se dedica a la transformación de materia prima procedente de la agricultura, generando varios efectos macroeconómicos como la creación de fuentes de trabajo, en la actualidad se optan nuevas costumbres de los consumidores, considerando su preferencia se enfoca al consumo de jugos, esto se ha convertido en una alternativa de desarrollo económico para el Ecuador, puesto que las personas optan por productos de fácil requerimiento y preparación con tiempo reducido. La agroindustria también se encarga del control de la materia prima y del proceso para determinar el color, textura, acidez, Grados Brix, índice de madurez y la ausencia de daños externos e internos de la fruta, la pulpa natural se ha categorizado en una fuente de elaboración de jugos rápidos. “De esta manera, encontrándose en diferentes cadenas de almacenes, restaurantes, colegios, universidades siendo de beneficio para el consumidor” (Alvarado, 2011, p. 4).

El Ecuador cuenta con una extensa variedad de frutas como la (*Rubus glaucus* Benth) conocida como mora de castilla originaria de las zonas de América, se considera como una especie de alta demanda, que actualmente es vendida en nuestro país por los agricultores en mercados locales a bajos costos, debido a la producción masiva y por ser un producto perecible, demostrando que no han logrado una actividad productiva segura (Sánchez *et al.*, 2018, p. 4).

Viles, Álvarez y Tanco, (2008, p. 3) exponen en su trabajo realizado sobre la importancia del diseño de experimentos que las empresas deben contar con procesos óptimos que cuenten con la menor inestabilidad para aumentar la rentabilidad en la producción.

Por medio del proceso de congelación se alarga la vida útil de la fruta evitando fermentaciones en dependencia de las frutas frescas, teniendo una gran ventaja que en épocas de abundancia y cosecha la fruta de la puede conservar y procesar como pulpa para abastecer cuando exista escases, la mora tiene como vida útil hasta aproximadamente un año. “La pulpa de mora es un producto muy comercializado en la industria alimenticia debido a sus propiedades organolépticas como el sabor, olor, color, textura, inicial de la fruta” (Cunalata, 2018b, p. 20).

Existe factores que causan alteraciones en la calidad del producto como fermentaciones que son causadas en su mayor parte por levaduras, la fruta por lo general tiene un bajo contenido de carbohidratos (13,2%), grasas (0,53%) y proteínas (0,88%). El pH de igual manera juega un papel

importante como factor seleccionador y como retardante del crecimiento microbiano, generando así los principales microorganismos de deterioro en productos derivados de las frutas como mohos, hongos, levaduras y bacterias ácido lácticas, cuando estos microorganismos no toleran un medio ácido causan pudrición en la mayoría de las frutas (Anchía, 2003, p. 10).

“El diseño de experimentos constituye una herramienta importante dentro de la industria de la producción y manufactura de productos, especialmente cuando la intención de los productores es solucionar problemas, permitiendo así estudiar los factores que influyen en un proceso y de esa forma proponer un tratamiento con niveles específicos” (Alvarado, 2011, p. 7).

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Antecedentes

Según (Cunalata, 2018) de la Universidad Nacional de Chimborazo en su tesis titulada “Diseño del proceso para la extracción de pulpa a partir de mora para la asociación de producción agrícola cadena Provincial de mora Asoprocamor Tungurahua” menciona que la materia prima utilizada en este proyecto fue la mora de castilla, una de las mejores en su variedad debido a su alto rendimiento para la obtención de pulpa, es considerada una duradera ya que no se descompone de inmediato, su sabor es dulce, su tamaño es grande y sus Grados Brix adecuados, considerando así a la mora que no cumple con estos requerimientos debe ser rechazada. En la elaboración se obtuvo como rendimiento de la fruta para la producción de pulpa un 52%. Este proceso utiliza un tratamiento térmico corto el cual se aplica en diferentes frutas con el fin de ablandar tejidos y con esto aumentar el rendimiento, facilitando la reducción de carga microbiana e inactivar las enzimas que pueden afectar características como el color, sabor, aroma y apariencia (Cunalata, 2018b, p. 22).

Debido a la gran demanda de consumo de mora las agroindustrias en los últimos años han considerado que la pulpa de mora brinda grandes características nutricionales, convirtiéndolo en un alimento 100% natural que es comercializado tanto nacional como internacional. La vida útil de la mora está considerada en un rango de 3 - 5 días, por su alto contenido de agua, tras el almacenamiento pos cosecha (Alarcón, 2014, p. 25).

Efectivamente, la fruta se debe almacenar entre 0 y 5 ° C, con humedad relativa (HR) entre 85-95 % por un periodo de 4 días, para evitar la deshidratación del fruto y garantizar un producto de calidad. Generalmente, la mora es un alimento altamente fácil de dañarse, por lo que necesita ciertas condiciones de conservación y manejo. Dando así su principal causa de deterioro es el ataque por diferentes microorganismos (bacterias, levaduras y mohos). Por tal razón es indispensable implementar métodos de conservación para ofrecer productos de calidad para el consumidor (Alarcón, 2014, p. 27).

En el 2004 en la Escuela Superior Politécnica de Litoral se desarrolló una investigación acerca de la “Evaluación Económica, Financiera Procesadora de pulpa de mora” donde se menciona que en nuestro país se empezó a producir pulpas de fruta a partir de años atrás gracias a la implementación de la tecnología. En el transcurso del tiempo las empresas empezaron a importar maquinaria que brinde un mejor rendimiento a la producción, Es así como Ecuador ha mantenido un crecimiento constante. “En el año 1998 el fenómeno del niño provocó pérdidas no solo a los productores de la materia prima y el producto procesado, sino también a todo el sector agrícola de nuestro país” (Esparza y Paladines, 2009, p. 4).

Por otra parte según Llumiquinga y Patiño (Tello, 2017) indica que la proporción de materia prima de pulpa dedicada para cada producto se hace según la preferencia hacia el producto. En este proceso se debe tener un control cuando se lleva la fruta a la despulpadora, debido a que influye en la calidad de pulpa, si se considera un despulpado fino se obstaculizará mucha fibra, disminuyendo así el porcentaje de rendimiento del producto final obteniendo pérdidas en el producto elaborado (Llumiquinga y Patiño, 2007, pp. 145–166).

La Compañía procesadora de pulpa de fruta Rica Pulpa presenta a la venta pulpa de fruta, a través de un proceso de elaboración con medidas de calidad óptimas para el cliente, la congelación permite mantener la fibra, consistencia en cuanto a la fruta que es procesada (Herrera, 2014, p. 23).

En el 2014 en la Universidad ICESI de Santiago de Cali se realizó un estudio en la compañía productora de pulpas de fruta “RICA PULPA SAS” su objetivo se basa en explorar las diferentes oportunidades atractivas de fabricación y comercialización productos de calidad considerando así a la pulpa congelada uno de los productos más vendidos a nivel nacional e internacional generando fuentes de trabajo para los agricultores. La pulpa por su textura y su carga microbiana este producto debe estar libre de materia extraña. Si no se lleva un adecuado control el producto estaría presentando un ligero cambio en color, causando problemas en el producto final (Herrera, 2014, p. 25).

Verónica Calero realizó un estudio en el 2010 sobre “LA PREFACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE MORA” donde menciona que la utilización de nuevas tecnologías en busca de obtención de altos rendimientos sin que estas afecten al ecosistema. Las técnicas convencionales de producción dan mayor realce al uso indiscriminado de químicos que perjudican la salud de los productores y consumidores (Calero, 2010, p. 17).

Richard Auquillas (2019, p. 16) realizó un estudio sobre “PLAN DE MEJORAMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE MORA EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL DE BOLÍVAR” donde menciona que, en el Ecuador existe aproximadamente un 60% de mora que es distribuida en tiendas y plazas para que pueda ser degustado por las personas, de modo que cierto porcentaje que se comercializa es para la elaboración de jugos, mermeladas el cultivo de la mora soporta cualquier temperatura. Su humedad oscila entre el 70-90% (Auquillas, 2019, p. 16).

El artículo publicado en el 2020 sobre el “RENDIMIENTO DE CALIDAD DE MORA EN LAS ZONAS PRODUCTORAS DE BOLÍVAR” menciona que la baja rentabilidad de la pulpa está inmerso al manejo de control de calidad que prestan las agroindustrias. En el trabajo efectuado se concluyó que el rendimiento de la pulpa de mora mínimo fue de un 80 %, y que los resultados de este trabajo son inferiores, por lo tanto se estima que la calidad y el costo nutritivo de la mora, permanecen influenciados por en su proceso de maduración, conservación y subsiguiente procesamiento (Santos, 2020, p. 4).

Determinando así que la etapa de maduración de los frutos intervienen para estipular cuando se cosecha o no los productos, debido a que los frutos maduros presentan menor fibra al momento de ser procesados, considerando que los factores como la calidad, PH, sólidos solubles, acidez y etapa de madurez deben cumplir con la norma INEN en este estudio realizado (Santos, 2020, p. 6).

## **1.2. Planteamiento del Problema**

¿Cuáles son los factores que influyen en el bajo rendimiento de pulpa de mora en la empresa agroindustrial Mis Frutales de la ciudad de Riobamba durante el período enero – junio del 2020?

## **1.3. Justificación**

Hoy en día el desarrollo tecnológico con la demanda de productos ha incrementado en las grandes ciudades permitido que las agroindustrias elaboren pulpas de frutas natural como una diferente manera de comercialización y optimización de los productos consiguiendo así: mayor durabilidad de los productos como frutas, se considera que la pulpa congelada dura 1 año dependiendo de cuál sea la fruta, esto beneficia a los consumidores cuando la fruta esta escasa. Las organizaciones del Ecuador se dedican a la preparación, empaquetamiento y repartición de pulpa procesada y congelada, para los

comerciantes de supermercados en diferentes lugares a nivel nacional e internacional, debido al alto porcentaje nutricional que tienen las frutas (Tixi, 2019, p. 38).

La agroindustria Mis Frutales se dedica a producir y comercializar pulpa natural de fruta, con frutas estrictamente seleccionadas, procesada bajo normas de calidad e higiene, que garanticen una total seguridad sanitaria, convirtiéndose al mismo tiempo en un importante apoyo para la nutrición y salud de los clientes (Alvarado, 2015, p. 18).

La presente investigación se realiza con el propósito de aportar un conocimiento analítico estadístico tanto a los dueños como trabajadores de la agroindustria Mis Frutales sobre el proceso de elaboración, como un instrumento de mejora en los procesos aplicados. La producción de pulpa es una actividad económica ampliamente reproducida en el mercado, depende directamente del correcto manejo de la materia prima considerando un adecuado PH, grados Brix, temperatura de cocción y tiempo de cocción óptimas, para obtener un rendimiento adecuado la cual se rige a la norma INEN de la empresa.

Por tal motivo se propone la aplicación del diseño de experimentos, bajo criterios estadísticos analíticos que ayuden a mejorar los procesos ya sea en la eficiencia, confiabilidad minimización tiempo en el proceso, ya que en eso se basa las decisiones que tome la empresa al momento de obtener pérdidas en producción e insumos. Es fundamental conocer los factores que influyen directamente en el proceso de elaboración.

Se considera que al momento de elaborar los productos los trabajadores o encargados de la recepción de la fruta lleven un estricto control de calidad. Para generar un buen rendimiento que sea de beneficio para el progreso de la empresa. También cabe recalcar que para la realización del trabajo se utilizó el software libre RStudio que es diseñado para hacer el análisis estadístico, generando ahorro de recursos y tiempo para la toma de decisiones.



## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. *Objetivo General***

Determinar los factores que influyen en el bajo rendimiento de pulpa de mora en la empresa agroindustrial Mis Frutales de la ciudad de Riobamba durante el período enero – junio 2020 mediante la aplicación de un diseño factorial.

### **1.4.2. *Objetivos Específicos***

- Realizar un análisis descriptivo y gráfico con los resultados obtenidos en la experimentación.
- Establecer los factores que influyen en el rendimiento de pulpa de mora.
- Determinar los niveles para cada uno de los factores.
- Seleccionar el diseño factorial adecuado para los factores obtenidos.
- Aplicar el diseño factorial para conocer los factores que influye el bajo rendimiento de pulpa de mora.
- Establecer un modelo de regresión con la finalidad de predecir la variable respuesta y el coeficiente de determinación para medir la calidad del ajuste del modelo de regresión.
- Proponer el mejor tratamiento que maximiza el rendimiento de la pulpa de mora.

## 1.5. Bases Teóricas

### 1.5.1. *Pulpa de fruta*

Se define pulpa al proceso de elaboración del fruto sin fermentar y sin eliminar el jugo obtenido mediante procesos tecnológicos adecuados, para lo cual las frutas deben estar en perfecto estado. A lo largo del tiempo la pulpa de fruta se comercializa gracias a la industria alimenticia, tomando lugar en el mercado de todos los países, por poseer distintas características y beneficios en las personas. Para su elaboración se analiza sus propiedades y características como el control de la acidez, pH y Grados Brix presentes en la fruta (Cunalata, 2018b, p. 22).

Las pulpas presentan las siguientes características:

- La pulpa congelada mantiene el olor, color y sabor inicial de las frutas que se procesan.
- La congelación ayuda a la fruta a mantener hasta un año.
- Las pulpas son importantes, debido a que se procesan en épocas de cosecha para ser usadas una vez que se presente escasa disponibilidad de la fruta (Merlo, 2010, p. 1).



**Figura 2-1:** Pulpa de Mora

**Realizado por:** Yubaille, A. 2021

### **1.5.2. Mora**

La mora es una fruta, que en el proceso de maduración presenta un color negro brillante. Su sabor depende del nivel de maduración que tenga la fruta como agrídulce, también de sus Grados Brix que oscila entre los 8,5-12. Es un fruto que contiene vitaminas, nutrientes que constituyen un aporte nutricional por contener vitaminas (Cunalata, 2018b, p. 22).

“La vital útil de este producto es de 3 a 65 días debido a que posee un porcentaje alto de agua, es por ello que la fruta se hace muy frágil, sensible cuando se almacena”. Se considera almacenar en una temperatura de 0 y 5 °C, con humedad relativa de (85-95%) por 4 días, esto ayudará a que el fruto no pierda su fibra y se deshidrate, obteniendo un fruto de calidad (Tómala, 2014, pp. 52–100).

### **1.5.3. Análisis organoléptico y físico químico**

El análisis organoléptico se realiza para conocer la calidad de la fruta que va a ser sometidas a procesos de transformación así determinar características como el olor, sabor, firmeza de la fruta, en el análisis físico químico se lleva a cabo para medir las diferentes propiedades como temperatura, densidad, viscosidad o dureza con el objetivo de garantizar calidad en los productos. Los parámetros de calidad que se lleva a cabo a las frutas permiten medir la calidad de las pulpas estos son los °Bx la dulzura presente en la fruta, de igual modo se mide el pH de la fruta para obtener el grado de acidez (Cazar 2016, p. 21).

#### **1.5.3.1. pH**

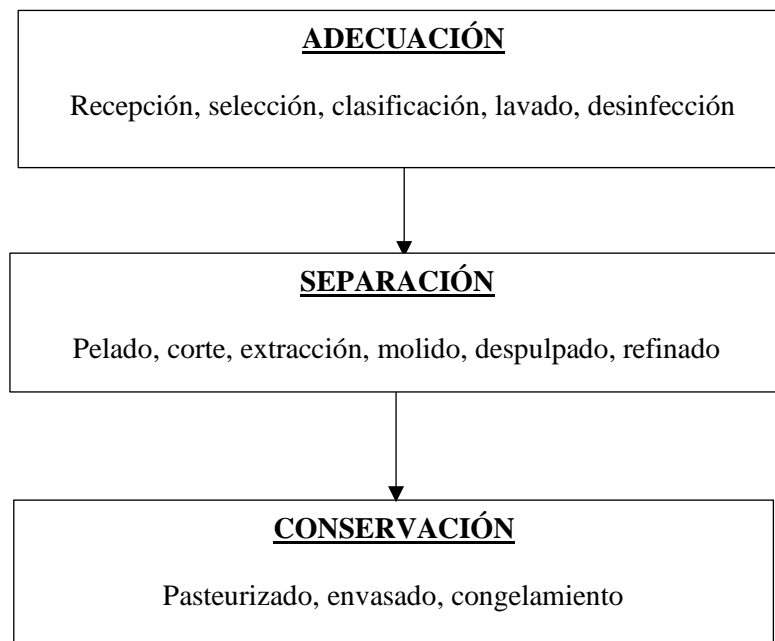
El pH se emplea para medir el ácido que presentan algunas frutas, oscila de 1 a 14 en su escala. “Donde se considera de 1-7 como sustancia ácida de 7-14 es una sustancia básica” (Cunalata, 2018b, p. 30).

#### **1.5.3.2. Grados Brix**

Los grados Brix se utiliza con el fin de medir la cantidad de azúcar presente en el fruto, para determinado proceso es recomendable realizar esta medición ya que evita problemas en la elaboración (Herrera, 2015, p. 192).

#### 1.5.4. *Proceso de elaboración de pulpas de fruta*

Es importante tomar en cuenta que para la elaboración de pulpas se debe contar con frutas en buen estado, sanas, maduras, libre de parásitos, ya que de esto dependerá la obtención de pulpas de alta calidad con un rendimiento adecuado. Las operaciones de producción de pulpa se clasifican en tres fases: adecuación, separación y conservación (Merlo, 2010, p. 2).



**Gráfica 1-1:** Diagrama de Flujo para la elaboración de Pulpa

Fuente: Merlo. S, 2010

#### 1.5.5. *Recepción y pesaje de materia prima*

Para el proceso de recepción la fruta ingresa y se la coloca en gavetas para un próximo análisis y control por los trabajadores de la empresa, se elimina la mora que no tenga las características organolépticas adecuadas, grado de madurez óptimo y presencia de pudrición (Herrera, 2015, p. 137).

Se pesa en una balanza eléctrica las frutas para identificar la cantidad comprada a los proveedores, agricultores y de este modo poder conocer el porcentaje de rendimiento que da cierta cantidad de fruta procesada (Merlo, 2010, p. 3).

- **Selección y clasificación:** En este paso las frutas son sometidas a un proceso de selección dependiente de su nivel de madurez. Las frutas que no cumpla con los parámetros de madurez se trasladan al área donde se toma un tiempo a que estas maduren. Las frutas que presenten mal olor o estén en un estado de deterioro son separadas (Merlo, 2010, p. 29).
- **Lavado y desafección:** En este proceso las frutas con trasladadas al lavado y desinfección, para retirar de cualquier tipo de contaminante considerando así la limpieza y eficacia del producto que se va a elaborar. También se considera la eliminación al máximo de microorganismos que influyan el rendimiento de la pulpa (Merlo, 2010, p. 4).

#### 1.5.6. *Fase de separación y transformación*

- **Pelado:** En este proceso de pelado se procede a retirar la cáscara de la fruta debido a que presenta, un sabor ácido, causando así problemas en la pulpa terminada. Es recomendable para mejorar la calidad del producto (Merlo, 2010, p. 4).
- **Cocción:** En este proceso la fruta logra ser más blanda, para que pase al proceso de despulpado; el tiempo de cocción se encuentra de 15 -30 minutos y una temperatura de 70°C a 85°C (Merlo, 2010, p. 4).
- **Escaldado:** Este proceso se basa en someter a la fruta a un calentamiento bajo debido a que ayuda ablandar y aumenta el rendimiento de la pulpa, mediante el escaldado se minimiza el porcentaje de microorganismos presentes en la fruta, produciendo cambios como el color, sabor de la pulpa (Merlo, 2010, p. 4).
- **Despulpado:** Se basa en retener pulpa que contiene la fruta, presentándose así la separación de cascara o semillas que no sea adecuado para acabado final de la pulpa, en este proceso se obtiene la pulpa que es extraída por filtros especiales, donde se obtiene un producto homogéneo, libre de impurezas, listo para ser envasado y congelado (Cunalata, 2018b, p. 25).
- **Refinado:** Consiste en someter a la pulpa conseguida por una malla, para obtener un producto menos fibroso. Debido a que se reduce el tamaño de partícula brindando una pulpa de buena calidad (Merlo, 2010, p. 5).

### **1.5.7. Fase de conservación**

Las diferentes técnicas de conservación incluyen prevenir o retrasar los diferentes tipos de deterioro que pueden presentarse en la pulpa, especialmente el deterioro causado por microorganismos. Estas técnicas utilizan calor y frío (Merlo, 2010, p. 31).

- **Envasado:** Este proceso consiste poner la pulpa en fundas plásticas de polietileno, donde es sellada completamente evitando aire dentro de la funda, se coloca la etiqueta del sabor de la fruta y la fecha de expiración, directamente se somete a la balanza para conocer su peso final (Alvarado, 2011, p. 81).
- **Almacenamiento de la pulpa:** El producto se lo lleva a los contenedores de refrigeración con una temperatura considerada de  $-18^{\circ}\text{C}$  a  $-20^{\circ}\text{C}$ , de igual manera se requiere que este etiquetado la fecha de elaboración y el sabor de la fruta (Alvarado, 2011, p. 82).

### **1.5.8. Equipos de control de las frutas**

#### **1.5.8.1. pH (Metro)**

El pH metro es útil para medir el grado de ácido que presentan las frutas, su unidad de medida explica el nivel de ácido, los valores de pH en los productos alimenticios son inferiores a 7, mientras más se aproximan a 0 son más ácidos (Cunalata, 2018b, p. 12).

#### **1.5.8.2. Refractómetro**

El refractómetro es un herramienta que se utiliza para tomar el valor de los grados Bx en las frutas, su propósito es medir el porcentaje de dulzura que presentan las frutas (Cuesta y Castro, 2018, p. 10).

### **1.5.9. Rendimiento de producción**

El rendimiento se obtiene al dividir el peso final obtenido de la pulpa para el peso inicial que ingresa de la materia prima y se obtiene el rendimiento de la fruta en su transformación.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad Obtenida}}{\text{Cantidad que Ingresó}} \times 100 \quad (1)$$

## 1.6. Bases Conceptuales

### 1.6.1. Estadística descriptiva

La estadística descriptiva emplea un conjunto de técnicas que se basan en la recolección, organización, representación, análisis e interpretación de un grupo de datos de un problema de estudio. Estos se los presenta de forma analítica o gráfica (Cain y Flores, 2012, p. 11).

### 1.6.2. Medidas de tendencia central

Estas medidas en estadística son importantes ya que ayudan a conocer la distribución y cómo se comportan los datos, las más empleados son la media, mediana, moda.

#### 1.6.2.1. Media

La media aritmética es una medida en el cual los valores están alrededor de un punto específicos, conocido como promedio. Se representa la media de una muestra  $\bar{x}$ , mientras que se representa con la letra griega  $\mu$  (mu) para conocer el valor esperado de cierta variable (Cain y Flores, 2012, p. 11).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

**Donde:**

$\bar{x}$ : Media Aritmética

$\Sigma$ : Sumatoria desde el primer valor, hasta el n.

$x_i$ : Variable i, presenta la posición de cada dato

$n$ : Número total de observaciones

### **1.6.2.2. Mediana**

Esta medida es utilizada para conocer la posición que ocupa el 50% de las observaciones. El cálculo depende del número de observaciones (Cain y Flores, 2012, p. 12).

### **1.6.3. Medidas de dispersión**

Las medidas de dispersión aportan un papel muy importante debido a que muestran la dispersión de las observaciones de la media. Estas medidas más utilizadas son la varianza, desviación estándar y el coeficiente de variación (Posada, 2016, p. 97).

#### **1.6.3.1. Varianza**

La varianza mide que tan dispersos se encuentran los datos de la media. Esta medida ayuda a las industrias, ya que si la variabilidad en menor aumenta la exactitud y disminuye el número de fallas (Posada, 2016, p. 99).

$$s^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (3)$$

**Donde:**

$s^2$ : Varianza

$\sum_{i=1}^N$ : Sumatoria desde el primer valor, hasta el n.

$x_i$ : Variable i, presenta la posición de cada dato

$\bar{x}$ : Media Aritmética

$N$ : Número de observaciones

#### **1.6.3.2. Desviación estándar**

La desviación estándar se obtiene para conocer la dispersión de las observaciones., si el resultado obtenido es grande habrá mayor dispersión de los datos, para su cálculo se debe sacar la raíz de la varianza (Posada, 2016, p. 102).



$$s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

**Donde:**

$s$  : Varianza

$\sum_{i=1}^N$ : Sumatoria desde el primer valor, hasta el n.

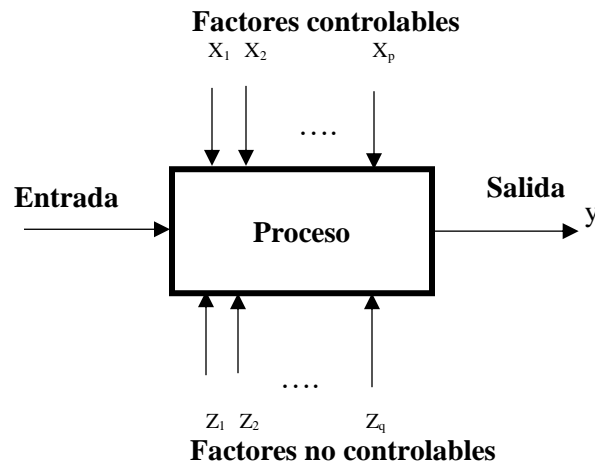
$x_i$ : Variable i, presenta la posición de cada dato

$\bar{x}$ : Media Aritmética

$N$ : Número de observaciones

#### 1.6.4. *Diseño estadístico de experimentos*

El diseño de experimentos se considera como una técnica que establece cuáles pruebas se deben realizar para la obtención de observaciones, las mismas que deben dar solución a interrogantes, con el fin de dar mejoras a un proceso. Establece los factores de un proceso que poseen efecto sobre una o más propiedades del producto final. En la gráfica 2-1 se puede observar las variables del proceso, donde no siempre es fácil tener la relación matemática entre las entradas y las salidas, debido a la presencia de factores controlables y no controlables (Ludeña, 2017, p. 35).



**Gráfica 2-1:** Variables de un proceso

Fuente: Ludeña. F, 2017

Considerando las variables de un proceso se establece que el diseño experimental se basa en determinar cuál análisis se deben aplicar, las mismas que al ser analizados proporcionen “evidencias objetivas y se pueda responder interrogantes planteadas para lograr mejorar o solucionar problemas en determinados procesos” (Gutiérrez, 2008, p. 22).

#### *1.6.4.1. Variable respuesta*

Por medio de esta variable se identifica cual es el factor de análisis, permitiendo conocer la calidad de un proceso y variables que miden el funcionamiento de los productos. El propósito se basa en determinar soluciones para los problemas presentes (Gutiérrez, 2008, p. 7).

#### *1.6.4.2. Factor controlable*

Estos factores son variables de un proceso de experimentación que tienen la posibilidad de establecer un nivel, estos son los que habitualmente se controlan a lo largo de la operación regular del proceso, existe la forma o el mecanismo para modificar o manipular su grado de operación (Gutiérrez, 2008, p. 8).

#### *1.6.4.3. Nivel y tratamiento*

Consiste en los diferentes datos que se da a cada componente en estudio en un diseño experimental denominados niveles. La combinación de los diferentes niveles de todos los factores estudiados se considera tratamiento o punto de diseño (Gutiérrez, 2008, p. 8).

#### *1.6.4.4. Error aleatorio y error experimental*

Cuando se emplea un análisis experimental, una variación en la respuesta no se puede describir por los factores en estudio. Debido a que siempre habrá variabilidad en la toma aleatoria de las observaciones, generando gran dispersión natural del proceso, constituyéndose así el error aleatorio. Dado un ejemplo se considera que el error se puede presentar cuando existe mayor número de factores que también forman parte del análisis y no han sido tomadas en cuenta (Gutiérrez, 2008, p. 9).

### 1.6.5. Validación de Supuestos

Para la aplicación del análisis de varianza se debe cumplir estrictamente los supuestos del modelo de ANOVA que son: normalidad, homogeneidad e independencia. La respuesta (Y) debe provenir de una distribución normal, poseer varianza igual en cada tratamiento y las medidas ser independientes (Viñán, 2012, p. 71).

Los supuestos se los hacer referente a los errores donde  $e_{ij}$  se obtiene al restar la respuesta observada ( $Y_{ij}$ ) y la respuesta predicha por el modelo ( $\hat{Y}_{ij}$ ) (Viñán, 2012, p. 72).

Por lo tanto, deben cumplir:

1. Los  $e_{ij}$  son normales con media cero.
2. Los  $e_{ij}$  son independientes entre sí.
3. Los tratamientos tienen  $\sigma^2$  constante.

#### 1.6.5.1. Normalidad

El supuesto de normalidad es importante ya que las pruebas paramétricas que se realicen pierden validez, dado que los errores no cumplen con la normalidad. Para evaluar este supuesto, se puede utilizar la prueba Shapiro-Wilk, o kolmogorov-Smirnov (Viñán, 2012, p. 72).

##### a) Método gráfico

Este método se utiliza para verificar si los datos en estudio provienen de una distribución normal, donde se considera que existe normalidad cuando los datos se presenta en una línea recta, y cuando los datos están dispersos no hay normalidad (Viñán, 2012, p. 72).

Para la construcción de la gráfica se sigue los siguientes pasos:

1. Ordenar los N valores de menor a mayor, añadiendo rangos del 1 a N.
2. Calcular la posición de cada dato sobre el total de observaciones de la siguiente forma  $(i-0.5) / N$

3. Encontrar el valor de la distribución normal estándar de  $(i-0.5) / N$  y graficar y asignar la línea sobre los puntos para determinar que los datos que se analizan y provienen de una distribución normal y llegar a la conclusión razonable para continuar con el análisis (Viñán, 2012, p. 72).

#### b) Método Analítico

#### Prueba de Bondad de ajuste

Esta prueba se utiliza para saber si la población en estudio proviene de una distribución específica.

Donde:

**X:** Variable aleatoria poblacional

$f_0(X)$  densidad de probabilidad específica para X

**Se desea comprobar la hipótesis:**

$$H_0: f(x) = f_0(x)$$

$$H_1: f(x) \neq f_0(x)$$

#### Prueba Chi-Cuadrada

La prueba Chi-Cuadrado se utiliza cuando se presentan variables continuas o discretas. Donde se emplea para la prueba el ajuste entre frecuencias observadas y esperadas al momento de realizar los cálculos (Viñán, 2012, p. 76).

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \quad (5)$$

Se obtiene un dato aleatorio cuya distribución muestral se aproxima a la distribución chi-cuadrada con  $v=k-1$  grados de libertad (Viñán, 2012, p. 76).

La intervención existente de la frecuencia observada en la frecuencia esperada. Considera que el valor  $X^2$  será grande y el ajuste deficiente, donde un buen ajuste conduce a la aceptación  $H_0: f(x) = f_0(x)$  de lo contrario un ajuste deficiente conduce a un rechazo (Viñán, 2012, p. 76).

#### *1.6.5.2. Homogeneidad*

Este supuesto indica que las varianzas deben ser iguales, se la realiza previo a la comprobación de medias, este supuesto se considera los siguientes test: Prueba de Bartlett, F de Fisher (Rubio, 2012, p. 4).

#### **Prueba de bartlett**

La prueba se usa frecuentemente para conocer la igualdad de las varianzas, donde se establece las pruebas de hipótesis.

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_1^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_1^2 \text{ para algún } i \neq j$$

Donde se debe calcular una estadística cuya distribución muestral es aproximadamente chi-cuadrada con  $a - 1$  grados de libertad, con  $a$  muestras aleatorias que proviene de poblaciones normales independientes (Viñán, 2012, p. 80).

#### *1.6.5.3. Independencia*

En este supuesto se verifica el comportamiento de los datos, dado que no pueden depender de otros, se verifica el cumplimiento de la independencia para saber si fueron recolectados correctamente las observaciones aleatorias del experimento o mediante la experimentación se consideraron otros factores que influyen en la variable de estudio (Viñán, 2012, p. 82).

Al graficar en el eje vertical los residuos, se observa un tendencia o patrón no aleatorio, que los datos se concentra en un punto fijo por tal motivo este supuesto de independencia no cumple de lo contrario si el comportamiento de los datos es aleatorio dentro del eje, el supuesto se está cumpliendo (Viñán, 2012, p. 82).

### 1.6.6. *Análisis de Varianza (ANOVA)*

La aplicación del ANOVA se basa en la compilación de modelos estadísticos, en el cual la varianza está clasificada por componentes que forman parte de las variables independientes del proceso (Viñán, 2012, pp. 66).

Para las hipótesis de interés para todos los diseños se utiliza los siguientes:

$$\begin{aligned}H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu \\ H_1: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j\end{aligned}$$

Esta técnica la desarrollo Fisher en 1920 y 1930, como análisis de varianza de Fisher por la aplicación de F de Fisher en el contraste de hipótesis” (Viñán, 2012, p. 67).

**Suma de cuadrados del error ( $SC_{error}$ ):** expresa la variabilidad a los efectos del tratamiento.

“**Suma de cuadrados del error ( $SC_{tra}$ ):** representa la variabilidad existe entre los grupos que se atribuyen a los efectos del tratamiento” (Viñán, 2012, p. 67).

#### 1.6.6.1. *Valor P*

Este valor contribuye a la toma de decisión en un análisis, mientras más pequeño sea, más verás es la evidencia para rechazarla hipótesis nula, los softwares facilitan el cálculo del test de ya que proporcionan valores p dependiendo de test que se aplique (Viñán, 2012, p. 68).

Se considera para la toma de decisión:

- Cuando p es menor que *Alfa* ( $\alpha$ ) *Se rechaza*  $H_0$
- Cuando p es mayor que *Alfa* ( $\alpha$ ) *Se acepta*  $H_0$

### **1.6.7. Diseños factoriales**

El diseño factorial tiene como propósito estudiar el efecto de varios factores sobre las variables respuesta. Los factores son cuantitativos, por ejemplo: temperatura, velocidad, presión, humedad, también cualitativos como máquinas, tipos de material, operador.

De tal manera para estudiar la forma de influencia de cada factor sobre la variable de estudio se necesita dos niveles de prueba. Para este diseño se aplica aleatoriamente las combinaciones, mediante el cual se observara el efectos de los factores (Gutiérrez, 2008, p. 146).

#### **1.6.7.1. Diseño factorial general $2^k$**

En este diseño se consideran k factores con dos niveles de prueba, manejando  $2^k$  puntos de diseño. Cuando se tiene las k columnas y  $2^k$  se construye la matriz de datos, con una réplica se realiza como se explica a continuación: primero se tiene los niveles del factor A donde se debe ir cambiando los signos + y -, por lo general desde el inicio con el signo -; en el segundo factor B se cambian dos signos menos con dos signos más; en el tercer factor C se cambian cuatro signos menos y cuatro signos más, sucesivamente hasta completar la matriz (Gutiérrez, 2008, p. 210).

#### **1.6.7.2. Estimación de contrastes, sumas de cuadrados**

Para la estimación de efectos se considera cada contraste, también mediante el bosquejo de signos. Tomando en cuenta las columnas de signos, para los contrastes se establecen a los efectos principales que vienen a formar parte de la matriz, de tal forma que se obtiene para los efectos de interacción con el producto de los factores (Gutiérrez, 2008, p. 211).

Para la obtención del contraste se saca el producto de la columna de signos y la columna de los totales tomando en cuenta la notación de Yates, los contrastes se estima aplicando la ecuación que se denota a continuación (Gutiérrez, 2008, p. 211).

$$\mathbf{Efecto\ ABC\ \dots\ K} = \frac{1}{n2^{k-1}} [\mathbf{Contraste\ ABC\dots K}] \quad (6)$$

Para la suma de cuadrados con un  $gl$  se aplica lo siguiente:

$$\mathbf{SC}_{\mathbf{AB\dots K}} = \frac{1}{n2^k} [\mathbf{Contraste\ ABC\dots K}]^2 \quad (7)$$

Donde

$n$ : representa la réplica

### 1.6.7.3. ANOVA para el factorial $2^k$

Para la obtención se debe calcular la  $SC_T$  en el diseño  $2^k$  como se muestra a continuación:

$$\mathbf{SC}_T = \sum_{i=1}^{n2^k} Y_i^2 - \frac{Y^2}{n2^k} \quad (8)$$

Los grados de libertad son denotados por  $n2^{k-1}$ , el subíndice  $i$  toma el total de datos. La suma de los ( $SC_E$ ) se realiza por diferencia y se tiene  $2^k (n - 1)$  para los  $gl$  (Gutiérrez, 2008, p. 211).

### 1.6.7.4. Diseño factorial $2^k$ no replicado

En el diseño factorial  $2^k$  no replicado se tiene una sola réplica o corrida debido a que los factores en estudio son muchos, considerando desde  $k = 4$  existen varias combinaciones en el diseño factorial. Para el diseño  $2^4$  con 1 réplica se maneja 16 pruebas, para este diseño se considera eficaz realizar el análisis de solo los 10 efectos de interés y obtener los resultados (Gutiérrez, 2008, p. 214).



### **La suma del $sc_E$ con una sola réplica se realiza a través de los dos pasos siguientes:**

1. Se analiza si la interacción de los factores en estudio son no significativos para enviarlos al error, así como las interacciones triples comprobar mediante técnicas gráficas, que realmente son efectos que no están afectando a la variable respuesta (Gutiérrez, 2008, p. 2014).
2. Se utilizan técnicas gráficas, analíticas para conocer cuáles de los efectos principales, interacciones dobles y triples no son necesarios para el estudio (Gutiérrez, 2008, p.214).

El ANOVA es considerado como un acercamiento, debido a que se puede presentar errores que no se puedan controlar, ya que las repeticiones no son únicas. La forma de saber si el  $(CM_E)$  bueno es realizar un análisis de  $\sigma^2$ . Tomando en cuenta que el  $(CM_E)$  es un estimador de la varianza (Gutiérrez, 2008, p. 214).

### **¿Qué efectos mandar al error?**

Para decidir qué factores o efectos enviar al error se considera las siguientes técnicas que son utilizadas en los diseños que presentan 4 factores en adelante estos se describen a continuación:

#### **1.6.8. Gráfico de efectos de Daniel**

Al tomar los efectos como suma de variables aleatorias, Daniel en 1959 observó que los efectos que no son significativos deben seguir una distribución normal (Gutiérrez, 2008, p. 215).

Considerando así que este gráfico expuestos por Daniel ayuda a saber cuáles efectos son significativos: ya que mientras más se aleje un punto de la línea, más significancia será el correspondiente efecto (Gutiérrez, 2008, p. 215).

##### **1.6.8.1. Diagrama de Pareto de efectos**

Este diagrama se utiliza para efectos sin realizar una estandarización e identificar rápidamente los efectos que se presentan con mayor magnitud, plasmando así la realidad de los efectos. En la gráfica de Daniel se visualiza con más precisión la importancia de los factores, de modo que en el de Pareto ayuda a conocer cuáles son los factores más significativos, la mejor manera de comprobar si uno muestra algo diferente que el otro es comprobando (Gutiérrez, 2008, p. 215).

De tal modo que los dos gráficos casi siempre detectan los efectos significativos, y se comprueba con el ANOVA los mismos resultados.

#### **1.6.8.2. Colapsación o proyección del diseño**

En este proceso se procede a borrar por completo un factor estudiado, ya que no presenta influencia sobre la variable respuesta, en el diseño se lo debe restar el factor que no este de manera significativa afectando en el estudio y se denota como  $2^{k-1}$  (Gutiérrez, 2008, p. 199).

#### **1.6.9. Efecto principal e interacción**

El efecto de interacción se da cuando dos factores intervienen de manera significativa sobre aquella variable en estudio es decir cuando el efecto depende del nivel de otro. El efecto se considera al cambio en la variable de estudio ya que presenta en el nivel de tal factor con el promedio observado, restando el valor promedio en el nivel más pequeño. (Gutiérrez, 2008, p. 129).

#### **1.6.10. Modelo de regresión**

Se presenta las variables  $X_1, X_2, \dots, X_k$  llamadas independientes, Y la variable respuesta en estudio, que constituyen el modelo de regresión lineal con  $k$  variables se obtiene un polinomio de primer orden (Hernández, 2017, p. 18).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (9)$$

Es importante que el modelo de regresión se ajuste a los datos experimentales con el propósito de predecir el valor de Y de los factores de estudiado (Hernández, 2017, p. 18).

### 1.6.10.1. Predicciones

La respuesta predicha  $\hat{Y}$  es un estimador de la variable en estudio de un punto dado. Dado de esta forma se calcula la predicción en uno de los tratamientos o puntos por ejemplo (-1,1) para minimizar o maximizar se sustituye el punto en el modelo ajustado de regresión.

De esta forma encontrar la respuesta predicha sobre el punto donde dicho valor obtenido es un estimador de la media. El valor predicho será eficaz considerando la calidad de ajuste del modelo (Gutiérrez, 2008, p. 179).

### 1.6.11. Representación geométrica del diseño $2^3$

Los gráficos de superficie permiten plasmar la representación del modelo, dada la ecuación de regresión del modelo seleccionado. Se grafica una superficie de respuesta sobre el punto experimental, que modela el comportamiento de la variable en estudio, la representación geométrica en un diseño factorial  $2^3$  posee 3 factores es un cubo como se muestra en la gráfica 3-1. La región experimental está centrado en el origen (0,0,0), dado que se encuentra los vértices de los 8 tratamientos (Gutiérrez, 2008, p. 180)<sup>1</sup>.

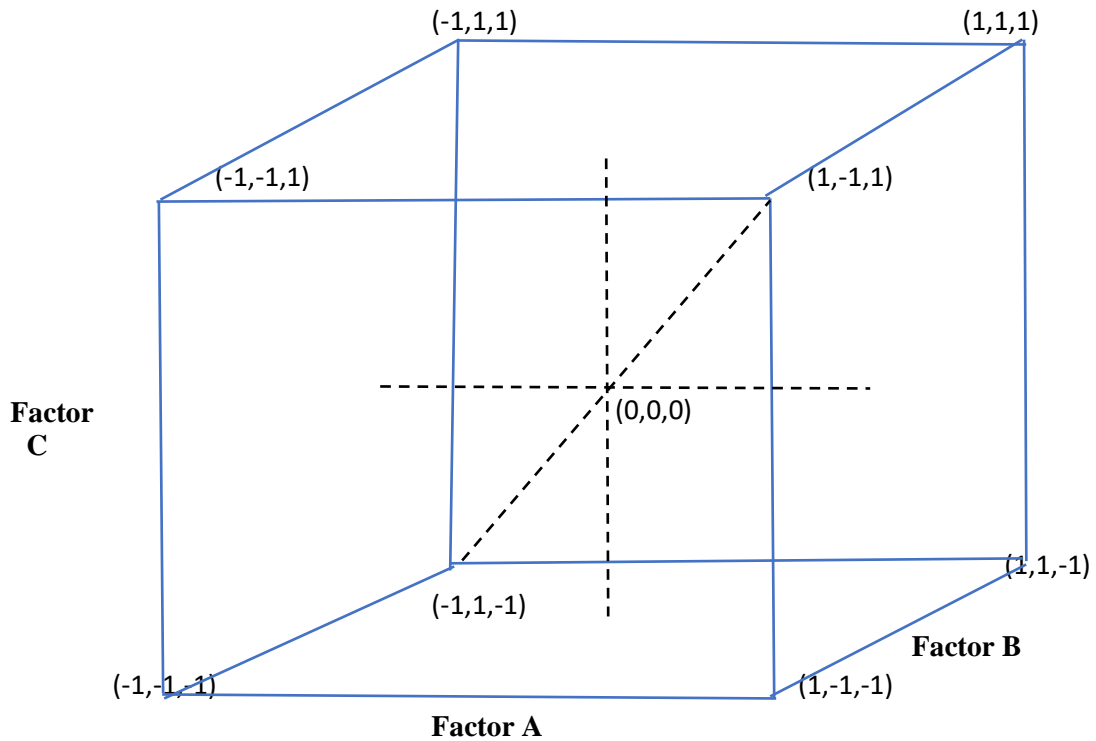
**Tabla 1-1:** Tabla de signos del diseño factorial  $2^3$  efectos principales

A	B	C
-1	-1	-1
1	-1	-1
-1	1	-1
1	1	-1
-1	-1	1
1	-1	1
-1	1	1
1	1	1

Fuente: Gutiérrez, 2008

Realizado por: Yubaille, A. 2021

<sup>1</sup> En la Tabla 1-1 se detalla la matriz del diseño factorial  $2^3$  que se forma alternando el signo menos y el signo más en la primera columna, dos menos y dos signos más en la segunda columna y cuatro signos menos y cuatro signos más en la tercera: el diseño resulta acomodado en el orden estándar o Yates.



**Gráfica 3-1:** Representación geométrica del diseño factorial  $2^3$

Realizado por: Yubaille, A. 2021

### 1.6.12. Coeficiente de determinación $R^2$

Es un estadístico útil para medir la eficacia del modelo de regresión, se denota como  $R^2$ . Este coeficiente ayuda a conocer la variabilidad explicada por el modelo, considerando la variación total, se aplica la fórmula dividiendo la (SC) sobre la suma de cuadrado total. (Gutiérrez, 2008, p. 178).

$$R^2 = \frac{SC_{total} - SC_{error}}{SC_{total}} \times 100 = \frac{SC_{modelo}}{SC_{total}} \times 100 \quad (10)$$

## CAPÍTULO II

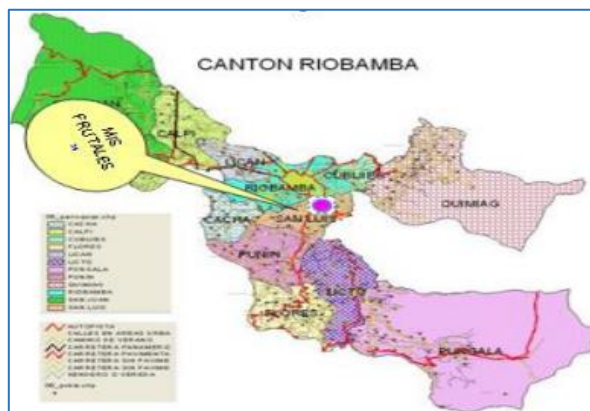
### 2. MARCO METODOLÓGICO

En el presente estudio se pretende determinar los factores que influyen en el bajo rendimiento de pulpa de mora en la empresa agroindustrial Mis Frutales de la ciudad de Riobamba durante el período enero – junio 2020 mediante la aplicación de un diseño factorial  $2^4$  sin réplica.

#### 2.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación desarrollada es de tipo cuantitativa puesto que se tomaron variables de carácter numérico donde se buscó cuantificar los datos y aplicar técnicas estadísticas, según el objetivo de estudio es aplicada ya que la investigación se centra en encontrar los factores que influyen en el bajo rendimiento de pulpa de mora, con la aplicación de un diseño factorial  $2^4$  sin réplica, el objeto de estudio es explicativa ya que se pretendió analizar los efectos principales de cada variable independiente, y los efectos de interacción entre las variables de estudio, según la manipulación de variables se trabajó con una investigación no experimental ya que la base de datos obtenida proviene de una fuente secundaria empresa agroindustrial Mis frutales, según el tipo de inferencia es inductiva, ya que se buscó conocer las causas que generaron pérdida durante el procesos de pulpas de mora, según el período es transversal debido a que se llevó a cabo en un período de tiempo determinado (Carhuancho, Nolazco y Monteverde, 2019, pp. 12–20).

#### 2.2. Localización del estudio



**Figura 1-2:** Mapa del Cantón de Riobamba

**Fuente:** Mapas Gis, 2017

El proyecto se llevó a cabo en la empresa agroindustrial Mis Frutales ubicada en Ecuador, provincia de Chimborazo, ciudad de Riobamba, parroquia San Luis en las calles García Moreno y Chimborazo.

### **2.3. Población de estudio**

La población en estudio corresponde al total de 13120 kilos de mora de castilla que cumplen con las normas INEN 2 337 del proceso de elaboración de pulpas de fruta, en la agroindustria Mis Frutales durante el período enero – junio 2020.

### **2.4. Tamaño de la Muestra**

Se trabajó con una muestra de 16 puntos experimentales para la aplicación del diseño factorial  $2^4$  sin réplica, que corresponde a la producción de mora en el periodo establecido de enero – junio proporcionada por la empresa agroindustria Mis Frutales.

### **2.5. Método de muestreo**

Se realizó un muestreo aleatorio debido a la aplicación del diseño factorial  $2^4$ , que se basa en el número de variables independientes y el número de niveles de cada factor.

### **2.6. Técnica de recolección de datos**

Para la recolección de los datos se analizó los registros del control de calidad de la mora de castilla que maneja la empresa, durante el período enero - junio 2020.

### **2.7. Análisis estadístico**

Se realizó un análisis estadístico y gráfico para poder analizar el comportamiento de los datos en estudio. Se aplicó un diseño factorial  $2^4$  sin réplica, tomando en cuenta que con una repetición es suficiente para estimar sus  $2^4 = 16$  efectos totales, la matriz clasificada por los factores con dos niveles (alto y bajo) cada uno ayudó al análisis de cada componente sobre la variable respuesta utilizando el análisis de la varianza (ANOVA) para identificar las causas del bajo rendimiento de pulpa de mora.

El modelo de regresión empleado ayudó para ajustar el modelo a los datos experimentales con la finalidad de predecir el rendimiento en los diferentes factores estudiados. Y la aplicación de los supuestos (normalidad, homocedasticidad (igualdad de varianzas), independencia, para obtener valores predichos. El coeficiente de determinación  $R^2$  para medir la calidad global del modelo de regresión múltiple, el coeficiente de determinación para la validación del modelo.

## 2.8. Identificación de variables

Para el presente estudio se analiza las siguientes variables: Peso de la materia prima, PH, Grados Brix, Temperatura de cocción, Tiempo de cocción, Peso pulpa producida, Rendimiento, debido a la importancia de conocer los factores que están influenciando en la baja rentabilidad de la producción de pulpa de mora.

## 2.9. Operacionalización de variables

**Tabla 1-2:** Operacionalización de variables

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo de Variable</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Categoría o Intervalo</b>
<b>Peso de la Mora</b>	El peso inicial corresponde a la cantidad de mora que ha ingresado.	Cuantitativa Continua	Razón	
<b>PH</b>	El pH se lo toma a la cantidad de mora antes de ser procesada para conocer sus características organoléptico y físico químico, y así indicar el grado de acidez.	Cuantitativa Continua	Intervalo	[3-3,2]
<b>Grados Brix</b>	La medición de los grados Brix ayuda a obtener la cantidad de sólidos solubles presentes en el fruto.	Cuantitativa Discreta	Intervalo	[9-12 °Bx]

<b>Temperatura de Cocción</b>	La temperatura de cocción es el tratamiento térmico que se realiza en una marmita con agitador para mantener la homogeneidad del producto.	Cuantitativa Discreta	Intervalo	[83°C a 85°C]
<b>Tiempo de cocción</b>	En este proceso se inactivan enzimas y se ablanda la fruta para facilitar el despulpado.	Cuantitativa Discreta	Razón	[15 a 30min]
<b>Peso de la pulpa Mora</b>	Después del proceso de elaboración se procede a pesar la pulpa de mora obtenida en una balanza.	Cuantitativa Continua	Razón	
<b>Rendimiento</b>	El rendimiento es el valor que se obtiene al dividir el peso final de la pulpa producida para el peso inicial de cierta cantidad de mora.	Cuantitativa Continua	Razón	

**Fuente:** Variables en estudio

**Realizado por:** Yubaille, A. 2021



## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Tomando en cuenta cada una de las causas que influyen en el bajo rendimiento de pulpa de mora durante el período enero - junio 2020, se determinó los factores con dos niveles cada uno como se muestra en la tabla 1-3:

**Tabla 1-3:** Factores y niveles del diseño

	<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>			
<b>A</b>	<b>Grados Brix</b>	9	-1	12	1
<b>B</b>	<b>pH</b>	3	-1	3,2	1
<b>C</b>	<b>Temperatura de cocción (°C)</b>	83	-1	85	1
<b>D</b>	<b>Tiempo de cocción (min)</b>	15	-1	30	1

**Fuente:** Factores sobre el rendimiento de pulpa empresa agroindustrial Mis Frutales

**Realizado por:** Yubaille, A. 2021

**Variable respuesta:** Rendimiento de producción

Tras la obtención de 4 factores y 2 niveles cada uno se lleva a cabo la aplicación de un diseño factorial  $2^4$  sin réplica, tomando en cuenta que los costos y el tiempo que tomaría llevar a cabo más réplicas no sería beneficioso para los dueños y empleados de la empresa Agroindustrial.

Para la obtención de la información se procedió a organizar la base de datos considerando que la materia prima cumpla con los requerimientos de las normas INEN 2 337 del proceso de elaboración de pulpas de fruta, en la agroindustria Mis Frutales durante el período enero – junio 2020, como se presenta en el Anexo C.

#### 3.1. Análisis exploratorio y gráfico del peso de la materia prima

Se procedió a realizar el análisis estadístico de los pesos de la mora del período enero- junio 2020 para conocer el comportamiento de los datos en estudio.

```

> Peso_Mora<-c(1567,201,896,869,1002,907,524,168,159,1016,1018,896,1567,574,387,1369)
> #Análisis exploratorio pesos de la mora
> summary(Peso_Mora)
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 159.0  489.8   896.0   820.0 1016.5  1567.0

```

**Figura 1-3:** Análisis exploratorio del peso de la Mora

Realizado por: Yubaille, A. 2021

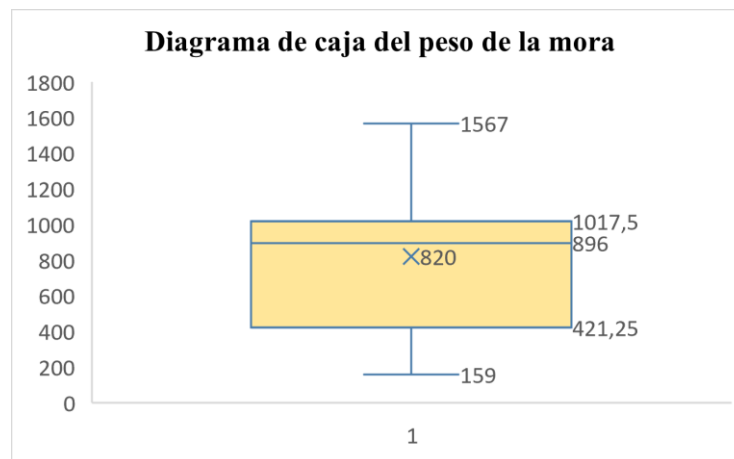
```

> sd(Peso_Mora)
[1] 456.8364
> skewness(Peso_Mora)
[1] 0.07001894
> kurtosis(Peso_Mora)
[1] 2.094285

```

**Figura 2-3:** Medidas de dispersión y de forma

Realizado por: Yubaille, A. 2021



**Gráfica 1-3:** Diagrama de caja del peso de la Mora

Realizado por: Yubaille, A. 2021

El peso mínimo obtenido de la mora es de 159 kg, con un peso máximo de 1567 kg, el peso promedio de la mora fue de 820 kg, con una variabilidad de 456,836 con respecto a su media, presenta una asimetría positiva de 0,070 puesto que los valores tienden a reunirse más en la parte derecha de la media, por el valor de curtosis de 2,094 su distribución es leptocúrtica ya que se presenta el grado de concentración de los valores alrededor de la media. En el diagrama de cajas del peso de la mora se puede observar que no existe la presencia de datos atípicos.

### 3.1.1. Análisis de la producción total de pulpa

Se realizó el análisis exploratorio y gráfico de la producción total de pulpa del período enero - junio 2020 para conocer el comportamiento de los datos en estudio.

```
> Produccion_Pulpa<-c(1322,174,758,756,872,799,47
1,160,129,905,845,799,1348,523,360,1294)
> summary(Produccion_Pulpa)
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 129.0  443.2   778.5   719.7  880.2  1348.0
```

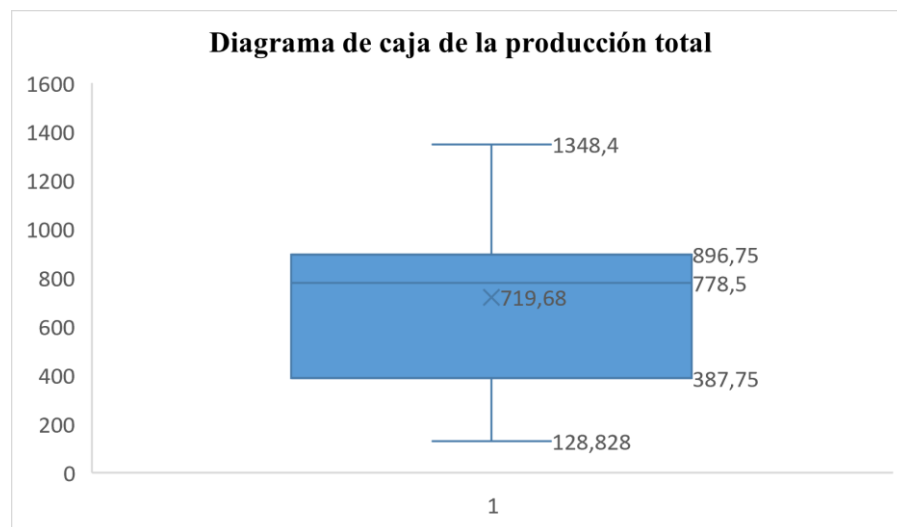
**Figura 3-3:** Análisis exploratorio de la producción total de pulpa

Realizado por: Yubaille, A. 2021

```
> sd(Produccion_Pulpa)
[1] 397.1436
> skewness(Produccion_Pulpa)
[1] 0.06101678
> kurtosis(Produccion_Pulpa)
[1] 2.083577
```

**Figura 4-3:** Medidas de dispersión y de forma

Realizado por: Yubaille, A. 2021



**Gráfica 2-3:** Diagrama de caja de la producción total de pulpa de Mora

Realizado por: Yubaille, A. 2021

La producción mínima obtenida de pulpa de mora es de 129 kg, con una producción máxima de 1348 kg, la producción promedio de pulpa de mora fue de 719,7 kg, con una variabilidad de 397,144 con respecto a su media, presenta una asimetría positiva de 0,061 puesto que los valores tienden a reunirse más en la parte derecha de la media, por el valor de curtosis de 2,084 su distribución es leptocúrtica ya que se presenta el grado de concentración de los valores alrededor de la media. En el diagrama de cajas de la producción total de pulpa de mora se puede observar que no existe la presencia de datos atípicos.

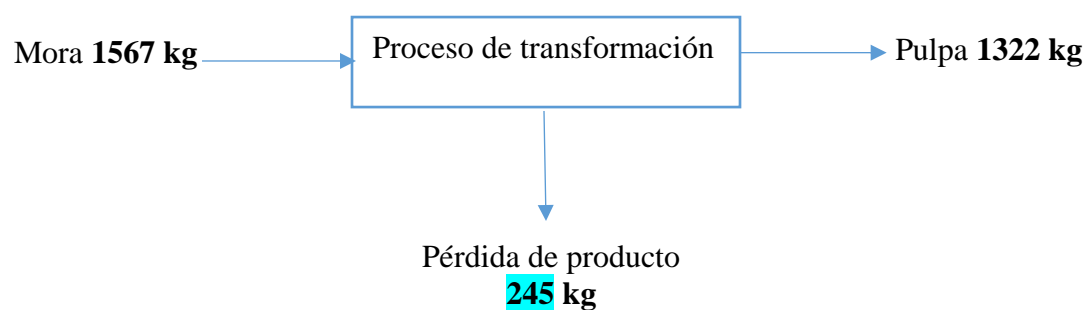
### 3.2. Obtención del rendimiento de producción de pulpa de Mora

EL % de rendimiento de pulpa de mora se calcula al dividir el total de pulpa obtenida para el peso de la materia prima de la siguiente manera, considerando el primer valor que corresponde al mes de enero que se presenta en el Anexo C:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad Obtenida}}{\text{Cantida que ingresa}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1322}{1567} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 84,37\%$$



**Gráfica 3-3:** Proceso de elaboración

Realizado por: Yubaille, A. 2021

Se obtiene un 84.37% de rendimiento de producción de pulpa de mora, representando así que 245 kg de mora se perdió debido a diferentes causas. Por lo tanto, se procede a la aplicación del diseño factorial para identificar qué factores están influenciado en el bajo rendimiento sea en el control de la materia prima o en el proceso de elaboración.

### 3.3. Matriz de Datos del diseño

Una vez obtenido el rendimiento de todo el periodo establecido se procedió a realizar la matriz de datos con la cual se procede el estudio estadístico la misma que se representa en la tabla: 2-3.

**Tabla 2-3:** Matriz del diseño factorial 2<sup>4</sup>

Tratamiento	A	Grados Brix	B	p H	C	Temperatura de cocción (°C)	D	Tiempo de cocción (min)	Y: Rendimiento %
1	-1	9	-1	3	-1	83	-1	15	84,37
2	1	12	-1	3	-1	83	-1	15	86,57
3	-1	9	1	3,2	-1	83	-1	15	84,6
4	1	12	1	3,2	-1	83	-1	15	87,01
5	-1	9	-1	3	1	85	-1	15	87,03
6	1	12	-1	3	1	85	-1	15	88,09
7	-1	9	1	3,2	1	85	-1	15	89,89
8	1	12	1	3,2	1	85	-1	15	95,24
9	-1	9	-1	3	-1	83	1	30	81,02
10	1	12	-1	3	-1	83	1	30	89,07
11	-1	9	1	3,2	-1	83	1	30	83,01
12	1	12	1	3,2	-1	83	1	30	89,17
13	-1	9	-1	3	1	85	1	30	86,05
14	1	12	-1	3	1	85	1	30	91,03
15	-1	9	1	3,2	1	85	1	30	93,02
16	1	12	1	3,2	1	85	1	30	94,52

**Fuente:** Matriz de datos del registro de mora empresa agroindustrial Mis Frutales

**Realizado por:** Yubaille, A. 2021

**Nota:** Los niveles en estudio para la aplicación de diseño se obtuvieron considerando la norma INEN 2 337 del proceso de elaboración de pulpas de fruta, que maneja la empresa agroindustria Mis Frutales.

### 3.4. Introducción de datos en el software RStudio

```
> Grados_Brix<-as.factor(rep(c(-1,1), 8))
> Grados_Brix
[1] -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1
Levels: -1 1
> pH<-as.factor(rep(c(-1,1), each=2,4))
> pH
[1] -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1
Levels: -1 1
> Temperatura_coccion<-as.factor(rep(c(-1,1), each=4,2))
> Temperatura_coccion
[1] -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1
Levels: -1 1
> Tiempo_coccion<-as.factor(rep(c(-1,1), each=8,1))
> Tiempo_coccion
[1] -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1
Levels: -1 1
> Rendimiento_pulpa<-c(84.37,86.57,84.6,87.01,87.03,88.09,89.89,95.24,81.02,
+ 89.07,83.01,89.17,86.05,91.03,93.02,94.52)
.
```

**Figura 5-3:** Introducción de los datos al Software RStudio

Realizado por: Yubaille, A. 2020.

Para el análisis de los resultados se procedió a introducir los datos en el software RStudio que proporciona un análisis estadístico y gráfico, considerando así cada factor y sus niveles en estudio.

#### 3.4.1. *Análisis exploratorio del rendimiento de pulpa de mora*

Se realizó el análisis exploratorio y gráfico de los rendimientos de pulpa de mora del período enero-junio 2020 para conocer el comportamiento de los datos en estudio.

```
summary(Rendimiento_pulpa)
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
81.02  85.69   87.56   88.11  90.17   95.24
|
```

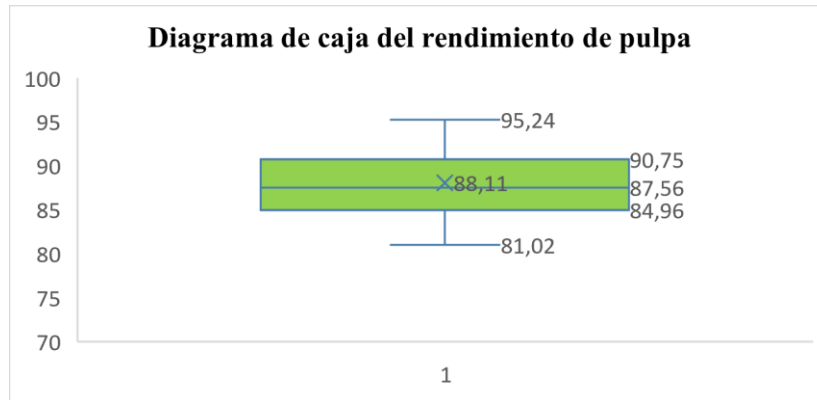
**Figura 6-3:** Análisis del rendimiento de pulpa de Mora

Realizado por: Yubaille, A. 2021

```
> sd(Rendimiento_pulpa)
[1] 4.011239
> skewness(Rendimiento_pulpa)
[1] 0.1924517
> kurtosis(Rendimiento_pulpa)
[1] 2.340006
.
```

**Figura 7-3:** Medidas de dispersión y de forma

Realizado por: Yubaille, A. 2021



**Gráfica 4-3:** Diagrama de caja de los Rendimiento de pulpa de Mora

Realizado por: Yubaille, A. 2021

El rendimiento mínimo obtenido después del proceso de elaboración de la pulpa de mora fue de 81,02%, con un rendimiento máximo de 95,24, el rendimiento de producción promedio de las pulpas de mora fue de 88,11%, con una variabilidad de 4,01 con respecto a su media, presenta una asimetría positiva de 0,198 puesto que los valores tienden a reunirse más en la parte derecha de la media, por el valor de curtosis de 2,34 su distribución es leptocúrtica ya que se presenta el grado de concentración de los valores alrededor de la media. En el diagrama de cajas se puede observar que no existe la presencia de datos atípicos.

Es indispensable realiza una prueba analítica y gráfica de normalidad para saber si la variable en estudio sigue una distribución normal y proceder con el análisis y aplicación del diseño factorial.

### 3.4.2. Comprobación del supuesto de normalidad

#### Normalidad

##### 1. Planteamiento de hipótesis

$H_0$  = La variable rendimiento de producción de pulpa de mora sigue una distribución normal

$H_1$  = La variable rendimiento de producción de pulpa de mora no sigue una distribución normal

## 2. Nivel de significancia

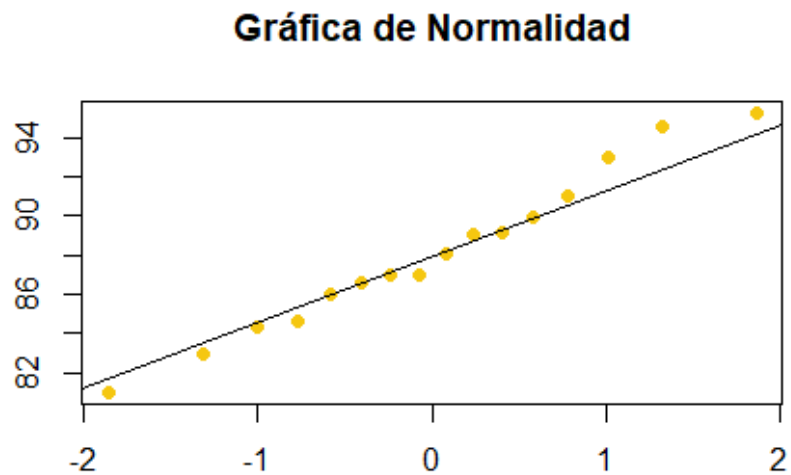
$$\alpha = 0,05$$

## 3. Estadístico de prueba

```
shapiro-wilk normality test
data: Rendimiento_pulpa
W = 0.97808, p-value = 0.9465
```

**Figura 8-3:** Test de Normalidad

Realizado por: Yubaille, A. 2021



**Gráfica 5-3:** Gráfico de Normalidad

Realizado por: Yubaille, A. 2021

## 4. Región de rechazo

$p - \text{valor} \geq \alpha$  No se rechaza  $H_0$

$0,9465 \geq 0,05$  No se rechaza  $H_0$



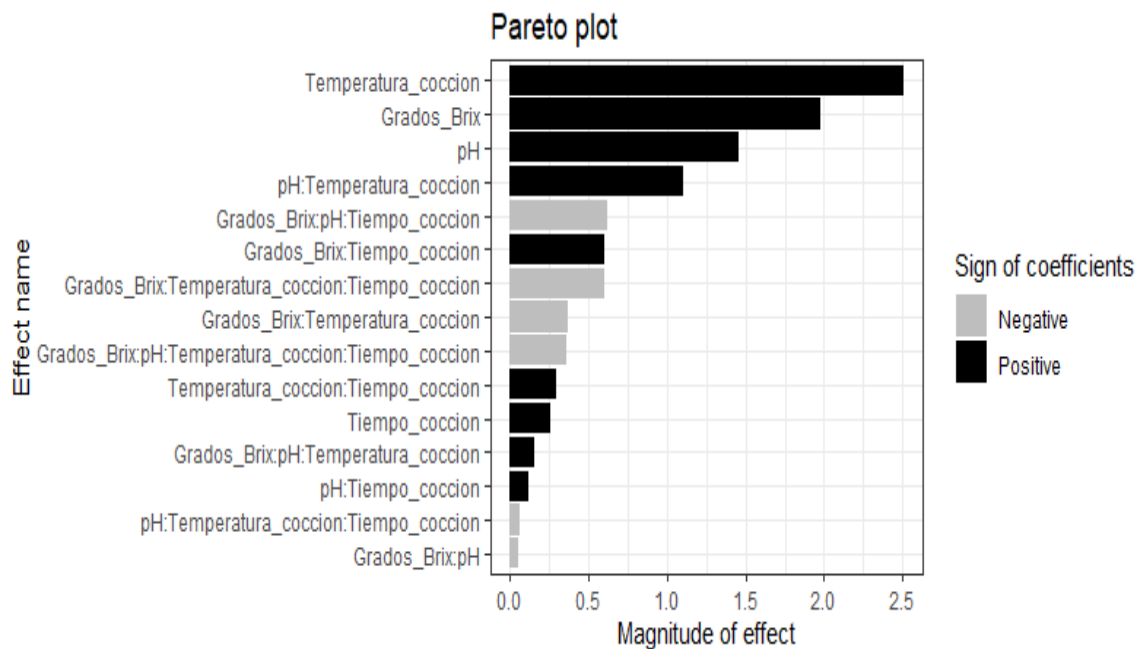
## 5. Conclusión

Con un nivel de significancia de 0,05 existe suficiente evidencia para no rechazar  $H_0$ , y se concluye que la variable rendimiento de pulpa de mora sigue una distribución normal, se observa debido a que en el gráfico Q-Q Plot se confrontan los cuantiles teóricos y cuantiles muestrales.

### 3.5. Diseño factorial 2<sup>4</sup>

Para la aplicación del diseño factorial se utilizó el diagrama de Pareto y el gráfico de Daniel ya que logran detectar claramente los efectos significativos, y una vez que se construya el error, el ANOVA sólo confirmará lo que ya se ha encontrado con estos gráficos.

#### 3.5.1. Diagrama de Pareto



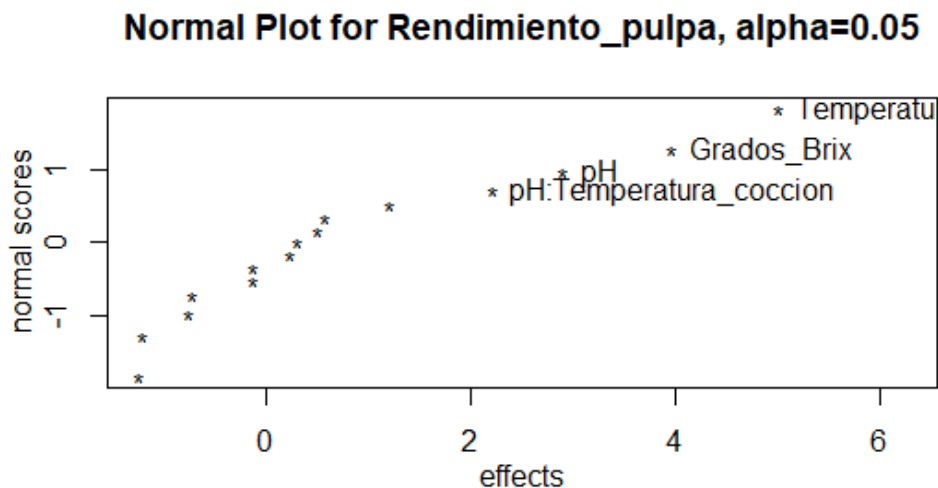
**Gráfica 6-3:** Diagrama de Pareto de Efectos

Realizado por: Yubaille, A. 2021

El diagrama de Pareto presenta que los efectos que más influyen en el bajo rendimiento de pulpa de mora son: Temperatura de cocción, Grados Brix, pH, pH\*Temperatura de cocción. Y tiempo de

cocción y las demás interacciones dobles y triples no influyen significativamente en el proceso de elaboración de pulpa.

### 3.5.2. Gráfico de Daniel



**Gráfica 7-3:** Gráfica de Daniel

Realizado por: Yubaille, A. 2021

El diagrama de Daniel presenta que los efectos que más influyen en el bajo rendimiento de pulpa de mora son: Temperatura de cocción, Grados Brix, pH, pH\*Temperatura de cocción. Y los demás factores como el tiempo de cocción no son significativos es decir no existe efecto de estos factores sobre la variable respuesta.

### 3.6. ANOVA del modelo 1

#### Modelo Estadístico

$$y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \tau_l + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \alpha\tau_{il} + \beta\gamma_{jk} + \beta\tau_{jl} + \gamma\tau_{kl} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \alpha\beta\tau_{ijl} + \alpha\gamma\tau_{ikl} + \beta\gamma\tau_{jkl} + \alpha\beta\gamma\tau_{ijklm} + \varepsilon_{ijklm}$$

**Donde:**

$y_{ijklm}$  = Rendimiento de pulpa de mora

$\mu$  = Media poblacional

$\alpha_i$  = Grados Brix

$\beta_j$  = pH

$\gamma_k$  = Temperatura de cocción

$\tau_l$  = Tiempo de cocción

$\alpha\beta_{ij}$  = Grados Brix \* pH

$\alpha\gamma_{ik}$  = Grados Brix \* Temperatura de cocción

$\alpha\tau_{il}$  = Grados Brix \* Tiempo de cocción

$\beta\gamma_{jk}$  = pH \* Temperatura de cocción

$\beta\tau_{jl}$  = pH \* Tiempo de cocción

$\gamma\tau_{kl}$  = Temperatura de cocción \* Tiempo de cocción

$\alpha\beta\gamma_{ijk}$  = Grados Brix \* pH \* Temperatura de cocción

$\alpha\beta\tau_{ijl}$  = Grados Brix \* pH \* Tiempo de cocción

$\alpha\gamma\tau_{ikl}$  = Grados Brix \* Temperatura de cocción \* Tiempo de cocción

$\beta\gamma\tau_{jkl}$  = pH \* Temperatura de cocción \* Tiempo de cocción

$\alpha\beta\gamma\tau_{ijklm}$  = Grados Brix \* pH \* Temperatura de cocción \* Tiempo de cocción

$\epsilon_{ijklm}$  = Error

### 3.6.1. *Análisis de ANOVA*

#### 1. Planteamiento de Hipótesis

$\alpha_i$

$H_0$  = No existe efecto de los grados Brix en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto de los grados Brix en el rendimiento de pulpa de mora.

$\beta_j$

$H_0$  = No existe efecto del pH en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto del pH en el rendimiento de pulpa de mora.

$\gamma_k$

$H_0$  = No existe efecto de la Temperatura de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto de la Temperatura de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$\tau_l$

$H_0$  = No existe efecto del Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto del Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$\alpha\beta_{ij}$

$H_0$  = No existe efecto de los grados Brix y pH en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto de los grados Brix y pH en el rendimiento de pulpa de mora.

$\alpha\gamma_{ik}$

$H_0$  = No existe efecto de los grados Brix y Temperatura de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto de los grados Brix y Temperatura de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$\alpha\tau_{il}$

$H_0$  = No existe efecto de los grados Brix y Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto de los grados Brix y Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$\beta\gamma_{jk}$

$H_0$  = No existe efecto del pH y Temperatura de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto del pH y Temperatura de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$$\beta\tau_{jl}$$

$H_0$  = No existe efecto del pH y Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto del pH y Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$$\gamma\tau_{kl}$$

$H_0$  = No existe efecto de la Temperatura de cocción y el Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto de la Temperatura de cocción y el Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$$\alpha\beta\gamma_{ijk}$$

$H_0$  = No existe efecto de los grados Brix, pH y Temperatura de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto de los grados Brix, pH y Temperatura de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$$\alpha\beta\tau_{ijl}$$

$H_0$  = No existe efecto de los grados Brix, pH y Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto de los grados Brix, pH y Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$$\alpha\gamma\tau_{ikl}$$

$H_0$  = No existe efecto de los grados Brix, Temperatura de cocción y Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto de los grados Brix, Temperatura de cocción y Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

## $\beta\gamma\tau_{jkl}$

$H_0$  = No existe efecto del pH, Temperatura de cocción y Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto del pH, Temperatura de cocción y Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

## $\alpha\beta\gamma\tau_{ijklm}$

$H_0$  = No existe efecto de los Grados Brix, pH, Temperatura de cocción y Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de Mora.

$H_1$  = Existe efecto de los Grados Brix, pH, Temperatura de cocción y Tiempo de cocción en el rendimiento de pulpa de Mora.

### 2. Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05 \quad \alpha = 0,01$$

### 3. Estadístico de prueba

```
> anova(modelo1)
Analysis of Variance Table

Response: Rendimiento_pulpa

          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Grados_Brix1      1  62.845   62.845  22.0967 0.005334 **
pH1                1  33.727   33.727  11.8586 0.018363 *
Temperatura_cocción1  1 100.250  100.250  35.2485 0.001935 **
Tiempo_cocción1    1   1.046    1.046   0.3676 0.570783
Grados_Brix1:pH1   1   0.047    0.047   0.0166 0.902409
Grados_Brix1:Temperatura_cocción1  1   2.198    2.198   0.7728 0.419598
Grados_Brix1:Tiempo_cocción1       1   5.844    5.844   2.0549 0.211166
pH1:Temperatura_cocción1           1  19.603   19.603   6.8924 0.046795 *
pH1:Tiempo_cocción1               1   0.219    0.219   0.0768 0.792714
Temperatura_cocción1:Tiempo_cocción1  1   1.351    1.351   0.4752 0.521299
Residuals                    5  14.220    2.844

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

**Figura 9-3:** Resultado Deseño factorial 2<sup>4</sup> Modelo 1

Realizado por: Yubaille, A. 2021

### 4. Región de rechazo

$$p \leq \alpha \text{ Rechazar } H_0 \quad p \geq \alpha \text{ Aceptar } H_0$$

**Tabla 3-3:** Región de Rechazo Modelo 1

<b>Factor</b>	<b>Valor p</b>	<b>Conclusión</b>	<b>Decisión</b>
Grados Brix	<b>0.005334</b>	<b>Rechazo <math>H_0</math></b>	<b>Significativo</b>
p H	<b>0.018363</b>	<b>Rechazo <math>H_0</math></b>	<b>Significativo</b>
Temperatura cocción	<b>0.001935</b>	<b>Rechazo <math>H_0</math></b>	<b>Significativo</b>
Tiempo cocción	0.570783	Acepto $H_0$	No significativo
Grados Brix: pH	0.902409	Acepto $H_0$	No significativo
Grados Brix: Temperatura cocción	0.419598	Acepto $H_0$	No significativo
Grados Brix: Tiempo cocción	0.211166	Acepto $H_0$	No significativo
pH: Temperatura cocción	<b>0.046795</b>	<b>Rechazo <math>H_0</math></b>	<b>Significativo</b>
pH: Tiempo cocción	0.792714	Acepto $H_0$	No significativo
Temperatura cocción: Tiempo cocción	0.521299	Acepto $H_0$	No significativo

**Fuente:** Resultado del análisis del registro de mora agroindustria Mis Frutales

**Realizado por:** Yubaille, A. 2021

## 5. Decisión

Con un 95% de confianza existe evidencia para rechazar la hipótesis nula es decir existe efecto de los Grados Brix, pH, Temperatura de cocción, pH \* Temperatura cocción en el bajo rendimiento de pulpa de Mora. Mientras que el tiempo de cocción y los demás factores no influyen de manera significativa en el bajo rendimiento de pulpa de mora.

Debido a que en el Modelo 1 se observa que no todos los factores fueron significativos se procede a realizar un ANOVA mejorado con todos los factores significativos.

### 3.7. Modelo 2 ANOVA Mejorado

Para realizar el análisis del modelo 2 se tomaron en cuenta solo los efectos que fueron significativos en el Modelo 1

## Modelo Estadístico

$$y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \beta\gamma_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

### Donde:

$y_{ijklm}$  = Rendimiento de pulpa de mora

$\mu$  = Media poblacional

$\alpha_i$  = Grados Brix

$\beta_j$  = pH

$\gamma_k$  = Temperatura de cocción

$\beta\gamma_{jk}$  = pH \* Temperatura de cocción

### 1. Planteamiento de Hipótesis

$\alpha_i$

$H_0$  = No existe efecto de los grados Brix en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto de los grados Brix en el rendimiento de pulpa de mora.

$\beta_j$

$H_0$  = No existe efecto del pH en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto del pH en el rendimiento de pulpa de mora.

$\gamma_k$

$H_0$  = No existe efecto de la Temperatura de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto de la Temperatura de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.



$$\beta\gamma_{jk}$$

$H_0$  = No existe efecto del pH y Temperatura de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

$H_1$  = Existe efecto del pH y Temperatura de cocción en el rendimiento de pulpa de mora.

## 2. Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05 \quad \alpha = 0,01$$

## 3. Estadístico de prueba

```
> modelo2<-lm(Rendimiento_pulpa~Grados_Brix1+pH1+Temperatura_cocción1+
+ (pH1*Temperatura_cocción1))
> anova(modelo2)
Analysis of Variance Table

Response: Rendimiento_pulpa
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Grados_Brix1      1  62.845   62.845   27.735 0.0002658 ***
pH1                1  33.727   33.727   14.884 0.0026624 **
Temperatura_cocción1  1 100.250  100.250   44.242 3.604e-05 ***
pH1:Temperatura_cocción1  1  19.603   19.603    8.651 0.0134174 *
Residuals        11  24.925    2.266
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

**Figura 10-3:** Resultado Diseño factorial  $2^4$  Modelo 2

Realizado por: Yubaille, A. 2021

## 4. Región de rechazo

$$p \leq \alpha \text{ Rechazar } H_0$$

$$p \geq \alpha \text{ Aceptar } H_0$$

**Tabla 4-3:** Región de Rechazo Modelo 2

Factor	Valor p	Conclusión	Decisión
Grados Brix	0.0002658	Rechazo $H_0$	Significativo
p H	0.0026624	Rechazo $H_0$	Significativo
Temperatura cocción	3.604e-05	Rechazo $H_0$	Significativo
pH: Temperatura cocción	0.0134174	Rechazo $H_0$	Significativo

Fuente: Empresa agroindustrial Mis Frutales

Realizado por: Yubaille, A. 2021

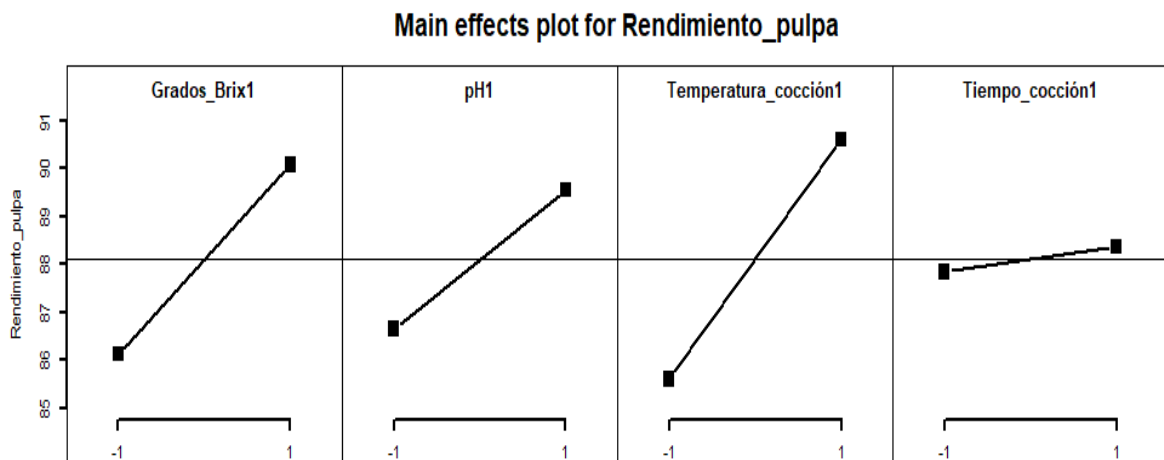
## 5. Decisión

Con un 95% de confianza existe evidencia para rechazar la hipótesis nula es decir existe efecto de los Grados Brix, pH, Temperatura de cocción, pH \* Temperatura cocción en el bajo rendimiento de pulpa de mora. Donde el mejor modelo para el rendimiento de pulpa de mora es el modelo 2 que contiene solo los efectos que son significativos en la variable respuesta, viene dado por:

**Rendimiento** = Grados Brix + pH + Temperatura de cocción + pH \* Temperatura de cocción

### 3.8. Gráfica de efectos principales

```
tabla<-FrF2(nruns = 16, nfactores = 4, factor.names = list(Grados_Brix1=c(-1,1),
pH1=c(-1,1),Temperatura_cocción1=c(-1,1), Tiempo_cocción1=c(-1,1)),replicati
ons = 1,randomize = F)
## creating full factorial with 32 runs ...
tabla<-add.response(design = tabla,response = Rendimiento_pulpa)
MEPlot(tabla,lwd=2)
```



**Gráfica 8-3:** Gráfica de los efectos principales

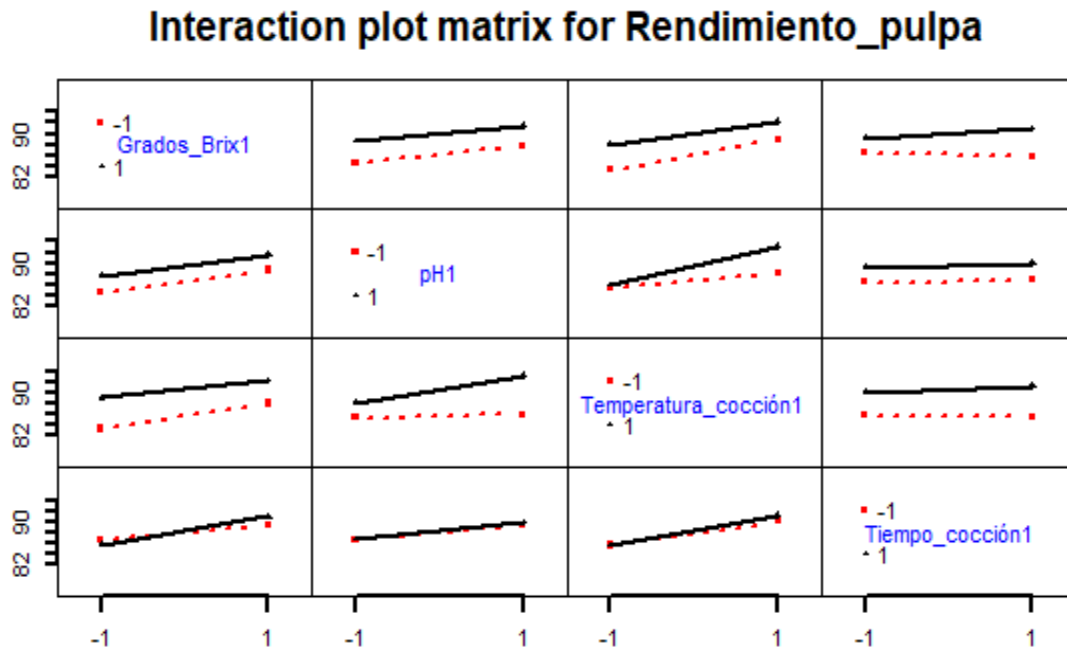
Realizado por: Yubaille, A. 2021

En la gráfica se observa que los efectos: Grados Brix, pH, Temperatura de cocción influyen de manera significativa con un nivel alto, mientras que el efecto tiempo de cocción no tiene influencia en la variable respuesta rendimiento de pulpa de mora, corroborando con el resultado del método analítico del ANOVA.

- Para maximizar el rendimiento de pulpa de mora el tratamiento ganador es a un nivel alto de 12 °Bx de grados Brix
- Para maximizar el rendimiento de pulpa de mora el tratamiento ganador es a un nivel alto de 3,2 pH
- Para maximizar el rendimiento de pulpa de mora el tratamiento ganador es a un nivel alto de 85°C de temperatura de cocción

### 3.8.1. Gráfica de efectos de interacción doble

IAPlot(tabla, lwd=2)



Gráfica 9-3: Gráfica de interacción doble de los efectos

Realizado por: Yubaille, A. 2021

En el gráfico de interacción de efectos se visualiza la interacción entre los factores pH y la temperatura de cocción a un nivel alto de 3,2 pH y 85°C de temperatura de cocción, comprobando el resultado con la prueba analítica del ANOVA.

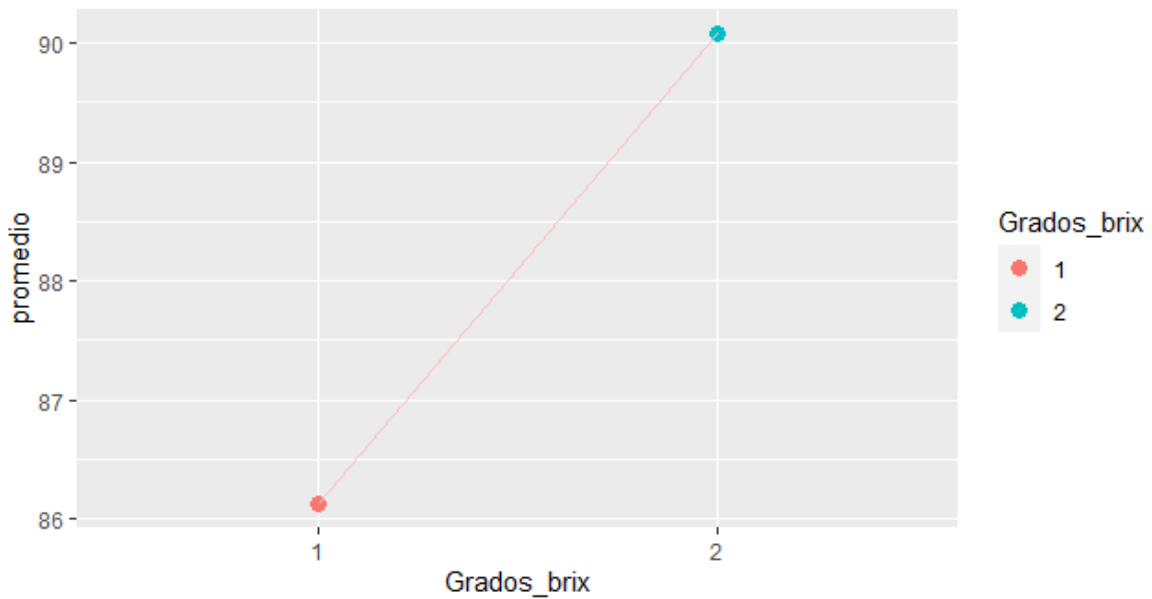
### 3.8.2. Gráficos de efectos principales significativos

#### Efecto Grados Brix

```
Grados_Brix<-tapply(Rendimiento_pulpa, Grados_Brix1, mean)
Grados_Brix

##      -1      1
## 86.12375, 90.08750

promedio<-c(86.12375, 90.08750)
Grados_brix<-as.factor(c(1:2))
gr1<-data.frame(Grados_brix,promedio)
ggplot(gr1,aes(Grados_brix,promedio,color= Grados_brix))+geom_point(size=
3)+geom_line(aes(1:2,promedio),color="pink")
```



**Gráfica 10-3:** Gráfica del efecto principal Grados Brix

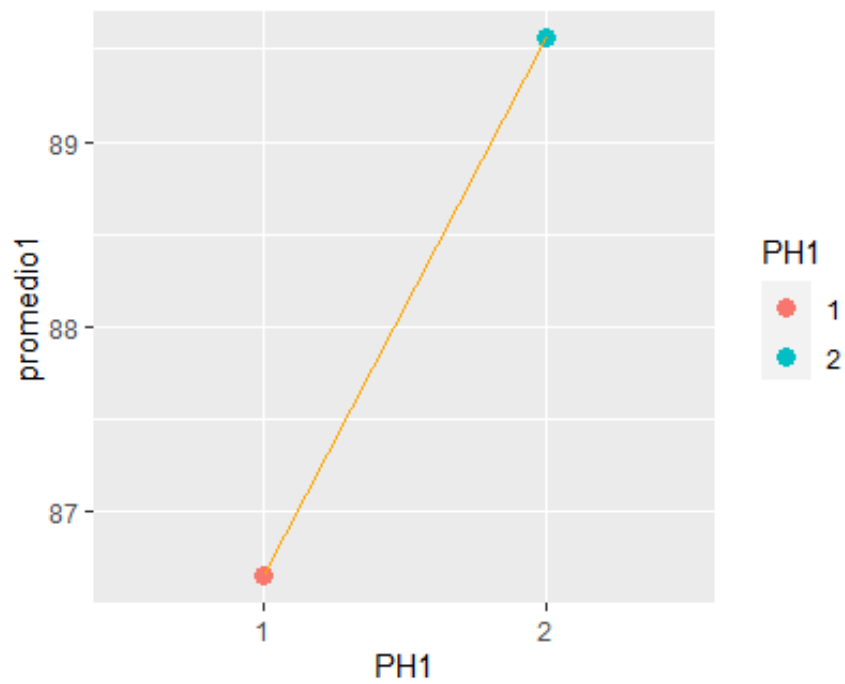
Realizado por: Yubaille, A. 2021

Para maximizar el rendimiento de pulpa de mora el tratamiento ganador es a un nivel alto de 12 °Bx.

## Efecto pH

```
pH<-tapply(Rendimiento_pulpa, pH1, mean)
pH
##          -1          1
## 86.65375, 89.55750

Promedio1<-c(86.65375, 89.55750)
PH1<-as.factor(c(1:2))
p1<-data.frame(PH1,promedio1)
ggplot(p1,aes(PH1,promedio1,color= PH1))+geom_point(size=3)+
  geom_line(aes(1:2,promedio1),color="orange")
```



**Gráfica 11-3:** Gráfica del efecto principal pH

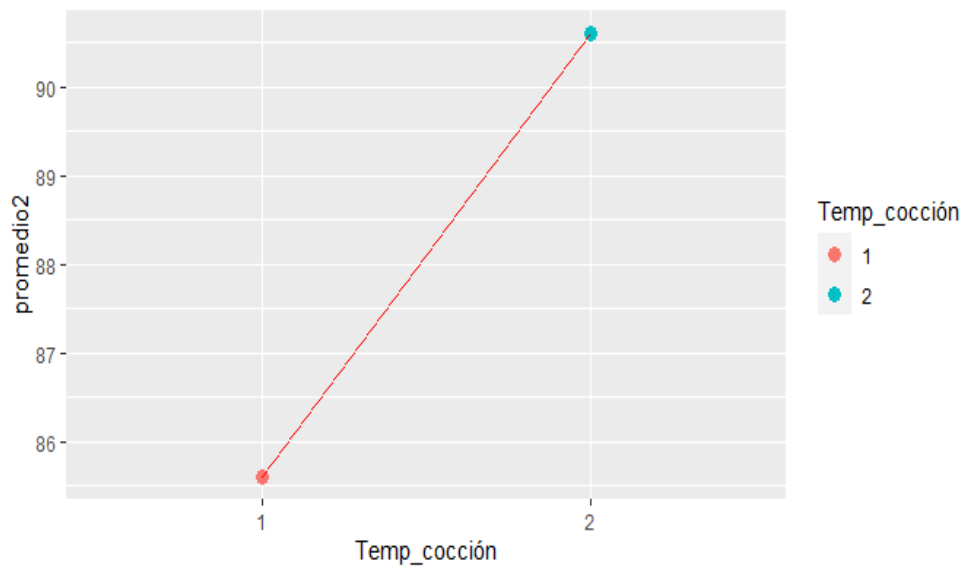
Realizado por: Yubaille, A. 2021

Para maximizar el rendimiento de pulpa de mora el tratamiento ganador es a un nivel alto de 3,2 de pH.

## Efecto temperatura de cocción

```
Temp<-tapply(Rendimiento_pulpa, Temperatura_cocción1, mean)
Temp
##          -1          1
## 85.60250, 90.60875

promedio2<-c(85.60250, 90.60875)
Temp_coccion<-as.factor(c(1:2))
g3<-data.frame(Temp_coccion,promedio2)
ggplot(g3,aes(Temp_coccion,promedio2,color= Temp_coccion))+geom_point(size=3)+geom_line(aes(1:2,promedio2),color="orange")
```



**Gráfica 12-3:** Gráfica del efecto principal Temperatura de cocción

**Realizado por:** Yubaille, A. 2021

Para maximizar el rendimiento de pulpa de mora el tratamiento ganador es a un nivel alto de 85°C de Temperatura de cocción.

### 3.9. Diagnóstico del modelo

Para el diagnóstico del modelo se procedió a realizar el análisis de los residuos donde se comprueba analíticamente y gráficamente los supuestos de normalidad, homogeneidad e independencia.

#### Normalidad

##### 1. Planteamiento de hipótesis

$H_0$  = Los errores siguen una distribución normal.

$H_1$  = Los errores no siguen una distribución normal.

##### 2. Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$

##### 3. Estadístico de prueba

```
> shapiro.test(r)

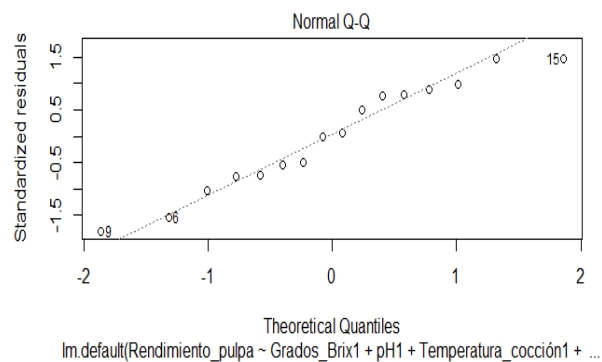
      shapiro-wilk normality test

data:  r
w = 0.9496, p-value = 0.4833
.
```

**Figura 11-3:** Test de Normalidad del error

Realizado por: Yubaille, A. 2021

```
plot(modelo2, which=2)
```



**Gráfica 13-3:** Gráfica de normalidad

Realizado por: Yubaille, A. 2021

#### 4. Región de rechazo

$p - \text{valor} \geq \alpha$  No se rechaza  $H_0$

$0,4833 \geq 0,05$  No se rechaza  $H_0$

#### 5. Conclusión

Los errores siguen una distribución normal ya que su valor  $p = 0,483$  es mayor al nivel de significancia por lo cual no se rechaza  $H_0$ , se observa debido a que en el gráfico Q-Q Plot se confrontan los cuantiles teóricos y cuantiles muestrales.

### Homogeneidad

#### 1. Planteamiento de hipótesis

$H_0$  = Los errores tienen varianza constante

$H_1$  = Los errores no tiene varianza constante

#### 2. Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

#### 3. Estadístico de prueba

```
> bartlett.test(residuals(modelo2)~Grados_Brix1)
      Bartlett test of homogeneity of variances
data: residuals(modelo2) by Grados_Brix1
Bartlett's K-squared = 0.051806, df = 1, p-value = 0.82
> bartlett.test(residuals(modelo2)~pH1)
      Bartlett test of homogeneity of variances
data: residuals(modelo2) by pH1
Bartlett's K-squared = 0.47934, df = 1, p-value = 0.4887
> bartlett.test(residuals(modelo2)~Temperatura_cocción1)
      Bartlett test of homogeneity of variances
data: residuals(modelo2) by Temperatura_cocción1
Bartlett's K-squared = 0.073945, df = 1, p-value = 0.7857
```

**Figura 12-3:** Test estadístico de Bartlett

Realizado por: Yubaille, A. 2021



#### 4. Región de rechazo

$p - \text{valor} \geq \alpha$  No se rechaza  $H_0$

##### Grados Brix

$0,82 \geq 0,05$  No se rechaza  $H_0$

##### pH

$0,489 \geq 0,05$  No se rechaza  $H_0$

##### Temperatura de cocción

$0,786 \geq 0,05$  No se rechaza  $H_0$

#### 5. Conclusión

Los errores tienen varianza constante para cada factor significativo ya que los valores p son mayores al nivel de significancia por lo cual no se rechaza  $H_0$ .

#### Independencia

##### 1. Planteamiento de hipótesis

$H_0$  = Los residuos están incorrelados

$H_1$  = Los residuos están correlacionados

##### 2. Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

##### 3. Estadístico de prueba

```
> r<-residuals(modelo2)
> dwtest(r~Grados_Brix1+pH1+Temperatura_cocción1+
+       (pH1*Temperatura_cocción1))

Durbin-watson test

data: r ~ Grados_Brix1 + pH1 + Temperatura_cocción1 + (pH1 * Temperatura_cocción1)
DW = 2.6363, p-value = 0.8781
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

**Figura 13-3:** Test estadístico de Durbin-Watson

Realizado por: Yubaille, A. 2021

#### 4. Región de rechazo

$p - \text{valor} \geq \alpha$  No se rechaza  $H_0$

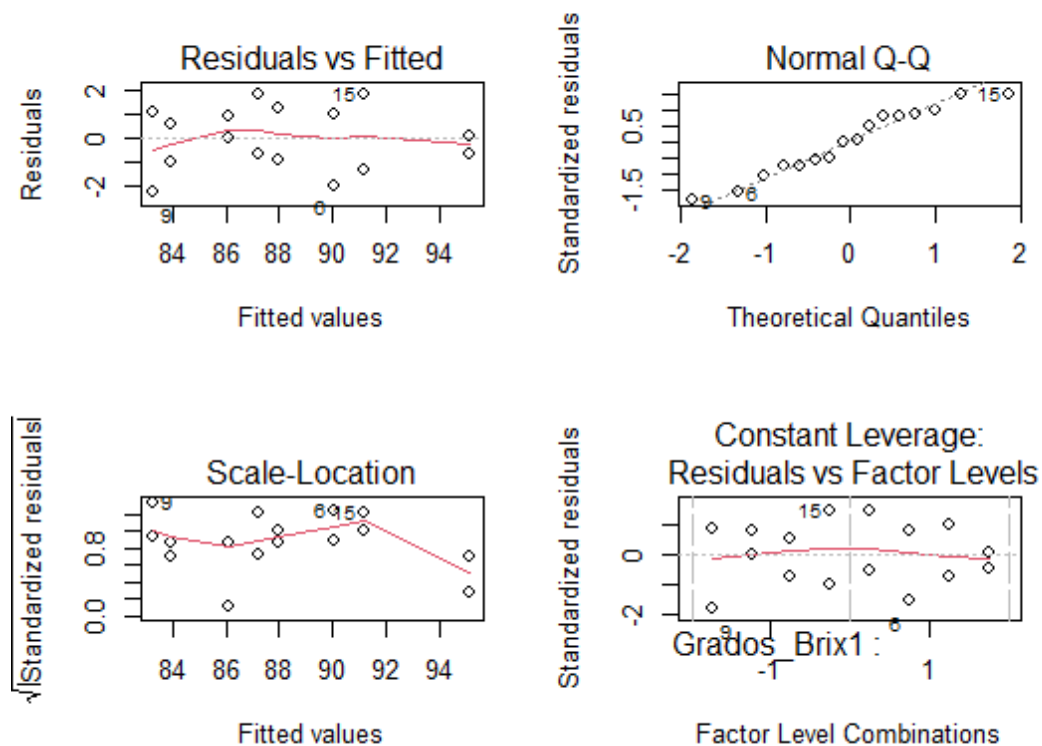
$0,878 \geq 0,05$  No se rechaza  $H_0$

#### 5. Conclusión

Los errores del modelo están incorrelados ya que su valor  $p=0,878$  es mayor al nivel de significancia por lo cual no se rechaza  $H_0$ .

#### Gráfica de los Supuestos

```
par(mfrow=c(2,2))  
plot(modelo2)
```



**Gráfica 14-3:** Gráfico de supuestos

Realizado por: Yubaille, A. 2021

El modelo cumple con los supuestos de normalidad, homogeneidad, independencia es decir se considera un modelo aceptable para predecir el rendimiento de pulpa de mora.

### 3.10. Análisis del modelo de regresión

El modelo de regresión ajustado que describe el rendimiento de pulpa de mora sobre cualquier punto está dado por:

$$\text{Rendimiento} = \text{Grados Brix} + \text{pH} + \text{Temperatura de cocción} + \text{pH} * \text{Temperatura de cocción}$$

Se procede a la obtención de los coeficientes del modelo de regresión por medio del software

#### 3.10.1. Estimación del modelo de regresión

**Tabla 5-3:** Coeficientes del modelo de regresión

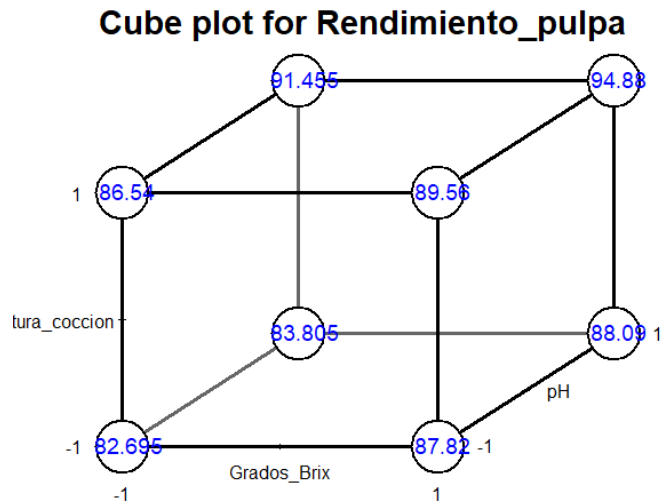
<b>Coeficientes</b>	<b>Estimación</b>
Intercepto	83,2756
Grados Brix	3,9638
pH	0,6900
Temperatura de cocción	2,7925
pH*Temperatura de cocción	4,4275

**Fuente:** Empresa agroindustrial Mis Frutales

**Realizado por:** Yubaille, A. 2021

$$\hat{Y} = 83,276 + 3,964 * \text{Grados Brix} + 0,690 * \text{pH} + 2,793 * \text{Temperatura de cocción} + 4,428 * (\text{p H} * \text{Temperatura de cocción})$$

### 3.11. Gráfica experimental predicha



**Gráfica 15-3:** Gráfico de cubo y respuesta predicha

Realizado por: Yubaille, A. 2021

Para la predicción del rendimiento de pulpa de mora se realiza un remplazo en el modelo de regresión con el tratamiento ganador en cada punto del diseño como se visualiza en el cubo el punto del diseño que maximiza es (1,1,1): A un nivel alto de 12 °Bx; 3,2 pH y 85°C de Temperatura de cocción, obteniéndose así una predicción de 94.88% de rendimiento de pulpa de mora.

El punto del diseño que minimiza el rendimiento es (-1,-1,-1): A un nivel bajo de 9 °Bx, 3 pH y 83°C de Temperatura de cocción, obteniéndose así una predicción de 82,70% de rendimiento de pulpa de mora.

### 3.12. Coeficiente de determinación

$$R^2 = \frac{SC_{total} - SC_{error}}{SC_{total}} \times 100 \quad (11)$$

$$R^2 = 89,67$$

El coeficiente de determinación obtenido es del 89,67% que explica un alto porcentaje de variabilidad del rendimiento de pulpa de mora, explicada por el modelo de regresión.

## CONCLUSIONES

El rendimiento de producción promedio de las pulpas de mora fue de 88,11%, con una variabilidad de 4,01 con respecto a su media, presenta una asimetría positiva de 0,198 puesto que los valores tienden a reunirse más en la parte derecha de la media, por el valor de curtosis de 2,34 su distribución es leptocúrtica ya que se presenta el grado de concentración de los valores alrededor de la media.

Se propuso un diseño factorial  $2^4$  sin réplica ya que se analizó 4 factores tomando en cuenta la calidad de la materia prima los grados Brix y el pH de la fruta. En el proceso de elaboración la temperatura de cocción y tiempo de cocción, con 2 niveles cada uno, que se asume ejercen influencia sobre el rendimiento de pulpa de mora.

A través del análisis de gráfico de efectos de Daniel y Pareto, en primera instancia del estudio realizado, se identificaron los posibles efectos significativos Grados Brix, pH, Temperatura de cocción, pH \* Temperatura cocción, información que se corroboró posteriormente con el análisis de varianza en donde se obtuvieron los mismos efectos como significativos para el modelo.

El mejor modelo encontrado para el rendimiento de pulpa de mora fue: **Rendimiento = Grados Brix + pH + Temperatura de cocción + pH \* Temperatura de cocción**. Este modelo cumplió los 3 supuestos: normalidad, homogeneidad e independencia, con un coeficiente de determinación  $R^2$  del 89,67%, siendo un modelo adecuado para futuras predicciones sobre el rendimiento de pulpa de mora con la presencia de estos factores.

Mediante el análisis gráfico y analítico se determinó que los efectos más significativos es la presencia de los grados Brix, pH, temperatura de cocción, obteniéndose que el punto del diseño que maximiza es (1,1,1): a un nivel alto de 12 °Bx; 3,2 pH y 85°C de Temperatura de cocción y el que minimiza el rendimiento es (-1,-1,-1): a un nivel bajo de 9 °Bx, 3 pH y 83°C de Temperatura de cocción. Mientras que el tiempo de cocción y los demás factores no influyen de manera significativa.

El rendimiento de pulpa de mora estimado, con el mejor modelo y puntos del diseño que maximiza fue de 94,88% y el punto del diseño que minimiza el rendimiento de 82,70%. Esta estimación es confiable puesto que el modelo empleado para realizar esta predicción tuvo un alto coeficiente de determinación, además de cumplir con todos los supuestos.

## **RECOMENDACIONES**

En base al análisis estadístico realizado se sugiere a la agroindustria Mis Frutales poner en práctica el tratamiento ganador encontrado a un nivel alto de 12 °Bx; 3,2 pH y 85°C de Temperatura de cocción, una vez finalizado este estudio poder alcanzar un rendimiento máximo en su producción de pulpa de mora.

Ampliar el estudio en posteriores investigaciones mediante la aplicación de otros diseños experimentales que ayuden a encontrar el tratamiento que mejora la producción final y permita identificar nuevos factores que influyan sobre el rendimiento de la producción de pulpa de fruta.

A la empresa agroindustria Mis Frutales la implementación del diseño factorial realizado en el estudio, utilizando otras frutas que presenten alteración en el rendimiento de producción.

Difundir los resultados obtenidos a la agroindustria para que analicen el trabajo que llevan sobre la materia prima, puesto que en la investigación se determinó que los grados Brix y el pH influyen de manera significativa en el rendimiento de producción de pulpa de mora.

## **GLOSARIO**

**Bx:** Hace referencia a las siglas de los grados Brix que miden la cantidad de sólidos solubles presentes en el fruto (Herrera, 2015, p. 192).

**Escaldado:** Este proceso consiste en someter la fruta a un calentamiento corto ayudando a ablandarse y a aumentar el rendimiento de la pulpa, se reduce la carga microbiana que permanece en la fruta (Merlo, 2010, p. 4).

**INEN:** Está reconocido por la sociedad ecuatoriana como competente en la ejecución de los procesos establecidos en el Sistema Ecuatoriano de la Calidad se define como el Instituto Ecuatoriano de Normalización (Herrera, 2014, p. 23).

**Organoléptico:** Es un análisis que se realiza para conocer la calidad de la fruta que va a ser sometida a procesos de transformación así determinar características como el olor, color, firmeza de la fruta (Cazar 2016, p. 21).

**Refractómetro:** Es un instrumento utilizado para medir los grados Brix en las frutas, su objetivo es analizar distintas sustancias presentes en una materia (Cuesta y Castro, 2018, p. 10).

## BIBLIOGRAFÍA

**ALARCÓN RODRÍGUEZ, Edwin Santiago.** Diseño e implementación de un sistema de aseguramiento y control de calidad en producción de pulpa de *Rubus ulmifolius* (Mora) y *Solanun quitoense* (Naranjilla) en el laboratorio de procesamiento de alimentos de la FCP [En línea] (Tesis) (Ingeniero en Industrias Pecuarias). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias Pecuaria, Industrias Pecuarias, Riobamba-Ecuador, 2014. pp. 25-27. [Consulta: 15 noviembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3819>

**ALVARADO NOVILLO, Magaly Belén.** Plan de exportación de pulpa de tuna por la Empresa Procesadora Agroindustrial “Mis Frutales” de la parroquia San Luis provincia de Chimborazo hacia la ciudad de Hamburgo-Alemania durante el periodo 2014-2016 [En línea] (Tesis) (Ingeniera Comercio Exterior). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Administración de Empresas, Escuela de Ingeniería y Comercio Exterior, Riobamba-Ecuador, 2015. p. 18, [Consulta: 15 noviembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/11284>

**ALVARADO LANDIREZ, Eduardo Mauricio.** Estudio del proceso de producción de pulpas de fruta combinadas pasteurizadas y congeladas a mediana escala [En línea] (Tesis) (Ingeniero en Alimentos). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil-Ecuador, 2011. p. 7, [Consulta: 15 noviembre 2020]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19144>

**ANCHÍA, Icíar.** *Alimentos y nutrición en la práctica sanitaria*. Ediciones Díaz de Santos. Madrid-España, 2003, p. 10.

**AYALA, Germán; et al, BRITO, Beatriz.** *El cultivo de la mora en el Ecuador* [Blog], 2016.[Consulta 18 Noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/314313962>

**CAÍN, Víctor; & FLORES, Pablo.** Análisis estadístico de los resultados del archivo maestro de Instituciones Educativas 2001 - 2010 de la dirección Provincial de Educación Intercultural Bilingüe de Chimborazo [En línea] (Tesis) (Ingeniero en Estadística Informática). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Escuela de Física y Matemática, Riobamba-Ecuador, 2012. p. 99, [Consulta: 15 noviembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2004>



**CALERO, Verónica, & CAVIEDES, Mario.** Estudio de prefactibilidad para la producción de mora (*Rubus lanciniatus*) variedad brazos, en Atuntaqui-Imbabura [En línea] (Tesis) (Ingeniero en Agroempresas). Universidad San Francisco de Quito, Agricultura, Alimentos y Nutrición, Quito-Ecuador, 2010. p. 17, [Consulta: 10 octubre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/952>

**CARHUANCHO, Irma; et al.** *Metodología de la investigación holística* [en línea] Guayaquil, 2019. UIDE. pp.12-20. [Consulta: 14 diciembre 2020]. Disponible en: [https://elibro.net/es/ereader/espoch/131261?fs\\_q=MetodologiadelaInvestigacionHol%C3%ADstica&prev=fs](https://elibro.net/es/ereader/espoch/131261?fs_q=MetodologiadelaInvestigacionHol%C3%ADstica&prev=fs)

**CAZAR VILLACÍS, Irina Minoshka.** Análisis físico-químico para la determinación de la calidad de las frutas [En Línea] (Tesis) (Licenciada en Ciencias Químicas). Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Quito, 2016. p. 21. [Consulta: 5 febrero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/11453>

**CUESTA, Crithian.; & CASTRO, María.** "Efecto de pretratamientos en la extracción de antocianinas de la Mora Castilla (*R. glaucus*) y Silvestre (*R. adenotrichos*), para su uso como indicador visual de pH". Revista Semantics [en línea] [Consulta: 30 noviembre 2020] Publisher: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. DOI 10/3966. Disponible en: <http://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/3966>

**CUNALATA PONLUISA, Yesenia Elizabeth.** Diseño del proceso para la extracción de pulpa a partir de mora para la asociación de producción agrícola cadena provincial de mora Asoprocamor Tungurahua [En línea] (Tesis) (Ingeniera Química). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Riobamba-Ecuador, 2018. p. 22, [Consulta: 15 noviembre 2020]. Disponible en: <http://bibliotecas.espoch.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=65228>

**ESPARZA, Erik, et al.** Evaluación económica, financiera y social de la instalación de una planta procesadora de pulpa de mora y tomate de árbol [En línea] Escuela Superior Politécnica del Litoral, Instituto de Ciencias Humanísticas y económicas, Guayaquil-Ecuador, 2004. p. 4, [Consulta: 15 noviembre 2020]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/574>

**GUTIÉRREZ, Humberto.** *Análisis y diseño de experimentos*. Segunda edición. S.l.: McGraw-Hill Interamericana. México -Bogotá, 2008 pp. 22-215.

**HERNÁNDEZ CRUZ, Eduardo Eleuterio.** Estudio Comparativo de Diseños Experimentales de Superficie de Respuesta para la Optimización de Factores Limitantes en Procesos Industriales [En línea] Instituto Tecnológico y Estudios Superiores de Monterrey, (Tesis) (Ingeniero Industrial), México, 2017. p. 117, [Consulta: 16 noviembre 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11285/568535>

**HERRERA GARCÍA, Pablo Felipe.** Compañía productora de pulpa de frutas Rica Pulpa SAS [En línea] Universidad ICESI (Tesis) (Master con Énfasis en Gestión Estratégica), Santiago de Cali, 2014. p.52, [Consulta: 20 noviembre 2020]. Disponible en: [https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/handle/10906/78872](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/handle/10906/78872)

**HERRERA, Wilson.** Formulación del diseño del proyecto de una planta productora de pulpa de fruta derivada de mora y tomate de árbol en la ciudad de Cuenca [en línea] Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca (Tesis) (Ingeniero Industria), Cuenca-Ecuador, 2015. [Consulta: 17 noviembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7962>

**LLUMIQUINGA, Susana & PATIÑO, Eliana.** Industrialización y exportación de clarificado, pulpa y mermelada de mora a los mercados de Alemania y Holanda [En línea] Escuela Politécnica Nacional, (Tesis) (Ingeniero Empresarial), Escuela de Ciencias, Quito, 2007. pp. 145-166, [Consulta: 15 noviembre 2020]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/333>

**LUDEÑA, Fausto.** Aplicación del diseño de experimentos en el desarrollo de un nuevo producto para la empresa EMFALU [en línea] (Tesis) (Magister Industrial Y Productividad). Escuela Politécnica Nacional, Ingeniería Química y Agroindustrial, Quito, 2017. p. 35. [Consulta: 22 noviembre 2020]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18998>

**MERLO LOPEZ, Silvia Carolina.** Desarrollo de un plan de implementación de buenas prácticas de manufactura en una planta de pulpa de frutas [en línea] (Tesis) (Ingeniero Agroindustrial). Escuela Politécnica Nacional, Ingeniería Química y Agroindustrial, Quito, 2009. pp. 2-31. [Consulta: 8 diciembre 2020]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1669>

**POSADA, Gabriel.** *Elementos básicos de estadística descriptiva para el análisis de datos.* Editorial Luis Amigo, Colombia, 2016. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: [https://elibro.net/es/ereader/esepoch/127436?fsq=estadistica%20descriptiva&fs\\_edition\\_year=2020;2019;2018;2017;2016;2015&fs\\_edition\\_year\\_lb=2020;2019;2018;2017;2016;2015&prev=fs](https://elibro.net/es/ereader/esepoch/127436?fsq=estadistica%20descriptiva&fs_edition_year=2020;2019;2018;2017;2016;2015&fs_edition_year_lb=2020;2019;2018;2017;2016;2015&prev=fs)

**RUBIO HUTADO, María José.** "Como aplicar pruebas paramétricas Bivariantes de Student y ANOVA en SPSS". *Revista de innovación en Educación* vol. 5. Barcelona, 2012. DOI 10.1344/reire2012.5.2527. [Consulta: 18 noviembre 2020]. Disponible en: <https://revistes.ub.edu/index.php/REIRE/article/view/3566>

**SÁNCHEZ, José; et al, RUILOVA, María.** "Efecto del piso altitudinal sobre la calidad de la mora (*Rubus glaucus* benth) en la región interandina del Ecuador". *Idesia (Arica)*, volumen (36), no. 2, pp. 209-215, Chile; 2018. ISSN 0718-3429. DOI 10.4067/S0718-34292018005000702.

**SANTOS, Rubén; et al.** "Rendimiento y Atributos de Calidad de Mora (*Rubus Glaucus* Benth) de cuatro Zonas Productoras De Bolívar" *Revista de Investigación Talentos*. [en línea]. [Consulta: 15 noviembre 2020]. Disponible en: <https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/222>

**TELLO PATIÑO, Eliana; & LLUMIQUINGA, Susana.** Industrialización y Exportación de clarificado, pulpa y mermelada de Mora a los mercados de Alemania y Holanda [en línea] (Tesis) Escuela Politécnica Nacional, (Tesis) (Ingeniero Empresarial), Escuela de Ciencias, Quito, 2007. pp. 1-230-166, [Consulta: 15 noviembre 2020]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/333>

**TIXI GOYES, Irina Madelyne.** Proyecto de factibilidad para la exportación de pulpas de frutas producidas por la compañía "Productos Suiza Dajed Cía. Ltda. de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua hacia el mercado de Estados Unidos – Nueva York en el periodo 2018" [En línea]. (Tesis) (Ingeniera Comercio Exterior). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Administración de Empresas, Escuela de Ingeniería y Comercio Exterior, Riobamba-Ecuador, 2019. p. 120, [Consulta: 15 noviembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11985>

**TÓMALA GERMAN, Cesar Augusto; & TOALOMBO, Olga.** Estudio de la aplicación de un recubrimiento comestible sobre el tiempo de vida útil de la mora de castilla (*rubus glaucus*) [En línea]. (Tesis) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos, Ambato-Ecuador, 2014. pp. 52-100, [Consulta: 17 noviembre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8447>

**VILES, Elisabeth, et al.** Aplicación del Diseño de Experimentos (DoE) para la mejora de procesos [En línea] España, 2008. [Consulta: 15 noviembre 2020]. Disponible en: [https://www.academia.edu/18235423/Aplicaci%C3%B3n\\_del\\_Dise%C3%B1o\\_de\\_Experimentos\\_DoE\\_para\\_la\\_mejora\\_de\\_procesos](https://www.academia.edu/18235423/Aplicaci%C3%B3n_del_Dise%C3%B1o_de_Experimentos_DoE_para_la_mejora_de_procesos)

**VIÑÁN ANDINO, Alexandra Belén.** Diseño Estadístico Experimental para el Estudio de la respuesta del Maíz (*Zea Mays L.*) A la aplicación Edáfica Complementaria de tres tipos de abono sintético a dos dosis en la comunidad de Peñas, cantón Tiwintza, Provincia de Morona Santiago [En línea]. (Tesis) (Ingeniera Estadística Informática). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Escuela de Física y Matemática, Riobamba-Ecuador, 2012. pp. 71-82, [Consulta: 22 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2014>



Firmado electrónicamente por:  
**JHONATAN RODRIGO  
PARREÑO UQUILLAS**

## ANEXOS

### ANEXO A: COMANDOS RSTUDIO

```
library(moments)
```

```
library (FrF2)
```

```
library(ggplot2)
```

```
library(lmtest)
```

```
Grados_Brix<-as.factor(rep(c(-1,1), 8))
```

```
pH<-as.factor(rep(c(-1,1), each=2,4))
```

```
Temperatura_cocción<-as.factor(rep(c(-1,1), each=4,2))
```

```
Tiempo_cocción<-as.factor(rep(c(-1,1), each=8,1))
```

```
Rendimiento_pulpa<c(84.37,86.57,84.6,87.01,87.03,88.09,89.89,95.24,81.02,89.07,83.01,89.17,  
86.05,91.03,93.02,94.52)
```

```
Peso_Mora<c(1567,201,896,869,1002,907,524,168,159,1016,1018,896,1567,574,387,1369)
```

```
Producción_Pulpa<c(1322,174,758,756,872,799,471,160,129,905,845,799,1348,523,360,1294)
```

```
#Análisis exploratorio de los datos
```

```
summary(Rendimiento_pulpa)
```

```
sd(Rendimiento_pulpa)
```

```
skewness(Rendimiento_pulpa)
```

```
kurtosis(Rendimiento_pulpa)
```

```
boxplot(Rendimiento_pulpa, main="Diagrama de cajas", col=c(123))
```

```
hist(Rendimiento_pulpa, freq = F, main= "Histograma")
```

```
lines(density(Rendimiento_pulpa))
```

```
#Análisis exploratorio pesos de la mora
```

```
summary(Peso_Mora)
```

```
sd(Peso_Mora)
```

```
skewness(Peso_Mora)
```

```
kurtosis(Peso_Mora)
```

```
boxplot(Peso_Mora, main="Diagrama de cajas", col=c(123))
```

```

hist(Peso_Mora, freq = F, main= "Histograma")
lines(density(Peso_Mora))

#Análisis exploratorio de la producción total de pulpa

summary(Produccion_Pulpa)

sd(Produccion_Pulpa)

skewness(Produccion_Pulpa)

kurtosis(Produccion_Pulpa)

boxplot(Produccion_Pulpa, main="Diagrama de cajas", col=c(123))

hist(Produccion_Pulpa, freq = F, main= "Histograma")
lines(density(Produccion_Pulpa))

#####Normalidad###
#Ho: La variable rendimiento sigue una distribución normal
#H1: La variable rendimiento no sigue una distribución normal
shapiro.test(Rendimiento_pulpa)
## Shapiro-Wilk normality test
qqnorm(Rendimiento_pulpa, pch = 19, col = "127", main= "Gráfica de Normalidad" )
qqline(Rendimiento_pulpa, col = "177")

## los errores siguen una distribución normal
Grados_Brix<-(rep(c(-1,1), 8))
pH<-(rep(c(-1,1), each=2,4))
Temperatura_coccion<-(rep(c(-1,1), each=4,2))
Tiempo_coccion<-(rep(c(-1,1), each=8,1))
Rendimiento_pulpa<c(84.37,86.57,84.6,87.01,87.03,88.09,89.89,95.24,81.02,89.07,83.01,89.17
,86.05,91.03,93.02,94.52)
modelo<-lm(Rendimiento_pulpa~Grados_Brix*pH*Temperatura_coccion*Tiempo_coccion)
paretoPlot(modelo)

DanielPlot(modelo)

#Anova con efectos principales y de interacción doble
#con asfactor
Grados_Brix1<-as.factor(rep(c(-1,1), 8))

```

```

pH1<-as.factor(rep(c(-1,1), each=2,4))
Temperatura_cocción1<-as.factor(rep(c(-1,1), each=4,2))
Tiempo_cocción1<-as.factor(rep(c(-1,1), each=8,1))
Rendimiento_pulpa<c(84.37,86.57,84.6,87.01,87.03,88.09,89.89,95.24,81.02,89.07,83.01,89.1,
86.05,91.03,93.02,94.52)
modelo1<lm(Rendimiento_pulpa~Grados_Brix1+pH1+Temperatura_cocción1+Tiempo_cocción1+
(Grados_Brix1*pH1)+(Grados_Brix1*Temperatura_cocción1)+(Grados_Brix1*Tiempo_cocción1)+
(pH1*Temperatura_cocción1)+(pH1*Tiempo_cocción1)+
(Temperatura_cocción1*Tiempo_cocción1))
anova(modelo1)

modelo2<-lm(Rendimiento_pulpa~Grados_Brix1+pH1+Temperatura_cocción1+
(pH1*Temperatura_cocción1))
anova(modelo2)

#Gráfica de efectos principales juntos
tabla<-FrF2(nruns = 16 ,nfactors = 4,factor.names = list(Grados_Brix1=c(-1,1),pH1=c(-1,1),Te
mperatura_cocción1=c(-1,1), Tiempo_cocción1=c(-1,1)),replications = 1,randomize = F)

tabla<-add.response(design = tabla,response = Rendimiento_pulpa )
MEPlot(tabla,lwd=2)

IAPlot(tabla,lwd=2)

#Gráfico de Interacción
interaction.plot(pH1,Temperatura_cocción1,Rendimiento_pulpa)

#Gráficos de efectos principales significativos
Grados_Brix<-tapply(Rendimiento_pulpa, Grados_Brix1, mean)
Grados_Brix

promedio<-c(86.12375, 90.08750 )
Grados_brix<-as.factor(c(1:2))
gr1<-data.frame(Grados_brix,promedio)
ggplot(gr1,aes(Grados_brix,promedio,color=Grados_brix))+geom_point(size=3)+geom_line(a
es(1:2,promedio),color="pink")

pH<-tapply(Rendimiento_pulpa, pH1, mean)
promedio1<-c(86.65375, 89.55750 )
PH1<-as.factor(c(1:2))

```

```

p1<-data.frame(PH1,promedio1)
ggplot(p1,aes(PH1,promedio1,color=PH1))+geom_point(size=3)+geom_line(aes(1:2,promedio1),color="orange")

Temp<-tapply(Rendimiento_pulpa,Temperatura_cocción1, mean)
promedio2<-c(85.60250, 90.60875 )
Temp_cocción<-as.factor(c(1:2))
g3<-data.frame(Temp_cocción,promedio2)
ggplot(g3,aes(Temp_cocción,promedio2,color=Temp_cocción))+geom_point(size=3)+geom_line(aes(1:2,promedio2),color="red")

#Estimación con el mejor tratamiento
summary(modelo2)

#MODELO DE REGRESIÓN 2^3
Grados_Brix<-(rep(c(-1,1), 8))
pH<-(rep(c(-1,1), each=2,4))
Temperatura_cocción<-(rep(c(-1,1), each=4,2))
Rendimiento_pulpa<c(84.37,86.57,84.6,87.01,87.03,88.09,89.89,95.24,81.02,89.07,83.01,89.17,86.05,91.03,93.02,94.52)
cubePlot(obj=Rendimiento_pulpa,
  eff1=Grados_Brix,
  eff2=pH,
  eff3=Temperatura_coccion)

modelo2<-lm(Rendimiento_pulpa~Grados_Brix1+pH1+Temperatura_cocción1+ (pH1*Temperatura_cocción1))
anova(modelo2)

#Supuestos
r<-residuals(modelo2)
###Normalidad#
#Ho: Los errores siguen una distribución normales
#H1: Los errores no siguen una distribución normal
shapiro.test(r)

plot(modelo2, which=2)

### los errores siguen una distribución normal
##Homogenidad##

```



```
#Ho: los errores tienen varianza constante
#H1: los errores no tienen varianza constante
bartlett.test(residuals(modelo2)~Grados_Brix1)

bartlett.test(residuals(modelo2)~pH1)

bartlett.test(residuals(modelo2)~Temperatura_cocción1)

### los errores tienen varianza constante
#Independencia
##Ho: los errores están incorrelados
##H1: los erroes están correlacionados
dwtest(r~Grados_Brix1+pH1+Temperatura_cocción1+(pH1*Temperatura_cocción1))

###Los errores están incorrelados
par(mfrow=c(2,2))
plot(modelo2)
```

**ANEXO B: AVAL DE LA AGROINDUSTRIA MIS FRUTALES**

**PROCESADORA AGROINDUSTRIAL**



Riobamba, 30 de septiembre de 2020

Dr.

Luis Vera

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE ESTADÍSTICA**

Presente

De mi consideración.

A través de la presente llego a usted con un atento y cordial saludo, augurándole el mayor de los éxitos en sus funciones cotidianas.

A la vez que me permito comunicar, que ante la solicitud presentada por la señorita ANDREA BELÉN YUBAILLE CARRILLO, alumna de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias, Carrera de Estadística, **Concedo la autorización y por tanto el auspicio**, para que la mencionada estudiante realice su TESIS DE GRADO en esta Empresa, con el tema: "Diseño experimental para analizar factores que influyen en el rendimiento de pulpa de mora en la Agroindustria Mis Frutales ciudad de Riobamba, enero – junio 2020".

Particular que pongo en conocimiento, para los fines pertinentes.

Ing. Adriana Abarca MBA.

**GERENTE MIS FRUTALES**

ANEXO C: MATRIZ DE DATOS DEL CONTROL DE RENDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN

**AGROINDUSTRIAL**



**CONTROL DE RENDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN & COSTOS  
TOTAL DE PRODUCCIÓN**

Mes	FECHA	SABOR	PROVEEDOR	GRADOS BRIX	P.H	PESO M. P	TEMPERATURA DE COCCIÓN	TIEMPO DE COCCIÓN	CANTIDAD PRODUCIDA			TOTAL KILOS	% RENDIMIENTO
									KILOS	MEDIOS	BOLOS	PRODUCIDOS	
Enero	4-ene	Mora	P-19/18/21	9	3	1567	83	15	1303	0	19	1322	84,37
	24-ene	Mora	P-21	12	3	201	83	15	174	0	0	174	86,57
Febrero	27-feb	Mora	P-08	9	3,2	896	83	15	758	0	0	758	84,6
	28-feb	Mora	P-52	12	3,2	869	83	15	756	0	0	756	87,01
Marzo	1-mar	Mora	P-21	9	3	1002	85	15	872	0	0	872	87,03
	7-mar	Mora	P-19/08/21	12	3	907	85	15	642	0	157	799	88,09
	8-mar	Mora	P-19/21	9	3,2	524	85	15	471	0	0	471	89,89
	19-mar	Mora	P-M	12	3,2	168	85	15	160	0	0	160	95,24
	22-mar	Mora	P-22	9	3	159	83	30	119	0	10	129	81,02
Abril	3-abr	Mora	P-19/18	12	3	1016	83	30	905	0	0	905	89,07
	4-abr	Mora	P-19/18	9	3,2	1018	83	30	845	0	0	845	83,01
	5-abr	Mora	P-19/18	12	3,2	896	83	30	373	0	426	799	89,17
Mayo	2-may	Mora	P-08	9	3	1567	85	30	1334	0	14	1348	86,05
	3-may	Mora	P-08	12	3	574	85	30	522,5	0	0	523	91,03
	8-may	Mora	P-08	9	3,2	387	85	30	360	0	0	360	93,02
Junio	23-jun	Mora	p-18/08	12	3,2	1369	85	30	1294	0	0	1294	94,52



ANEXO E: REGISTRO DE VERIFICACIÓN DEL CONTROL DE LA MATERIA PRIMA

1. REGISTRO DE VERIFICACIÓN DE LIMPIEZA DE VEHICULOS DE ENTREGA Y DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA MIS FRUTALES											
Nombre del producto <u>Mora</u> Código del producto <u>12</u>										COD: 50.SICA-PAMF-COMP-05.1 REG. 001	
Fecha <u>27-02-2020/28-02-2020</u>											
DATOS DEL PROVEEDOR				ANALISE					MATERIAL DE ENVASE		
VARIEDAD	CANTIDAD	CODIGO	FIRMA	AROMA	COLOR	SABOR	BRIX	Ph	NOMBRE	ESTADO	
Castilla	576	P08	<i>[Firma]</i>	/	/	/	9.7	3.02	Baldes	Limpios	
Castilla	102.5	P32	<i>[Firma]</i>	/	/	/	10.0	3.00	Baldes	Limpios	
Castilla	112.5	P21	<i>[Firma]</i>	/	/	/	4.9	3.01	Baldes	Limpios	
Castilla	414	P08		/	/	/	10.2	3.00	Baldes	Limpios	
INSPECCIÓN DE TRANSPORTE											
codigo proveedor:				P08	P32	P21	P08	OBSERVACIONES			
				SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
TRANSPORTE LIMPIO INTERIOR				/	-	/	-	/	-	/	-
TRANSPORTE LIMPIO EXTERIOR				/	-	/	-	/	-	/	-
LIBRE DE OLORES				/	-	/	-	/	-	/	-
LIBRE DE SUSTANCIAS QUÍMICAS				/	-	/	-	/	-	/	-
¿EL MATERIAL ES ALÉRGICO?				-	/	-	/	-	/	-	/
LIBRE DE PLAGAS				/	-	/	-	/	-	/	-
FRIO SE ENCUENTRAN LIMPIO Y CERRADO SIN ADULTERACIÓN				/	-	/	-	/	-	/	-
DETALLES DE NOVEDADES ENCONTRADAS:											
Se recibe 797 kg de mora, se realiza el respectivo análisis de calidad, cumple con los requisitos para el proceso.											
Se recibe el 28-02-2020 414 kg de mora realiza el respectivo análisis de calidad de la fruta.											
REVISADO POR:				RECIBIDO POR:				APROBADO POR:			
<i>Silvia Chaffa</i>				<i>Thony Pinta</i>				<i>Diana Yuberville</i>			
JEFE DE PRODUCCIÓN				ENCARGADO DE BODEGA MATERIA PRIMA				SUPERVISOR DE CALIDAD			



**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2 337:2008**

---

**JUGOS, PULPAS, CONCENTRADOS, NECTARES, BEBIDAS DE FRUTAS Y VEGETALES. REQUISITOS**

**Primera Edición**

FRUIT JUICE, PUREES, CONCENTRATES, NECTAR AND BEVERAGE. SPECIFICATIONS.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, bebidas no alcohólicas, jugos, pulpas, concentrados, néctares, requisitos.  
A 02.03-485  
CDU: 663.8  
CIR: 3113  
ICS 67.160.20

**ANEXO G: CONTROL DE CALIDAD DE LA MORA**



**ANEXO H: ESCALDADO DE LA FRUTA**

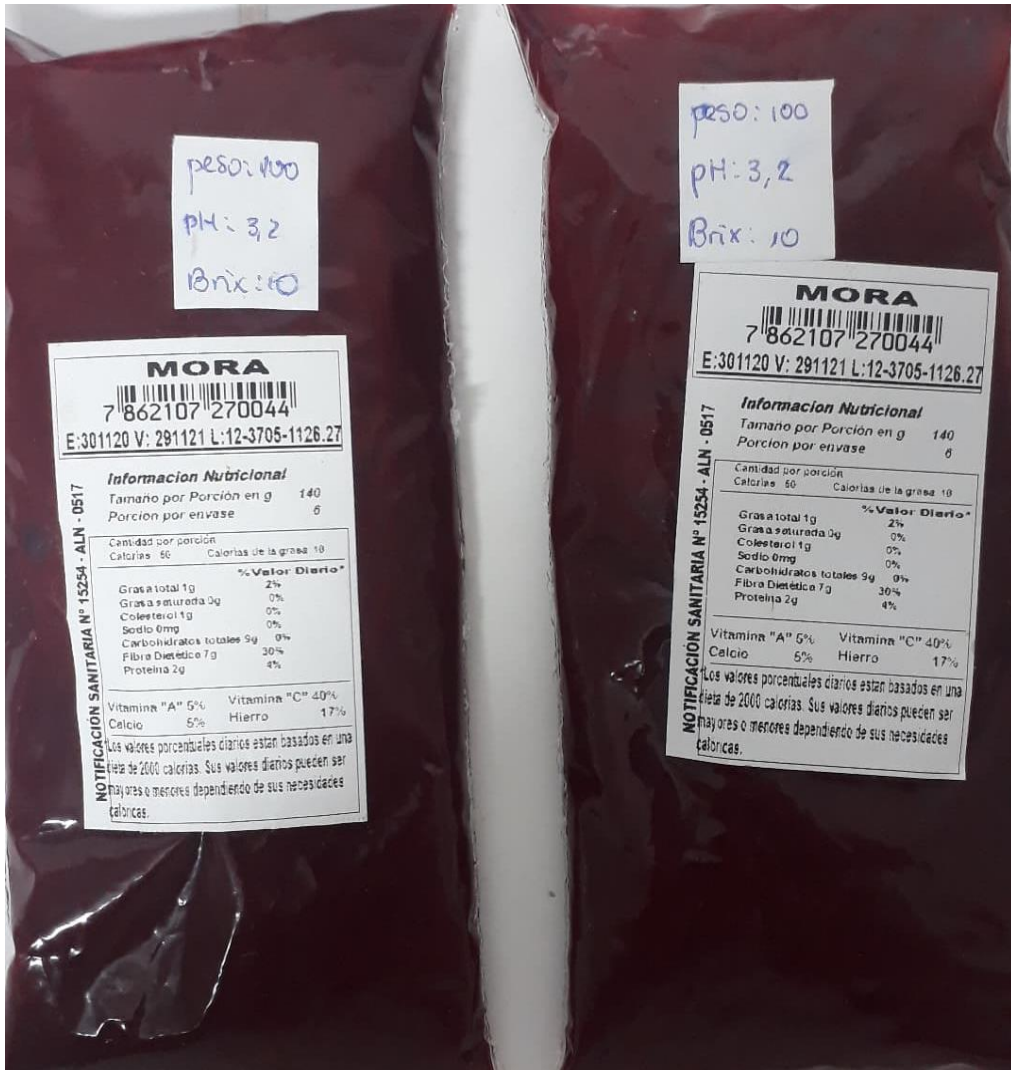




**ANEXO I: DESPULPADO DE LA MORA**



**ANEXO J: PRODUCTO FINAL**



peso: 100  
pH: 3,2  
Brix: 10

peso: 100  
pH: 3,2  
Brix: 10

**MORA**  
7 862107 270044  
E:301120 V: 291121 L:12-3705-1126.27

**Información Nutricional**  
Tamaño por Porción en g 140  
Porción por envase 6

NOTIFICACIÓN SANITARIA N° 15254 - ALN - 0517

Cantidad por porción		Calorías de la grasa 10	
Calorías	50		
		% Valor Diario*	
Grasa total 1g		2%	
Grasa saturada 0g		0%	
Colesterol 1g		0%	
Sodio 0mg		0%	
Carbohidratos totales 5g		0%	
Fibra Dietética 7g		30%	
Proteína 2g		4%	
Vitamina "A" 5%	Vitamina "C" 40%		
Calcio 5%	Hierro 17%		

Los valores porcentuales diarios están basados en una dieta de 2000 calorías. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades calóricas.

**MORA**  
7 862107 270044  
E:301120 V: 291121 L:12-3705-1126.27

**Información Nutricional**  
Tamaño por Porción en g 140  
Porción por envase 6

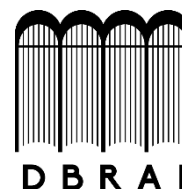
NOTIFICACIÓN SANITARIA N° 15254 - ALN - 0517

Cantidad por porción		Calorías de la grasa 10	
Calorías	50		
		% Valor Diario*	
Grasa total 1g		2%	
Grasa saturada 0g		0%	
Colesterol 1g		0%	
Sodio 0mg		0%	
Carbohidratos totales 5g		0%	
Fibra Dietética 7g		30%	
Proteína 2g		4%	
Vitamina "A" 5%	Vitamina "C" 40%		
Calcio 5%	Hierro 17%		

Los valores porcentuales diarios están basados en una dieta de 2000 calorías. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades calóricas.



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS  
PARA EL APRENDIZAJE Y LA  
INVESTIGACIÓN**



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 24/08/2021

**INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)**

**Nombres – Apellidos:** ANDREA BELÉN YUBAILLE CARRILLO

**INFORMACIÓN INSTITUCIONAL**

**Facultad:** CIENCIAS

**Carrera:** ESTADÍSTICA

**Título a optar:** INGENIERA EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA

**f. Analista de Biblioteca responsable:** Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA.



Firmado electrónicamente por:  
**JHONATAN RODRIGO  
PARREÑO UQUILLAS**



24-08-2021

0805-DBRAI-UPT-2021