

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



TESIS

**EVALUACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO EN LA OBTENCIÓN Y
CARACTERIZACIÓN DEL JARABE DE MAGUEY (*Agave americana L.*) EN DOS
ETAPAS DE DESARROLLO**

PRESENTADO POR:

Br. MARLENY PERCCA BOLIVAR

Br. BEATRIZ MEJIA AYALA

**PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

ASESOR:

MSC. ING. ANTONIETA MOJO QUISANI

CUSCO – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** Msc. Ing. Antonieta Mojo Quisani
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada:
EVALUACION DEL PROCESO TERMICO EN LA OBTENCION Y CARACTERIZACION DEL JARABE
DE MAGUEY (Agave americana L.) EN DOS ETAPAS DE DESARROLLO

Presentado por: **MARLENY PERCCA BOLIVAR** DNI N° **42965367**;
presentado por: **BEATRIZ MEJIA AYALA** DNI N° **48183357**
Para optar el título Profesional/Grado Académico de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

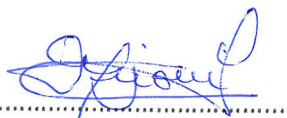
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por ...01... veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de5.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, ..27.. de JUNIO de 20...26.....


.....
Firma

Post firma..... Antonieta Mojo Quisani

Nro. de DNI..... 24716895

ORCID del Asesor..... 0000-0002-4370-4409

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** trn:oid::27259:603080574

Beatriz Y Marleny

EVALUACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO EN LA OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL JARABE DE MAGUEY (Agave americ...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:603080574

162 páginas

Fecha de entrega

27 jun 2026, 3:25 p.m. GMT-5

29.166 palabras

Fecha de descarga

27 jun 2026, 3:29 p.m. GMT-5

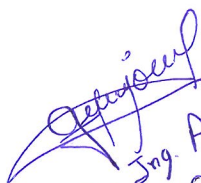
160.701 caracteres

Nombre del archivo

LEB. OBS TESIS (Marleni- Betty)2026 con tilde.pdf

Tamaño del archivo

9.8 MB


M.S.C. Ing. Antonela Rojas Quisani

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	12
1.1.1. Formulación del Problema.....	14
1.1.2. Objetivos de Investigación.....	14
1.1.3. Justificación de la Investigación.....	15
II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	17
2.1. Bases Teóricas.....	17
2.1.1. La Planta de Maguey (<i>Agave americana L.</i>).....	17
2.1.2. Método para la determinación de la etapa de desarrollo de la planta de Maguey.....	18
2.1.3. Proceso de extracción de aguamiel de Maguey (<i>Agave americana L.</i>).....	18
2.1.4. Definición de Jarabes de Maguey.....	19
2.1.5. Tipos de jarabe.....	20
2.1.6. Procesos de obtención del jarabe de aguamiel del <i>Agave americano L.</i>	22
2.1.7. Características fisicoquímicas del Aguamiel de <i>Agave americana L.</i>	23
2.1.8. Actividad Antioxidante del <i>Agave americana L.</i>	24
2.1.9. Contenido de Fructooligosacáridos y Azúcares en el Jarabe de Maguey.....	25
2.1.10. Azúcares reductores.....	25
2.1.11. Microorganismos Presentes en el Aguamiel de Maguey.....	26
2.2. Marco Conceptual.....	27
2.2.1. Aguamiel de Maguey (<i>Agave americana L.</i>).....	27
2.2.2. Jarabe de Maguey (<i>Agave americana L.</i>).....	27
2.2.3. Pasteurización.....	27
2.2.4. Fructooligosacaridos.....	27
2.2.5. Actividad antioxidante.....	28
2.2.6. Hidroximetilfurfural.....	28
2.3. Antecedentes de la Investigación.....	29
2.3.1. Antecedentes Internacionales.....	29
2.3.2. Antecedentes Nacionales.....	33
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	35
3.1. Hipótesis de Investigación.....	35
3.2. Identificación de Variables e Indicadores.....	35
3.3. Operacionalización de Variables.....	36

IV.	MATERIALES Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	38
4.1.	Lugar de investigación	38
4.2.	Tipo, Nivel y Diseño de la Investigación	39
4.3.	Unidad de Análisis	39
4.4.	Población y muestra	39
4.5.	Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos	39
4.5.1.	obtención del aguamiel de Maguey	39
4.5.2.	Proceso de obtención del jarabe de Maguey	42
4.5.3.	Características fisicoquímicas de aguamiel y jarabe de Maguey (<i>Agave americana L.</i>)	43
4.5.3.1.	Determinación del pH	43
4.5.3.2.	Determinación de la Acidez titulable	44
4.5.3.3.	Determinación de la Densidad	44
4.5.3.4.	Determinación de los sólidos solubles	45
4.5.3.5.	Determinación del color	45
4.5.3.6.	Determinación de la actividad antioxidante del jarabe de Maguey (<i>Agave americana L.</i>)	45
4.5.3.7.	Determinación del contenido de hidroximetilfurfural	46
4.5.4.	Determinación de fructooligosacáridos	47
4.5.5.	Determinación de azúcares reductores	47
4.5.6.	Determinación de análisis microbiológico	48
4.6.	Técnicas de Procesamiento de Información	48
4.7.	Diseño Experimental	48
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	52
5.1.	Características Fisicoquímicas de Aguamiel de Maguey (<i>Agave americana L.</i>)	52
5.1.1.	pH del Aguamiel de la Planta de Maguey	52
5.1.2.	Acidez Titulable del Aguamiel de la Planta de Maguey	54
5.1.3.	Densidad del Aguamiel de la Planta de Maguey	55
5.1.4.	Sólidos Solubles del Aguamiel de la Planta de Maguey	56
5.1.5.	Actividad Antioxidante del Aguamiel de la Planta de Maguey	57
5.1.6.	Azúcares Reductores del Aguamiel de la Planta de Maguey	58
5.1.7.	Color del aguamiel de la planta de maguey	59
5.2.	Caracterización Fisicoquímica del Jarabe de Maguey (<i>Agave americana L.</i>)	62
5.2.1.	pH del Jarabe de Maguey	62
5.2.2.	Acidez Titulable del Jarabe de Maguey	64
5.2.3.	Densidad del Jarabe de Maguey	65
5.2.4.	Sólidos Solubles del Jarabe de Maguey	66
5.2.5.	Color del Jarabe de Maguey	68

5.2.6.	Cantidad de Hidroximetilfurfural.....	71
5.2.7.	Actividad Antioxidante del Jarabe de Maguey (<i>Agave americana L.</i>).....	73
5.3.	Contenido de los Fructooligosacáridos y Azúcares Reductores del Jarabe de Maguey	75
5.3.1.	Fructooligosacáridos	75
5.3.2.	Azúcares Reductores.....	76
5.4.	Análisis Microbiológico del Aguamiel y del Jarabe de Maguey	78
	CONCLUSIONES.....	81
	RECOMENDACIONES	82
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
	Anexo A:Matriz de consistencia.....	92
	Anexo B:Estadística	94
	Anexo C:Panel fotográfico	99
	Anexo D:Otros	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	<i>Tipos de jarabe</i>	20
Tabla 2:	Parámetros de sólidos totales.....	24
Tabla 3:	Microorganismos predominantes en los jarabes de agave	26
Tabla 4:	<i>Identificación de variables e indicadores</i>	35
Tabla 5:	<i>Operacionalización de variables</i>	36
Tabla 6:	Diseño completo al azar (<i>Aguamiel de Maguey</i>)	49
Tabla 7:	<i>Diseño factorial 2x2 (Jarabe de aguamiel)</i>	49
Tabla 8:	Características fisicoquímicas de aguamiel de Maguey.....	52
Tabla 9:	Características fisicoquímicas del jarabe de Maguey	62
Tabla 10:	Actividad antioxidante del jarabe de Maguey	74
Tabla 11:	Contenido de los fructooligosacáridos del jarabe de Maguey.....	75
Tabla 12:	Contenido de azúcares reductores del jarabe de Maguey	76
Tabla 13:	Análisis microbiológico del Aguamiel de Maguey.....	78
Tabla 14:	Análisis microbiológico del jarabe de Maguey	79

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Anatomía del Maguey</i>	17
Figura 2: <i>Planta de Maguey (Agave americana L.)</i>	19
Figura 3: <i>Flujograma del Proceso de obtención del aguamiel de Maguey</i>	41
Figura 4: <i>Flujograma del Proceso de obtención del jarabe de maguey</i>	43
Figura 5: <i>Gráfico del diseño experimental</i>	50
Figura 6: <i>Gráfica de intervalos del pH del aguamiel</i>	53
Figura 7: <i>Gráfica de intervalos de la Acidez del aguamiel</i>	54
Figura 8: <i>Gráfica de intervalos de la densidad del aguamiel</i>	55
Figura 9: <i>Gráfica de intervalos de los °Brix del aguamiel</i>	56
Figura 10: <i>Gráfica de intervalos de la actividad antioxidante del aguamiel</i>	58
Figura 11: <i>Gráfica de intervalos de los Azúcares Reductores del aguamiel</i>	59
Figura 12: <i>Gráfica de intervalos para la Luminosidad del aguamiel</i>	60
Figura 13: <i>Gráfica de intervalos para la Cromaticidad a* y b* del aguamiel</i>	61
Figura 14: <i>Gráfico de interacción del pH del jarabe de maguey</i>	63
Figura 15: <i>Gráfico de interacción de la Acidez del jarabe de maguey</i>	64
Figura 16: <i>Gráfico de interacción de la Densidad del jarabe de maguey</i>	66
Figura 17: <i>Gráfico de interacción de los Sólidos Solubles del jarabe de maguey</i>	67
Figura 18: <i>Gráfico de interacción para la Luminosidad del jarabe de maguey</i>	69
Figura 19: <i>Gráfico de interacción para la Cromaticidad del jarabe de maguey</i>	70
Figura 20: <i>Gráfico de interacción para el hidroximetilfurfural</i>	72
Figura 21: <i>Gráfica de Interacción para la Actividad Antioxidante del Jarabe de Maguey</i>	75
Figura 22: <i>Gráfica de interacción para azúcares reductores</i>	76

DEDICATORIA

A DIOS, quien me guió, iluminó en cada paso de este camino y en los momentos más difíciles de mi vida; a mis queridos hijos Facundo y Dahpne, por ser mi inspiración y fuerza que me impulsa cada día. Y mi querida familia por ser refugio, mi fortaleza y apoyo incondicional, papá Pablo, mis hermanos, Máxima, Lidia, Virginia, Habrán, Rufo

MARLENY PERCCA BOLIVAR

A Dios, por ser mi guía constante y brindarme fortaleza, sabiduría y perseverancia para lograr alcanzar una de las metas más fundamentales en mi vida profesional.

A mi padre Donato y mi hermano Edy, que hoy descansan en el cielo, cuyo amor, ejemplo y enseñanza permanecen vivos en mi corazón, que continúan iluminando mi camino siendo una fuente permanente de inspiración para el logro de mis objetivos. A mi madre Susana y a mis hermanos, por su apoyo incondicional, paciencia y comprensión, quienes fueron un pilar fundamental para enfrentar las dificultades y lograr la culminación de este trabajo de investigación.

BEATRIZ MEJIA AYALA

AGRADECIMIENTO

- Agradecemos a Dios por darnos la oportunidad de culminar nuestros estudios y por ser nuestro guía constante, brindarnos fortaleza, sabiduría y perseverancia para lograr alcanzar una de las metas más fundamentales en nuestra vida profesional.
- A la Universidad San Antonio Abad del Cusco, por brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente y por los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra formación académica.
- Expresamos nuestra más profunda gratitud a nuestros asesores de tesis a la MSC. Antonieta Mojo Quisani y Ing. Uber Quispe Valenzuela. Por su invaluable guía, paciencia y conocimiento compartido durante todo este proceso.
- A nuestros docentes de la facultad de Ingeniería de Procesos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por sus orientaciones, conocimientos y valiosas enseñanzas, que contribuyeron de manera significativa a nuestra formación profesional.
- De manera especial, agradecemos a nuestras familias por su permanente apoyo y motivación a lo largo de este proceso, que fueron un pilar fundamental que nos permitió culminar este proyecto.
- Finalmente agradecemos a todas las personas que, de una u otra forma, colaboraron para la realización de la presente tesis. También mencionar al Sr. Andrés Mamani y a su esposa. Quienes nos dieron las facilidades para realizar este proyecto.

Bach. MARLENY PERCCA BOLIVAR

Bach. BEATRIZ MEJIA AYALA

RESUMEN

En la actualidad, la planta de maguey (*Agave americana* L.) es de interés para la industria alimentaria por su contenido de compuestos bioactivos, azúcares fermentables y fructooligosacáridos. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el proceso térmico en la obtención y caracterización del jarabe de maguey en dos etapas de desarrollo del aguamiel. Se aplicó un diseño factorial con dos tiempos de tratamiento térmico (2 y 3 horas), evaluándose parámetros fisicoquímicos, actividad antioxidante, color, hidroximetilfurfural, fructooligosacáridos y análisis microbiológicos. Los resultados evidenciaron que el aguamiel de plantas en la primera etapa presentó mayor acidez (0,05 %) y contenido de azúcares reductores (21,83 %), mientras que en la segunda etapa se registraron valores superiores de pH (4,50), densidad (1,13 g/mL), sólidos solubles (11,33 °Brix) y actividad antioxidante (55,60 %). Asimismo, el color del aguamiel mostró valores de luminosidad ($L^* = 43,37$) y cromaticidad ($a^* = 0,50$ y $b^* = 6,03$). En el jarabe de maguey, el incremento del tiempo de procesamiento térmico disminuyó el pH (6,30 a 4,70), la acidez titulable (0,12 a 0,04 %) y la actividad antioxidante (94,47 a 92,03 %), e incrementó la densidad (1,60 a 2,07 g/mL), los sólidos solubles (59,67 a 69,50 °Brix), el hidroximetilfurfural (26,75 a 99,09 mg/kg) y aseguró condiciones microbiológicas adecuadas. En conclusión, la etapa de desarrollo y el tratamiento térmico influyeron en las características fisicoquímicas del jarabe, respaldando su potencial como edulcorante natural.

.

.

Palabras claves: Jarabe, Hidroximetilfurfural, Actividad antioxidante, Fructooligosacáridos, Azúcares reductores.

ABSTRACT

Currently, the maguey plant (*Agave americana* L.) is of interest to the food industry due to its content of bioactive compounds, fermentable sugars, and fructooligosaccharides. This research aimed to evaluate the thermal process involved in obtaining and characterizing maguey syrup derived from *aguamiel* (agave sap) at two different stages of development. A factorial design was applied using two thermal treatment durations (2 and 3 hours), evaluating physicochemical parameters, antioxidant activity, color, hydroxymethylfurfural content, fructooligosaccharides, and microbiological characteristics. The results showed that *aguamiel* from plants in the first stage exhibited higher acidity (0.05%) and reducing sugar content (21.83%), whereas the second stage showed higher values for pH (4.50), density (1.13 g/mL), soluble solids (11.33 °Brix), and antioxidant activity (55.60%). Additionally, the color of the *aguamiel* showed specific values for lightness ($L^* = 43.37$) and chromaticity ($a^* = 0.50$ and $b^* = 6.03$). Regarding the maguey syrup, increasing the thermal processing time lowered the pH (from 6.30 to 4.70), titratable acidity (from 0.12% to 0.04%), and antioxidant activity (from 94.47% to 92.03%), while increasing density (from 1.60 to 2.07 g/mL), soluble solids (from 59.67 to 69.50 °Brix), and hydroxymethylfurfural content (from 26.75 to 99.09 mg/kg), while ensuring adequate microbiological conditions. In conclusion, the development stage and thermal treatment influenced the physicochemical characteristics of the syrup, supporting its potential as a natural sweetener.

Keywords: Syrup, Hydroxymethylfurfural, Antioxidant activity, Fructooligosaccharides, Reducing sugars.

INTRODUCCIÓN

En el campo de la industria alimentaria, los jarabes han alcanzado relevancia significativa a nivel mundial debido a su importancia económica y su diversidad de aplicaciones en formulaciones alimenticias (Rodríguez et al., 2015). Los jarabes son productos que llegan a tener diversas aplicaciones en los alimentos como saborizantes o edulcorantes, son aditivos económicos y de fácil homogeneización (Arvizu et al., 2016). El jarabe de agave tiene una gran aceptación en el mercado de alimentos saludables, orgánicos, funcionales y para diabéticos, debido a su origen natural y sus propiedades nutraceuticas, se emplea en la industria de la confitería, panadería y bebidas funcionales, debido a la presencia de fructanos en su composición química, se emplea como agentes encapsulantes, sustitutos de grasa y texturizantes, (Álvarez et al., 2021).

El maguey (*Agave americana L.*) es una especie vegetal distribuida ampliamente en las zonas altoandinas y semiáridas caracterizadas por su gran resistencia a condiciones edafoclimáticas adversas y a su capacidad de aprovechamiento agroindustrial. Tradicionalmente fue utilizado con fines alimenticios, medicinales y artesanales: sin embargo, en los últimos años ha adquirido mayor importancia para la obtención de jarabes naturales, por la creciente demanda de edulcorantes alternativos al azúcar refinado, adquiriendo gran valor por su elevado contenido de azúcares naturales, así como sus posibles beneficios nutricionales y funcionales.

La obtención del jarabe de maguey comprende un conjunto de operaciones unitarias, dentro de las cuales se destaca el tratamiento térmico, el cual desempeña un papel determinante. La aplicación de temperatura durante la hidrólisis de la materia prima favorece la conversión de los carbohidratos complejos en azúcares simples, influyendo directamente en el rendimiento y la composición fisicoquímica del producto. El tratamiento térmico influye en la capacidad antioxidante del aguamiel (*Agave americana L.*), debido al incremento porcentual de inhibición de radicales libres durante el tiempo de pasteurización; el contenido de β -caroteno y de azúcares reductores del aguamiel, incrementa durante el tratamiento térmico, mientras que el contenido de vitamina C disminuye; el tiempo de pasteurización sobre las características fisicoquímicas indica que existe estabilidad de la acidez, el índice de refracción, pH y densidad del aguamiel de Agave (*Agave americana L.*), mientras que los sólidos solubles se incrementan durante el proceso experimental, (Chagua, Malpartida, et al., 2020). No obstante, un incorrecto control de las condiciones térmicas, puede producir efectos negativos, tales como la degradación de los compuestos nutritivos, y la formación de compuestos indeseables como el

hidroximetil furfural (HMF), así como alteraciones en el sabor, color, aroma y la estabilidad del jarabe.

Diversas investigaciones previas hacen énfasis en la importancia del control térmico en el procesamiento de especies del género *Agave*, especialmente los realizados en México, sin embargo, estos se centran en especies como agave tequilena, agave salmiana, teniendo escasa información disponible sobre la especie *Agave americana* L. y más aún en el contexto peruano. Por otro lado, existe escasa información o estudios que consideren las diferentes etapas de desarrollo de la planta, el cual es un factor que puede incidir de manera significativa en el contenido de azúcares y en la calidad del producto.

Por lo expuesto, el objetivo de este trabajo de investigación es evaluar el proceso térmico en la obtención y caracterización del jarabe de maguey en dos etapas de desarrollo de la planta en la Provincia de Canchis, región Cusco. Los resultados de la misma contribuirán a generar información científica importante que oriente a optimizar el proceso de producción de jarabe de aguamiel obtenido a partir del maguey, promover el aprovechamiento sostenible del maguey y aportar al desarrollo agroindustrial de la región.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

En el contexto actual, el sector alimentario afronta el desafío de desarrollar edulcorantes naturales con mayores beneficios nutricionales y funcionales que superen al azúcar refinado, cuyo consumo excesivo se asocia al desarrollo de enfermedades metabólicas, principalmente la obesidad y la diabetes de tipo 2. Según la Organización de la Salud (OMS, 2023), la diabetes se posiciona como una de las principales enfermedades crónicas no transmisibles de mayor prevalencia a nivel global, evidenciando un incremento constante en países con ingresos medios y bajos. En el contexto peruano, la ingesta excesiva de productos con elevado contenido de azúcares se ha asociado con el aumento del sobrepeso y obesidad, impactando en la población infantil y adulta, lo cual ha propiciado la implementación de políticas de control de contenido de azúcares en los alimentos procesados (Cabezas et al., 2016) (Azabache, 2020).

En este contexto, el jarabe de maguey (*Agave americana L.*), se presenta como una alternativa natural de interés, por su aporte de fructooligosacaridos, azúcares simples y compuestos bioactivos con potencial funcional. Sin embargo, estudios previos señalan que la composición química y las características tecnológicas del jarabe de maguey, se encuentran determinadas en gran medida del proceso de obtención y de manera particular en el procesamiento térmico aplicado, además de factores intrínsecos propios de la materia prima como la edad o las etapas de desarrollo de la planta, (Mellado & López, 2013)

Los procesos de pasteurización y otros tratamientos térmicos, desempeñan un rol fundamental en la obtención del jarabe, pues permiten la hidrólisis de los carbohidratos complejos, la concentración de sólidos solubles y disminuyen la carga microbiana, contribuyendo a la estabilidad e inocuidad del producto. No obstante, un control deficiente de tiempo y temperatura durante el tratamiento térmico puede originar cambios desfavorables en los parámetros fisicoquímicos, así como en el contenido de azúcares reductores o los fructooligosacáridos, lo cual incide en la calidad final del producto (Cruz et al., 2008; Maca et al., 2013).

Asimismo, la edad y el grado de madurez de la planta de maguey, inciden significativamente en la composición del aguamiel, generando variaciones en el contenido de azúcares, sólidos solubles y otros compuestos relevantes que constituyen la base para la obtención de jarabe. A pesar de la importancia del control del proceso térmico y de la determinación del contenido del hidroximetilfurfural (HMF) como parámetro de calidad en el contexto nacional, se evidencia una carencia de información científica que evalúe de manera

integral el proceso térmico y las etapas de desarrollo de la planta de maguey, sobre las características fisicoquímicas, antioxidantes y microbiológicas del jarabe de maguey.

A pesar de la importancia del control del proceso térmico y de la determinación del contenido de HMF como parámetro de calidad, en el contexto nacional existe limitada información científica que evalúe, asimismo, la limitada disponibilidad de información técnica dificulta la estandarización del proceso de obtención del jarabe, limita su valoración agroindustrial y disminuye las oportunidades de aprovechamiento del maguey como una materia prima alternativa para la industria alimentaria. En consecuencia, resulta necesario estudiar cómo el proceso térmico aplicado al aguamiel obtenido en dos etapas del desarrollo de la planta de maguey influye en la obtención y caracterización del jarabe de maguey.

Por lo expuesto, el objetivo del presente trabajo es determinar las características fisicoquímicas del jarabe de maguey, en función del proceso térmico aplicado y de la etapa de desarrollo de la planta, considerando los parámetros como pH, acidez titulable, densidad, sólidos solubles, los parámetros del color, el contenido de fructooligosacáridos, el contenido de hidroximetilfurfural, el contenido de azúcares reductores, la actividad antioxidante e inocuidad del jarabe, con el fin de establecer su aplicación en la industria alimentaria.

1.1.1. Formulación del Problema

Problema General

¿Cómo influye el proceso térmico en la obtención y caracterización del jarabe de maguey (*Agave americana L.*) en dos etapas de desarrollo de la planta?

Problemas Específicos

1. ¿Cómo influyen las dos etapas de desarrollo de la planta en las características fisicoquímicas del aguamiel y el tiempo del proceso térmico del jarabe de Maguey (*Agave americana L.*)?
2. ¿Qué cantidad de contenido de fructooligosacáridos y azúcares reductores está presente en el jarabe de maguey (*Agave americana L.*)?
3. ¿El jarabe de maguey (*Agave americana L.*) cumple con los criterios de inocuidad microbiológica?

1.1.2. Objetivos de Investigación

Objetivo General

Evaluar el proceso térmico en la obtención y caracterización del jarabe de maguey (*Agave americana L.*) en dos etapas de desarrollo de la planta.

Objetivos Específicos

1. Determinar las características fisicoquímicas del aguamiel y evaluar el efecto del tiempo del proceso térmico en la elaboración del jarabe de Maguey (*Agave americana L.*) obtenido de dos etapas de desarrollo de la planta.
2. Evaluar el contenido de los fructooligosacáridos y azúcares reductores del jarabe de Maguey (*Agave americana L.*).
3. Determinar la inocuidad del aguamiel y del jarabe de maguey (*Agave americana L.*), por análisis microbiológico para la mejor muestra.

1.1.3. Justificación de la Investigación

Los endulzantes obtenidos de jarabe de Maguey se ha difundido por su capacidad prebiótica e índice glucémico bajo respecto a edulcorantes industriales, por ello las empresas distribuidoras, productores y comercializadores de estos jarabes han incrementado su producción, por lo que resulta beneficiosa conocer sus características físicas y químicas y contrastarlas con las de otros productos del mismo tipo, (Mellado & López, 2013)

CIENTÍFICA

El jarabe de agave es el producto acuoso de sabor dulce y consistencia viscosa obtenido de la hidrólisis térmica de los fructanos provenientes del agave, éste no debe contener aditivos alimentarios, almidones, melazas, glucosa, dextrinas, fructosa u otros azúcares de otro origen. También es conocido como: Siropo o miel de agave (NMX, 2008). En la actualidad se comercializan únicamente jarabes extraídos del Agave azul y son utilizados como “sustituto de azúcar” (Trejo et al., 2018). Posee una justificación científica fundamentada en la necesidad de comprender y optimizar los métodos de procesamiento que afectan la calidad y las propiedades del producto final. Este estudio no solo contribuirá al conocimiento científico sobre la tecnología de procesamiento del maguey, sino que también ofrecerá datos relevantes para mejorar la eficiencia y la calidad del jarabe obtenido, beneficiando así tanto a la industria alimentaria como a la investigación académica en el campo de la agroindustria.

SOCIAL

Durante el año 2020, de las personas de 15 y más años de edad del país, el 39,9% tiene al menos una comorbilidad o factores de riesgo para su salud, es decir, obesidad o diabetes mellitus o hipertensión arterial; así lo informó el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) al presentar los resultados de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES, 2020).

Además, posee relevancia social significativa debido a que la investigación puede beneficiar a las comunidades rurales que dependen del maguey como recurso económico, al mejorar los métodos de producción y comercialización del jarabe, lo cual podría incrementar los ingresos y mejorar las condiciones de vida de los productores. Además, al promover prácticas más eficientes y sostenibles en la industria agroalimentaria, el estudio puede contribuir a la conservación del medio ambiente y al desarrollo económico local.

ECONÓMICA

El género agave incluye especies de mucho interés comercial y económico, ya sea para la producción de alimento, bebida, fibras o combustible; sin embargo, los intereses más

importantes a futuro es ser fuente de prebióticos y compuestos bioactivos, teniendo en cuenta que muchos estudios reportan altos contenidos de fructooligosacáridos, así como metabolitos secundarios con propiedades, anticancerogénica, antiinflamatoria, antihipertensivo, inmunomodulador, antiparasitario, insecticida, anti fúngico, antibacteriano y antioxidante para varias especies, si bien la producción industrial y el mayor número de especies de agaves se encuentra en México, se tienen especies distribuidas en los cinco continentes, en particular *Agave salmiana* subsp. *Salmiana*, conocida como cabuya azul en Huánuco y otras regiones del Perú, actualmente no es cultivada como muchas otras plantas; no se le reconoce todo el potencial económico que puede significar su industrialización (Palacios, 2022).

Los estudios realizados en 1982, por el Ministerio de Agricultura de Perú, señalaban la existencia de una extensión de 22,000 hectáreas de maguey en todo el país, estas cifras han sido puestas en duda por la dificultad de calcular la superficie cultivada (de forma irregular) (Cervantes, 2015).

Además, la investigación puede optimizar los métodos de producción del jarabe, reduciendo costos operativos y mejorando la eficiencia del proceso. Además, al identificar las condiciones óptimas de procesamiento, se pueden aumentar los rendimientos y la calidad del producto final, lo que potencialmente abriría nuevas oportunidades de mercado y aumentaría la competitividad de los productores en la industria agroalimentaria.

AMBIENTAL

El estudio tiene una relevancia ambiental significativa puesto que, al mejorar la eficiencia del proceso mediante el ajuste de las condiciones térmicas, se puede reducir el consumo de recursos naturales como agua y energía. Además, optimizar este proceso podría minimizar la generación de residuos y subproductos indeseables, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental. Esto aseguraría que la producción de jarabe de maguey sea más amigable con el medio ambiente, alineándose con las prácticas de desarrollo sostenible y conservación de recursos naturales.

II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

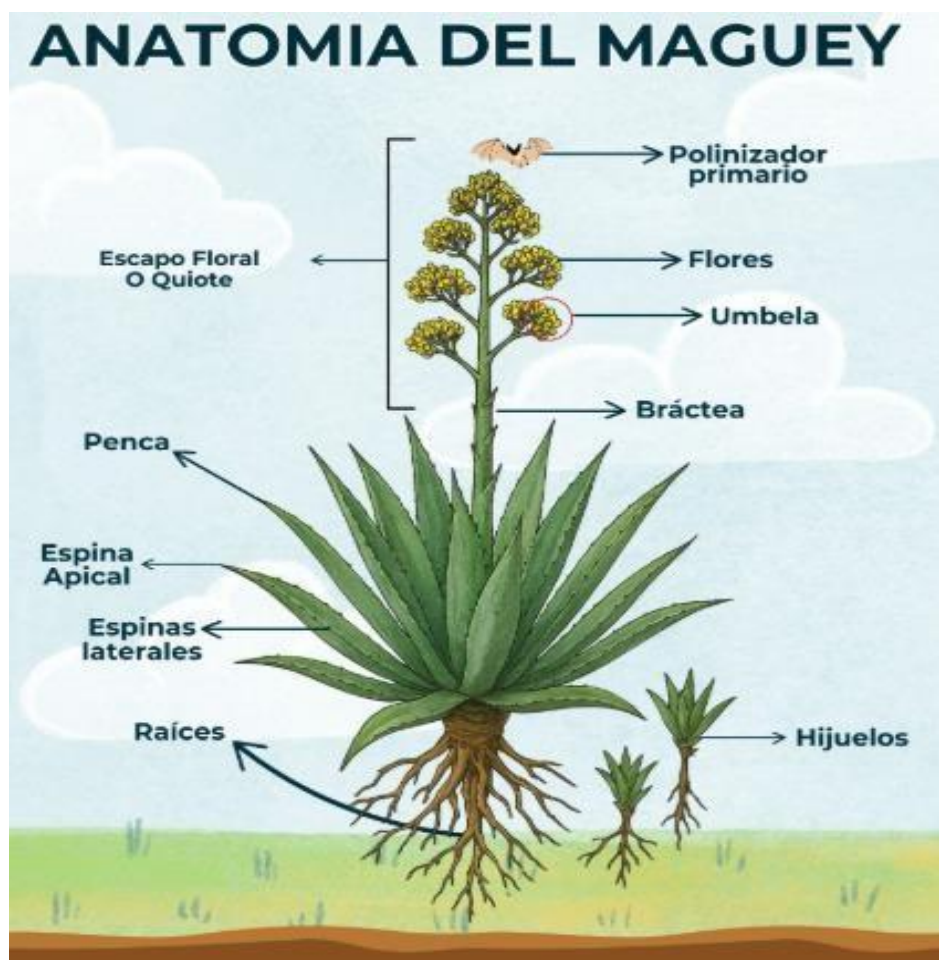
2.1. Bases Teóricas

2.1.1. La Planta de Maguey (*Agave americana* L)

El Maguey (*Agave americana* L.) se desarrolla de manera silvestre en amplias zonas del territorio peruano, especialmente en las regiones de Huancavelica, Huánuco, Áncash y Cajamarca, debido a que estos valles interandinos presentan condiciones climáticas templadas, con temperaturas que oscilan entre 18 °C y 26 °C, además de suelos con una adecuada composición de nutrientes orgánicos y minerales, factores que favorecen el crecimiento de esta especie; y el período de maduración del *Agave americana* L. en el Perú varía entre cinco y diez años, siendo menor en comparación con el tiempo de maduración reportado para la misma especie en México, el cual se encuentra entre siete y nueve años, (Robles et al., 2023).

Figura 1:

Anatomía del Maguey



Fuente:(AMMA, 2025)

Nota: en la figura se observa cada una de las partes de la planta de Maguey.

2.1.2. Método para la determinación de la etapa de desarrollo de la planta de Maguey

Según Nobel, (1996), la etapa del desarrollo del Maguey (*Agave americana L.*), puede ser determinada a través de la evaluación de sus características morfológicas externas como son: el tamaño de la roseta, el grosor de las hojas o pencas, el número de pencas y la biomasa total, las mismas que reflejan su grado de madurez fisiológica y la acumulación de carbohidratos de reserva, es decir a medida que la planta de maguey avanza su desarrollo, se incrementa su tamaño y su capacidad de almacenamiento de azúcares. Asimismo, manifiesta que el *Agave americana L.* es una especie que se caracteriza por su crecimiento lento y alcanza su madurez fisiológica óptima para el procesamiento industrial, en las fases previas a la floración.

Según Sarah, (2022), la clasificación del maguey en rangos de 8 a 10 años, que es la etapa de desarrollo intermedio la cual se caracteriza porque la planta ha alcanzado su mayor parte de desarrollo estructural, presenta una roseta bien conformada con diámetro amplio y hojas carnosas de tamaño considerable, presenta un aumento significativo de la longitud y el ancho de las hojas o pencas, el tallo central o piña comienza a mostrar mayor desarrollo y el rango de 12 a 15 años, asociadas a la etapa de desarrollo avanzado previo a la floración en el cual la planta de maguey ha alcanzado su máximo desarrollo estructural, se caracteriza por presentar una roseta de gran tamaño y bien definida, las pencas son largas, anchas y notablemente más gruesas, además muestran mayor consistencia y peso, asimismo el número de hojas o pencas es mayor al de nivel intermedio, además el tallo principal o la piña se encuentra completamente desarrollado.

2.1.3. Proceso de extracción de aguamiel de Maguey (*Agave americana L.*)

Según Muñoz et al., (2013), indicó que “el proceso de extracción del aguamiel se realiza bajo procedimientos convencionales en comunidades rurales, las que están compuestas principalmente por una alta cantidad de azúcares fermentables”.

Según, Vicente et al., (2020) indica que el único método de proceso de obtención de aguamiel es la tradicional.

Según Aguilar et al., (2014) La etapa productiva de aguamiel en las plantas de agave inicia entre los 7 a 15 años de edad, durante este periodo, la planta experimenta diversos cambios en su desarrollo vegetativo que permiten identificar su estado de madurez, cuando, otro indicador de madurez en las plantas de agave es la pigmentación en formas circulares o

estrelladas de color oscuro en el envés de las hojas, la presencia de estos indicadores hace posible el beneficio en la extracción del aguamiel, sin embargo la extracción de aguamiel en la primera etapa resulta ser de mala calidad por su baja presencia de azúcares, según transcurre el tiempo va mejorando su calidad.

Figura 2:

Planta de Maguey (Agave americana L.)



Según Nieto et al., (2016) el proceso de obtención del aguamiel se realiza mediante la apertura de un orificio en el centro de la planta y esta se deja orear durante 6 a 12 días para luego ser desechada, posterior a eso a los 15 días se empieza a tomar como producción de aguamiel, la cantidad de obtención de aguamiel presenta una variación según la región en donde se desarrolla estas plantas, teniendo así plantaciones de agave en cañada o planicie con 7 litros de producción por día con una concentración de 7 a 8°Brix, y en los lomeríos o cerros tiene una producción de 5 litros por día con una concentración de 11 a 12°Brix, la duración del exudado de aguamiel se da hasta en 70 a 90 días.

2.1.4. Definición de Jarabes de Maguey

Son preparaciones acuosas, límpidas y de elevada viscosidad, que contienen un azúcar, generalmente sacarosa, en concentración similar a la de saturación. Si el agente edulcorante es la sacarosa, la densidad del jarabe es 1,313 a 15-20°C; el punto de ebullición, 105°C, y el contenido en sacarosa, 64-65%(p/p), que corresponde aproximadamente a 2/3 de sacarosa y 1/3 de agua (Vila, 2001). Por otro lado, Estrada, (2019) manifiesta que el jarabe viene a ser una

solución acuosa que se caracteriza por la alta concentración de carbohidratos, esencialmente glucosa y/o fructosa, caracterizada por su consistencia viscosa, obtenida de diferentes fuentes.

Según la Norma Mexicana (NMX, 2008), el jarabe de agave azul es la sustancia dulce natural producida por hidrólisis de sus fructanos y no debe contener aditivos alimentarios, almidones, melazas, glucosa, dextrinas, fructanos u otros azúcares de otro origen.

2.1.5. Tipos de jarabe

Tabla 1:

Tipos de jarabe

Tipo de jarabe	Composición principal	Características	Uso en la industria alimentaria	Fuentes
Jarabe de Glucosa	Glucosa, maltosa y dextrinas (derivadas del almidón)	Solución acuosa purificada de sacáridos nutritivos, obtenida a partir del almidón o de la fécula y/o de la inulina, cuya materia seca es, no menos del 70% en peso; equivalente en dextrosa, no menos del 20% en peso de la materia seca, expresada en D-glucosa; cenizas sulfatadas, no más del 1.0% en peso de la materia seca.	Confitería, helados, panificación, bebidas; evita cristalización y aporta viscosidad	(NTP, 2005)
Jarabe de alta fructosa (HFCS/JMAF)	Glucosa y fructosa (fructosa 42–55 %)	Se obtiene mediante hidrólisis enzimática que produce glucosa y luego isomerización para convertir parte de la glucosa en fructosa. Cuenta con alta solubilidad a baja temperatura, estabilidad en bebidas ácidas y propiedades para retener humedad (textura y conservación). Siendo transparente, viscoso, resiste la cristalización y es crucial en la industria alimentaria.	Bebidas azucaradas, productos horneados, salsas y aderezos	(Bellaera et al., 2008)
Jarabe de sacarosa (jarabe simple)	Sacarosa disuelta en agua	Líquido ligeramente espeso, de color semiamarillo y de sabor dulce, con un grado de valor Brix de 63° mínimo. Está constituido químicamente por azúcar blanca refinada, que es una sacarosa diluida en agua tratada sin adición de aromatizantes ni colorantes. Se utiliza comúnmente para bebidas.	Bebidas, frutas en almíbar, repostería y conservas	(NTP, 2005)

Jarabe invertido	Glucosa + fructosa (hidrólisis de la sacarosa)	Solución acuosa, eventualmente cristalizada, de sacarosa parcialmente invertida por hidrólisis, en la que el contenido de azúcar invertido (cociente de fructosa por dextrosa es 1.0 ± 0.1) debe ser superior al 50% en peso de la materia seca y que tiene materia seca no menos del 62% en peso y cenizas conductimétricas no más del 0.4% en peso de la materia seca determinadas de acuerdo al método de la Icumsa. El calificativo de “blanco” se reserva para el jarabe de azúcar invertido, con un contenido de cenizas conductimétricas que no supere el 0.1%, en una solución cuya coloración no supere las 25 unidades ICUMSA.	Confitería, caramelos, mermeladas, rellenos; evita cristalización	(NTP, 2005)
Miel	Fructosa, glucosa (95%), agua, enzimas y minerales	Sustancia dulce natural, producida por abejas melíferas a partir del néctar de flores, extraídas de pañales. Es un alimento muy estable debido a su baja actividad acuosa, bajo pH y presencia de sustancias antimicrobianas, constituidos por hidratos de carbono tales: sacarosa, fructosa, glucosa y constituidos mayoritariamente por sacarosa con bajas concentraciones de fructosa y glucosa (20% y 5 %). Y otros como el almidón, gomas, tanino, sustancias minerales y ácidos oxálico, málico, tartárico. El contenido de nitrógeno y de vitaminas es bajo y su pH es ligeramente alcalino.	Endulzante natural en panificación, bebidas y alimentos funcionales	(Fattori, 2004)

Jarabe de arce	Sacarosa, agua, minerales	El jarabe de arce fuentes de carbohidratos, en vez de azúcares refinados, con una fuente de vitaminas y minerales, contenido de potasio y calcio con concentraciones entre 541y4031ppm-278-2800ppm, con porción de vitaminas 60ml/ ¼ de taza de jarabe de arce proporciona el 100% de valor diario. El jarabe de arce tiene un color: ámbar, dorado, oscuro y muy oscuro.	Se usa en la cocina como endulzante natural para postres y productos gourmet	(Moham med et al., 2023)
Jarabe de agave	Alta concentración de fructosa	Sustancia dulce proviene de la hidrólisis de los oligosaridos del agave; color propio, cristalino agua, extra cristalino, extra claro, ámbar, ámbar claro, ámbar, oscuro; olor, sabor, propio característico; consistencia ligeramente viscosa.	Productos dietéticos, bebidas y alimentos naturales, funcionales	(Castro & Guerrero, 2013; NMX, 2008)
Jarabes funcionales (sorbitol, maltitol, yacón)	Polialcoholes o fructooligosacáridos	Son los jugos naturales de productos vegetales (maíz, frutas y otros), azucarados, concentrados hasta la consistencia de jarabe, con un mínimo 62° Brix y sin sustancias aromáticas artificiales, ni sustancias colorantes	Alimentos dietéticos, sin azúcar y funcionales	(NTP, 2005)

2.1.6. Procesos de obtención del jarabe de aguamiel del Agave americano L.

García et al., (2007), menciona tres procesos para la obtención de jarabe, entre ellos la evaporación y concentración de los extractos obtenidos a partir de la cocción y el prensado de las piñas de agave; asimismo, se encuentra la evaporación y concentración de hidrolizados obtenidos mediante el uso de ácidos minerales, mientras que el tercero emplea la evaporación y concentración de hidrolizados producidos con enzimas comerciales, siendo los dos primeros métodos tóxicos y de baja pureza, en tanto que el uso de enzimas comerciales permite obtener productos de mejor calidad, aunque implica costos de producción más elevados.

Para Hernández et al., (2020) el jarabe de agave o maguey viene a ser un producto que generalmente se obtiene concentrando el aguamiel por un tratamiento de evaporación artesanal (presión atmosférica, altas temperaturas y tiempos prolongados). Menciona que las altas

temperaturas en la obtención de jarabe son de mejor rendimiento energético ya que presenta mayor contenido de sólidos solubles y menor ataque de microorganismos.

Según Santos et al., (2016) indica que el calentamiento del aguamiel de agave desarrolla un color marrón que se intensifica durante el almacenamiento, este fenómeno está relacionado con presencia de la furosina, derivado de la lisina de la reacción de Maillard.

Para la extracción de aguamiel de maguey (*agave americana L.*) se emplea la metodología descrita por Jurado & Sarzosa, (2009) que se describe a continuación. Las plantas de agave se seleccionarán según el estado de madures de la planta, considerando la posición de las hojas que apuntan a los laterales y cubren el meristemo, conocido como el corazón del agave, este a su vez presentara un engrosamiento y una coloración verdosa y clara. Se realizará un orificio desinfectando la superficie en el centro de la planta con una profundidad de 20 cm aproximadamente con la finalidad acumular la exudación del aguamiel de maguey, seguidamente se cubrirá el orificio con una gasa y se dejará en reposo por 12 horas para su recolección del exudado de aguamiel, la recolección del exudado de aguamiel se realizará cada 12 hora en 3 etapas, utilizando cucharones de acero inoxidable y botellas estériles de vidrio. El exudado de aguamiel se filtrará en gasas finas para eliminar residuos de las paredes celulósicas del agave, seguidamente será transportado en un cooler hasta el área de refrigeración hasta su próximo procedimiento.

Según Sanchez et al. (2016) para la obtención del concentrado de savia de agave, se utilizaron tres lotes independientes de aguamiel elaborados mediante un proceso artesanal tradicional en México. El procedimiento inició con la recolección de aguamiel proveniente de plantas maduras de *Agave salmiana* con una edad superior a 7 años, empleando métodos tradicionales de extracción. Posteriormente, toda la savia recolectada fue mezclada y sometida a un proceso de concentración térmica. Para ello, el aguamiel se calentó directamente sobre una estufa hasta alcanzar el punto de ebullición, permitiendo la evaporación progresiva del agua contenida en la muestra. Este proceso continuó hasta reducir aproximadamente el volumen inicial al 10 % de su volumen original, obteniéndose finalmente un jarabe espeso de color marrón, denominado concentrado de savia de agave. Una vez obtenido el concentrado, el producto fue almacenado en recipientes plásticos hasta ser trasladado al laboratorio para su evaluación.

2.1.7. Características fisicoquímicas del Aguamiel de *agave americana L.*

González et al., (2012) en su investigación determinaron que la composición y concentración de los carbohidratos no estructurales están influenciadas por la edad de la

cosecha del agave, estableciendo que la edad óptima de su cosecha es de 6 años para aprovechar las concentraciones de sacarosa, fructanos e inulina en mayores cantidades. La presencia de fructanos en los agaves hace que sea una fuente importante de prebióticos que ayuda a mejorar la homeostasis de los lípidos y reducir la glucosa en la sangre al ser incorporados como ingredientes en diferentes productos como las galletas y granolas (Álvarez et al., 2021). “En el análisis fisicoquímico se concluyó que el incremento del tiempo de pasteurización a 80°C, favorece en el contenido de Acidez, Índice de refracción, Sólidos Solubles pH y Densidad,”(Mayón, 2015).

Mellado & López, (2013) en su investigación reportó un 76.41°Brix para el jarabe de agave azul, en cuanto a su pH obtuvo un promedio de 4 y en cuanto al color determinó que estas presentaban un color transparente a ámbar claro. Mellado & López, (2015) por otro lado, indica que la variación de los °Brix fluctuó en 65 a 79.5 en el jarabe de agave, mientras que el pH fluctuó entre 3.66 a 5.23.

Tabla 2:

Parámetros de sólidos totales

PARAMETROS ANALITICOS	
contenido de agua	24-26%
pH	3.5-6
Brix	74-76

Fuente: (Mapryser, 2023)

Según Sánchez et al., (2016), el jarabe de agave dentro de sus características organolépticas tienen a ser una solución de color ámbar, de olor y sabor característico con un poder endulzante del 30% por encima del azúcar comercial, con bajo índice glucémico que admite ser consumido por todo individuo y por personas con problemas de Diabetes. De acuerdo a su composición los agaves de cabezas y hojas maduras pueden utilizarse para producir jarabe de agave por su alto contenido en fructosa, fructosa cristalina, inulina y fructooligosacaridos y como insumos utilizados en la industria de alimentos y bebidas (Montañez et al., 2011).

2.1.8. Actividad Antioxidante del Agave Americana

El agave también tiene fitoquímicos, como saponinas y flavonoides, que le confieren propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, antimicrobianas y anticancerígenas, entre otros beneficios, (Álvarez et al., 2021).

Velázquez et al., (2018) en su investigación reportaron el mayor potencial de fotoquímicos en los jarabes de agave debido a la presencia en mayor cantidad de compuestos naturales como la actividad antioxidante, así mismo se atribuye su color característico a la presencia de antioxidante, relacionando la mayor cantidad de antioxidantes y fenoles con el color oscuro del jarabe de agave.

Reyes et al., (2009) mencionan que las propiedades antioxidantes ocurren después del tratamiento térmico y almacenamiento, la intensidad de color se aumenta hasta los 30 días en almacenamiento, durante este periodo comienzan a formarse compuestos macromoleculares de tonalidad café marrón claro indicativo de la fuerte actividad antioxidante.

2.1.9. Contenido de Fructooligosacáridos y Azúcares en el Jarabe de Maguey

Según Márquez et al., (2013) indica que en el Maguey los fructanos de cadena larga se asocian a sus propiedades geológicas y, por otro lado, los fructanos de cadenas cortas están asociadas a las propiedades funcionales, presentando las características de un componente prebiótico que ayuda a la disminución de grasa abdominal.

Según Muñoz et al., (2013), la composición de los azúcares en el jarabe de agave se reportó en mayor concentración de sacarosa y este aumento 20 veces su concentración después de efectuarle un tratamiento térmico, de la misma manera se mostró un incremento en los compuestos de fructosa, glucosa y 1-b-kestosa, este incremento de la concentración de azúcares se atribuye a la degradación de otros azúcares de alto peso molecular por la aplicación del tratamiento térmico.

Según Montañez et al., (2011) “La fracción más importante que representa al peso húmedo total está en la cabeza de la planta; en ella se almacena la mayor cantidad de azúcares reductores totales en los que predominan los fructanos tipo inulina y fructooligosacáridos. Las bases de las hojas constituyen la segunda fracción con mayor contribución a la biomasa del cultivo con un contenido de carbohidratos que equivale al 68,6 % de los que contiene la cabeza y están integradas principalmente por inulina y una menor cantidad de fructooligosacáridos y azúcares reductores.”

2.1.10. Azúcares reductores

Según Velásquez (2014), los azúcares reductores son aquellos azúcares que contienen su grupo de carbonilo (grupo funcional) intacto, y que a través del mismo pueden reaccionar con otras moléculas. También provocan la alteración de las proteínas mediante la glicación o glucosilación no enzimática, denominada reacción de MAILLARD. La glucosa es el azúcar

reductor más abundante y regulado en sangre; en diabetes sus niveles aumentan, favoreciendo la glucosilación no enzimática, aunque cualquier azúcar con grupo carbonilo libre puede formar bases de Schiff con proteínas. La reactividad de los azúcares depende de la disponibilidad de su grupo carbonilo presente solo en la forma abierta de la molécula, la cual es poco estable (en la glucosa representa apenas el 0,002%). Los azúcares se estabilizan mediante un equilibrio con sus formas cíclicas o anoméricas. Los azúcares fosfato, al presentar mayor proporción se forma abierta, tienen mayor capacidad glucosilante que la glucosa, mientras que la sacarosa, al no poseer carbonos anoméricos libres, carece de poder reductor.

2.1.11. Microorganismos Presentes en el Aguamiel de Maguey

Según, Enríquez et al., (2017) indica que los sepas microbianas presentes en el aguamiel son del género de bacterias ácido lácticas y levaduras importantes que son aplicables en la industria alimentaria, tales como “*Acetobacter*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc* y *Clavispora*”.

Tabla 3:

Microorganismo predominantes en los jarabes de agave

Parámetros	límites permisibles
cuenta de bacterias totales	Máximo 100UFC/g
Hongos	<10UFC/g
levaduras	<10UFC/g
coliformes	<3
salmonella Spp	negativo en 25g
E. Coli	<3

Fuente: (Cruz, 2016)

Según Ramos, (2004) “el aguamiel recientemente secretado es ligeramente alcalino, pH 7.45, por lo que una hora después va bajando el pH por la presencia de algunas bacterias y cadenas de *Leuconostoc* incrementa considerablemente, así como también las otras bacterias, el aguamiel se hace muy ácido y el *Leuconostoc* desaparece por completo”. Por otro lado, Vicente et al., (2020), menciona que los microorganismos presentes en el aguamiel son *Kluyveromyces marxianus* y *Saccharomyces paradoxus*, las que son responsables de la síntesis de exo-endo-fructanos, importantes en la producción de aguamiel de agave.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Aguamiel de Maguey (*Agave americana* L.)

Según Leal et al., (2015). "El aguamiel es la savia dulce del agave maduro, y su calidad está influenciada por la etapa de maduración de la planta". Por otro lado, Ramírez et al., (2018) mencionan que el aguamiel es el zumo que se obtiene de plantas pertenecientes a la familia Agavaceae que presenta olor y sabor dulce con un color ambarino.

2.2.2. Jarabe de Maguey (*Agave americana* L.)

El jarabe de agave viene a ser concentración dulce natural producida por hidrólisis de los fructanos acumulados por la planta de agave y está influenciada por la etapa de maduración de la planta. Por otro lado, Ramírez et al., (2018), mencionan que el aguamiel es el zumo que se obtiene de plantas pertenecientes a la familia Agavaceae que presenta olor y sabor dulce con un color ambarino.

Según Sánchez et al., (2016) menciona que el Jarabe de Agave es un agradable extracto derivado por la concentración del aguamiel o savia del maguey, o también denominado como sirope de agave, es un producto endulzante natural.

2.2.3. Pasteurización

La pasteurización viene a ser un tratamiento térmico suave donde los alimentos son sometidos a temperaturas por debajo de los 100°C, la pasteurización tiene como objetivo minimizar la carga microbiana y la desactivación de enzimas en alimentos con baja acidez y prolongar la vida útil de los alimentos ácidos (Fellows, 2017).

2.2.4. Fructooligosacaridos

"Son polímeros de D-fructosa unidos por enlaces β -(2-1). Las moléculas con un grado de polimerización (GP) entre 3 y 5 se denominan oligofructosa. Aquellos con un DP entre 2 y 60 se conocen como inulina. Esta sección analiza el FOS en general, seguido de un análisis más detallado de la inulina debido a su uso particularmente generalizado. enlaces β "(Drakoularakou et al., 2011). Los fructooligosacáridos se encuentran en varias plantas si actúan en el organismo como agentes promotores de la salud, son constituyentes de un grupo de carbohidratos denominado oligosacáridos lineales de fructosa, (Moskovitz & Kim, 2004).

2.2.5. Actividad antioxidante

Según Fegredo et al., (2009), la actividad antioxidante de los diferentes alimentos o bebidas tiene una gran importancia ya que se indica que los antioxidantes poseen propiedades protectoras frente a numerosa patología, los edulcorantes como el jarabe de agave mantienen su capacidad antioxidante a pH bajos y azúcares reductores altos. “La capacidad antioxidante debe ser una propiedad intrínseca derivada de los constituyentes naturales del material, no de antioxidantes añadidos ni de constituyentes liberados por tratamientos químicos o enzimáticos previos”(Careche et al., 2008).

2.2.6. Hidroximetilfurfural

El hidroximetilfurfural es un compuesto que se ha identificado en productos de panadería y que es de interés desde el punto de vista sanitario, debido a que la producción de este compuesto en los alimentos, estaría involucrada en posibles efectos mutagénicos, carcinogénicos y citotóxicos para el ser humano (Akder et al., 2025).

2.3. Antecedentes de la Investigación

2.3.1. Antecedentes Internacionales

Contreras et al. (2023), en su investigación sobre “Características fisicoquímicas de aguamiel y pulques producidos en el estado de Hidalgo, México”, tuvieron como objetivo determinar las propiedades fisicoquímicas del aguamiel y del pulque producidos en dichas zonas. Se analizaron 197 muestras mediante metodologías oficiales para evaluar pH, sólidos solubles, viscosidad y color. En el caso del aguamiel de maguey, se obtuvieron valores de pH entre 3.6 y 7.90, sólidos solubles que oscilaron entre 3.01 y 15.85 °Brix. En conclusión, el estudio determinó que las condiciones ambientales influyen directamente en la composición y calidad del aguamiel, afectando a su vez las propiedades del pulque derivado de este.

La investigación de Pomboza & Toaquiza, (2022), titulada “Diseño del proceso de elaboración de miel a partir de la transformación de la fibra soluble del Agave (Maguey)”, cuyo objetivo fue diseñar el proceso artesanal de miel de agave mediante la transformación de la fibra soluble (Mishki). El Mishki se recolecta dos veces al día, produciendo alrededor de 5 a 6 litros diarios, y se requieren 10 litros de Mishki para obtener un litro de miel, que debe tener entre 12 y 13 °Brix; de lo contrario, se destina al uso alimenticio animal. La producción alcanza los 44 litros de miel de agave, filtrando para eliminar impurezas y almacenándola en bidones de 20 L. La cocción se realiza a 75-80 °C durante 4 horas, manteniendo sus características. En esta investigación, el contenido de sólidos solubles del agave alcanzó valores que oscilaron entre 50 y 60 °Brix, determinados mediante el uso de un refractómetro. El análisis microbiológico evidenció que el producto presenta ausencia de microorganismos como los coliformes totales presentaron valores inferiores a 10 UFC/g, con un límite de referencia menor a 100 UFC/g. Asimismo, se confirmó que la ausencia de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* fue inferior a 10 UFC/g, dentro de los límites permisibles (< 100 UFC/g). De igual manera, los mohos y levaduras presentaron valores inferiores a 10 UFC/g, cumpliendo con los límites establecidos (< 100 UFC/g). En conclusión, el análisis microbiológico del endulzante de agave (mishki) se contrastó con las especificaciones microbiológicas vigentes, verificándose que el producto cumple con los límites microbiológicos permitidos, lo que respalda su calidad e inocuidad.

Cerón, (2022) en su investigación sobre el Índice glucémico in vitro y actividad antioxidante de jarabe de agave obtenido por evaporación rotatoria al vacío, evaluándose las características del aguamiel y la vida útil en 90 días a temperatura ambiente. El análisis microbiológico en el aguamiel se obtuvo en 4,91 log UFC/mL y en 3.32 log UFC/mL para el

aguamiel, en el análisis fisicoquímico los resultados de los sólidos totales oscilaron entre 10,20 a 11 °Brix, en acidez titulable oscilaron entre 0.18 a 0.27 %, para el pH se encontró entre 4,45 a 5,60 y en cuanto a los azúcares reductores se encontró entre 9,48 a 11,13 %. La actividad antioxidante en el aguamiel se encontró entre 2.40 y 4.40 mg ET/100ml en DPPH. De acuerdo con el programa de optimización para el jarabe de agave, la combinación de condiciones que permitió mantener un valor fijo de sólidos solubles totales (SST) y maximizar la concentración de compuestos bioactivos y la actividad antioxidante fue de 68 °C, 65 mbar y 25 minutos. Bajo estas condiciones, la muestra presentó una actividad antioxidante comparable a la de mieles de jarabes de agave comerciales de la especie pulquera (DPPH=13,56 mg ET/100 g) y superior a la observada en productos de la especie tequilera, como Enature (DPPH= 2,60 mg ET/100 g). La muestra optimizada en el jarabe alcanzó 75,20 °Brix, un pH de 4.57. El color del jarabe de agave mostró coordenadas $L^* = 51,90$, $a^* = -3,41$ y $b^* = 12,23$ y el contenido de hidroximetilfurfural osciló entre 23.8 a 335.3 mg/kg. Asimismo, la actividad antioxidante osciló entre 2.60 a 13.56 mg ET/100 mg. En conclusión, el uso del rotavapor permitió reducir los tiempos y las temperaturas durante la concentración del aguamiel, favoreciendo la conservación de sus propiedades nutricionales, compuestos bioactivos y actividad antioxidante, y dando como resultado un edulcorante natural con potencial beneficio para el consumidor.

Gonzales et al., (2020) evaluaron el efecto de la temperatura de procesamiento sobre el contenido químico de jarabes concentrados de aguamiel obtenidos de dos especies diferentes de Agave, el procesamiento térmico se dio en 70 °C, 80 °C, 90 °C y 95 °C. Durante el procesamiento térmico de los jarabes se realizaron los análisis químicos, proximales y el dulzor. Se observó que la temperatura influyó en el color del producto, siendo las muestras tratadas a 70 °C y 80 °C las que presentaron tonalidades más oscuras. El pH de los jarabes se mantuvo dentro de un rango ácido, con valores entre 4,15 y 5,47. El contenido de humedad de las muestras se mantuvo prácticamente constante, alrededor del 40 %. El contenido de 5-hidroximetilfurfural no mostró variaciones significativas frente a las diferentes temperaturas aplicadas. Por otro lado, los jarabes de *A. atrovirens* evidenciaron un mayor contenido de glucosa, con valores aproximados del 23 %. La temperatura tuvo un efecto sobre el contenido de sacarosa, registrándose valores más elevados a 70 °C. La evaluación de hidroximetilfurfural encontró entre los valores de 95 a 105 mg/kg hidroximetil. Asimismo, se identificó la presencia de fructooligosacáridos, tales como 1-cestosa (6,5–29,2 mg/g), 1-nistosa (0,9–10,8 mg/g) y 1-fructofuranosil nistosa (4,6–12,9 mg/g) La 1-nistosa fue detectada únicamente en los jarabes obtenidos a partir de *A. salmiana*. En conclusión, el análisis alimentario de estos jarabes resultó

fundamental para comprender la influencia tanto de la especie de agave como de los tratamientos térmicos aplicados durante la elaboración del jarabe de agave.

La investigación de Espíndola et al., (2018) titulada “Caracterización de aguamiel y jarabe de agave originario del Estado de México, Hidalgo y Tlaxcala”, tuvo como objetivo evaluar las principales características fisicoquímicas, funcionales y microbiológicas del aguamiel y del jarabe de agave procedentes de dichas regiones. Para ello, se determinaron parámetros como sólidos solubles totales, índice de refracción, pH, acidez titulable, contenido de carbohidratos, proteína, humedad, cenizas, fenoles totales, capacidad antioxidante, hidroximetilfurfural, color y recuento de microorganismos. Los resultados indicaron que el aguamiel proveniente de las regiones de Hidalgo y Tlaxcala se clasificó como tipo I, mientras que el del Estado de México correspondió al tipo II. En cuanto a las características del aguamiel, se registraron valores de pH entre 4.37 y 6.40, con una acidez titulable que osciló entre 0.03 % y 0.21 %. El contenido de sólidos solubles varió de 13.33 a 15.67 °Brix, mientras que los azúcares reductores totales alcanzaron valores entre 10.74 % y 11.10 %. Asimismo, el color presentó valores de luminosidad (L^*) comprendidos entre 39.43 y 43.32, y la cromaticidad en el aguamiel osciló entre 0.55 a 5.86 en la cromaticidad en a^* y 0.67 a 16.6 en b^* . Por otro lado, los jarabes de maguey evaluados mostraron valores de pH que fluctuaron entre 5.29 y 7.31, y una acidez titulable de 0.02 % a 0.10 %. Los sólidos solubles alcanzaron concentraciones de 63.33 a 70.33 °Brix, mientras que el contenido de HMF osciló entre 19.14 y 21.36 mg/kg. En relación con el color, la luminosidad (L^*) varió entre 19.14 y 21.11, con valores de a^* entre 12.29 y 18.33 y de b^* entre 3.44 y 7.80. Desde el punto de vista microbiológico, las muestras de aguamiel presentaron una carga microbiana superior a 250 UFC, mientras que en las muestras de jarabe de agave no se evidenció crecimiento de microorganismos. Además, se confirmó la ausencia de *Salmonella* spp. y *Escherichia coli* tanto en el jarabe de agave como en el aguamiel, lo que resalta la seguridad microbiológica del producto final.

Maldonado et al., (2018) en su investigación el efecto del Proceso de Producción en la Calidad del Jarabe de Agave Mexicano, donde los parámetros regulados (pH, Humedad, Cenizas y 5-(hidroximetil) furfural), así como el color, se midieron en 25 jarabes de agave, incluyendo muestras tradicionales como controles. Los resultados de esta investigación variaron de 70 a 76 °Brix, el pH de 3.2 a 6.7 y la humedad de 20.2-28.6%. Los valores de actividad del agua mostraron una amplia variación, así como los parámetros de color, así como los parámetros de color para la luminosidad se encontró entre 0.21 a 100, en cuanto al croma

a* estuvo entre -3.42 a 15.8 y b* estuvo entre 0.20 a 52.78. El contenido de hidroximetilfurfural osciló entre 1000 y 7000 mg/kg hidroximetil.

Estrada, (2019), en su investigación sobre “las Propiedades reológicas, texturales, fisicoquímicas y térmicas de jarabes de agave con diferente grado de hidrólisis y jarabes de maíz comerciales”, cuyo objetivo fue el objetivo de este estudio fue el comparar las propiedades reológicas, texturales, térmicas y fisicoquímicas de tres jarabes de agave con diferente grado de hidrólisis (totalmente hidrolizado JOA100, con 88% de hidrólisis JOA88y con 50% de hidrólisis JOA50). Los resultados obtenidos mostraron que el pH mostró valores comprendidos entre 6.35 y 5.74, el contenido de sólidos solubles osciló entre 70.6 y 74.3 °Brix, y la densidad presentó valores entre 1.35 y 1.39 g/. En cuanto a las características de color, los jarabes se distinguieron por tonalidades más oscuras y amarillentas. La luminosidad (L)* varió entre 90.26 y 99.24, mientras que los valores de cromaticidad a* oscilaron de -3.39 a -1.27, y la cromaticidad b* presentó un rango amplio, entre 7.06 y 59.08, asociado a la intensidad de los tonos amarillos.

Rojo, (2021), en su estudio sobre los “fructooligosacáridos y calidad nutracéutica de jarabe de agave salmiana obtenido a bajas presiones”, cuyo objetivo fue determinar la calidad nutracéutica y presencia de fructooligosacáridos (FOS) del jarabe de aguamiel obtenido por evaporación a baja presión del aguamiel de cinco cultivares de Agave salmiana. Los resultados obtenidos para el jarabe de agave presentaron valores de pH comprendidos entre 3.66 y 4.80, mientras que la acidez titulable se mantuvo en 0.03 %. El contenido de sólidos solubles osciló en un rango de 64.30 a 74.69 °Brix, y en los fructooligosacáridos presentó el contenido de 1-kestosa de 2.23. Asimismo, el contenido de azúcares reductores en el aguamiel osciló entre 1.74 y 5.80 %, mientras que en el jarabe de agave se registraron valores comprendidos entre 15.36 y 44.67 %. En conclusión, los jarabes obtenidos mediante procesos a baja presión y temperatura presentaron un menor contenido de azúcares totales en comparación con lo reportado para jarabes elaborados por otros métodos de evaporación. No obstante, las cantidades de inulina obtenidas, junto con la presencia del fructooligosacárido 1-kestosa, ponen de manifiesto la adecuada calidad nutricional del producto final.

Velázquez et al. (2018), estudiaron los “Perfiles fitoquímicos y clasificación de jarabes de agave mediante H-RMN y quimiometría“, el cual tuvo como objetivo caracterizar el perfil fitoquímico, la capacidad antioxidante y el perfil de carbohidratos de jarabes de agave, así como diferenciarlos de otros edulcorantes naturales mediante espectroscopia H-NMR y análisis quimiométrico. Para ello, se analizaron 46 muestras de edulcorantes, de las cuales 29 correspondieron a jarabes de agave. Los resultados mostraron que los jarabes de agave

contienen saponinas, glucósidos cardíacos y terpenoides en cantidades apreciables, además de otros compuestos bioactivos en niveles moderados, destacando una mayor diversidad fitoquímica en los jarabes de *Agave salmiana*. Respecto a la actividad antioxidante, los jarabes de agave presentaron valores entre 10 % y 53 % de inhibición del radical DPPH, siendo *Agave salmiana* la especie con mayor promedio. El contenido de fenoles totales osciló entre 24 y 300 mg EAG/100 g, mientras que los taninos condensados alcanzaron hasta 1 900 mg CE/g, evidenciando un alto potencial antioxidante, especialmente en los jarabes de color más oscuro. En conclusión, los jarabes de agave presentan un alto valor funcional debido a su riqueza fitoquímica y capacidad antioxidante, y la espectroscopia $^1\text{H-NMR}$ con análisis quimiométrico resulta eficaz para su identificación y clasificación, destacando el mayor potencial antioxidante de los jarabes de *Agave salmiana*.

2.3.2. Antecedentes Nacionales

La investigación de Albornoz & Malpartida, (2022) denominada “Obtención de edulcorante en jarabe hidrolizado a partir de tres variedades de Maguey (*Agave americana*)”, cuyo objetivo fue evaluar la influencia de tres variedades de maguey. T1 (*Agave americana* L.), T2 (*Agave americana* L. var. *marginata* Trel.) y T3 (*Agave americana* L. var. *medio-picta* Trel.) en las características fisicoquímicas, organolépticas, rendimiento y aceptabilidad del edulcorante en jarabe hidrolizado. Los resultados obtenidos para el aguamiel mostraron que el pH osciló entre 4.98 y 5.15, mientras que la acidez titulable se ubicó en un rango de 0.07 a 0.10 %. Los perfiles fisicoquímicos del jarabe de agave evidenciaron contenidos de sólidos solubles entre 73.00 y 75.07 °Brix, en el pH del jarabe se mantuvo en valores similares a los del aguamiel, fluctuando entre 4.98 y 5.15, y la acidez titulable osciló entre 0.07 y 0.10 %. Asimismo, el contenido de azúcares reductores presentó valores de 66.51 y 67.61 %. En cuanto a los fructooligosacáridos, específicamente la 1-kestosa (Glu-Fru_2), se registraron concentraciones entre 14 y 25.0 mg/g. en conclusión, la variedad *Agave americana* L. var. *marginata* Trel. fue la más adecuada para la elaboración del jarabe, destacándose por sus mejores cualidades sensoriales y mayor rendimiento. Adicionalmente, el estudio de mercado realizado en el distrito de La Unión indicó durante el trabajo de investigación que el 51.6 % de los encuestados manifestó disposición para adquirir el producto a un precio de S/ 14.00 por una presentación de 200 g. Estos datos, obtenidos del INEI (2018), se recopilaron mediante un muestreo probabilístico estratificado, considerando un total de 308 encuestas.

El estudio de Bautista, (2019) denominado “Fructooligosacáridos y obtención de azúcares totales cristalizado del aguamiel de *Agave americana* L.(maguey)”, cuyo objetivo fue

Realizar la cuantificación de fructooligosacáridos en aguamiel de *Agave americana* L. (maguey) y obtener azúcares totales cristalizado. Para las dos fases del estudio, se recolectaron muestras de la provincia de Vilcashuamán, ubicada en el departamento de Ayacucho, Perú. Se emplearon métodos específicos para cuantificar fructooligosacáridos, glucosa y fructosa, así como para obtener azúcares totales cristalizados, adaptando el método utilizado para la caña de azúcar. Los resultados obtenidos para el aguamiel mostraron un contenido de fructooligosacáridos de 108.9 mg/g, y un contenido de azúcares reductores totales de 12.10 %, con un pH de 7.05, una acidez titulable de 0.21 % y un contenido de sólidos solubles de 13.70 °Brix. En el jarabe de aguamiel, el pH se mantuvo en 6.78, mientras que los sólidos solubles alcanzaron 70 °Brix. La acidez titulable fue de 0.10 %, y el contenido de azúcares reductores alcanzo un 99.30 %. En cuanto a los fructooligosacáridos en el jarabe, se encontró un contenido de 436.2 mg/g correspondiente a 1-kestosa (Glu-Fru₂), así como 556.8 mg/g de otros polisacáridos. El análisis microbiológico confirmó la ausencia de crecimiento microbiano en el jarabe, registrándose valores inferiores a 10 UFC/g para aerobios mesófilos, mohos y levaduras, además de la ausencia de enterobacterias, lo que evidencia la adecuada inocuidad del producto final.

Chagua, et al., (2020), en el estudio de denominado “Tiempo de pasteurización y su respuesta en las características químicas y de actividad antioxidante de aguamiel de *Agave americana* L.”, el cual tuvo como fin evaluar el tiempo de pasteurización y su respuesta en las características químicas, la capacidad antioxidante y la cinética de degradación de los compuestos fenólicos del aguamiel de *Agave americana* L. Se recolectó aguamiel de plantas con una edad de diez a doce años durante el mes de abril en Acobamba, Huancavelica, Perú. Se realizaron determinaciones analíticas utilizando aguamiel fresco y pasteurizado a 80°C durante 10, 30 y 45 minutos. Los resultados evidenciaron que el pH osciló entre 4.85 y 5.75, mientras que la acidez titulable oscilo en un rango de 0.19 a 0.38 %. El contenido de sólidos solubles presentó valores de 10.33 y 12.50 °Brix, y los azúcares reductores fluctuaron entre 11.38 y 25.39 %. En conclusión, el tiempo de pasteurización influyó en la respuesta de las características fisicoquímicas del aguamiel de *Agave americana* L. Los resultados indican que existe estabilidad en la acidez, el índice de refracción, el pH y la densidad durante el proceso de pasteurización, mientras que los sólidos solubles tienden a incrementarse conforme avanza el tratamiento térmico.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis de Investigación

Hipótesis General

El proceso térmico y la etapa de desarrollo de la planta influyen en las características fisicoquímicas del jarabe de maguey (*Agave americana L.*).

Hipótesis Específicas

1. Las dos etapas de desarrollo de la planta influyen en las características fisicoquímicas del aguamiel, así como el proceso térmico en el jarabe de Maguey (*Agave americana L.*).
2. El contenido de fructooligosacáridos y azúcares reductores del jarabe de maguey varía en función del proceso térmico aplicado y de la etapa de desarrollo de la planta.
3. El jarabe de maguey (*Agave americana L.*) obtenido del aguamiel cumple con los criterios de inocuidad microbiológica.

3.2. Identificación de Variables e Indicadores

Tabla 4:

Identificación de variables e indicadores

Variables independientes	Variable dependiente
- Etapa de desarrollo Etapa 1:(8 a 10 años) Etapa 2:(12 a 15 años) - Tiempo de proceso térmico (2 horas y 3 horas)	- Características fisicoquímicas del aguamiel de maguey (pH, acidez titulable, densidad, sólidos solubles, actividad antioxidante, azúcares reductores y color) - Características fisicoquímicas del jarabe de maguey (pH, la acidez titulable, la densidad, los sólidos solubles, el color, la actividad antioxidante y el contenido de hidroximetilfurfural) - Fructooligosacáridos y azúcares reductores - Análisis microbiológico

3.3. Operacionalización de Variables

Tabla 5:

Operacionalización de variables

Tipo de variables	Tipo variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Tipo de variable
Características fisicoquímicas	pH	El pH indica la concentración de iones de hidrógenos presentes en determinadas disoluciones	Potenciómetro	0-14	Acido-alcalino	-	Continua
	Acidez titulable	indicadores de la cantidad de ácidos orgánicos y sus sales contenidas en una fruta	Cantidad de base fuerte (NaOH, 0.1 N)	0.36-1.00(g/100ml)	Porcentaje de ácido cítrico	%	Continua
	Grados brix	medida de la concentración de sólidos disueltos en un líquido, azúcares	concentración	0-100			Continua
	Color	Característica física que determina la calidad de un alimento	colorímetro	Luminosidad-Croma	Blanco-negro intensidad de color	L*=0-100 a*=0-100 b*=0-100	Continua
Actividad antioxidante		porcentaje de captación de radicales libres en comparación con la captación de radicales libres del reactivo DPPH	Espectrofotómetro	eliminación de radicales libres de α -difenil- β -picrilhidrazilo (DPPH)	Porcentaje de inhibición de	%	Continua
Azúcares reductores		Son carbohidratos que contienen un grupo funcional aldehído o cetona libre	Método fehling	Azucars 0-100	Porcentaje de azúcar total	%	Continua
Contenido de fructooligosacáridos		Oligosacáridos lineales solubles en agua	HPLC (cromatografía líquida)	Fructooligosacáridos 0-100	Contenido de FOS	%	Continua

Contenido de Hidroximetilfurfural	Calidad y frescura	Metodo: Espectrofotométrico (White)	0-80	Concentraciones de hidroximetilfurfural	Mg/kg	continua
Análisis microbiológico	Identificación de sepsas bacterianas presente en los alimentos	Método más probable	Bacterias	Unidades formadoras de colonia/ gramo de cultivo	UFC/g	Continua

IV. MATERIALES Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Lugar de investigación

El trabajo de investigación se ejecutó en la región Cusco, provincia de Canchis, distrito de Sicuani, la cual se encuentra ubicada a 139.2 kilómetros de la ciudad de Cusco y a una latitud de -14.294; longitud: -71.211208; Elevación: 3589.53 de msnm, a continuación, se detallan todos los lugares y áreas utilizados en el presente trabajo de investigación.

- La recolección y selección de la materia prima, maguey (*Agave americana L*) se realizó en la comunidad campesina de Trapiche del distrito de Sicuani que se encuentra a una Latitud: -14.294307; longitud: -71.211221; Altitud: 3584.03 msnm.
- La elaboración del jarabe de maguey se realizó en las instalaciones del laboratorio de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- El análisis de las propiedades físico-químicas como el pH, densidad, grados Brix y el color se realizó en el laboratorio de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- La determinación de la actividad antioxidante se realizó en el laboratorio de investigación, análisis y preparación de productos orgánicos – labor de la Escuela Profesional de Química, en la facultad de ciencias, Química, Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- La determinación de los azúcares reductores se realizó en el laboratorio de investigación, análisis y preparación de productos orgánicos – labor de la Escuela Profesional de Química, en la facultad de Ciencias, Química, Física y Matemáticas de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- La determinación de fructooligosacáridos en el laboratorio de cromatografía y espectrometría del pabellón de control de calidad de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- La determinación de hidroximetilfurfural se realizó en el laboratorio de Ingeniería química de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba-UNIQ.
- El análisis microbiológico se realizó en el laboratorio LAASA LAB EIRL. (Servicios de análisis de aguas, alimentos y monitoreo ambiental).

4.2. Tipo, Nivel y Diseño de la Investigación

El presente estudio es de tipo experimental, debido a que se manipularon de manera intencional las variables independientes de la edad del agave (8 a 10 y 12 a 15 años) y el tiempo de pasteurización (2 y 3 horas). Estas condiciones se aplicarán en la obtención del jarabe de maguey con el fin de evaluar su efecto en las características fisicoquímicas y microbiológicas del producto. El nivel de investigación es explicativo, ya que se pretende analizar metodológicamente los efectos del tiempo de tratamiento térmico y la etapa de desarrollo de la planta sobre las propiedades del jarabe de maguey.

La investigación sigue un diseño experimental que se presenta por un Diseño Completamente al Azar (DCA) para caracterizar el aguamiel en dos etapas de desarrollo (8 a 10 y 12 a 15 años), y un diseño factorial categórico para la caracterización del jarabe, considerando dos etapas de desarrollo de la planta: Etapa 1 (8 a 10 años) y Etapa 2 (12 a 15 años) y dos tiempos de pasteurización (2 y 3 horas).

4.3. Unidad de Análisis

La investigación estará enfocada en la evaluación del jarabe de maguey (*Agave americana* L.), obtenido a partir de dos etapas de desarrollo de la planta y sometido a dos tratamientos térmicos, con el fin de analizar y caracterizar sus propiedades.

4.4. Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por dos plantas de Maguey (*Agave americana* L.) en dos etapas de desarrollo, así como por el aguamiel y el jarabe obtenidos a partir de las dos etapas seleccionadas.

La muestra estuvo conformada por 5 L de aguamiel y 500 mL de jarabe procedentes de cada una de las dos etapas de desarrollo de la planta de agave, los cuales fueron sometidos a tratamientos térmicos durante 2 y 3 horas.

4.5. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

4.5.1. obtención del aguamiel de Maguey

El proceso de obtención del aguamiel se realizó siguiendo la metodología descrita por Bautista, (2019), con algunas modificaciones.

Se clasificaron dos plantas de maguey de entre 8 y 10 años, con alturas de 1.70 m y 1.30 m, respectivamente, y dos plantas de entre 12 y 15 años, con alturas de 1.70 m y 2.31 m. La determinación de la edad de las plantas se realizó a partir de la información proporcionada por el señor Andrés Mamani Quispe, residente en la zona por más de 30 años, considerando

además que las plantas no hubieran emitido aún la inflorescencia. Una vez seleccionadas, las plantas fueron acondicionadas mediante la limpieza de residuos presentes y el lavado y desinfección de las pencas con abundante agua y cloro, con el propósito de reducir posibles fuentes de contaminación durante la extracción del aguamiel. Finalmente, se cercaron para evitar su contaminación y el contacto con personas o animales.

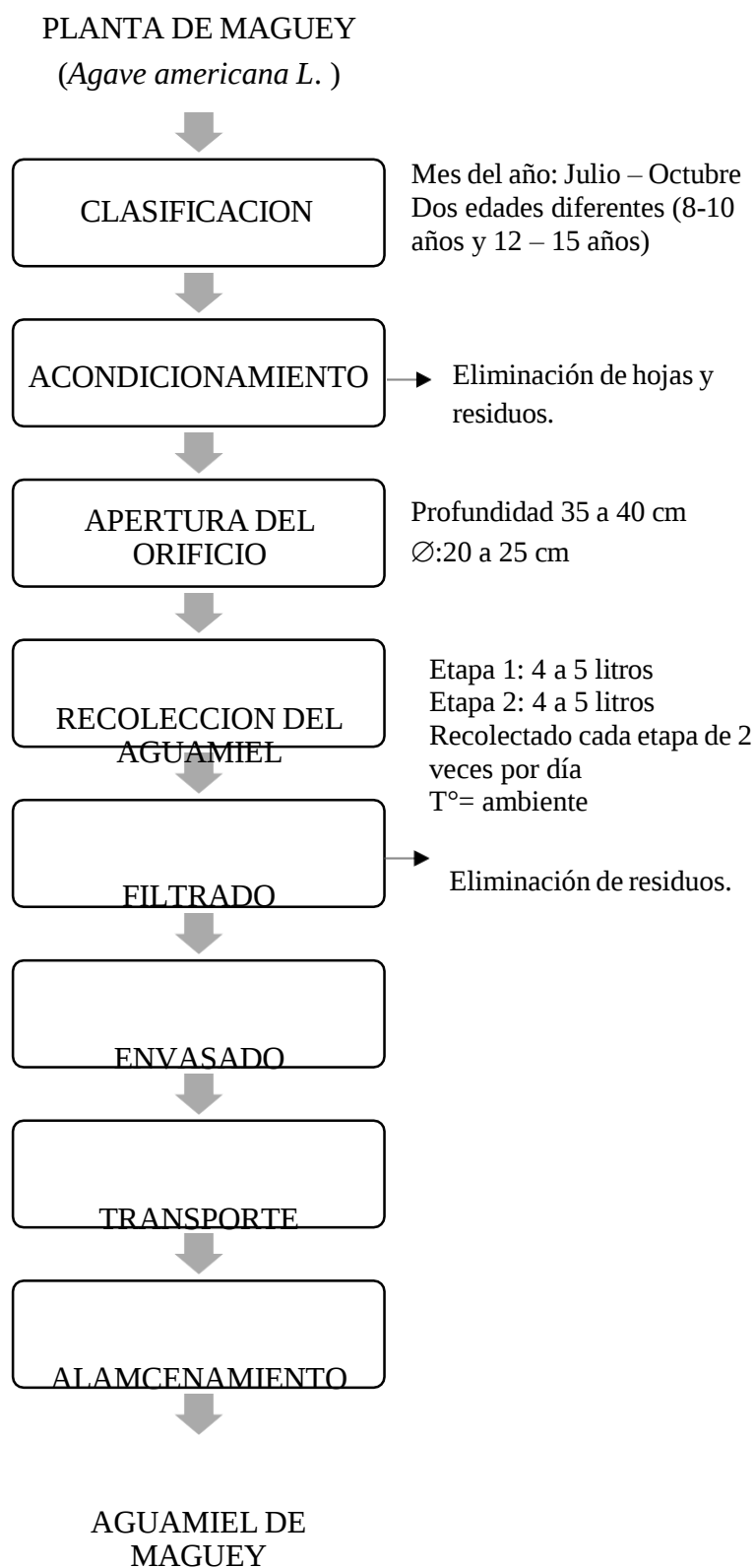
Posteriormente, se procedió con la apertura del orificio en el centro de la planta. Para ello, primero se retiraron las espinas de los bordes de las pencas y, con ayuda de una herramienta de acero desinfectada, se desprendieron las hojas hasta dejar expuesto el corazón. Luego se perforó un orificio de 20 a 25 cm de diámetro y 35 a 40 cm de profundidad, al cual se le dio un raspado hasta obtener una textura fina, formando un pasillo. El agujero se cubrió con pencas y se dejó reposar durante una semana. Transcurrido ese tiempo, se retiró el primer exudado, de sabor dulce-amargo, que fue desechado por no ser apto para consumo, ya que contenía toxinas eliminadas en la primera exudación.

Después de desechar el primer extracto, se limpió nuevamente el orificio y se realizó un ligero raspado de las paredes, esperando 24 horas para recolectar el segundo exudado. A partir de ese momento, la recolección se efectuó cada 12 horas (mañana y tarde), durante los meses de julio a octubre, obteniéndose entre 4 y 5 litros diarios, utilizando cucharones y jarras medidoras a temperatura ambiente. Tras cada recolección, se limpiaron y rasparon las paredes del orificio para evitar la cicatrización y mantener activo el proceso de exudación.

El líquido recolectado fue filtrado para eliminar impurezas y posteriormente envasado en botellas de vidrio de 1000 mL previamente esterilizadas. Las muestras se conservaron en coolers a bajas temperaturas para su transporte, el cual tuvo una duración aproximada de 15 minutos, manteniendo una temperatura cercana a 0 °C, asegurando que el aguamiel permaneciera en condiciones adecuadas para evitar alteraciones en su composición. Finalmente, las muestras fueron almacenadas en una refrigeradora a -20 °C para evitar su fermentación y garantizar su conservación hasta su posterior utilización en la elaboración de jarabe.

Figura 3:

Flujograma del Proceso de obtención del aguamiel de Maguey



Nota: el flujograma muestra los parámetros de edad o etapas de la planta y los parámetros para la apertura del orificio como la profundidad y el diámetro de la misma.

4.5.2. *Proceso de obtención del jarabe de maguey*

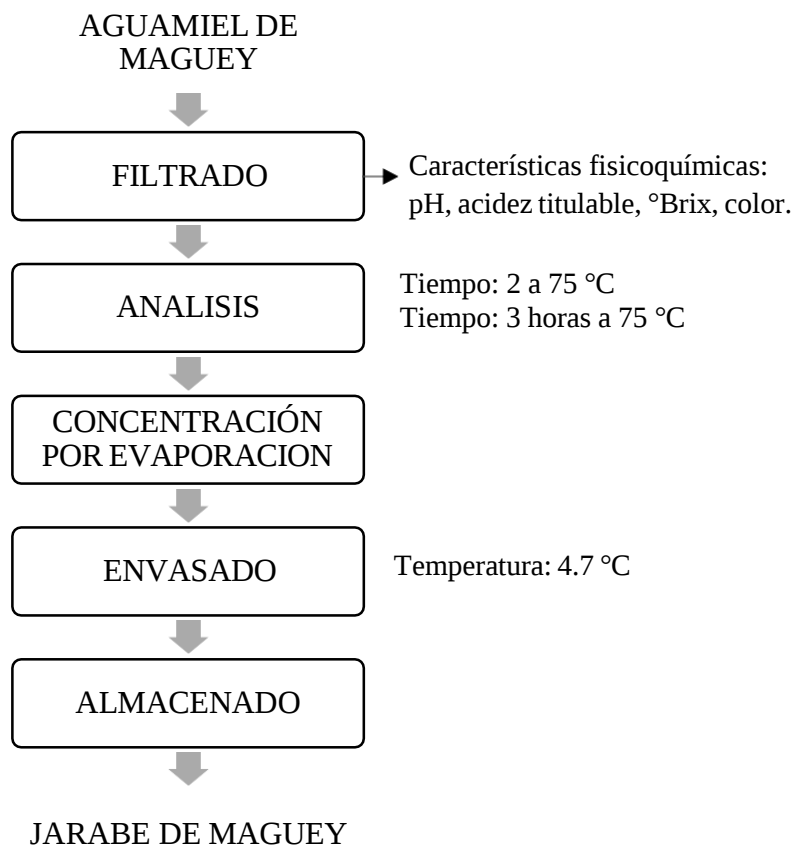
En la Figura 4 se muestra el proceso de obtención del jarabe de maguey, el cual se realizó siguiendo la metodología descrita por Sánchez et al. (2016) con algunas modificaciones.

El líquido (aguamiel) recolectado fue sometido inicialmente a un proceso de filtrado utilizando una malla tamiz N.º60, con la finalidad de eliminar restos e impurezas generadas durante el raspado y la recolección.

Posteriormente, se realizó el análisis de la materia prima mediante la determinación de las características fisicoquímicas, evaluándose el pH, la acidez titulable, los sólidos solubles expresados en °Brix y el color. En el caso de los sólidos solubles, se verificó que el aguamiel presentara valores comprendidos entre 11 y 13 °Brix, rango considerado adecuado para la elaboración de jarabes. Dicho procedimiento se aplicó a cada muestra correspondiente a los dos intervalos de edad estudiados.

A continuación, el aguamiel fue sometido a un proceso de concentración por evaporación en pailas de acero inoxidable colocadas sobre una cocina semiindustrial. Para ello, el líquido se calentó por separado a una temperatura constante de 75 °C durante 2 y 3 horas, utilizando un termómetro digital TP101 WMETER para el control de la temperatura. Como resultado de este proceso se obtuvo un líquido viscoso con características similares a la miel, alcanzándose un rendimiento aproximado de 1 litro de jarabe por cada 10 litros de aguamiel procesado.

Posteriormente, el jarabe obtenido se envasó en frascos de vidrio esterilizados de 250 mL, los cuales fueron cerrados herméticamente para preservar sus características de calidad. Seguidamente, las muestras fueron almacenadas en un refrigerador R330 marca Electrolux a una temperatura aproximada de 4.7 °C, manteniéndose en estas condiciones hasta su posterior evaluación.

Figura 4:*Flujograma del Proceso de obtención del jarabe de maguey*

4.5.3. Características fisicoquímicas de aguamiel y jarabe de Maguey (*Agave americana* L.)

4.5.3.1. Determinación del pH

La determinación del pH en el aguamiel y en el jarabe de maguey se realizó siguiendo la metodología descrita por la AOAC, (2005), donde se empleó un potenciómetro de mesa (913 pH Meter, Laboratory Version) calibrado. Se colocaron 50 mL de muestra en un vaso precipitado, donde se introdujo el electrodo en la muestra hasta cubrirlo completamente, en unos minutos se realizó la lectura cuando se estabilizó el valor correspondiente de pH. Este procesamiento se realizó con tres repeticiones por tratamiento.

4.5.3.2. Determinación de la Acidez titulable

La determinación de la acidez titulable en el aguamiel y en el jarabe de maguey se realizó siguiendo la metodología oficial de la AOAC, (2005), donde se utilizó el método volumétrico.

Para este procedimiento, se pesaron 10 g de muestra, los cuales se colocaron en un vaso precipitado de 50 mL, se añadieron posteriormente 100 mL de agua destilada. De esta solución, se tomaron 50 mL de muestra, los cuales se titularon con una solución de NaOH 0.01 N. En un matraz Erlenmeyer de 200 mL se colocó la alícuota de muestra y se añadieron tres gotas de fenolftaleína como indicador. La titulación se realizó utilizando un soporte universal y una bureta, agregando la solución de NaOH hasta alcanzar un viraje a color rosa pálido. Durante este proceso se registró cuidadosamente el volumen gastado de NaOH para poder calcular la acidez titulable empleando la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{(G * N * \text{meq del ácido}) * 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

Donde:

- G: es el gasto de la solución de NaOH
- N: es la normalidad de la solución de NaOH
- meq del ácido: es la miliequivalente del ácido predominante (ácido cítrico: 64.04 g/eq)

4.5.3.3. Determinación de la Densidad

La determinación de la densidad en el aguamiel y en el jarabe de maguey se realizó siguiendo la metodología oficial descrita por la AOAC, (2005), donde se empleó un picnómetro de 50 mL y una balanza analítica Galaxy HR-250AZ (252 g × 0,1 mg). El procedimiento consistió en pesar inicialmente el picnómetro vacío y registrar su masa. Posteriormente, se llenó completamente con la muestra de aguamiel y así mismo para el jarabe de aguamiel, evitando la formación de burbujas o espacios vacíos, y se volvió a realizar una nueva pesada. Es importante resaltar que la temperatura de la muestra se mantuvo constante a 20 °C, condición necesaria para asegurar la exactitud de los resultados de la densidad, calculándose mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{m_{p+M} + m_p}{V_P}$$

Donde:

- m_{p+M} : es el peso del picnómetro con 1 muestra

- mp: es el peso del picnómetro vacío
- Vp: es el volumen del picnómetro

4.5.3.4. Determinación de los sólidos solubles

La determinación de los sólidos solubles se realizó siguiendo el método descrito por la AOAC, (2005), donde se midieron los grados °Brix tanto en la materia prima, como en el jarabe de maguey, utilizando un refractómetro y manteniendo la muestra a una temperatura ambiente. En el procedimiento se colocó una gota de muestra sobre el lente del refractómetro y se procede a realizar la lectura correspondiente. Este análisis se realizó por triplicado en cada tratamiento, con el fin de garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados.

4.5.3.5. Determinación del color

La determinación del color se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita por Fyfe et al., (2025), con algunas modificaciones. Para el análisis, se utilizó el método de colorimetría mediante el programa CieLAB, empleando la aplicación Color Analysis. Para este proceso se acondicionó una cabina de $34.5 \times 22.5 \times 28$ cm, equipada con luces LED, donde se colocó la muestra en un platillo. El registro del color se realizó utilizando un celular Motorola, ubicado a una distancia de 40 cm y con un ángulo de 45° respecto a la muestra.

Se obtuvieron los valores de luminosidad (L^*), y las coordenadas de cromaticidad en a^* y b^* . Las mediciones se realizaron con tres repeticiones por cada análisis para garantizar la confiabilidad de los resultados.

4.5.3.6. Determinación de la actividad antioxidante del jarabe de Maguey (*Agave americana* L.)

La determinación de la actividad antioxidante del aguamiel y del jarabe de maguey se evaluó siguiendo la metodología descrita por Kedare & Singh, (2011), con algunas modificaciones. Para este análisis se utilizó el método del DPPH en un equipo de espectrofotometría visible Thermo Scientific Spectronic Genesys 20, (252 g $\times$ 0,1 mg), micropipetas Boeco Germany de 100 a 1000 μ L, papel de aluminio, celdas de vidrio, gradillas y tubos de ensayo. Los insumos utilizados fueron reactivo DPPH, metanol y muestras de jarabe de aguamiel.

Se preparó la solución de DPPH 0.1 mM, para lo cual se pesaron 1.39 mg del reactivo en una balanza analítica Galaxy HR-250AZ, y se aforó con 10 mL de metanol. La solución se almacenó en un frasco cubierto con papel aluminio y se almacenó en refrigeración.

Posteriormente, se preparó la muestra, pesando 1.25 g de muestra (aguamiel y jarabe) en un vaso precipitado de 20 mL y se disolvió en 10 mL de metanol; la solución se filtró con ayuda de un embudo de vidrio y se protegió de la luz. El espectrofotómetro se programó a una longitud de onda de 517 nm. Con micropipetas se extrajo 1 mL de la muestra preparada y se mezcló con 1 mL del reactivo de la solución de DPPH en un tubo de ensayo; la mezcla se agitó, se cubrió con papel aluminio y se dejó en reposo durante 20 minutos. Después, se realizó la lectura de la absorbancia en el espectrofotómetro previamente calibrado con un blanco (metanol), donde la solución se colocó en celdas de vidrio y se efectuó la lectura correspondiente.

El porcentaje de inhibición del radical DPPH se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de inhibicion} = \frac{Ac - Am}{Ac} * 100$$

Donde:

Ac: Es la absorbancia del control o patrón de referencia (DPPH sin muestra)

Am: es la absorbancia de la solución de DPPH en presencia de la muestra.

4.5.3.7. Determinación del contenido de hidroximetilfurfural

La determinación del contenido de hidroximetilfurfural del jarabe de maguey se realizó mediante el método espectrofotométrico de White, de acuerdo con lo descrito por Navarro et al., (2003), con algunas modificaciones.

Para el análisis, se pesaron 5 g de muestra, los cuales se disolvieron en agua destilada y se aforaron a un volumen final de 50 mL; posteriormente, la solución se filtró cuando fue necesario para eliminar impurezas. A partir de esta solución, se prepararon dos alícuotas: la solución problema, compuesta por 5 mL de la solución del jarabe y 5 mL de agua destilada, y la solución de referencia, formada por 5 mL de la solución de jarabe y 5 mL de una solución de bisulfito de sodio al 0,20 %. La absorbancia de ambas soluciones se midió a 284 nm, correspondiente a la absorción característica del hidroximetilfurfural, y a 336 nm para la corrección de posibles interferencias, utilizando un espectrofotómetro UV-Visible. El contenido de hidroximetilfurfural se calculó a partir de la diferencia de absorbancias obtenidas, aplicando la ecuación establecida por el método, donde A₂₈₄ y A₃₃₆ representaron las absorbancias a 284 y 336 nm, respectivamente, 149,7 correspondió al factor constante del método, 5 al factor de dilución y el peso de la muestra a los gramos de jarabe analizados; los resultados se expresaron en mg/kg y se compararon con el límite máximo permitido de 80 mg/kg establecido por la normativa peruana para de regiones tropicales, considerándose aptas aquellas muestras que no superaron dicho valor.

$$\text{HMF (mg/kg)} = \frac{(A_{284} - A_{336}) \times 149,7 \times 5}{W}$$

donde:

- A_{284} es la absorbancia medida a 284 nm,
- A_{336} es la absorbancia medida a 336 nm,
- 149,7 corresponde al factor de absortividad molar del HMF a 284 nm,
- 5 es el peso nominal de la muestra expresado en gramos, y
- W representa el peso real de la muestra de jarabe utilizada en el análisis.

4.5.4. Determinación de fructooligosacáridos:

Para la determinación de los fructooligosacáridos presente en el jarabe de aguamiel se utilizó el método de cromatografía líquida, para lo cual se empleó un equipo para lo cual en un vaso precipitado de 50ml se prepara una solución con una muestra de 01 gramo de muestra con 01 ml de acetonitrilo preparado previamente con agua en una proporción de (70:30), la solución se colocó en celdas de vidrio para, luego determinar la lectura de los FOS en el cromatógrafo de marca Agilent Serie 1200, por un tiempo de análisis de 25 minutos, a una temperatura de 35 °C.

4.5.5. Determinación de azúcares reductores

Para la determinación de azúcares reductores tanto en la materia prima como en el jarabe de aguamiel se empleó el método de Fehling, para lo cual primeramente pesamos 2.5 gramos de muestra y lo aforamos en un matraz volumétrico con 25 ml de agua destilada la muestra. A continuación, con ayuda de una micro pipeta, extraemos 0.5 ml de Fehling A (solución de sulfato cúprico) y 0.5 ml de Fehling B (tartrato potásico sódico), es decir una proporción de 1:1, se mezclan ambos reactivos y se afora en un Erlenmeyer de 25 ml, con 4 ml de agua destilada, a esta solución se le agrega 25 ml de la mezcla del jarabe y se le agrega 3 gotas del indicador para tomar el punto final de titulación en este caso se utilizó el azul de metileno.

Para el proceso de titulación se coloca en la probeta una solución estándar de dextrosa (glucosa) para lo cual se prepara una solución de 2.5gr de glucosa disueltos en 50 ml de agua destilada la misma que se coloca en la bureta y se lleva al soporte universal, la titulación se debe dar a una temperatura aproximada al punto de ebullición para lo cual se utilizó un mechero que permitió mantener la temperatura, esto se realiza hasta que la muestra forme pequeños

cuerpos e color rojo, cuando se alcanza ello entonces registramos los volumen inicial y final de la probeta.

4.5.6. *Determinación de análisis microbiológico*

Se determinó la numeración de microorganismos mesófilos viables, para lo cual se utilizó la técnica de siembra en placa, el medio de crecimiento microbiológico fue el Estándar Methos Agar, para la determinación de las enterobacterias se realizó empleando medio de cultivo fue Mac Conkey Agar y para la determinación de mohos y levaduras se empleó el extracto de agar de extracto de levadura con glucosa y oxitetraciclina (OGY).

4.6. **Técnicas de Procesamiento de Información**

Los resultados obtenidos en esta investigación para las variables dependientes fueron evaluados utilizando un nivel de significancia de $p < 0.05$, en el jarabe de maguey (*Agave americana L.*) en dos etapas de desarrollo. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para examinar el efecto del tiempo de pasteurización sobre las características fisicoquímicas (pH, acidez titulable, densidad, sólidos solubles y color), actividad antioxidante, azúcares reductores y contenido de fructooligosacáridos, hidroximetilfurfural (HMF), así como en la inocuidad microbiológica del producto.

A partir de este análisis estadístico, se sometieron a pruebas las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis nula (H_0):** El tiempo de pasteurización en las dos etapas de desarrollo de la planta no tiene un efecto significativo en las características fisicoquímicas, antioxidantes, bioactivas y microbiológicas del jarabe de maguey.
- **Hipótesis alternativa (H_a):** El tiempo de pasteurización en las dos etapas de desarrollo de la planta sí tiene un efecto significativo en las características fisicoquímicas, antioxidantes, bioactivas y microbiológicas del jarabe de maguey.

4.7. **Diseño Experimental**

En esta investigación se empleó un diseño completamente al azar (DCA – Tabla 6) para la caracterización fisicoquímica del aguamiel en dos etapas de desarrollo, asegurando así la evaluación objetiva de sus variaciones. Posteriormente, se aplicó un diseño factorial (Tabla 7) para analizar el efecto del tiempo de tratamiento como factor principal, considerando las combinaciones correspondientes y sus repeticiones. Los detalles de ambos diseños experimentales se presentan en las tablas respectivas, y el procesamiento de datos se realizó mediante los programas estadísticos Minitab V.17 y Microsoft Excel.

Tabla 6:
Diseño completo al azar (Aguamiel de Maguey)

Características fisicoquímicas	1 ^{ra} etapa (8 a 10 años)	2 ^{da} etapa (12 a 15 años)
pH	-	-
Acidez %	-	-
Densidad gr/ml	-	-
Sólidos Solubles °Brix	-	-
Actividad antioxidante %	-	-
Azúcares reductores %	-	-
Luminosidad L*	-	-
Cromaticidad a*	-	-
Cromaticidad b*	-	-

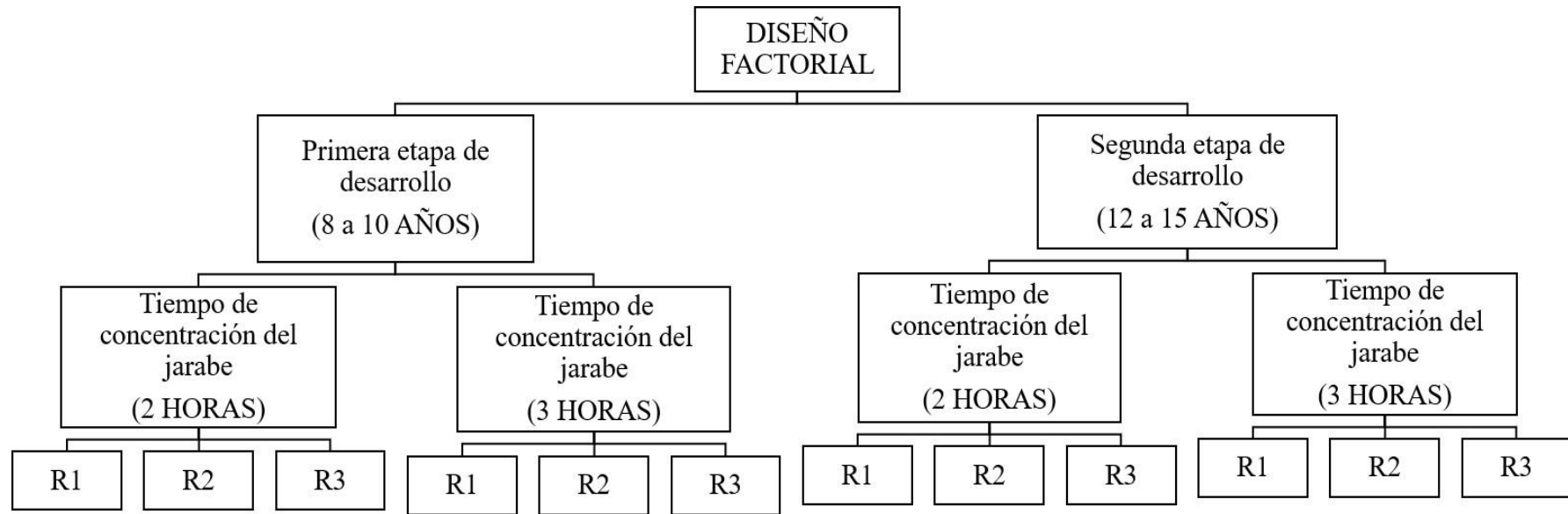
En la tabla 6, se presenta el diseño utilizado para la caracterización del aguamiel que es un diseño completamente al azar en el cual se seleccionó la planta de maguey en dos etapas de desarrollo que comprende (8 a 10 años) y (12 a 15 años)

Tabla 7:
Diseño factorial 2x2 (Jarabe de aguamiel)

Primera etapa de desarrollo (8 a 10 años)		Segunda etapa de desarrollo (12 a 15 años)	
2 horas	3 horas	2 horas	3 horas
R1	R1	R1	R1
R2	R2	R2	R2
R3	R3	R3	R3

Nota: R1, R2 y R3, corresponden a las repeticiones en cada etapa de desarrollo de las plantas (8 a 10 y 12 a 15 años).

En la tabla 7, se presenta el diseño utilizado para el jarabe del aguamiel que es un diseño factorial en el cual se analizaron dos tiempos de elaboración del jarabe que comprende de 2 horas y 3 horas, asimismo, en las dos etapas de desarrollo que comprende (8 a 10 años) y (12 a 15 años) y se consideraron tres repeticiones.

Figura 5:*Gráfico del diseño experimental*

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Características Fisicoquímicas de Aguamiel de Maguey (*Agave americana* L.)

En la Tabla 8 se presentan los resultados de las características fisicoquímicas del aguamiel de Maguey para las dos etapas de desarrollo, en el que se consideran parámetros como el pH, acidez titulable, densidad, contenido de sólidos solubles, actividad antioxidante, azúcares reductores y color. La variación en las propiedades fisicoquímicas de la savia del aguamiel se debe a la diversidad genética que existe en las plantas de agave (Noriega et al., 2025).

Tabla 8:

Características fisicoquímicas de aguamiel de Maguey

Características fisicoquímicas	1 ^{ra} etapa			2 ^{da} etapa		
	$\bar{X}$	$\pm$	DS	$\bar{X}$	$\pm$	DS
pH	3.77		0.2	4.50		0.2
Acidez %	0.05		0.0	0.03		0.0
Densidad gr/ml	1.09		0.0	1.13		0.0
Sólidos Solubles °Brix	10.00		0.5	11.33		0.3
Actividad antioxidante %	48.31		1.8	55.60		1.8
Azúcares reductores %	21.83		0.6	17.52		1.3
Luminosidad L*	43.27		28.6	43.37		28.7
Cromaticidad a*	-0.33		1.6	0.50		1.0
Cromaticidad b*	7.97		3.3	6.03		2.6

Nota: Las etapas de desarrollo se definen de la siguiente manera: la primera etapa corresponde a plantas de entre 8 y 10 años, mientras que la segunda etapa abarca de 12 a 15 años.

5.1.1. pH del Aguamiel de la Planta de Maguey

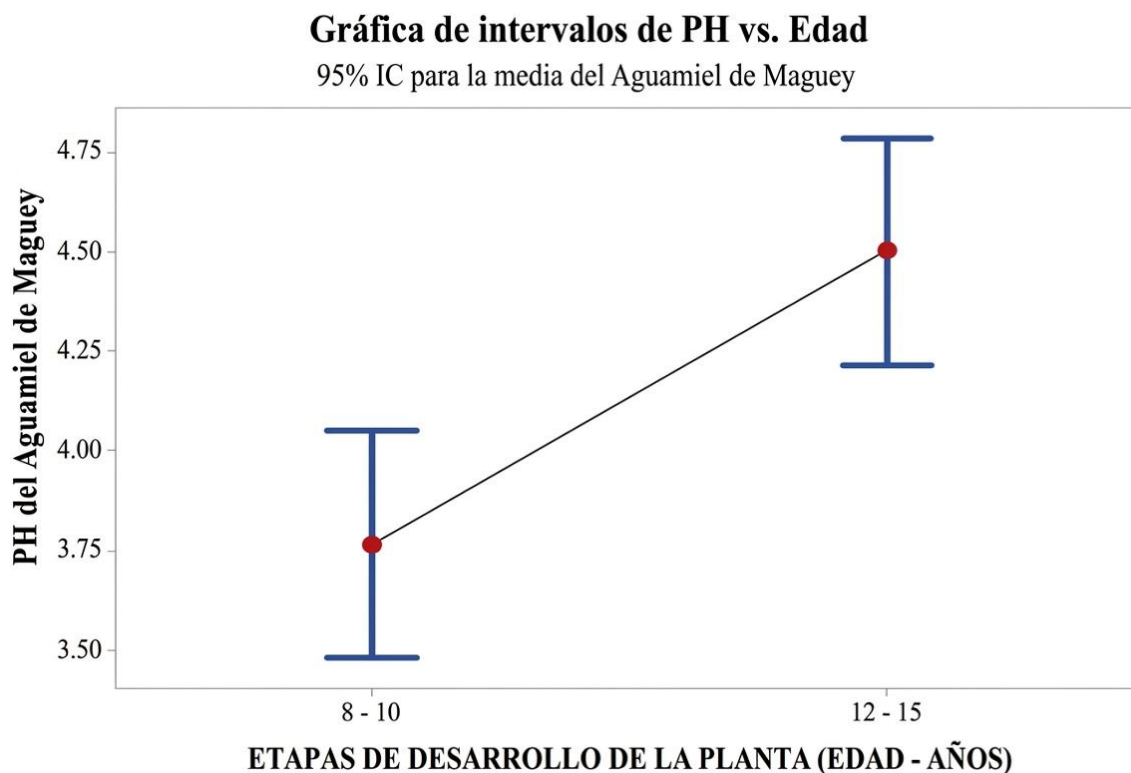
Los valores de pH del aguamiel evaluados en las dos etapas de desarrollo de la planta oscilaron entre 3.77 y 4.50. El análisis estadístico presenta una diferencia significativa ($p < 0.05$) (anexo B1), lo que demuestra que la etapa de la planta influye de manera significativa en el pH del aguamiel.

En la Figura 6 de la gráfica de intervalos, se muestra el comportamiento del pH del aguamiel en función de la etapa de desarrollo de la planta. En la primera etapa de desarrollo que comprende entre los 8 a 10 años, se registraron valores menores de 3.77 de pH, lo que refleja una mayor concentración de iones hidrógeno, y en la segunda etapa de desarrollo que

comprende de 10 a 12 años, donde el pH fue ligeramente mayor de 4.50, lo que evidencia una menor presencia de iones hidrógeno.

Figura 6:

Gráfica de intervalos del pH del aguamiel



Los valores de pH obtenidos en este estudio se encuentran dentro del rango mínimo a los reportados por Cerón (2022) que oscilaron entre 4,45 y 5,05 e inferiores a los reportados por Albornoz & Malpartida (2022) (4.98 y 5.15), lo que podría atribuirse a diferencias varietales y a las condiciones de recolección. Por otro lado, Contreras et al., (2023), reportaron un amplio rango de pH entre 3.6 y 7.90 en aguamieles, dentro del cual se encuentran los resultados obtenidos en la presente investigación.

Estos cambios estarían asociados con la capacidad particular del género *Agave* para realizar un metabolismo ácido de las crasuláceas, así como con la composición y naturaleza del aguamiel, que favorecen su rápida fermentación, generando la variaciones en su Ph (Noriega et al., 2025).

Según Hernández et al., (2025), el pH del aguamiel puede disminuir debido a la acumulación de ácidos orgánicos generados por la fermentación natural de la flora microbiana, siendo influenciado tanto por factores ambientales, como el polvo, el aire o los insectos, como por la posible incorporación de microorganismos a través de las herramientas utilizadas en el raspado o en la extracción del aguamiel.

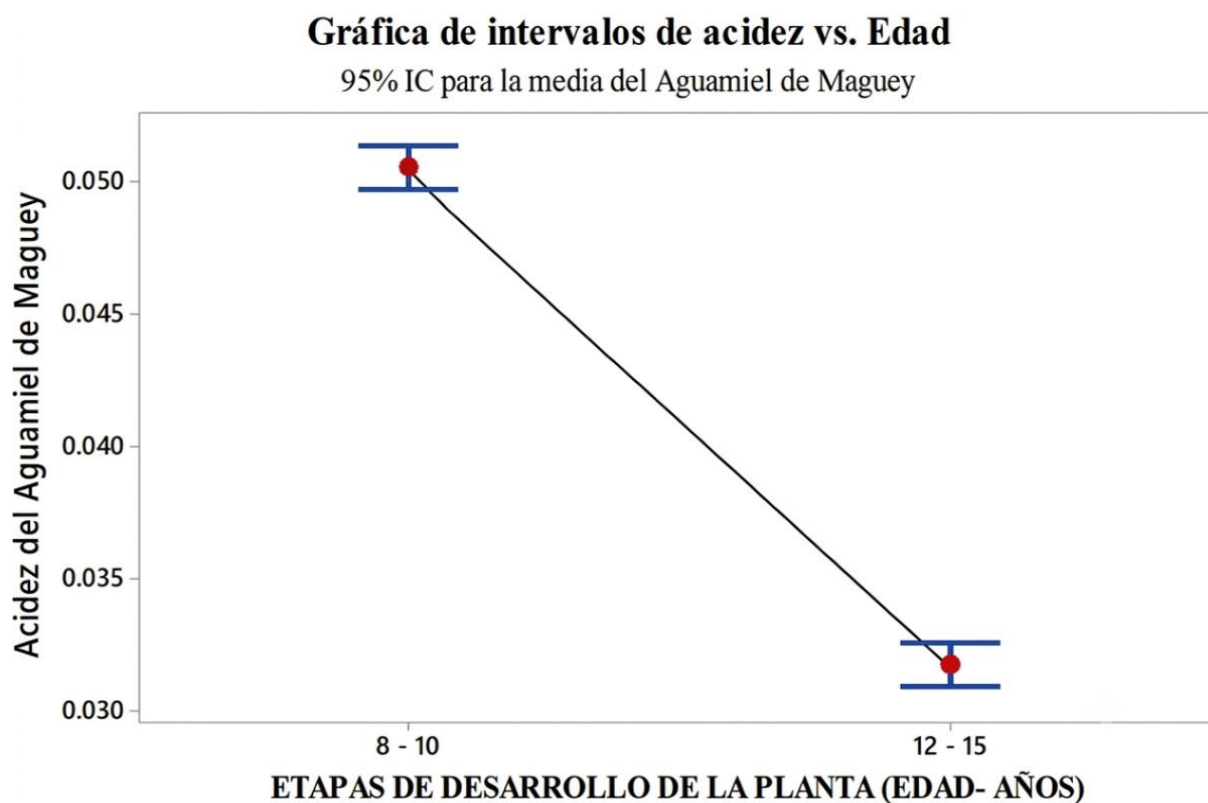
5.1.2. Acidez Titulable del Aguamiel de la Planta de Maguey

Los resultados alcanzados en la acidez titulable del aguamiel de Maguey mostraron valores que oscilaron entre 0.03% y 0.05%. El análisis estadístico indicó que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) (Anexo B2), debido a que los intervalos de confianza no se superponen, por lo que se asocia a la influencia de la etapa de desarrollo de la planta en la variación de la acidez del aguamiel.

En la Figura 7 se observa el comportamiento de la acidez respecto al desarrollo de la planta, donde la primera etapa de desarrollo de la planta (8 a 10 años) alcanzó una acidez más elevada de 0.05%, mientras que en la segunda etapa de desarrollo (12 a 15 años) obtuvo una acidez menor de 0.03%. Este resultado evidencia que el aguamiel obtenido de plantas en la primera etapa de desarrollo presenta un carácter más ácido, en comparación con el aguamiel de plantas de la segunda etapa.

Figura 7:

Gráfica de intervalos de la Acidez del aguamiel



En la presente investigación, los valores de acidez titulable obtenidos resultaron inferiores a los reportados por Albornoz & Malpartida, (2022), quienes registraron valores de acidez titulable entre 0.07 y 0.10 % en aguamiel de *Agave americana*. De manera similar, Bautista, (2019) y Cerón (2022), reportaron valores de acidez titulable de 0,21 % y entre 0,18 y 0,27 %, los cuales también superan los obtenidos en este estudio. Por otro lado, los resultados

del presente trabajo se encuentran dentro del rango mínimo reportado por Espíndola et al., (2018), quienes encontraron un rango de acidez titulable entre 0,03 y 0,21 % en aguamieles de diferentes regiones de México.

Según Ramírez et al.,(2018), la acidez titulable del aguamiel está directamente relacionada con su pH; a menor valor de pH, mayor es la acidez y este comportamiento se debe a la fermentación espontánea, la cual se expresa en términos de porcentaje de ácido láctico, debido a que es el ácido orgánico mayoritario presente en el aguamiel.

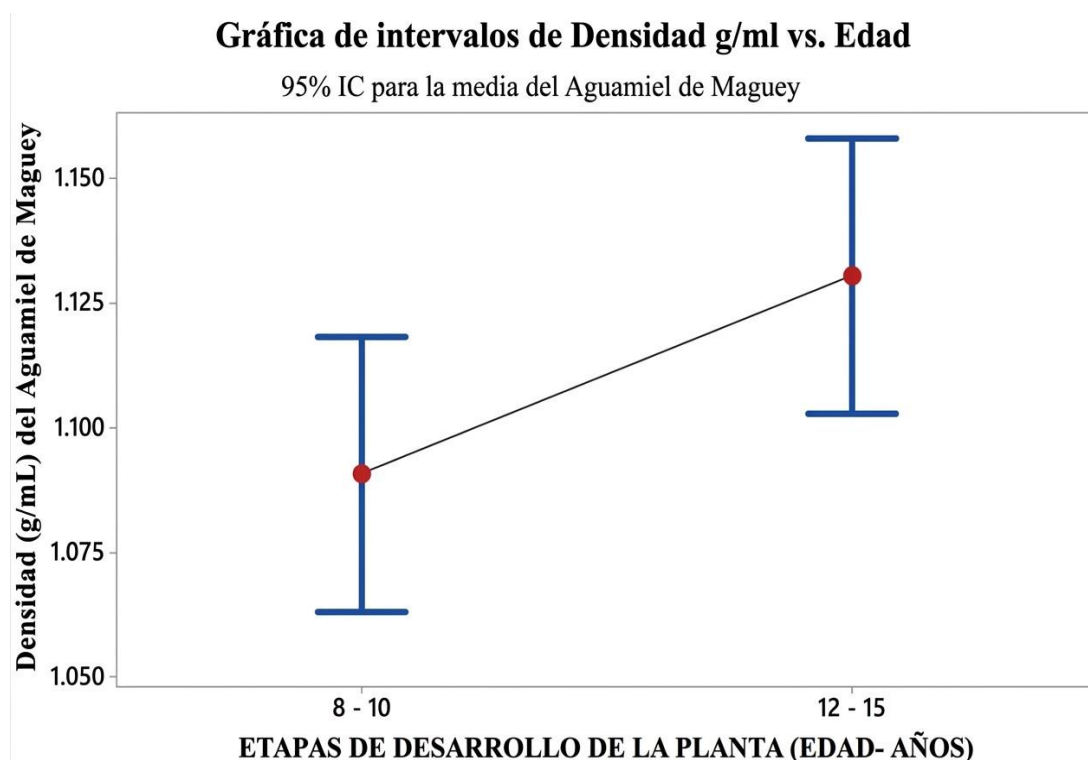
5.1.3. Densidad del Aguamiel de la Planta de Maguey

Los resultados de la densidad del aguamiel de la planta de Maguey en las dos etapas de desarrollo mostraron valores que oscilaron entre 1.09 g/ mL y 1.13 g/ mL. El análisis estadístico evidenció la existencia de una diferencia significativa ($p < 0.05$) (Anexo B3), lo que confirma que la etapa de desarrollo de la planta influye en la densidad del aguamiel.

En la Figura 8 se presenta el gráfico de intervalos de confianza que describe el comportamiento de la densidad del aguamiel en función de la etapa de desarrollo de la planta. Se observa que en la segunda etapa de desarrollo de la planta (12 a 15 años) se obtuvieron valores más altos de densidad (1.13 g/ mL), mientras que en la primera etapa de desarrollo de la planta (8 a 10 años) se registraron valores menores (1.09 g/ mL).

Figura 8:

Gráfica de intervalos de la densidad del aguamiel



Según Hlaváč et al., (2018), las variaciones en la densidad de los alimentos líquidos pueden atribuirse principalmente a su composición; asimismo, pueden experimentar variaciones tras un corto período de almacenamiento, lo cual se atribuye principalmente a la pérdida de agua durante dicho proceso y, en algunos casos, a los procesos de fermentación, ya que un menor contenido de alcohol suele asociarse con una mayor densidad en los alimentos.

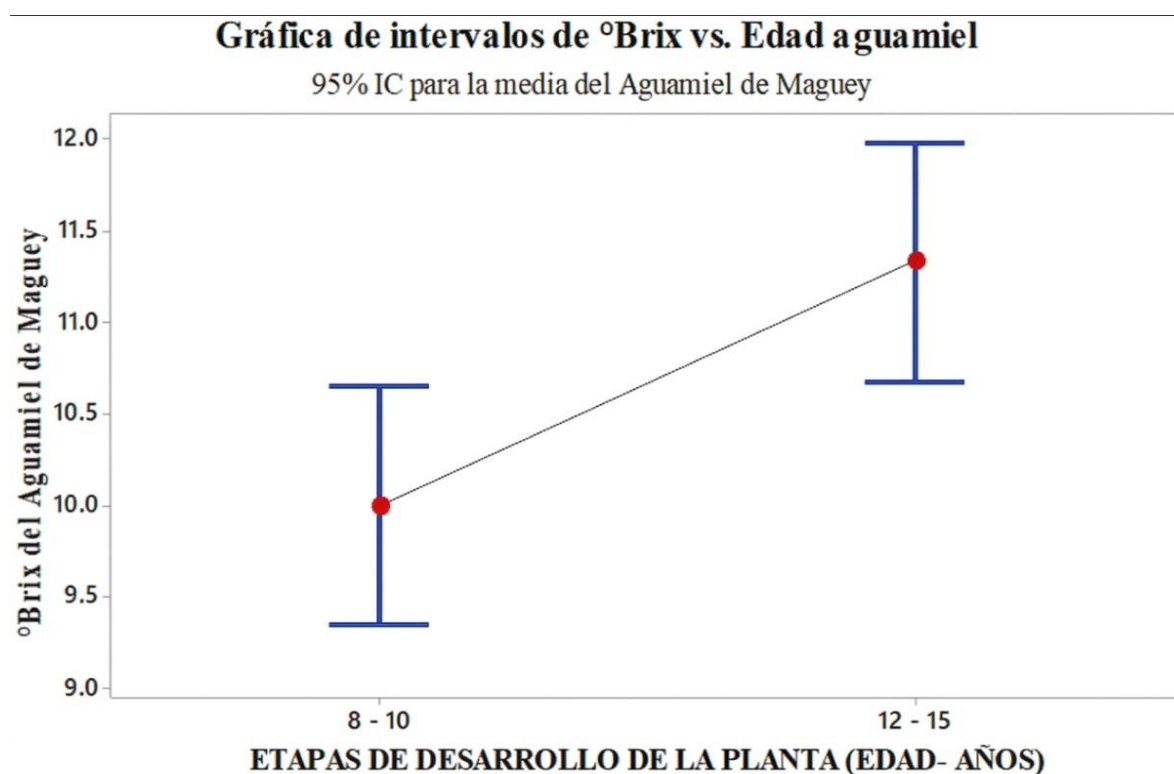
5.1.4. Sólidos Solubles del Aguamiel de la Planta de Maguey

Los sólidos solubles del aguamiel de maguey en las dos etapas de desarrollo evaluadas presentaron valores que oscilaron entre 10.00 °Brix y 11.33 °Brix. El análisis estadístico evidenció la existencia de una diferencia significativa entre ambas etapas de desarrollo ($p < 0.05$) (Anexos B4), esto también es respaldado con los intervalos de confianza los cuales no se superponen entre sí. Estos resultados indican que las plantas en una etapa mayor de desarrollo tienden a acumular una mayor cantidad de sólidos solubles presentes en el aguamiel.

En la figura 9 se muestra la relación del contenido de sólidos solubles del aguamiel y la etapa de desarrollo de la planta. Se observa que el aguamiel proveniente de la segunda etapa de desarrollo (12 a 15 años) presentó un mayor contenido de sólidos solubles (11,33 °Brix), mientras que en la primera etapa de desarrollo (8 a 10 años), se registró un valor menor del contenido de sólidos solubles (10,0 °Brix).

Figura 9:

Gráfica de intervalos de los °Brix del aguamiel



En esta investigación, el contenido de sólidos solubles en el aguamiel de maguey son similares a los reportados por Cerón, (2022) quien registró un rango de 10,02 a 11,00 °Brix. En contraste, Espíndola et al., (2018) (13.33 a 15.67 °Brix) y Albornoz & Malpartida, (2022) (13.70 a 15.07 °Brix) reportaron valores ligeramente superiores a los de esta investigación.

Según Devotee & Contreras, (2018), as variaciones en el contenido de sólidos solubles en las plantas de maguey se deben a la síntesis y acumulación de carbohidratos, proceso que es estimulado por la acumulación de sacarosa en las vacuolas celulares; es por esto que el aguamiel presenta un contenido elevado de sacarosa y fructanos, azúcares fermentables cuya proporción varía según la especie y la etapa de desarrollo de la planta.

5.1.5. Actividad Antioxidante del Aguamiel de la Planta de Maguey

Los resultados de la actividad antioxidante del aguamiel de maguey en las dos etapas de desarrollo de la planta mostraron valores que oscilaron entre 48.31 % y 55.60 %. El análisis estadístico evidenció diferencias significativas para las dos etapas de desarrollo de la planta ($p < 0.05$) (Anexo B5), estos resultados se cotejan con los intervalos de confianza, los cuales no se superponen, confirmando así, que la edad de la planta influye de manera determinante en la actividad antioxidante del aguamiel.

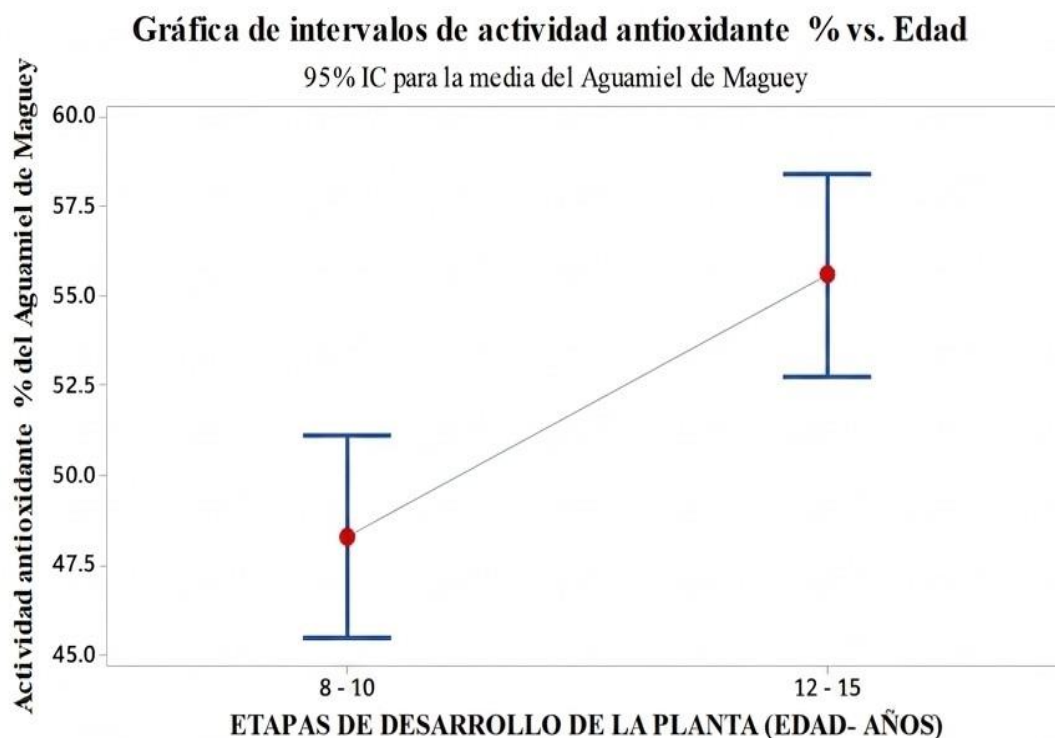
En la figura 10 se muestra la gráfica de interacción de la variación de la actividad antioxidante con respecto a la etapa de desarrollo de la planta, donde la segunda etapa de desarrollo (12 a 15 años) alcanzó el valor más alto de actividad antioxidante (55.60 %), mientras que en la primera etapa de desarrollo de la planta (8 a 10 años) se alcanzó un valor menor (48.31 %).

Los resultados de la actividad antioxidante en esta investigación son mayores a los reportados por Chagua, et al., (2020), quienes hallaron una inhibición del radical DPPH de 40.03 % en aguamiel de maguey.

Según Hernández et al., (2025), la variación en la actividad antioxidante del aguamiel de maguey podría deberse a las condiciones edafológicas de las regiones donde se extrae, así como a los factores de estrés que pueden favorecer la síntesis de ciertos compuestos antioxidantes.

Figura 10:

Gráfica de intervalos de la actividad antioxidante del aguamiel



5.1.6. Azúcares Reductores del Aguamiel de la Planta de Maguey

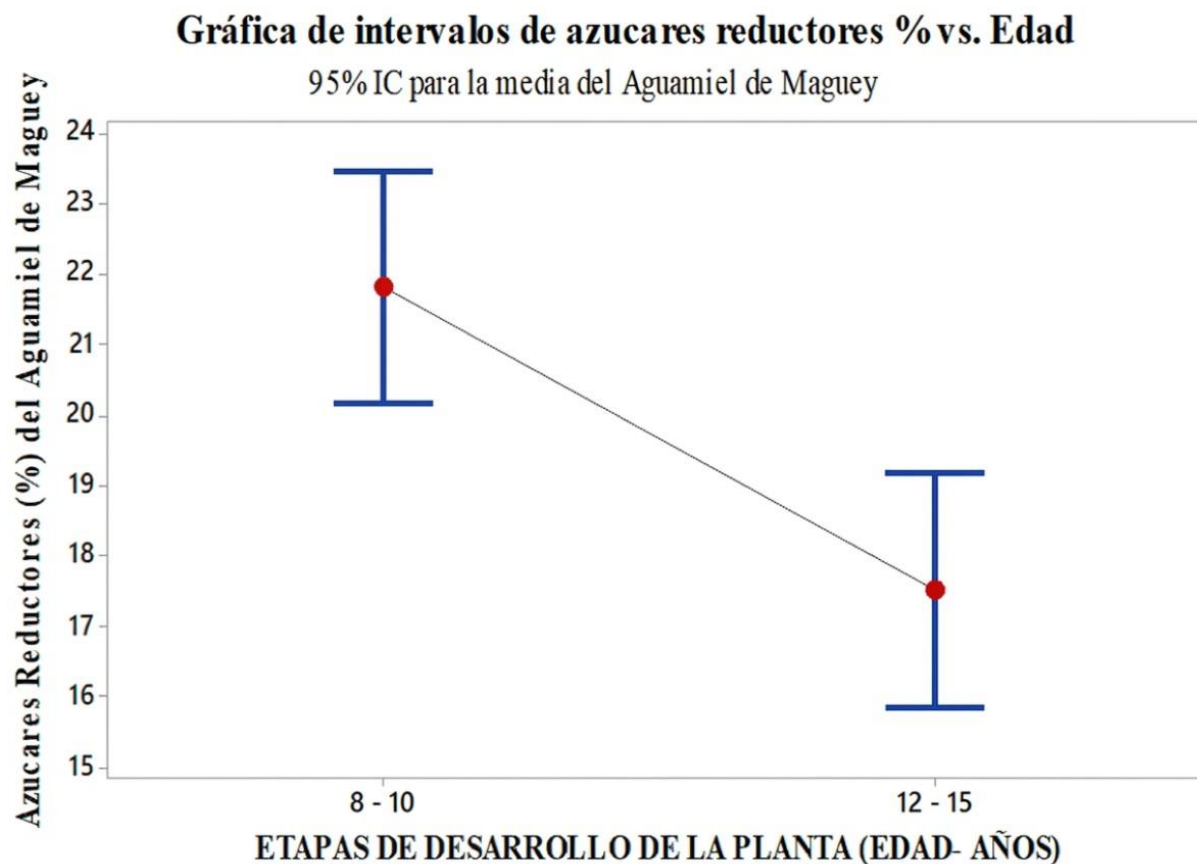
Los azúcares reductores del aguamiel de maguey evaluados en dos etapas de desarrollo de la planta presentaron valores que oscilaron entre 17.52% y 21.83%. El análisis estadístico evidenció una diferencia significativa para las dos etapas de desarrollo de la planta ($p < 0.05$) (Anexos B6), lo cual es corroborado por los intervalos de confianza, que reafirman que la etapa de desarrollo de la planta influye en el contenido de azúcares reductores.

En la figura 11 se presenta la gráfica de intervalos del contenido de azúcares reductores del aguamiel de maguey en función de la etapa de desarrollo de la planta. Se observa que el aguamiel en la primera etapa de desarrollo (8 a 10 años) presentó un mayor contenido de azúcares reductores, alcanzando un valor de 21,83 %, mientras que en la segunda etapa de desarrollo (12 a 15 años) el contenido fue menor, con un valor de 17,52 %.

En esta investigación, los azúcares reductores del aguamiel de maguey presentaron valores mayores a los resultados reportados por Cerón, (2022) (9,48 % a 11,13 %), Espíndola et al., (2018) (10,74 % y 11,10 %) y Bautista, (2019) (12,10 %) en azúcares reductores en aguamiel. Estos resultados evidencian que el aguamiel evaluado en dos etapas de desarrollo presentó una mayor concentración de azúcares reductores en comparación con otras investigaciones.

Figura 11:

Gráfica de intervalos de los Azúcares Reductores del aguamiel



Según Guardado et al., (2024), en su estudio reportó que el contenido de azúcares reductores está influenciado por la variedad y las condiciones de campo, factores que pueden incrementar su concentración, especialmente cuando intervienen bacterias promotoras del crecimiento vegetal.

5.1.7. Color del aguamiel de la planta de maguey

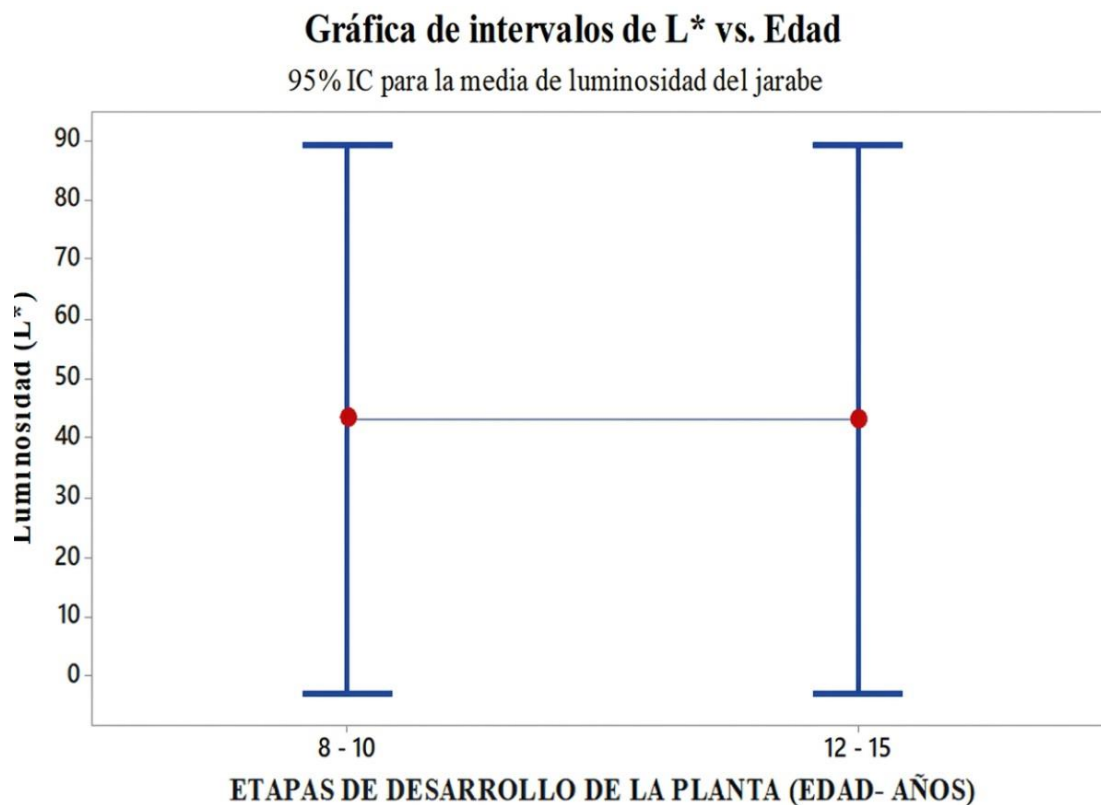
Los resultados del análisis de la luminosidad en el aguamiel de maguey, evaluados en dos etapas de desarrollo de la planta en el espacio de color CIELab, mostraron valores que oscilaron entre 43.27 y 43.37. Estos resultados evaluados estadísticamente, indican que no presenta diferencias significativas entre las etapas de desarrollo de la planta analizadas ($p < 0.05$) (Anexo B7), observándose en los intervalos de confianza una similitud en las coordenadas de luminosidad, lo que evidencia la homogeneidad de los resultados.

En la Figura 12 se presenta la gráfica de intervalos de confianza correspondiente a la luminosidad (L) en ambas etapas de desarrollo del maguey. Se observa que los intervalos para la luminosidad en ambas etapas de desarrollo no se superponen entre sí, lo que demuestra que

esta variable de estudio se mantuvo constante sin verse influenciada por ninguna de las etapas de desarrollo del maguey

Figura 12:

Gráfica de intervalos para la Luminosidad del aguamiel

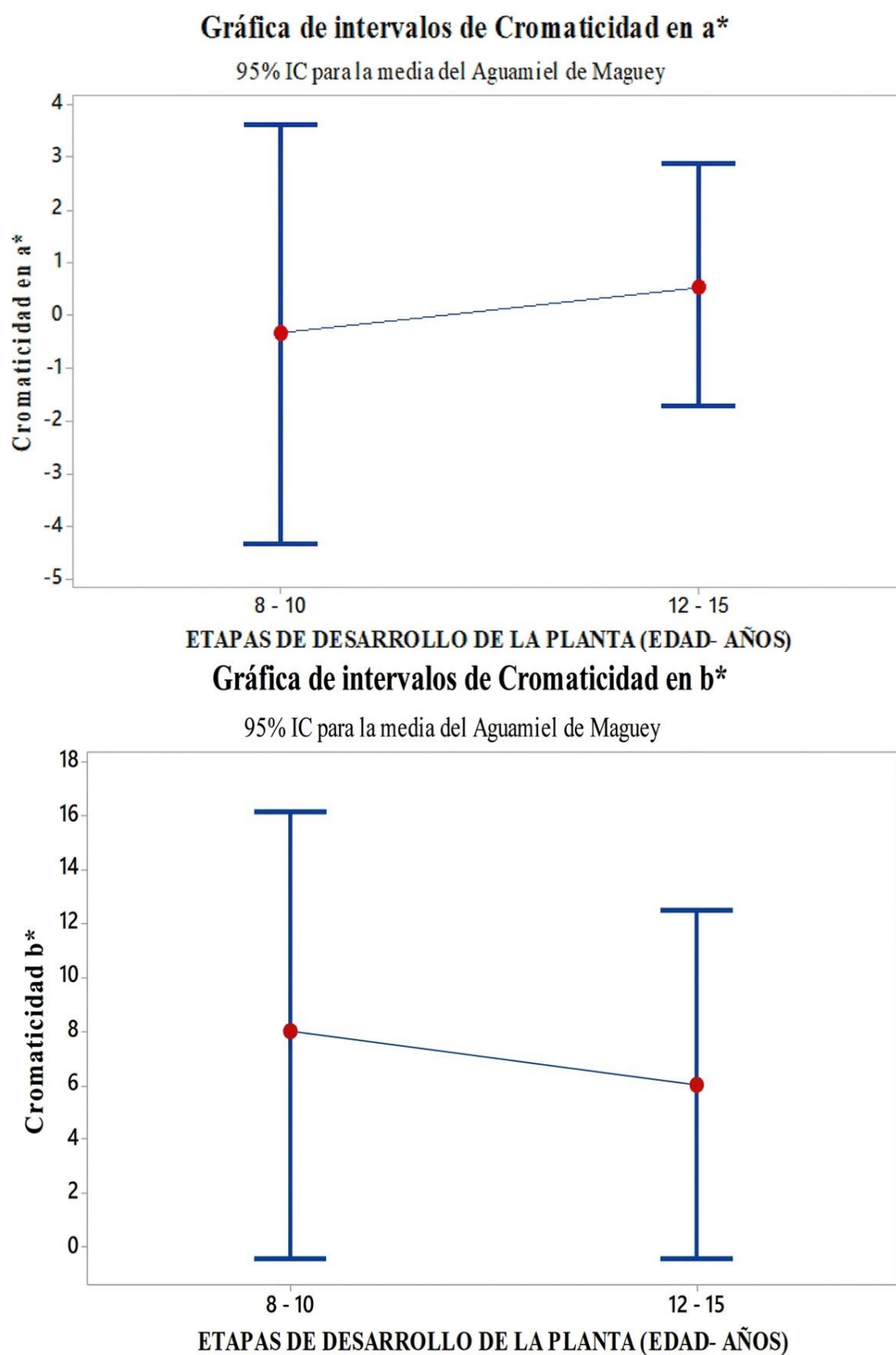


Los resultados del análisis de la cromaticidad en las coordenadas a^* del aguamiel de maguey, evaluado en dos etapas de desarrollo de la planta, mostraron valores que oscilaron entre 0.33 y 0.50. Asimismo, la cromaticidad en las coordenadas b^* presentó valores que oscilaron entre 6.03 y 7.97. El análisis estadístico de la cromaticidad en ambas coordenadas evidenció que no existen diferencias significativas entre las etapas de desarrollo de la planta ($p > 0.05$) (Anexo B8). Estos resultados indican que la etapa de desarrollo del maguey no influyó en la tonalidad rojiza-verdosa de la coordenada a^* , ni en la cromaticidad de la coordenada b^* en la tonalidad azul-amarillo del aguamiel de maguey, manteniéndose ambas condiciones evaluadas.

En la Figura 13 se observa el comportamiento de la cromaticidad en las coordenadas a^* y b^* en relación con la etapa de desarrollo de la planta. Las medias de la cromaticidad en a^* se presentan muy próximas entre sí, mientras que en b^* los valores correspondientes a las dos etapas de desarrollo también resultan cercanos, lo que indica una ligera variación entre ambos grupos.

Figura 13:

Gráfica de intervalos para la Cromaticidad a^ y b^* del aguamiel*



Los resultados de la luminosidad son similares a los reportados por Espíndola et al., (2018), quienes evaluaron aguamieles provenientes de distintas regiones de México y

registraron valores de luminosidad comprendidos entre 39,43 y 43,32. En cuanto a la cromaticidad a^* , los valores obtenidos en este estudio son inferiores a los reportados por Espíndola et al., (2018), quienes encontraron valores de a^* entre 0.55 y 5.86 en aguamiel, así como para la cromaticidad en b^* que reportaron rangos de 0.67 a 16.6 en el aguamiel, que en contraste con esta investigación se ubican dentro del límite inferior que reportó Espíndola et al., (2018).

5.2. Caracterización Fisicoquímica del Jarabe de Maguey (*Agave americana L.*)

En la Tabla 9 se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica del jarabe de maguey para las dos etapas de desarrollo y en dos horas de tratamiento térmico, en la que se evaluaron parámetros tales como el pH, la acidez titulable, la densidad, los sólidos solubles, la acidez, el color y el contenido de hidroximetilfurfural.

Tabla 9:

Características fisicoquímicas del jarabe de Maguey

Características fisicoquímicas	1 ^{ra} etapa				2 ^{da} etapa			
	2 horas		3 horas		2horas		3 horas	
	$\bar{X}$	$\pm$ DS	$\bar{X}$	$\pm$ DS	$\bar{X}$	$\pm$ DS	$\bar{X}$	$\pm$ DS
pH	6.30	0.2	5.53	0.2	5.30	0.25	4.70	0.2
Acidez %	0.06	0.0	0.04	0.0	0.11	0.01	0.12	0.0
Densidad g/mL	1.60	0.0	2.07	0.0	1.63	0.03	1.86	0.1
Solidos solubles °Brix	59.67	0.8	68.83	0.5	63.00	0.76	69.50	1.8
Luminosidad L*	43.53	1.0	16.30	8.0	38.80	2.21	11.77	9.5
Cromaticidad a^*	9.33	1.7	27.77	5.3	17.03	3.07	47.30	33.1
Cromaticidad b^*	42.90	2.5	47.83	12.8	54.00	12.8	34.23	24.8
Hidroximetilfurfural mg/ kg	31.00	17.9	98.68	57.8	26.75	15.8	99.09	17.6

Nota: Las etapas de desarrollo se definen de la siguiente manera: la primera etapa corresponde a plantas de entre 8 y 10 años, mientras que la segunda etapa abarca de 12 a 15 años.

5.2.1. pH del Jarabe de Maguey

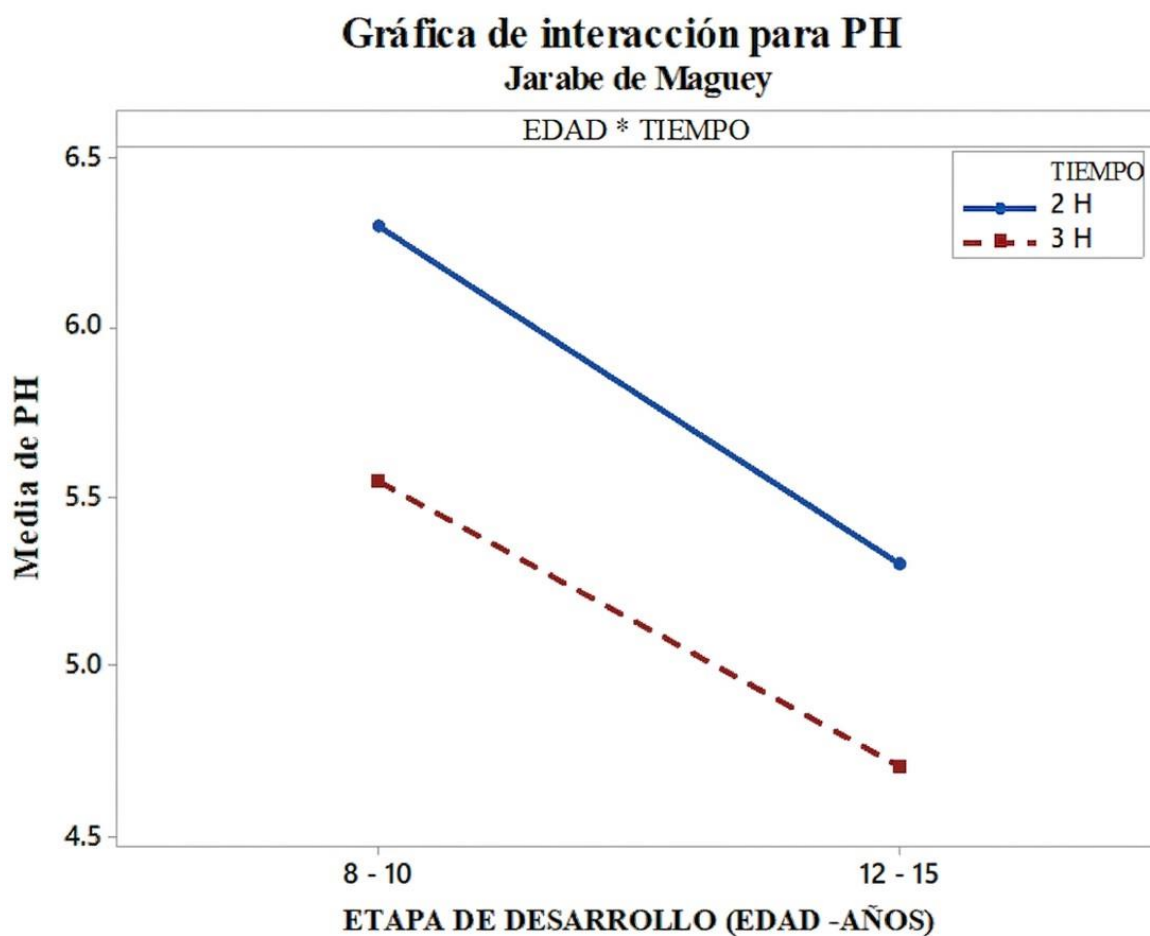
La concentración de hidrogeniones que es expresada como pH en el jarabe de maguey evaluado en dos tiempos de tratamiento térmico presentó variaciones en función de la etapa de desarrollo de la planta. En la primera etapa de desarrollo (8 a 10 años), los valores de pH oscilaron entre 6.30 y 5.53, mientras que en la segunda etapa de desarrollo (12 a 15 años) se registraron valores más bajos, que oscilaron entre 5.30 y 4.70. El análisis estadístico evidenció que la edad de la planta (8 a 10 años y 12 a 15 años), como el tiempo de tratamiento térmico influyen de manera significativa en el pH del jarabe de maguey ($p < 0.05$) (Anexo B9).

En la Figura 14 se presenta el gráfico de interacción del pH del jarabe de maguey en función de la etapa de desarrollo de la planta y el tiempo de tratamiento térmico. Se observa

que la concentración de hidrogeniones disminuye cuando estos son sometidos a tratamiento térmico en ambas etapas de desarrollo. En la primera etapa de desarrollo (8 a 10 años), el jarabe presentó un valor de pH de 6.30 a las 2 horas de tratamiento térmico, el cual disminuyó a 5.53 cuando el tiempo de calentamiento se incrementó a 3 horas. Por otro lado, en la segunda etapa de desarrollo (12 a 15 años), los valores de pH fueron menores, por lo que a las 2 horas de tratamiento térmico se registró un pH de 5,30, mientras que a las 3 horas el pH disminuyó hasta 4,70.

Figura 14:

Gráfico de interacción del pH del jarabe de maguey



En esta investigación, los resultados del pH del jarabe de maguey muestran variaciones asociadas tanto a la etapa de desarrollo del maguey como al tiempo de tratamiento térmico aplicado. Por lo que, los resultados se encuentran dentro de los rangos reportados por Gonzales et al., (2020) (4.15–5.47), Cerón, (2022) (4,57), Albornoz & Malpartida, (2022) (4.98–5.15) y Maldonado et al., (2018) (3.20 a 6.70). Por otro lado, los valores de pH obtenidos en la presente investigación resultaron ligeramente inferiores a los reportados por Bautista, (2019) (6,78), Estrada, (2019) (5,74 y 6,35), Espíndola et al., (2018) (5,29 y 7,31).

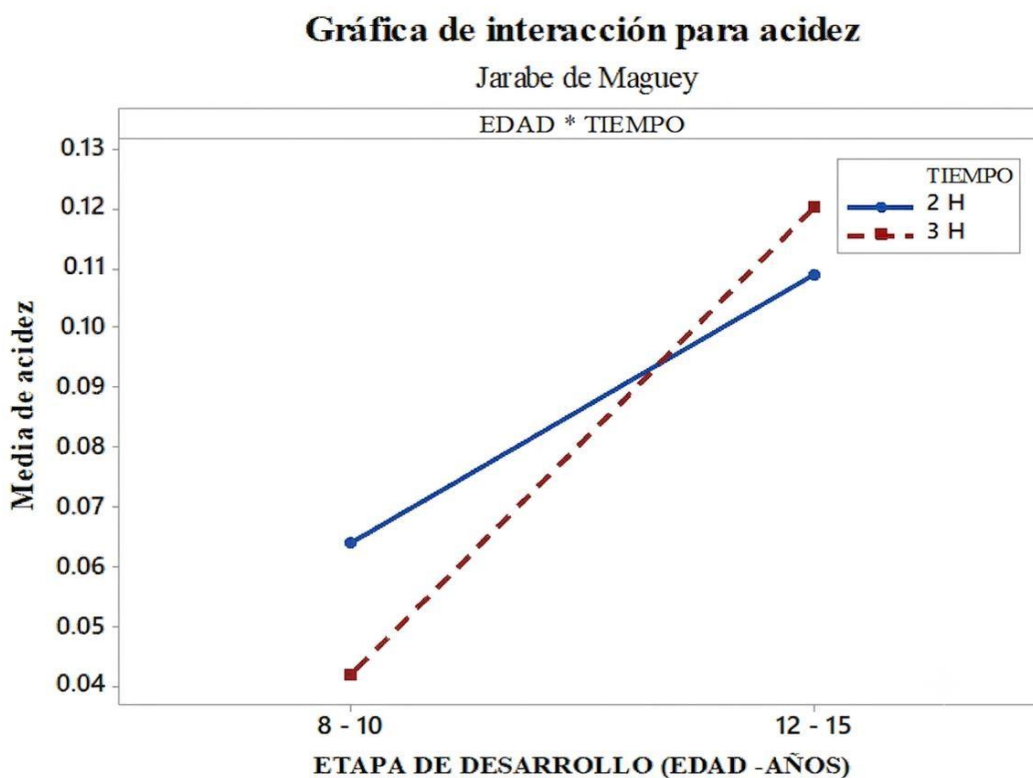
5.2.2. Acidez Titulable del Jarabe de Maguey

Los resultados de la acidez titulable del jarabe de maguey, evaluados en dos etapas de desarrollo de la planta y sometidos a dos tratamientos térmicos de 2 y 3 horas, mostraron valores que oscilaron entre 0.06 y 0.04 % en la primera etapa, y entre 0.11 y 0.12 g/100 mL en la segunda etapa de desarrollo. El análisis estadístico mostró que los resultados de la acidez titulable en el jarabe de maguey están influenciados de manera significativa ($p < 0.05$) (Anexo B10), por la edad de la planta. El tiempo de procesamiento térmico y su interacción con la etapa de desarrollo no presentaron un efecto significativo, lo que sugiere que el comportamiento de la acidez depende principalmente de la maduración de la planta.

En la figura 15 se muestra la gráfica de interacción entre el tiempo de procesamiento térmico y la etapa de desarrollo de la planta sobre la acidez titulable del jarabe de maguey, donde se observa una disminución de la acidez (0.06 y 0.04 g/100 mL) en plantas más jóvenes (8 a 10 años), mientras que los valores de acidez mayores (0.11 a 0.12 g/100 mL) se dieron en la segunda etapa de desarrollo del maguey de 12 a 15 años. El efecto del tiempo de procesamiento térmico de 2 y 3 horas mostró ligeras variaciones, lo que confirma que la acidez depende principalmente de la etapa de desarrollo de la planta y no del tiempo de procesamiento térmico aplicado.

Figura 15:

Gráfico de interacción de la Acidez del jarabe de maguey



En la presente investigación, los valores de acidez titulable del jarabe de maguey obtenidos en la primera etapa de desarrollo de la planta son similares a los reportados por Espíndola et al., (2018) (0.02 y 0.10 %), y Albornoz & Malpartida, (2022) (0.07 y 0.10 %). Pero, dichos valores fueron inferiores a los obtenidos en la segunda etapa de desarrollo. Por otro lado, Bautista, (2019) reportó una acidez titulable de 0.10 % en el jarabe de aguamiel, valor que resulta que son menores a los obtenidos en la segunda etapa de desarrollo, pero mayores a los de la primera etapa. Asimismo, Chagua, et al., (2020) (0.19 y 0.38 %) reportó valores mayores a los obtenidos en el jarabe de maguey en la primera etapa, pero menores a la segunda etapa de desarrollo de este estudio. De manera similar, Rojo, (2021), reportó una acidez titulable constante de 0.03 % en jarabes de *Agave salmiana*, los cuales son menores frente a los resultados obtenidos en las dos etapas de desarrollo. Esto sugiere que tanto la etapa de desarrollo del maguey, así como el tiempo del tratamiento térmico influyen de manera directa en la acidez del jarabe.

Según el Codex Alimentarius, (2022), establece que productos como la miel, tienen un límite máximo de acidez libre de aproximadamente a 0.30 %. En la presente investigación, la acidez titulable en el jarabe de maguey se ubicó dentro de un rango de 0.04 a 0.12 % en la primera etapa de desarrollo, valores que resultan inferiores al límite máximo señalado por el Codex, esto establece que los resultados obtenidos indican que el jarabe de maguey presentaría una acidez moderada en comparación a la miel en la primera etapa, mas no en la segunda etapa.

5.2.3. Densidad del Jarabe de Maguey

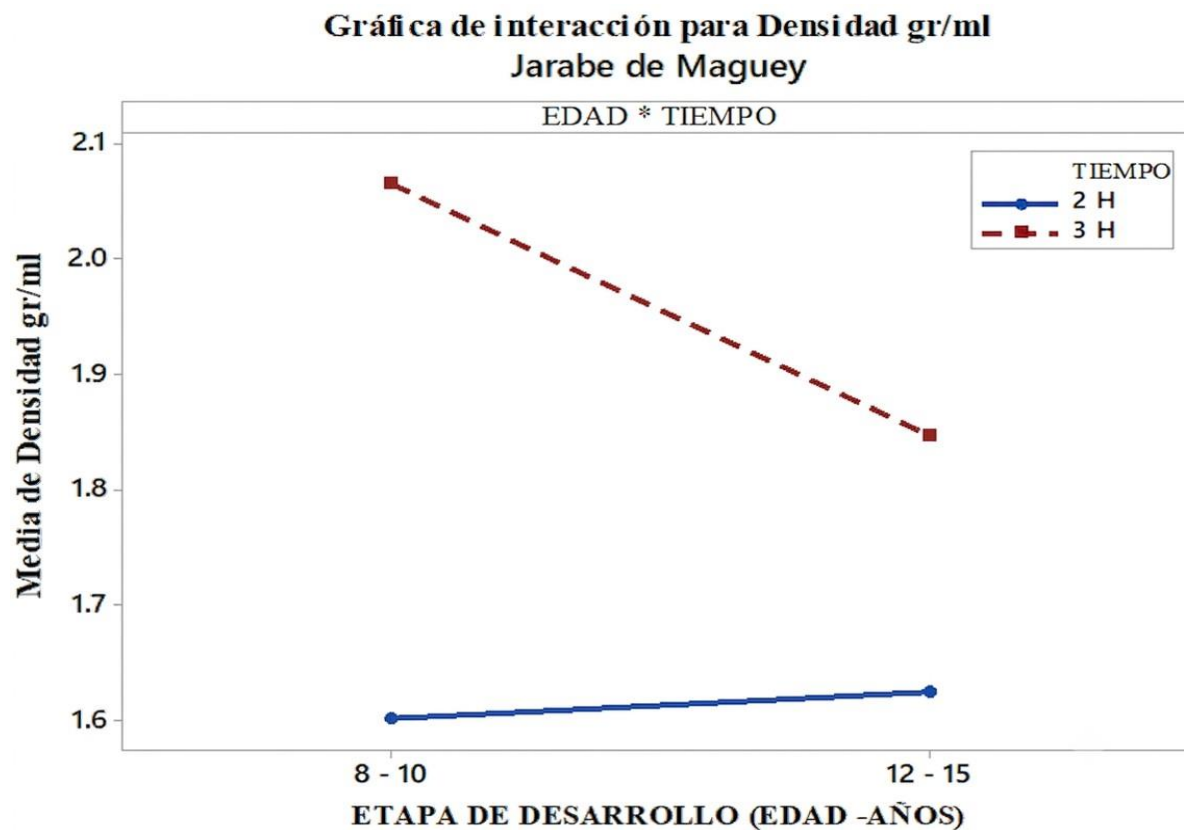
Los resultados de la concentración de la densidad en el jarabe de maguey evaluados en dos etapas de desarrollo de la planta y sometidos a dos tiempos de procesamiento térmico de 2 y 3 horas, alcanzaron valores que oscilaron entre 1.60 g/mL y 2.07 g/mL. El análisis estadístico mostró que los resultados obtenidos fueron significativos ($p < 0.05$) (Anexo B11), tanto en la etapa de desarrollo de la planta, como en el tiempo de procesamiento, así como la interacción entre ambos factores, ejercieron una influencia significativa sobre la densidad del jarabe.

En la figura 16 se muestra la gráfica de interacción entre el tiempo de procesamiento y la etapa de desarrollo de la planta sobre la densidad del jarabe de maguey. Este resultado muestra que el tiempo del proceso térmico es el principal factor determinante en el aumento de la densidad del jarabe. Asimismo, la interacción entre los factores evaluados fue significativa, ya que la respuesta al tratamiento térmico varió en función de la etapa de desarrollo de la planta. En la primera etapa de desarrollo se mostró un mayor incremento de densidad para un tiempo de tratamiento térmico de 3 horas, y la segunda etapa de desarrollo mostró valores de densidad

menores en comparación con la primera etapa; sin embargo, el aumento del tiempo de tratamiento térmico a 3 horas continuó con el incremento de la densidad del jarabe.

Figura 16:

Gráfico de interacción de la Densidad del jarabe de maguey



Los valores de densidad obtenidos en la presente investigación son superiores a los reportados por Estrada, (2019), quien evaluó jarabes de agave con diferentes grados de hidrólisis y encontró densidades que oscilaron entre 1.35 a 1.39 g/mL. Esta diferencia podría atribuirse al mayor grado de concentración del jarabe y al tiempo prolongado de tratamiento térmico empleado en esta investigación.

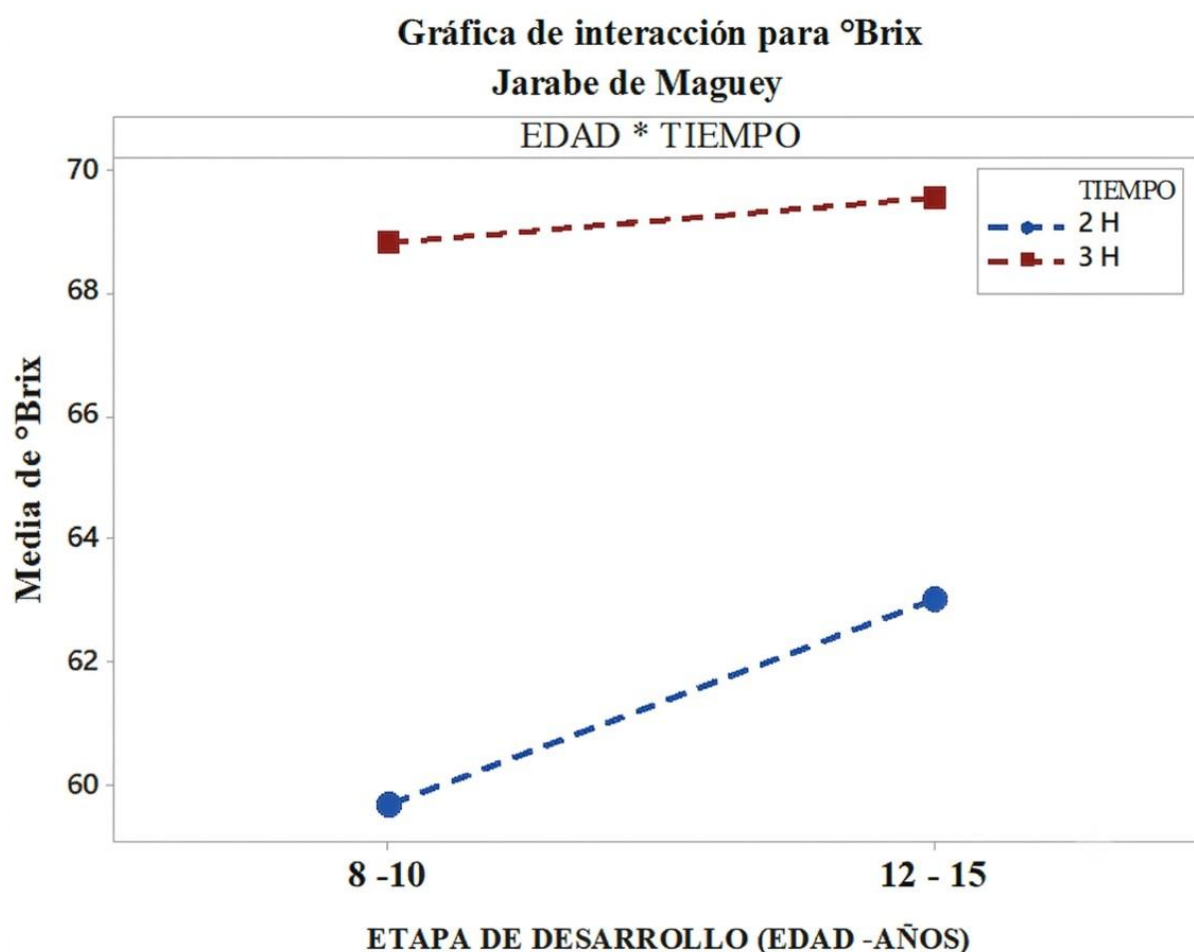
5.2.4. Sólidos Solubles del Jarabe de Maguey

El contenido de sólidos solubles en el jarabe de Maguey evaluados en dos y tres horas de tratamiento térmico, presentó valores que oscilaron entre 59.67 a 68.83 °Brix en la primera etapa de desarrollo de la planta; para la segunda etapa de desarrollo los valores oscilaron entre 63.00 y 69.50 °Brix. El análisis estadístico mostro diferencias significativas ($p < 0.05$), lo que indica que la etapa de desarrollo del maguey y el tiempo de tratamiento térmico influyeron de manera significativa en el contenido de °Brix. Sin embargo, la interacción entre ambos factores no resultó significativa, tal como se detalla en el Anexo B12.

En la figura 17 se presentan los efectos principales del contenido de sólidos solubles en función de la etapa de desarrollo de la planta y el tiempo de procesamiento térmico del jarabe de Maguey. Se observa que el mayor contenido de sólidos solubles se alcanzó a las 3 horas de procesamiento térmico, con un valor de 69.50 °Brix en la segunda etapa de desarrollo de la planta (12 a 15 años). Por otro lado, el menor contenido se registró en la primera etapa (8 a 10 años), a las 2 horas de tratamiento térmico, con un valor de 59.67 °Brix.

Figura 17:

Gráfico de interacción de los Sólidos Solubles del jarabe de maguey



Los resultados del contenido de sólidos solubles del jarabe de maguey obtenidos en esta investigación fueron menores a los reportados por Albornoz & Malpartida (2022) (73.00 y 75.07 °Brix), Cerón (2022) (75.20 °Brix), Maldonado et al. (2018) (70 y 76 °Brix), Estrada, (2019) (70.6 y 74.3 °Brix), y Bautista (2019), quien reportó 70 °Brix en jarabe de aguamiel. Por otro lado, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango inferior y medio de los reportados por Espíndola et al., (2018) (63.33 y 70.33 °Brix), así como por Rojo, (2021), quien reportó valores entre 64.30 y 74.69 °Brix y también Pomboza & Toaquiza, (2022) reportaron

valores de 50 y 60 °Brix en sólidos solubles. Estos valores se encuentran dentro del rango inferior y medio de esta investigación.

La Norma Técnica Peruana (NTP, 2005), establece que los jarabes naturales deben ser productos de origen vegetal concentrados hasta alcanzar una consistencia de jarabe, con un contenido mínimo de 62 °Brix y sin la adición de sustancias aromáticas ni colorantes artificiales, considerando a los sólidos solubles totales como un parámetro clave de calidad. En la presente investigación, el jarabe de maguey presentó valores de sólidos solubles que oscilaron entre 59.67 y 68.83 °Brix en la primera etapa de desarrollo de la planta, y entre 63.00 y 69.50 °Brix en la segunda etapa. La comparación con el requisito normativo evidencia un cumplimiento parcial en la primera etapa, debido a que algunas muestras no alcanzaron el valor mínimo de 62 °Brix, mientras que en la segunda etapa todos los valores obtenidos superaron dicho límite. Estos resultados indican que el estado de desarrollo de la planta, así como también el proceso térmico influyen de manera significativa en el contenido de sólidos solubles, siendo la segunda etapa la más adecuada para la obtención de un jarabe de maguey conforme a la definición de jarabe natural establecida por la Norma Técnica Peruana.

5.2.5. Color del Jarabe de Maguey

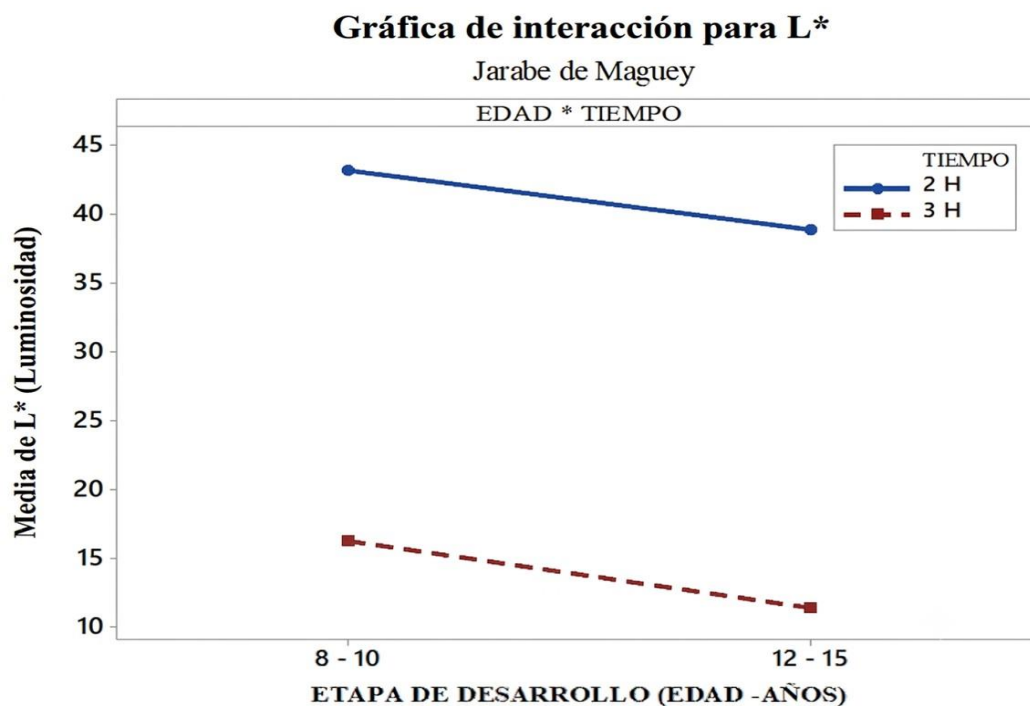
Los resultados del color en el jarabe de maguey, evaluados en dos etapas de desarrollo de la planta y dos tiempos de proceso térmico (2 y 3 horas), mostraron una luminosidad (L^*) que osciló entre 11.77 y 43.53. En cuanto a la cromaticidad, el eje a^* presentó valores que oscilaron entre 9.33 y 47.30, mientras que para el eje b^* osciló entre 34.23 y 54.00. El análisis estadístico mostró que la luminosidad del jarabe presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) (Anexo B13), en función del tiempo de procesamiento térmico, mientras que la etapa de desarrollo de la planta y su interacción con el tiempo no ejercieron un efecto relevante. En cuanto a la cromaticidad, se observó una diferencia significativa ($p < 0.05$) (Anexo B14), en el parámetro a^* , influenciada por el tiempo de procesamiento térmico. Por otro lado, la etapa de desarrollo de la planta y su interacción con el tiempo no mostraron efectos significativos. Del mismo modo, en el parámetro b^* no se observaron diferencias significativas para ninguno de los factores evaluados ni en su interacción.

En la figura 18, se muestra la gráfica de interacción del tiempo de procesamiento térmico y la etapa de desarrollo de la planta sobre la luminosidad (L) del jarabe de maguey. Se observa que un tratamiento de 2 horas permitió alcanzar una mayor luminosidad, con valores de 43.53 y 38.80 en la primera y segunda etapa de desarrollo, mientras que, al prolongar el tiempo a 3 horas, la luminosidad disminuyó a valores de 16.30 a 11.77, lo que refleja un

oscurecimiento del producto. En cuanto al desarrollo de la planta, solo mostró un efecto menor en la luminosidad en la segunda etapa de desarrollo de 12 a 15 años y ligeramente mayor en la etapa de 8 a 10 años.

Figura 18:

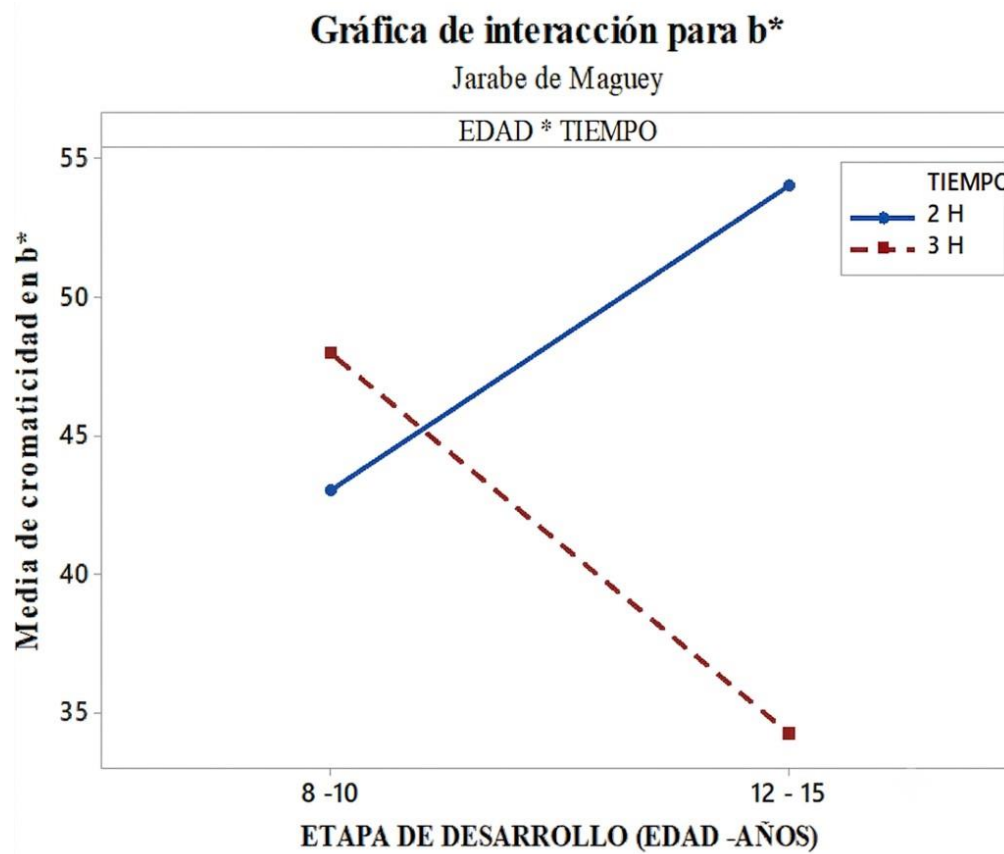
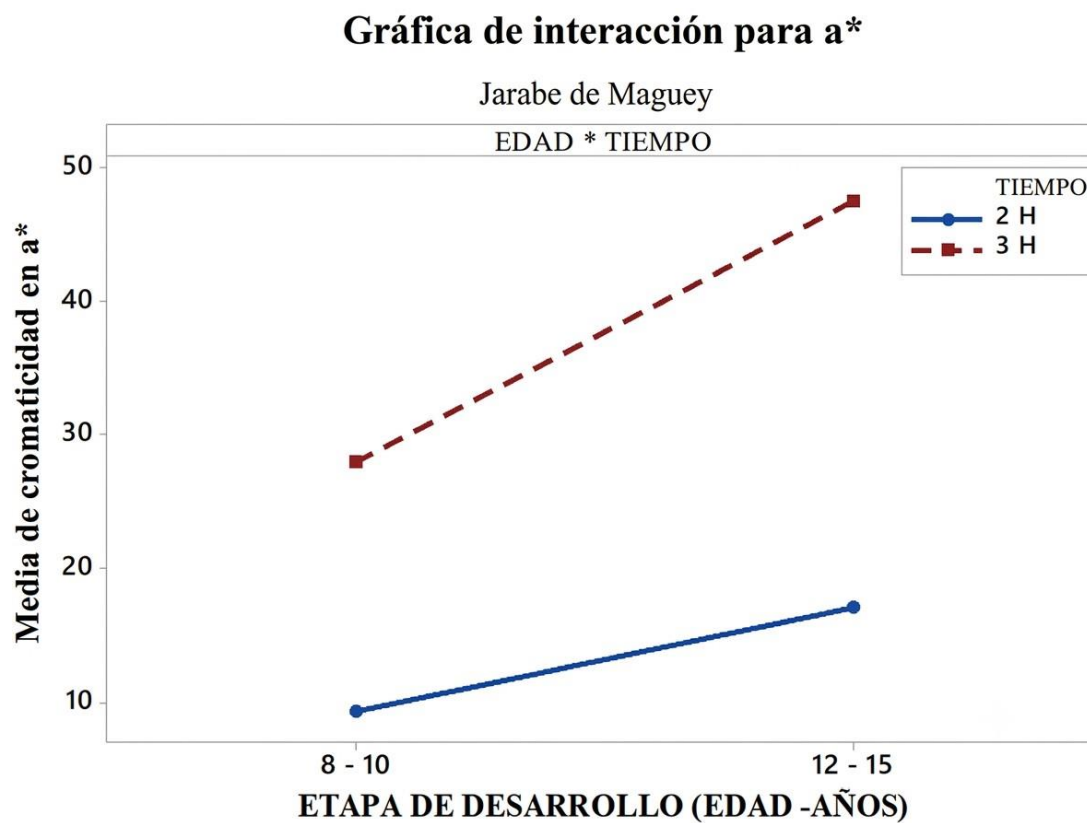
Gráfico de interacción para la Luminosidad del jarabe de maguey



En la Figura 19, se presenta la gráfica de interacción del tiempo de procesamiento térmico y la etapa de desarrollo de la planta sobre la cromaticidad de a^* y b^* en el jarabe de maguey. Para la cromaticidad a^* , se observó que en 2 horas de tratamiento térmico los jarabes, especialmente aquellos obtenidos de plantas en la primera etapa de desarrollo (8 a 10 años), presentaron valores bajos, lo que refleja una menor saturación hacia tonalidades rojizas oscuras. Por otro lado, en el procesamiento a 3 horas, los valores de a^* se incrementaron de manera notable, intensificando las tonalidades rojas y oscureciendo el producto final. En la cromaticidad b^* mostró un comportamiento dependiente de la interacción entre el tiempo de procesamiento térmico y la etapa de desarrollo de la planta. En las plantas de primera etapa (8 a 10 años) en 2 y 3 horas de tratamiento térmico se registraron valores relativamente altos, que evidencian una mayor intensidad hacia el amarillo. Sin embargo, en las plantas de la segunda etapa de desarrollo (12 a 15 años), el aumento del tiempo de procesamiento redujo los valores de b^* , lo que conlleva una disminución de la tonalidad amarilla. Estos resultados evidencian que el color del jarabe de maguey no depende únicamente del tiempo de procesamiento térmico ni de la etapa de desarrollo de la planta, sino de la interacción entre ambos factores, que en conjunto determinan la expresión final de las cromaticidades en las coordenadas a^* y b^* .

Figura 19:

Gráfico de interacción para la Cromaticidad del jarabe de maguey



En cuanto a la luminosidad (L^*), los valores obtenidos en esta investigación (11.77 a 43.53) se encuentran por debajo de los reportados por Maldonado et al., (2018) con valores de luminosidad que alcanzaron hasta 100, así como de los reportados por Cerón, (2022) (51.90) y Estrada, (2019) (90.26 y 99.24). Por otro lado, los resultados del presente estudio son superiores a los reportados por Espíndola et al., (2018), quienes registraron valores de luminosidad que oscilaron entre 19.14 y 21.11.

Para la cromaticidad en la coordenada a^* , los valores obtenidos (9.33 y 47.30), se encuentran dentro del rango reportado por Maldonado et al., (2018) (-3.42 a 48.01). Del mismo modo, Espíndola et al., (2018), reportaron valores de cromaticidad a^* entre 12.29 y 18.33 en jarabes, los cuales se ubican dentro del rango medio de los resultados obtenidos en esta investigación. Mientras que Cerón, (2022) ($a^* = -3.41$) y Estrada, (2019) (-3.39 y -1.27) reportaron valores menores a este estudio.

Para la cromaticidad en la coordenada b^* , los valores obtenidos en esta investigación (34.23 y 54.00) se encuentran dentro del rango reportado por Maldonado et al., (2018), quienes reportaron valores de b^* que oscilaban entre 0.20 y 52.78 en jarabes de agave. Del mismo modo, Estrada, (2019) reportó valores de cromaticidad b^* entre 7.06 y 59.08, los cuales se encuentran dentro del rango intermedio a los de esta investigación. En contraste, Espíndola et al., (2018) ($b^* = 3.44$ y 7.80) y Cerón, (2022) ($b^* = 12.23$) registraron valores menores a los obtenidos en esta investigación.

Los resultados para los parámetros del color indican que la agitación del jarabe modifica los valores de Luminosidad y las coordenadas de cromaticidad de a^* y b^* , mejorando su color al volverse más claro (incremento de L^*), con una tonalidad más roja (incremento de a^*) y más amarilla (incremento de b^*) conforme avanzó el proceso (Inneke & Orsat, 2018).

Según la Norma Técnica Peruana (NTP, 2005), los jarabes deben presentar un color característico de la materia prima de origen y estar libres de impurezas que representen riesgos físicos. Al contrastar los resultados obtenidos con lo establecido por la Norma Técnica Peruana para jarabes, se observa que el jarabe de maguey elaborado cumple con el criterio de color característico del producto vegetal de origen. Las variaciones en los valores de luminosidad y cromaticidad responden principalmente al tiempo de procesamiento térmico y a la etapa de desarrollo de la planta.

5.2.6. Cantidad de hidroximetilfurfural

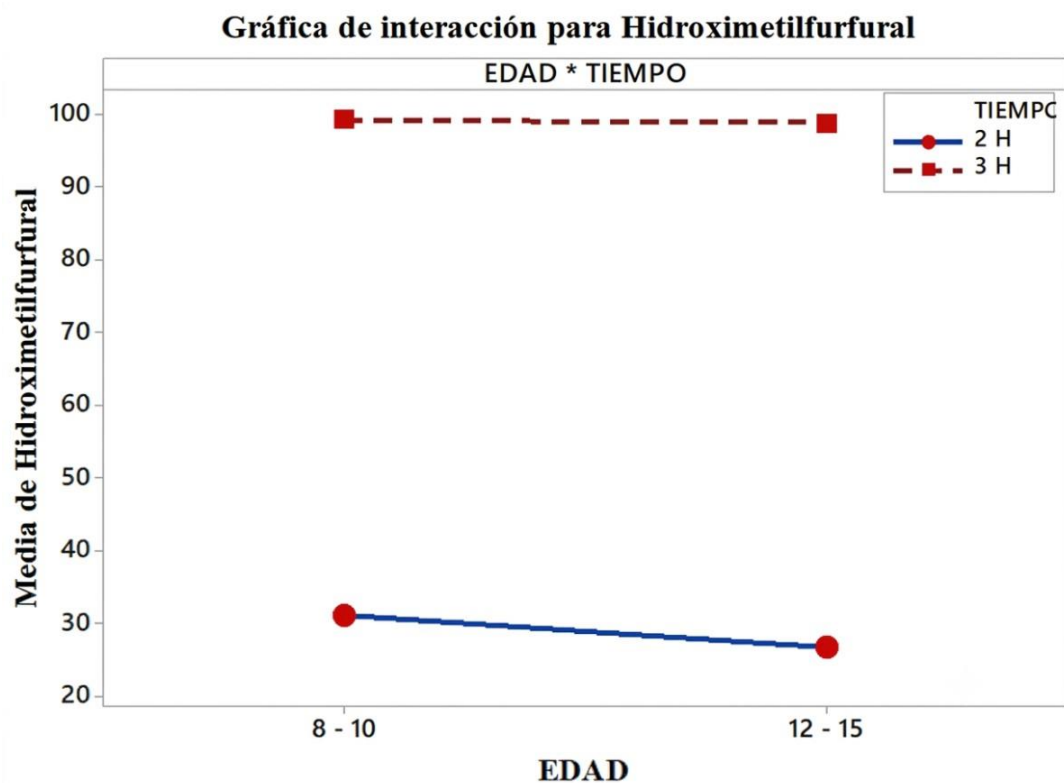
Los resultados del contenido de hidroximetilfurfural en las muestras evaluadas, las que corresponden a las dos etapas de desarrollo de la planta y dos tiempos de proceso térmico (2 y

3 horas), evidenciaron variaciones significativas, con valores que oscilaron entre 26,75 y 99,09 mg/kg, lo que refleja diferencias notables en la formación de este compuesto. Los contenidos de hidroximetilfurfural más altos (99 mg/kg), indican una mayor generación de hidroximetilfurfural en determinadas condiciones de procesamiento térmico, mientras que los valores más bajos (26.75 mg/kg), evidencian una menor formación de este compuesto. El análisis estadístico mostró una diferencia significativa ($p < 0,05$), para el tiempo de proceso térmico. Por otro lado, las etapas de desarrollo de la planta y la interacción entre ambos factores de estudio no presentaron un efecto significativo, tal como se detalla en el anexo B15. En consecuencia, se confirma que el tiempo de tratamiento térmico constituye el principal factor que determina la variación del contenido de hidroximetilfurfural en las muestras analizadas.

En la Figura 20 se presenta la interacción del contenido de hidroximetilfurfural con el tiempo de proceso térmico y las diferentes etapas de desarrollo de la planta de maguey. En los dos factores evaluados, el tratamiento térmico de 3 horas generó valores significativamente más altos de hidroximetilfurfural (99,09 mg/kg) en comparación con el tratamiento de 2 horas. Por otro lado, el contenido de hidroximetilfurfural en el procesamiento térmico de 2 horas se mantuvo en niveles bajos (26,75 mg/kg), con variaciones mínimas asociadas a la edad de la planta.

Figura 20:

Gráfico de interacción para el hidroximetilfurfural



Este resultado en la gráfica representa la ausencia de una interacción significativa entre la etapa de desarrollo de la planta y el tiempo de tratamiento, lo que confirma que el tiempo de proceso térmico es el factor predominante en la formación de hidroximetilfurfural, mientras que la etapa de desarrollo de la planta no genera una influencia significativa sobre este compuesto.

Los contenidos de hidroximetilfurfural obtenidos en esta investigación fueron similares a los reportados por Gonzales et al., (2020) (95 a 105 mg/kg), para el tiempo de tratamiento de 3 horas, tanto en la primera como en la segunda etapa de desarrollo; sin embargo, no coincidieron con los valores reportados para el tiempo de tratamiento de 2 horas en las dos etapas de desarrollo. Asimismo, Cerón (2022) reportó valores que oscilaron entre 23.8 a 335.3 mg/kg, en este sentido, se observa que los resultados obtenidos en la presente investigación se encuentran dentro del rango reportado. Por otro lado, Espíndola et al., (2018) registraron los valores más bajos de hidroximetilfurfural (19.14 y 21.36 mg/kg,). Por su parte, Maldonado et al., (2018) reportaron contenidos de hidroximetilfurfural entre 1000 y 7000 mg/kg, los cuales resultaron superiores a los valores máximos obtenidos en este estudio. Estas diferencias evidencian que las condiciones del proceso térmico influyen de manera significativa en la formación de hidroximetilfurfural, siendo el tiempo del proceso térmico el factor más importante, lo que resalta la importancia del control de las variables de proceso en la elaboración de jarabes de agave.

Según el Codex Alimentarius, (2022), establece que el contenido de hidroximetilfurfural en la miel no debe superar los 40 mg/kg, permitiéndose hasta 80 mg/kg únicamente para mieles procedentes de regiones tropicales. En la presente investigación, los valores de hidroximetilfurfural determinados en el jarabe de maguey oscilaron entre 26,75 y 99,09 mg/ kg, estos resultados obtenidos superan los rangos máximos permitidos, por lo que el contenido de hidroximetilfurfural del jarabe de maguey evaluado no se encuentra dentro de los parámetros establecidos por dicha normativa, lo que indica que una elevada formación de este compuesto se debería al tratamiento térmico aplicado. El hidroximetilfurfural generalmente se forma como resultado de procesos en la industria alimentaria, tales como el tratamiento térmico, el almacenamiento y el transporte de diversos alimentos, entre ellos jugos de frutas, café, miel y vinagre (Martins et al., 2022).

5.2.7. Actividad Antioxidante del Jarabe de Maguey (*Agave americana* L.)

La actividad antioxidante del jarabe de maguey, evaluada en dos tiempos de procesamiento térmico y en dos etapas de desarrollo de la planta, se presenta en la Tabla 10.

Los valores de la actividad antioxidante oscilaron entre 92.03 % y 94.47 %. El análisis estadístico indicó que los resultados no fueron estadísticamente significativos ($p > 0.05$) (Anexo B16), por lo que los resultados de la actividad antioxidante del jarabe se mantuvieron estable, independientemente de la etapa de desarrollo de la planta o del tiempo de procesamiento térmico.

Tabla 10:

Actividad antioxidante del jarabe de Maguey

Etapas de desarrollo de la planta	Tiempo de tratamiento térmico	Actividad antioxidante %		
		$\bar{X}$	$\pm$	DS
1 ^{ra} Etapa	2 horas	92.03		1.7
	3 horas	94.07		1.9
2 ^{da} Etapa	2 horas	94.47		2.6
	3 horas	93.91		0.5

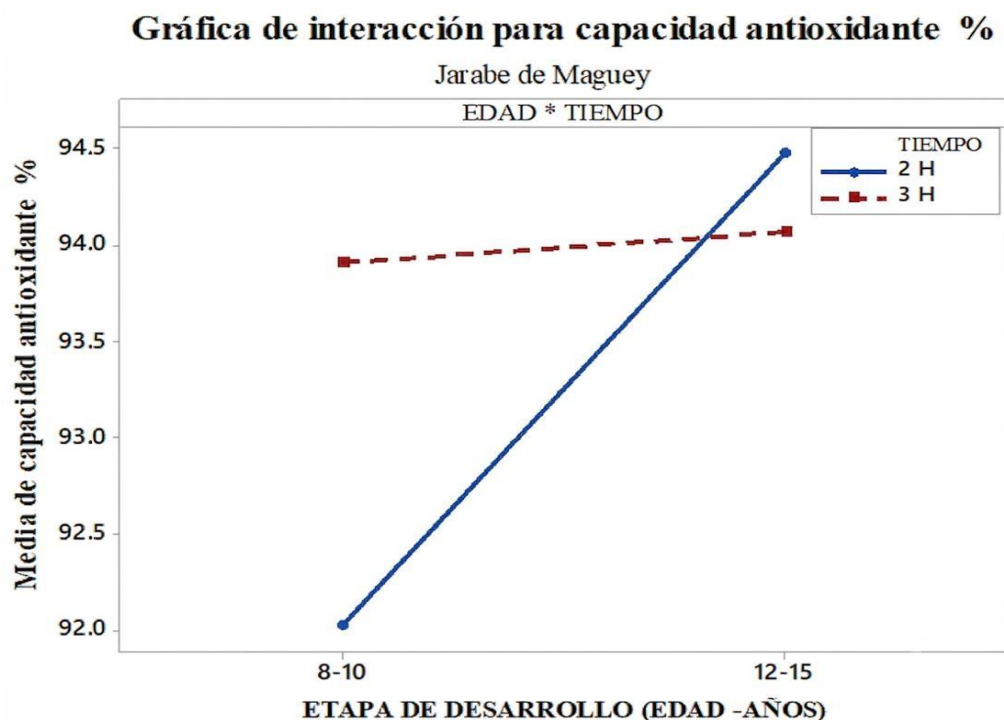
NOTA: la primera etapa es correspondiente a los 8 a 10 años y la segunda etapa de desarrollo corresponde a los 12 a 15 años.

En la Figura 21 se presenta la gráfica de interacción del tiempo de procesamiento térmico y la etapa de desarrollo de la planta sobre la actividad antioxidante del jarabe de maguey. Se observa que, a las 2 horas de tratamiento térmico en la segunda etapa de desarrollo (12 a 15 años), alcanzó el valor más alto de actividad antioxidante (94.5 %), seguido por la primera etapa de desarrollo en 3 horas de tratamiento térmico (94.07 %). En contraste, la primera etapa de desarrollo mostró el valor más bajo a las 2 horas (92.03 %), y en la segunda etapa con 3 horas de tratamiento térmico, la actividad antioxidante fue de 93.91 %, evidenciando una ligera disminución.

Los resultados obtenidos en esta investigación para la actividad antioxidante son superiores en comparación a los valores reportados por Chagua, et al., (2020) (40.03 % y 42.03 % de inhibición de DPPH) y Velázquez et al., (2018), que osciló entre aproximadamente 10 % y 53 % de inhibición del radical. Los resultados obtenidos en el jarabe de maguey presentan una alta actividad antioxidante, se evidencia que la segunda etapa de desarrollo de la planta y las 2 horas de tratamiento térmico influyen en su máxima capacidad antioxidante.

Figura 21:

Gráfica de Interacción para la Actividad Antioxidante del Jarabe de Maguey



5.3. Contenido de los Fructooligosacáridos y Azúcares Reductores del Jarabe de Maguey.

5.3.1. Fructooligosacáridos

El contenido de fructooligosacáridos del jarabe de maguey se presenta en la Tabla 11. El análisis se realizó mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), evidenciándose un contenido total de fructooligosacáridos de 37,90 mg/g. En el cromatograma se identificó la presencia de 1-kestosa con un tiempo de retención de 15,4 minutos; asimismo, se observaron otras señales a los 15, 16 y 18 minutos, las cuales podrían corresponder a polisacáridos como Nystose y 1F-Fructofuranosylnystose de mayor grado de polimerización.

Tabla 11:

Contenido de los fructooligosacáridos del jarabe de Maguey

Fructooligosacáridos	Promedio mg/g
1-kestose (Glu-Fru2)	6.85
Otros polisacáridos no identificados	9.71 – 9.30 – 12.05
Total, fructooligosacáridos (FOS) mg/g.	37,90

El contenido de fructooligosacáridos (6.85 mg/g) en este estudio es inferior al reportado por Alborno & Malpartida (2022), quienes reportaron concentraciones de 1-kestosa entre 14 y 25 mg/g en jarabes, así como al reportado por Bautista, (2019), quien reportó un contenido de fructooligosacáridos que oscilaron entre 436,2 mg/g de 1-kestosa y 556,8 mg/g de otros polisacáridos. Por otro lado, Gonzales et al., (2020) reportaron contenidos de fructooligosacáridos con valores de 1-kestosa entre 6,5 y 29,2 mg/g, encontrándose dentro del rango inferior a esta investigación. Por su parte, Rojo, (2021) reportó valores menores de 1-kestosa cercanos a 2,23 mg/g en jarabes de *Agave salmiana*. Estos resultados confirman que la etapa de desarrollo de la planta y el tiempo de tratamiento térmico influyen de manera significativa en la concentración de fructooligosacáridos del jarabe de maguey.

Según Ozuna & Robles, (2022), la concentración de fructooligosacáridos en el jarabe sintético se puede deber al grado de hidrólisis aplicado al jugo proveniente de la molienda de las piñas de maguey durante el proceso térmico en la elaboración del jarabe. Por otro lado, Muñiz et al., (2025), señala que el tratamiento térmico en la obtención del jarabe de maguey incrementa la concentración de fructosa, así como de glucosa y kestosa en menor proporción.

5.3.2. Azúcares Reductores

Los resultados del contenido de azúcares reductores se presentan en la Tabla 12, donde se evaluaron dos etapas de desarrollo de la planta y dos tiempos de procesamiento térmico (2 y 3 horas). Los valores obtenidos de los azúcares reductores oscilaron en valores de 16.55% y 44.12%. Los resultados del análisis estadístico evidenciaron una diferencia significativa en el contenido de azúcares reductores del jarabe de maguey ($p < 0.05$) (Anexo B17). Asimismo, se observó una interacción altamente significativa entre los factores evaluados, lo que indica que el efecto del tiempo de procesamiento depende de la etapa de desarrollo de la planta.

Tabla 12:

Contenido de azúcares reductores del jarabe de Maguey

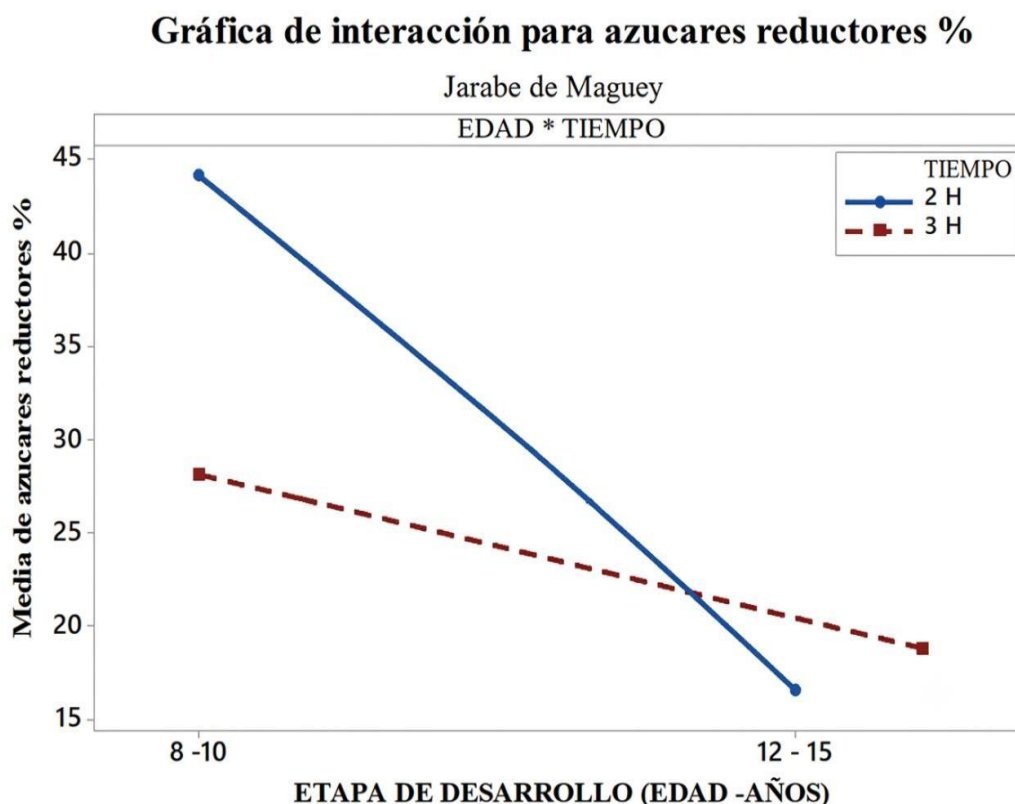
Parámetros de evaluación		azúcares reductores %		
		$\bar{X}$	$\pm$	DS
8 a 10 años	2 hora	44.12		1.7
	3 horas	27.97		0.4
12 a 15 años	2horas	16.55		0.5
	3 horas	18.61		0.1

NOTA: la primera etapa es correspondiente a los 8 a 10 años y la segunda etapa de desarrollo corresponde a los 12 a 15 años.

La Figura 22 muestra la gráfica de interacción que describe el comportamiento de los azúcares reductores según la etapa de desarrollo de la planta y el tiempo de tratamiento térmico del jarabe. En la primera etapa de desarrollo de 8 a 10 años, el tratamiento de 2 horas alcanzó el mayor contenido de azúcares reductores (44,12 %), mientras que al incrementar el tiempo a 3 horas se registró una disminución (27,97 %). Por otro lado, en la segunda etapa de desarrollo de la planta de 12 a 15 años los valores fueron menores y presentaron una ligera variación con el tiempo (16,55% a 2 horas y 18,61% a 3 horas). La interacción entre ambos factores indica que el tratamiento térmico de 2 horas en la primera etapa de desarrollo (8 a 10 años) favorece una mayor concentración de azúcares reductores.

Figura 22:

Gráfica de interacción para azúcares reductores



Los resultados de esta investigación evidenciaron que el contenido de azúcares reductores (44.12% a 16.55%) es similar a los reportados por Rojo (2021), quien registró valores que oscilaron entre 15,36 y 44,67. Asimismo, estos resultados fueron superiores a los reportados por Chagua, et al., (2020) (11.38–25.39 %) en la primera etapa, mientras que en la segunda etapa mostraron valores similares a los de esta investigación. Por su parte, Bautista, (2019) (10.89 %) reportó valores inferiores a los obtenidos en esta investigación. En contraste, estos valores fueron inferiores a los reportados por Albornoz & Malpartida, (2022) (66.51–

67.61 %), lo cual puede deberse a diferencias en la variedad de agave empleada o las condiciones de hidrólisis y el proceso térmico aplicado durante la elaboración del jarabe.

Según Djalal et al. (2019), el jarabe sometido a calentamiento presenta un mayor contenido de azúcares reductores, ya que el tratamiento térmico favorece la activación del carbón, generando modificaciones en su estructura porosa, lo que permite una mayor interacción con los azúcares reductores presentes en el jarabe.

La Norma del Codex, (2022), establece que el jarabe de glucosa debe presentar un contenido equivalente de dextrosa no menor al 20 % m/m sobre peso seco, y también exige un contenido mínimo de sólidos del 70 % m/m, mientras que para el jarabe de glucosa deshidratado el contenido de sólidos debe ser no menor al 93,0 % m/m, garantizando así la concentración y calidad del producto. Los resultados de esta investigación con lo establecido por el Codex, son superiores al 20 %, cumpliendo con la normativa para jarabe de glucosa. Pero, las muestras con valores inferiores a este límite, como el 16,55 %, no cumplen el requisito.

5.4. Análisis Microbiológico del Aguamiel y del Jarabe de Maguey

Los resultados obtenidos del análisis microbiológico del aguamiel se muestran en la tabla 10 y corresponden a la segunda etapa de desarrollo, debido a que esta se asoció con las mejores características fisicoquímicas del aguamiel de maguey previamente evaluados. En esta etapa de desarrollo se observó una disminución en la carga microbiana, lo que indica una mejor estabilidad del aguamiel proveniente de plantas, lo cual se corrobora con el bajo valor de pH y su acidez mínima.

Tabla 13:

Análisis microbiológico del Aguamiel de Maguey

Análisis microbiológico para la materia prima (aguamiel de maguey)			
Parámetros	Unidades	Limite permisible	Muestra (2 ^{da} etapa)
Microorganismos aerobios mesófilos viables	UFC/mL	10 ³	170
Enterobacterias	UFC/mL	<1	0
Mohos	UFC/mL	10	8
Levaduras osmófilas	UFC/mL	10	9

Los resultados del análisis microbiológico del jarabe de maguey se presentan en la Tabla 13 y corresponden a la segunda etapa de desarrollo, con un tiempo de procesamiento térmico de 2 horas, debido a que esta etapa de desarrollo presentó mejores características

fisicoquímicas. Se observó que los conteos de bacterias mesófilas, coliformes y levaduras disminuyeron significativamente; asimismo, en esta etapa de desarrollo, los valores microbianos se mantuvieron dentro de los límites permisibles, confirmando la eficacia del tratamiento aplicado.

En esta investigación, el aguamiel presentó 170 UFC/mL de mesófilos, 8 UFC/mL de mohos y 9 UFC/mL de levaduras, valores que disminuyeron en el jarabe tras el proceso térmico de 2 horas (170, 4 y 7 UFC/mL respectivamente), sin detección de enterobacterias, evidenciando la eficacia del proceso para garantizar la inocuidad del jarabe de maguey.

Tabla 14:

Análisis microbiológico del jarabe de Maguey

Análisis microbiológico para el jarabe de maguey			
Parámetros	Unidades	Límite permisible	Muestra (2 ^{da} etapa- 2 horas de tratamiento térmico)
Microorganismos aerobios mesófilos viables	UFC/mL	10 ³	170
Enterobacterias	UFC/mL	<1	0
Mohos	UFC/mL	10	4
Levaduras osmófilas	UFC/mL	10	7

Estos resultados coinciden con lo reportado por Bautista, (2019), Pomboza & Toaquiza, (2022) y Cerón, (2022) (4.91 UFC/mL), quienes registraron valores inferiores a 10 UFC/g para aerobios mesófilos, mohos y levaduras, además de la ausencia de enterobacterias. De manera similar, Espíndola et al., (2018), reportaron ausencia de crecimiento microbiano en jarabes de agave, en contraste con el aguamiel, donde se evidenciaron cargas superiores a 250 UFC. En este contexto, los resultados microbiológicos del jarabe de maguey obtenido en la presente investigación muestran que el tratamiento térmico de 2 horas permitió reducir significativamente la carga microbiana en el jarabe de maguey.

Según Norma Sanitaria Aplicable a los Azúcares y Jarabes (NTP, 2005), define los límites máximos de microorganismos para aerobios mesófilos con un recuento máximo de 2×10^2 UFC/g o mL, mientras que los mohos no deben superar 10 UFC/mL y las levaduras osmófilas deben mantenerse por debajo de 50 UFC/mL. Por otro lado, la Norma Sanitaria N.º 071-MINSA/DIGESA (NTS, 2008), establece que, para que un jarabe o edulcorante sea considerado microbiológicamente aceptable, el recuento de los microorganismos aerobios mesófilos no debe superar 10³ UFC/mL, siendo inaceptable a partir de 10⁴ UFC/mL.

Asimismo, las enterobacterias deben estar prácticamente ausentes, con valores menores a 1 UFC/g o mL. En el caso de los mohos y las levaduras osmófilas, el límite máximo permitido es de 10^2 UFC/g o mL, garantizando así la calidad sanitaria y la inocuidad del producto.

Los resultados de los análisis microbiológicos del aguamiel cumplen con los límites establecidos por las normas técnicas vigentes. De manera similar, el jarabe de maguey sometido a tratamiento térmico presentó una menor carga de mohos y levaduras, manteniéndose todos los parámetros dentro de los criterios de la Norma Sanitaria, lo que confirma que el proceso térmico ayudó al control microbiológico y a la inocuidad del jarabe de maguey.

CONCLUSIONES

- Se logró determinar las características fisicoquímicas del aguamiel de Maguey, estableciéndose que la etapa de desarrollo de la planta influye directamente en su composición; el aguamiel de la segunda etapa de desarrollo de las plantas de 12 a 15 años presentó mayor pH, densidad, sólidos solubles y actividad antioxidante, así como menor acidez, mientras que el aguamiel de la primera etapa de desarrollo de las plantas de 8 a 10 años mostró un mayor contenido de azúcares reductores. Asimismo, no se evidenciaron variaciones en los parámetros de la luminosidad y la cromaticidad en ambas etapas. Se determinó que el tiempo del proceso térmico y la etapa de desarrollo de la planta influyen significativamente en las características fisicoquímicas del jarabe de maguey, mostrando que el proceso térmico de 2 a 3 horas provocó un aumento en la densidad, los sólidos solubles y el contenido de hidroximetilfurfural, mientras que la luminosidad, la cromaticidad, los azúcares reductores, el pH y la actividad antioxidante se ven afectados en estas condiciones de tratamiento.
- Se logró evaluar el contenido de fructooligosacáridos y azúcares reductores del jarabe de maguey, identificándose principalmente 1-kestosa y otros fructanos de mayor grado de polimerización; asimismo, se estableció que el tratamiento de 2 horas aplicado a plantas de 8 a 10 años permitió obtener el mayor contenido de azúcares reductores.
- Se logró determinar la inocuidad microbiológica del aguamiel y del jarabe de maguey, evidenciando que el tratamiento térmico de 2 horas aplicado al jarabe elaborado a partir de plantas de la segunda etapa de desarrollo permitió reducir significativamente la carga microbiana y garantizar la ausencia de enterobacterias, cumpliendo con los límites establecidos por la normativa vigente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer un control estandarizado de las condiciones de tiempo y temperatura durante el proceso térmico de elaboración del jarabe de maguey, considerando la etapa de desarrollo de la planta de maguey, para obtener un producto con características fisicoquímicas estables y jarabes de calidad uniforme.
- Se recomienda seleccionar preferentemente para la elaboración del jarabe, aguamiel proveniente de plantas de maguey que se encuentren en la segunda etapa de desarrollo (12-15 años), esto debido a que el aguamiel proveniente de las mismas presenta una mayor estabilidad para parámetros como pH, densidad, sólidos solubles y la actividad antioxidante, lo que favorece en su procesamiento térmico para la obtención de jarabe.
- El aguamiel recolectado especialmente de plantas que se encontraban en la primera etapa de desarrollo (8-10 años), presentó mayor acidez y carga microbiana, por lo cual se recomienda un control estricto del manejo y recolección del aguamiel, con el fin de minimizar los riesgos de fermentación espontánea y alteraciones en la calidad.
- Se sugiere evitar tiempos de tratamiento térmico excesivos cuando se busque preservar características sensoriales, como el color, y evitar el oscurecimiento del producto, especialmente en plantas de mayor edad.
- Se recomienda emplear tiempos de procesamiento térmico de 2 horas, ya que los resultados evidenciaron que la actividad antioxidante del jarabe se mantiene elevada y estable, sin diferencias significativas al prolongar el tratamiento.
- Se recomienda que se emplee tiempo de procesamiento de 2 horas, para evitar la formación excesiva de hidroximetilfurfural, ya que los resultados evidencian que al emplear 2 horas de procesamiento el contenido de hidroximetil está dentro de los márgenes establecidos en la norma técnica.
- Se sugiere realizar estudios complementarios que evalúen otros métodos de procesamiento térmico o tecnologías alternativas (como calentamiento indirecto o vacío), con el fin de preservar y potenciar los compuestos antioxidantes del jarabe.
- Se recomienda controlar el grado de hidrólisis térmica durante la elaboración del jarabe, ya que los resultados demostraron que el tiempo de procesamiento influye significativamente en la concentración de azúcares reductores y fructooligosacáridos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, J.-B., Enríquez, V.-J. R. E., Rodríguez, O. G., Diódoro, S. G., & Martínez, C.-B. (2014). El Estado Actual de Agave salmiana Y A. mapisaga del Valle de Mexico. *Revista mexicana de agroecosistemas*, 1(2), 106-120.
- Akder, R. N., Çağındı, Ö., & Çakıroğlu, F. P. (2025). Do sugar substitutes affect quality characteristics and HMF levels of cakes? *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 105(9), 5020-5029. <https://doi.org/10.1002/jsfa.14228>
- Albornoz, M.-J. S., & Malpartida, P., Mittzi. (2022). *Obtención de edulcorante en jarabe hidrolizado a partir de tres variedades de maguey (Agave americana)* [Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/item/5272aed1-2e83-4c5e-aeb6-9838f4b6d278>
- Álvarez, C. J., Villamiel, M., & Ramírez, J. A. K. (2021). *Agave By-Products: An Overview of Their Nutraceutical Value, Current Applications, and Processing Methods* | MDPI. 2(3). <https://www.mdpi.com/2673-4176/2/3/44>
- Álvarez, C., Villamiel, M., Santos, Z. L., & Ramírez, J. A. K. (2021). Agave By-Products: An Overview of Their Nutraceutical Value, Current Applications, and Processing Methods. *Polysaccharides*, 2(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides2030044>
- AMMA, A. de M. y M. A. A. c. (2025). *La anatomía de la planta de maguey*. <https://www.facebook.com/TresCascadas/posts/ya-conoc%C3%ADas-la-anatom%C3%ADa-del-magueydesde-sus-ra%C3%ADces-que-lo-anclan-a-la-tierra-has/1367456288719949/>
- AOAC. (2005). *Of fi cial Methods of Anal y sis of AOAC IN TER NA TIONAL 18th Edi tion*, 2005. *Of fi cial Methods of Anal y sis of AOAC IN TER NA TIONAL 18th Edi tion*, 2005. https://www.academia.edu/43245633/Of_fi_cial_Methods_of_Anal_y_sis_of_AOAC_IN_TER_NA_TIONAL_18th_Edi_tion_2005
- Arvizu, C. D. E., Rodriguez, C. G., Montes, G. N., Alemán, C. S. J., Soler, M. A., & Tellez, Luis. (2016). *Determinación y cuantificación de azúcares totales en jarabes de sorgo dulce rb cañero y una variedad experimental* (Vol. 1). <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/8/119.pdf>
- Azabache, P. C. S. (2020). *Estudio estratégico para una planta de producción y comercialización de azúcar de coco en Lima Metropolitana*. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/17040>
- Bautista, C. N. (2019). *Fructooligosacáridos y obtención de azúcares totales cristalizado del aguamiel de Agave americana L. (maguey)* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/baad2fb0-f0d7-4500-94a1-042577c1d115>
- Bellaera, F., Hammerschmidt, J., Sanz, J., Zaccarello, D., & Beccio, B. (2008). *Jarabe de maíz de alta fructosa, sus implicancias en la salud y la información disponible en el rotulado de los alimentos*. 45.
- Cabezas, Z. C. C., Hernández, T. B. C., & Vargas, Z. M. (2016). Azúcares adicionados a los alimentos: Efectos en la salud y regulación mundial. *Revista de la Facultad de Medicina*, 64(2), 319. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n2.52143>

- Careche, M., Luten, J. B., Kole, A., Schelvis, R., Saura-Calixto, F., Scholten, O. E., Diaz-Rubio, M. E., Toonen, M. A. J., Schram, E., Borderias, A. J., Sánchez-Alonso, I., Carmona, P., Sánchez-Gonzalez, I., Gormley, T. R., Oehlenschläger, J., Mierke-Klemeyer, S., Elvevoll, E. O., Leonor Nunes, M., Bandarra, N., ... Larsen, E. H. (2008). 17—Developing functional seafood products. En T. Børresen (Ed.), *Improving Seafood Products for the Consumer* (pp. 331-362). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845694586.4.331>
- Castro, D. A. S., & Guerrero, B. (2013). *El agave y sus productos* (Vol. 7). <https://www.udlap.mx/TSIA/assets/files/volumen7-2/TSIA-vol-7-2-UDLAP.pdf#page=54%20Norma%20Mexicana%202008>
- Cerón, Z. C. (2022). *Índice glucémico in vitro y actividad antioxidante de jarabe de agave obtenido por evaporación rotatoria al vacío*. [ICSa-BD-UAEH]. <http://200.57.56.70:8080/xmlui/handle/231104/2888>
- Cervantes, M. L. G. (2015). *Elaboración de miel de Cabuya y estudio de prefactibilidad de una planta en el distrito de Huanca Huanca, Provincia de Angaraes, Departamento de Huancavelica*. https://www.academia.edu/99355387/Elaboraci%C3%B3n_de_miel_de_Cabuya_y_estudio_de_prefactibilidad_de_una_planta_en_el_distrito_de_Huanca_Huanca_Provincia_de_Angaraes_Departamento_de_Huancavelica
- Chagua, R. P., Malpartida, Y. R. J., & Ruíz, R. A. (2020). Tiempo de pasteurización y su respuesta en las características químicas y de capacidad antioxidante de aguamiel de Agave americana L. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 22(1), 45-57. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.532>
- Chagua, R. P., Yapias, R. J. M., & Rodríguez, A. R. (2020). Tiempo de pasteurización y su respuesta en las características químicas y de capacidad antioxidante de aguamiel de Agave americana L. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 22(1), 45-57. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.532>
- Codex, A. (2022a). *NORMA PARA LA MIEL CXS 12-19811 Adoptada en 1981. Revisada en 1987, 2001*. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012s.pdf
- Codex, A. (2022b). *Normas para azúcares CXS 212-1999* (p. 7). https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B212-1999%252FCXS_212s.pdf
- Contreras, L.-E., Castañeda, A. O., Figueredo, C. J. U., Nava, L. M., Jaimez, J. O., González, L. G. O., & Añorve, J. M. (2023). *CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE AGUAMIELES Y PULQUES PRODUCIDOS EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO*. <http://www.alanrevista.org/ediciones/2023/suplemento-1/art-313/>

- Cruz, J. M.-R. (2016). *Official Mexican Standard NOM-002-SAGARPA-2016, Relative to the food safety, agrifood quality, authenticity, labeling characteristics and conformity assessment of Agave syrup* (pp. 11-39). https://www.researchgate.net/publication/351350800_NOM-003-SAGARPA-2016_Relativa_a_las_caracteristicas_de_sanidad_calidad_agroalimentaria_autenticidad_etiquetado_y_evaluacion_de_la_conformidad_del_jarabe_de_agave_Official_Mexican_Standard_NOM-002-SAGA
- Cruz, R. M. S., Vieira, M. C., & Silva, C. L. M. (2008). Efecto de los tratamientos de calor y termosonicación sobre la cinética de degradación de la vitamina C del berro (*Nasturtium officinale*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(4), 483-488. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.10.005>
- Devotee, D., & Contreras, J.-E. uan C. (2018). Aguamiel and its fermentation: Science beyond tradition. *ResearchGate*, 3(1), 1-22. <https://doi.org/10.29267/mxjb.2018.3.1.1>
- Djalal, M., Wakiah, N., Laga, A., & Bastian, F. (2019). The effect of heating on the effectiveness of coal activated charcoal on glucose syrup purification. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 343, 012072. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/343/1/012072>
- Drakoularakou, A., Rastall, R., & Gibson, G. (2011). 19 - Functional foods for the gut: Probiotics, prebiotics and synbiotics. En M. Saarela (Ed.), *Functional Foods (Second Edition)* (pp. 449-470). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857092557.3.449>
- Espíndola, S. V., Trejo, M. Ma. A., Lira, V. A. A., & Pascual, B. S. (2018). Caracterización de aguamiel y jarabe de agave originario del Estado de México, Hidalgo y Tlaxcala. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3, 522-528.
- Estrada, P.-K. (2019). *Propiedades reológicas, texturales, fisicoquímicas y térmicas de jarabes de agave con diferente grado de hidrólisis y jarabes de maíz comerciales*. <https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2019/abril/0788460/Index.html>
- Fattori, S. B. (2004). “La miel” *Propiedades, Composición Y Análisis Físico—Químico*. https://www.apiservices.biz/documents/articulos-es/la_miel_propiedades_composicion_y_analisis_fisico-quimico.pdf
- Fegredo, J. A., Meynell, R., Lai, A. K. H., Wong, M. C. Y., Martin, C. R., Wiseman, H., & Preedy, V. R. (2009). 46 - The Antioxidant Capacity of Beer: Relationships Between Assays of Antioxidant Capacity, Color and Other Alcoholic and Non-alcoholic Beverages. En V. R. Preedy (Ed.), *Beer in Health and Disease Prevention* (pp. 475-481). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373891-2.00046-8>
- Fellows, P. J. (2017). 11—Pasteurisation. En P. J. Fellows (Ed.), *Food Processing Technology (Fourth Edition)* (pp. 563-580). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100522-4.00011-0>
- Fyfe, C., Yu, S., Zhang, J., & Reid, M. (2025). RGB color correction and gamut limitations in smartphone-based kinetic analysis of chemical reactions. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. <https://doi.org/10.1007/s00216-025-06021-9>

- García, A.-M., Cárdenas, M.-M., Botello, Á.-E., & Martínez, R. (2007). Hidrólisis de fructanos de agave por catálisis enzimática. *Departamento de Ingeniería Química-Bioquímica, Instituto Tecnológico de Celaya*, 1.
- Gonzales, A. M., Flores, A. C., Serrato, L. E., Ruelas, X., Lopez, M. G., & Rodriguez, R. (2020). Processing temperature effect on the chemical content of concentrated aguamiel syrups obtained from two different Agave species | *Journal of Food Measurement and Characterization*. 14, 1733-1743.
- González, C. L., Jaramillo, F. M., Bernardino, N. A., & Mora, E. R. (2012). (PDF) Influence of the harvest age on fructan content and fructosyltransferase activity in Agave atrovirens karw pine. *ResearchGate*, 4(5), 110-119. <https://doi.org/10.5897/IJPPB12.012>
- Guardado, B. G.-F., Tuesta, D. A.-P., Lorenzo, M. A.-S., Rubio, R.-C., Camacho, R. M.-R., Castañeda, J. J.-N., Gutiérrez, A.-M., & Contreras, S. M. (2024). PGPB Consortium Formulation to Increase Fermentable Sugar in Agave tequilana Weber var. Blue: A Study in the Field. *Plants*, 13(10), 1371. <https://doi.org/10.3390/plants13101371>
- Hernández, R. L., García, M. R., Ybarra, M. M. C., & Colinas, M. T. (2020). Nutritional value and antioxidant activity of the maguey syrup (Agave salmiana and A. mapisaga) obtained through three treatments. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(3), 1306-1316. <https://doi.org/10.15835/nbha48311947>
- Hernández, R.-L., García, M. del R.-M., & Ybarra, M. C.-M. (2025). Componentes antioxidantes y calidad nutricional de aguamiel de diversos cultivares de agave pulquero (Agave salmiana y A. mapisaga). *Polibotánica*, (59), 275-293. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.59.18>
- Hlaváč, P., Božiková, M., Ardonová, V., & Petrović, A. (2018). Influence of the selected factors on the liquid food density. *ResearchGate*, 22(2), 53-57. <https://doi.org/10.5937/JPEA1802053H>
- Inneke, V., & Orsat, V. (2018). Colour changes during the processing of Arenga pinnata (palm) sap into sugar. *Journal of Food Science and Technology*, 55(9), 3845-3849. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3314-8>
- Jurado, S. E.-L., & Sarzosa, X. S.-P. (2009). Estudio de la cadena agroindustrial de la cabuya en la producción de miel y licor de la cabuya [bachelorThesis, QUITO/ EPN/ 2009]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1693>
- Kedare, S. B., & Singh, R. P. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of food science and technology*, 48(4), 412-422. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0251-1>
- Leal, A. M.-D., Santos, L.-Z., Martínez, H. C.-E., Guajardo, D.-F., Gutiérrez, J. A.-U., & Serna, S. O.-S. (2015). Effect of Agave americana and Agave salmiana Ripeness on Saponin Content from Aguamiel (Agave Sap). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(15), 3924-3930. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b00883>
- Maca, M. P., Osorio, O., & Mejía-España, D. F. (2013). Inactivación Térmica de Pectinmetilesterasa en Tomate de Árbol (Solanum betaceum). *Información tecnológica*, 24(3), 41-50. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000300006>

- Maldonado, B., Martin, S., & Cardador, A. (2018). (PDF) *Efecto del proceso de producción en la calidad de los jarabes de agave mexicano: Un estudio preliminar*. 7(3).
https://www.researchgate.net/publication/324199715_Production_Process_Effect_on_Mexican_Agave_Syrups_Quality_A_Preliminary_Study
- Maldonado, G. B., Campo, S. M. del, & Cardador, M. A. (2018). Production Process Effect on Mexican Agave Syrups Quality: A Preliminary Study. *Journal of Food Research*, 7(3), p50.
<https://doi.org/10.5539/jfr.v7n3p50>
- Mapryser, S. L. (2023). *Ficha Técnica-sirope de agave ecologico*.
https://www.mapryser.eco/pluginAppObj/pluginAppObj_909_30/FICHA-TECNICA-A00037-527.564_-sirope-de-agave-ecologico.pdf
- Márquez, A. A. L., Camacho, R.-R. M., Arriaga, A. M., Padilla, C. E., Kirchmayr, M. R., Blasco, J. L., & González, M. (2013). Effects of Agave tequilana fructans with different degree of polymerization profiles on the body weight, blood lipids and count of fecal Lactobacilli/Bifidobacteria in obese mice. *Food & Function*, 4(8), 1237-1244. <https://doi.org/10.1039/c3fo60083a>
- Martins, F. C. O. L., Alcantara, G. M. R. N., Silva, A. F. S., Melchert, W. R., & Rocha, F. R. P. (2022). The role of 5-hydroxymethylfurfural in food and recent advances in analytical methods. *Food Chemistry*, 395, 133539. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133539>
- Mayón, H. M. (2015). *Evaluación de la actividad antioxidante a diferentes tiempos de pausterización del aguamiel de cabuya (agave americana l.) en la Provincia de Acobamba—Huancavelica* [Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://hdl.handle.net/20.500.14597/120>
- Mellado, M. E., & López, M. G. (2015). Identification, classification, and discrimination of agave syrups from natural sweeteners by infrared spectroscopy and HPAEC-PAD. *Food Chemistry*, 167, 349-357. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.111>
- Mellado, M. E., & López, P. M. G. (2013a). Análisis comparativo entre jarabe de agave azul (Agave tequilana Weber var. Azul) y otros jarabes naturales. *Agrociencia*, 47(3), 233-244.
- Mellado, M. E., & López, P. M. G. (2013b). Análisis comparativo entre jarabe de agave azul (Agave tequilana Weber var. Azul) y otros jarabes naturales. *Agrociencia*, 47(3), 233-244.
- Mohammed, F., Sibley, P., Abdulwali, N., & Guillaume, D. (2023). Nutritional, pharmacological, and sensory properties of maple syrup: A comprehensive review. *Heliyon*, 9(9), e19216.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19216>
- Montañez, S. J., Venegas, G. J., Vivar, V. M., & Ramos, R. E. (2011). *Extracción, caracterización y cuantificación de los fructanos contenidos en la cabeza y en las hojas del agave tequilana weber azul*. 23(3), 199-206.
- Moskovitz, D. N., & Kim, Y.-I. (2004). Dietary Fiber. En L. R. Johnson (Ed.), *Encyclopedia of Gastroenterology* (pp. 597-612). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-386860-2/00184-2>
- Muñiz, D. B.-M., Contreras, J. C.-E., Rodríguez, R., & Mussatto, S. I. (2025). Influence of thermal effect on sugars composition of Mexican Agave syrup. *ResearchGate*, (13).

- https://www.researchgate.net/publication/273322842_Influence_of_thermal_effect_on_sugars_composition_of_Mexican_Agave_syrup
- Muñiz, M.-D. B., Rodríguez, J.-R. M., Rodríguez, H.-R., Contreras, E.-J. C., & Aguilar, G.-C. N. (2013). *Producción Artesanal del Aguamiel: Una Bebida Tradicional Mexicana* *Artisanal Production of Aguamiel: A Traditional Mexican Beverage*. 5(10).
<https://iniciativasolidaria.itesa.edu.mx/resources/DCVI/3.%20Aguamiel%20producci%C3%B3n.pdf>
- Navarro, M. V., Navarro, P. V., Wajer, S. C., Rodríguez, M. D., & Serrano, M. (2003). *Determinación de hidroximetilfurfural en mieles como parámetro indicador de la calidad de las mismas*.
<https://idus.us.es/server/api/core/bitstreams/82f38cf5-b092-4720-89a7-ebc99683ad66/content>
- Nieto, A. R., Vargas, M.-J., Nieto, A.-J. C., Rodriguez, O.-A., Jimenez, P.-V. M., Hernandez, C.-J., & Ortiz, B. M. (2016). *El cultivo de maguey pulquero (Agave salmiana) en el valle del mezquital*.
<https://upfim.edu.mx/wp-content/investigacion/libros/MagueyPulquero.pdf?t=1660859095>
- NMX, F.-110-S. (2008). *Especificaciones del Jarabe de Agave*. Studocu. <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-superior-de-arandas/analitica-de-los-alimentos/nmx-ff-110-scfi-2008-compress/113344994>
- Nobel, P. S. (1996). High Productivity of Certain Agronomic CAM Species. En K. Winter & J. A. C. Smith (Eds.), *Crassulacean Acid Metabolism: Biochemistry, Ecophysiology and Evolution* (pp. 255-265). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-79060-7_17
- Noriega, A. D.-J., Meza, L.-E., García, M. de L.-M., Ortiz, R. I.-B., Chacón, M. A.-L., Anaya, L. M.-E., & Montalvo, E.-G. (2025). Aguamiel, a Traditional Mexican Beverage: A Review of Its Nutritional Composition, Health Effects and Conservation. *Foods*, 14(1), 134.
<https://doi.org/10.3390/foods14010134>
- NTP, N. sanitarias aplicable a los A. y J. destinados al C. H. (2005). *PROYECTO NORMA SANITARIA AZUCARES 1.doc* (p. 17). https://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/consulta01.pdf
- NTP, N. tecnica peruana. (2005). *Microsoft Word—Proyecto Norma Sanitaria Azucares* (p. 17).
https://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/consulta01.pdf
- NTS, N. ° 071-M. (2008). *RM591MINSANORMA*.
https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/alimentos/RM591MINSANORMA.pdf
- Ozuna, C., & Robles, E. F. (2022). Agave syrup: An alternative to conventional sweeteners? A review of its current technological applications and health effects. *LWT*, 162, 113434.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113434>
- Palacios, C. T. M. (2022). *Aplicación de extracto de cabuya azul (Agave salmiana) en el recubrimiento de fresas para su conservación en refrigeración* [Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2076>

- Pomboza, Y. L. R., & Toaquiza, C. V. (2022). *Diseño del proceso de elaboración de miel a partir de la transformación de la fibra soluble del Agave (maguey)*. [Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9577>
- Ramírez, -Cuellar*, C., Alfaro, -Rodríguez, Ramos, L. G. M., Hernández, V. N. C., & Carranza-, J. C. (2018). *Capacidad antioxidante, fenoles totales y análisis microbiológico del Aguamiel*. 3, 495-500.
- Ramírez, L. I.-C., Alfaro, C.-R., Hernández, V. N.-C., & Carranza, J.-C. (2018). *Capacidad antioxidante, fenoles totales y análisis microbiológico del Aguamiel*. (3), 6.
- Ramos, Z. C. M. (2004). *MÉTODOS DE CONSERVACIÓN PARA RETARDAR LA FERMENTACIÓN EN AGUAMIEL*. [Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro].
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6216/T14710%20RAMOS%20ZABLAH%2C%20CLAUDIA%20MARGARITA%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Reyes, M. A., Azuara, N. E., & Beristain, Cl. (2009). *Artículo completo: Propiedades antioxidantes del maguey morado (Rhoeo discolor) Propiedades antioxidantes del maguey morado (Rhoeo discolor)*. 7(3). <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476330903010177>
- Robles, R. C., Erazo, R. E., Armijo, J. J. C., & Buendía, B. Q. (2023). Evaluation of Ethanol Production Process by the Fermentation of Blue Cabuya Juice (Agave americana), Using Yeast Strains (Saccharomyces cerevisiae) as Potential Application for Blue Agave Liquor. En *From Biomass to Biobased Products*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.111855>
- Rodríguez, R. L., Gallardo, A. I., Nieblas, M. C., Medina, M. J., & Ortiz, F. W. (2015). Obtención de jarabes dextrinizados mediante hidrólisis enzimática del almidón de sorgo. *Centro Azúcar*, 42(4), 49-58.
- Rojo, B.-M. (2021). *Fructooligosacaridos y calidad nutraceutica de jarabe de Agave salmiana obtenido a bajas presiones* [Universidad Autonoma Chapingo].
<https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/5555b4e9-0863-4def-8636-55ab88bd7d0c/content>
- Sánchez, Q. V., Concha, H. V. a, Prieto, C. L. F., & Carranza, T. J. (2016). *Encapsulación del jarabe de agave. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 6.
- Sanchez, Q. V., Concha, H. V., Prieto, C. L., & Carranza, T. J. (2016). *Encapsulacion del Jarabe de Agave*. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/6/104.pdf>
- Santos, Z. L., Leal, D. A. M., Jacobo, V. D. A., Rodríguez, R. J., García, L. S., & Gutiérrez, J. A. (2016). Characterization of concentrated agave saps and storage effects on browning, antioxidant capacity and amino acid content. *Journal of Food Composition and Analysis*, 45, 113-120.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.10.005>
- Sarah, D. C. (2022). Agave americana: Characteristics and Potential Breeding Priorities. *Plants*, 11(17), 2305. <https://doi.org/10.3390/plants11172305>
- Trejo, M. A., Espíndola, S. V., Lira, V. A., & Bustamante, P. S. (2018). *Caracterización de aguamiel y jarabe de agave originario del Estado de México, Hidalgo y Tlaxcala*. 3(522-528).

- Velázquez, I. O., González, G., Mellado, E., Veloz, R. A., Dzul, J. G., López, M. G., & García, M. I. (2018). Phytochemical profiles and classification of Agave syrups using ¹H-NMR and chemometrics. *Food Science & Nutrition*, 7(1), 3-13. <https://doi.org/10.1002/fsn3.755>
- Velázquez, R. I. O., González, G. G., Mellado, M. E., Veloz, G. R. A., Dzul, C. J. G., López, M. G., & García, V. M. I. (2018). Phytochemical profiles and classification of Agave syrups using ¹H-NMR and chemometrics. *Food Science & Nutrition*, 7(1), 3-13. <https://doi.org/10.1002/fsn3.755>
- Vicente, M.-F. J., Bautista, M. A., Villanueva-Tierrablanca, H. D., García, Ruíz J. L., Jiménez, I. H., & Bolaños, J. L. (2020). Novel process to obtain agave sap (aguamiel) by directed enzymatic hydrolysis of agave juice fructans. *LWT*, 127, 109387. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109387>
- Vila, J.-J. L. (2001). *Tecnología Farmaceutica*.
https://www.academia.edu/32032819/TECNOLOGIA_FARMAC%C3%89UTICA

ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	hipótesis	Variables	Metodología
¿Cómo influyen las dos etapas de desarrollo de la planta en las características fisicoquímicas del aguamiel y el tiempo del proceso térmico del jarabe de Maguey (<i>Agave americana</i> L.)?	Determinar las características fisicoquímicas del aguamiel y evaluar el efecto del tiempo del proceso térmico en la elaboración del jarabe de Maguey (<i>Agave americana</i> L.) obtenido de dos etapas de desarrollo de la planta.	Las dos etapas de desarrollo de la planta influyen en las características fisicoquímicas del aguamiel, así como el proceso térmico en el jarabe de Maguey (<i>Agave americana</i> L.).	Variables independientes • Etapa de desarrollo (8 a 10 años y de 12 a 15 años). • Tiempo de proceso térmico (2 a 3 horas) Variables dependientes • Características fisicoquímicas del aguamiel de maguey (pH, acidez titulable, densidad, sólidos solubles, actividad	Tipo de investigación: Experimental Nivel de investigación: Explicativo
¿Qué cantidad de contenido de fructooligosacáridos y azúcares reductores está presente en el jarabe de maguey (<i>Agave americana</i> L.)?	Evaluar el contenido de los fructooligosacáridos y azúcares reductores del jarabe de Maguey (<i>Agave americana</i> L.).	El contenido de fructooligosacáridos y azúcares reductores del jarabe de maguey varían en función del proceso térmico aplicado y de la etapa de desarrollo de la planta.		

¿El jarabe de maguey (<i>Agave americana</i> L.) cumple con los criterios de inocuidad microbiológica?	Determinar la inocuidad del aguamiel y del jarabe de maguey (<i>Agave americana</i> L), por análisis microbiológico para la mejor muestra.	El jarabe de maguey (<i>Agave americana</i> L.) obtenido del aguamiel cumple con los criterios de inocuidad microbiológica.	antioxidante, azúcares reductores y color) • Características fisicoquímicas del jarabe de maguey (pH, la acidez titulable, la densidad, los sólidos solubles, el color, la actividad antioxidante y el contenido de hidroximetilfurfural) • Fructooligosacáridos y Azucares reductores • Análisis microbiológico	
---	---	--	---	--

Anexo B: Estadística**Anexo B1: Análisis de Varianza para el pH del aguamiel**

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Edad	1	0.8067	0.80667	25.47	0.007
Error	4	0.1267	0.03167		
Total	5	0.9333			

Anexo B2: Análisis de Varianza para la acidez titulable del aguamiel

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Edad	1	0.000526	0.000526	1974.02	0.000
Error	4	0.000001	0.000000		
Total	5	0.000527			

Anexo B3: Análisis de Varianza para la densidad del aguamiel

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Edad	1	0.002360	0.002360	8.02	0.047
Error	4	0.001177	0.000294		
Total	5	0.003537			

Anexo B4: Análisis de Varianza para los sólidos solubles del aguamiel

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Edad	1	2.6667	2.6667	16.00	0.016
Error	4	0.6667	0.1667		
Total	5	3.3333			

Anexo B5: Análisis de Varianza para la actividad antioxidante del aguamiel

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Edad	1	79.64	79.643	25.76	0.007
Error	4	12.37	3.092		
Total	5	92.01			

Anexo B6: Análisis de Varianza para la azúcares reductores del aguamiel

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Edad	1	27.821	27.821	25.98	0.007
Error	4	4.283	1.071		
Total	5	32.104			

Anexo B7: Análisis de Varianza para la luminosidad del aguamiel

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Edad	1	0.01	0.015	0.00	0.997
Error	4	3292.27	823.068		
Total	5	3292.29			

Anexo B8: Análisis de Varianza para la cromaticidad del aguamiel**Cromaticidad en a***

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Edad	1	1.030	1.030	0.59	0.484
Error	4	6.932	1.733		
Total	5	7.962			

Cromaticidad en b*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Edad	1	5.607	5.607	0.64	0.470
Error	4	35.253	8.813		
Total	5	40.860			

Anexo B9: Análisis de Varianza para el pH del jarabe

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	3.94250	1.31417	30.33	0.000
Lineal	2	3.92167	1.96083	45.25	0.000
EDAD	1	2.52083	2.52083	58.17	0.000
TIEMPO	1	1.40083	1.40083	32.33	0.000
Interacciones de 2 términos	1	0.02083	0.02083	0.48	0.508
EDAD*TIEMPO	1	0.02083	0.02083	0.48	0.508
Error	8	0.34667	0.04333		
Total	11	4.28917			

Anexo B10: Análisis de Varianza para el Acidez titulable del jarabe

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	0.012298	0.004099	6.16	0.018
Lineal	2	0.011451	0.005725	8.60	0.010
EDAD	1	0.011359	0.011359	17.07	0.003
TIEMPO	1	0.000092	0.000092	0.14	0.720
Interacciones de 2 términos	1	0.000847	0.000847	1.27	0.292
EDAD*TIEMPO	1	0.000847	0.000847	1.27	0.292

Error	8	0.005324	0.000665
Total	11	0.017622	

Anexo B11: Análisis de Varianza para la densidad del jarabe

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	0.42998	0.143326	52.13	0.000
Lineal	2	0.38867	0.194337	70.69	0.000
EDAD	1	0.02673	0.026735	9.72	0.014
TIEMPO	1	0.36194	0.361940	131.65	0.000
Interacciones de 2 términos	1	0.04130	0.041302	15.02	0.005
EDAD*TIEMPO	1	0.04130	0.041302	15.02	0.005
Error	8	0.02199	0.002749		
Total	11	0.45197			

Anexo B12: Análisis de Varianza para los Sólidos solubles del jarabe

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	201.417	67.139	57.55	0.000
Lineal	2	196.083	98.042	84.04	0.000
EDAD	1	12.000	12.000	10.29	0.012
TIEMPO	1	184.083	184.083	157.79	0.000
Interacciones de 2 términos	1	5.333	5.333	4.57	0.065
EDAD*TIEMPO	1	5.333	5.333	4.57	0.065
Error	8	9.333	1.167		
Total	11	210.750			

Anexo B13: Análisis de Varianza para la luminosidad del jarabe

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	2273.09	757.70	19.07	0.001
Lineal	2	2273.06	1136.53	28.60	0.000
EDAD	1	64.40	64.40	1.62	0.239
TIEMPO	1	2208.65	2208.65	55.58	0.000
Interacciones de 2 términos	1	0.03	0.03	0.00	0.979
EDAD*TIEMPO	1	0.03	0.03	0.00	0.979
Error	8	317.89	39.74		
Total	11	2590.98			

Anexo B14: Análisis de Varianza para la cromaticidad de a* y b* del jarabe

Cromaticidad en a*

Fuente (a*)	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	2440.0	813.3	2.86	0.104
Lineal	2	2335.0	1167.5	4.11	0.059
EDAD	1	556.2	556.2	1.96	0.199
TIEMPO	1	1778.8	1778.8	6.26	0.037
Interacciones de 2 términos	1	105.0	105.0	0.37	0.560
EDAD*TIEMPO	1	105.0	105.0	0.37	0.560
Error	8	2274.5	284.3		
Total	11	4714.5			

Cromaticidad en b*

Fuente (b*)	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	627.28	209.092	1.04	0.427
Lineal	2	169.71	84.854	0.42	0.670
EDAD	1	4.69	4.688	0.02	0.883
TIEMPO	1	165.02	165.021	0.82	0.392
Interacciones de 2 términos	1	457.57	457.568	2.27	0.170
EDAD*TIEMPO	1	457.57	457.568	2.27	0.170
Error	8	1612.27	201.534		
Total	11	2239.55			

Anexo B15: Análisis de Varianza para Hidroximetilfurfural

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	14731.5	4910.5	4.65	0.036
Lineal	2	14715.1	7357.6	6.97	0.018
EDAD	1	11.1	11.1	0.01	0.921
TIEMPO	1	14704.1	14704.1	13.93	0.006
Interacciones de 2 términos	1	16.4	16.4	0.02	0.904
EDAD*TIEMPO	1	16.4	16.4	0.02	0.904
Error	8	8441.8	1055.2		
Total	11	23173.3			

Anexo B16: Análisis de Varianza para la actividad antioxidante del jarabe

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	10.597	3.532	1.05	0.420
Lineal	2	5.527	2.763	0.83	0.472
EDAD	1	3.899	3.899	1.16	0.312
TIEMPO	1	1.628	1.628	0.49	0.505
Interacciones de 2 términos	1	5.070	5.070	1.51	0.253
EDAD*TIEMPO	1	5.070	5.070	1.51	0.253
Error	8	26.790	3.349		
Total	11	37.386			

Anexo B17: Análisis de Varianza para los azúcares reductores

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	1420.49	473.50	583.05	0.000
Lineal	2	1171.51	585.75	721.28	0.000
EDAD	1	1022.68	1022.68	1259.31	0.000
TIEMPO	1	148.83	148.83	183.26	0.000
Interacciones de 2 términos	1	248.98	248.98	306.58	0.000
EDAD*TIEMPO	1	248.98	248.98	306.58	0.000
Error	8	6.50	0.81		
Total	11	1426.98			

Anexo C: Panel fotográfico

Imagen 1: Selección de las plantaciones de maguey (*Agave americana* L.)



Imagen 2: Medimos el área donde se encuentran las plantaciones de maguey (*Agave americana* L.)



Imagen 3: Cercado el área donde se encuentran las plantaciones de maguey (*Agave americana* L)



Imagen 4 y 5: Selección del maguey (*Agave americana* L.). Según sus edades. De 12 – 15 años y de 8-10 años.



Imagen 6: Despuntado de las pencas del maguey (*Agave americana* L.)



Imagen 7: Limpieza y desinfectado de las pencas de maguey (*Agave americana* L.)



Imagen 8: Abertura del orificio del maguey (*Agave americana* L.).



Imagen 9: Raspado del orificio del maguey (*Agave americana* L.).



Imagen 10: Extracción de líquido o aguamiel del maguey (*Agave americana* L.).



Imagen 11: Traslado de líquido o aguamiel de maguey (*Agave americana* L.).



Imagen 12: Muestras de líquido o aguamiel de maguey (*Agave americana* L.) de las dos etapas de desarrollo.



Imagen 13: Proceso de evaporación y concentración del líquido o aguamiel de maguey (*Agave americana L.*) de las dos etapas de desarrollo



Imagen 14: Envasado del Jarabe de aguamiel de maguey (*Agave americana L.*) en cada uno de los tratamientos.



Imagen 15: Determinación del pH de la materia prima y el Jarabe de aguamiel de maguey (*Agave americana* L.).



Imagen 16: Determinación de la densidad de la materia prima y el Jarabe de aguamiel de maguey (*Agave americana* L.)



Imagen 17: Refractómetro empleado en la determinación de grados brix de la materia prima y el Jarabe de aguamiel de maguey (*Agave americana* L.).



Imagen 18: Determinación de acidez mediante la acidez titulable de la materia prima y el Jarabe de aguamiel de maguey (*Agave americana* L.).



Imagen 19: Determinación de acides mediante la aplicación Cielab de la materia prima y el Jarabe de aguamiel de maguey (*Agave americana* L.).



Imagen 20: DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL JARABE DE MAGUEY (*Agave americana* L.).



Imagen 21: DETERMINACIÓN DE AZUCARES REDUCTORES JARABE DE MAGUEY (*Agave americana* L.).



Imagen 22: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL JARABE DE MAGUEY (*Agave americana* L.).



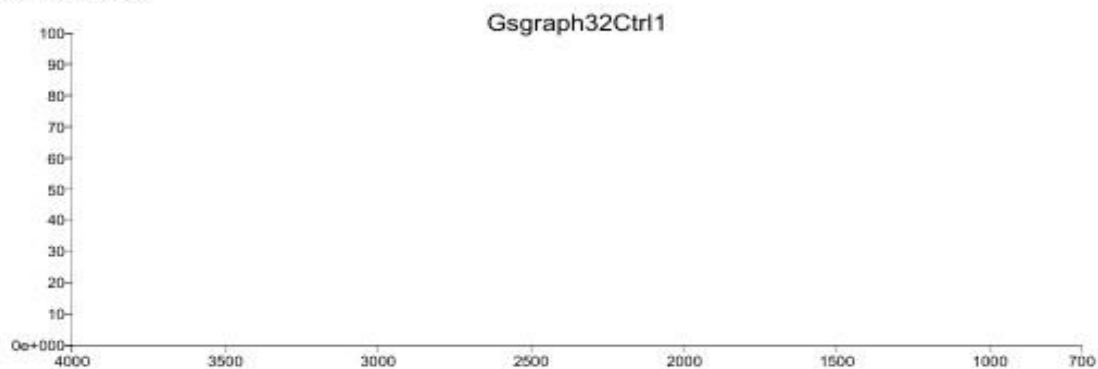
Imagen 23: Fructooligosacáridos (*Agave americana* L.).



Anexo D: Otros**Anexo D1: Certificado de análisis de hidroximetilfurfural****Quant Report**

Wavelength quant - Lambda 365+ jueves, 18 de diciembre de 2025 18:08
Hora est. Pacífico, Sudamérica

Calibration Graph



Correlation Coefficient

0

Calibration Type

Calibration curve

Calibrated on

Standards Table

Sample ID				
-----------	--	--	--	--

Quant Report

Wavelength quant - Lambda 365+ jueves, 18 de diciembre de 2025 18:08
Hora est. Pacífico, Sudamérica

Instrument Settings

Cycle Count	1	
Cycle Time	1	s
Response	1	s
Wavelengths	336	nm
Ordinate Type	A	
Slit Width	1	nm
UV Lamp On	Yes	
Visible Lamp On	Yes	
Lamp Change-over Wavelength	400	nm

Method	[D10:Name]
Analyst	[D9:Name]
Time	[D8:Date Analyzed]

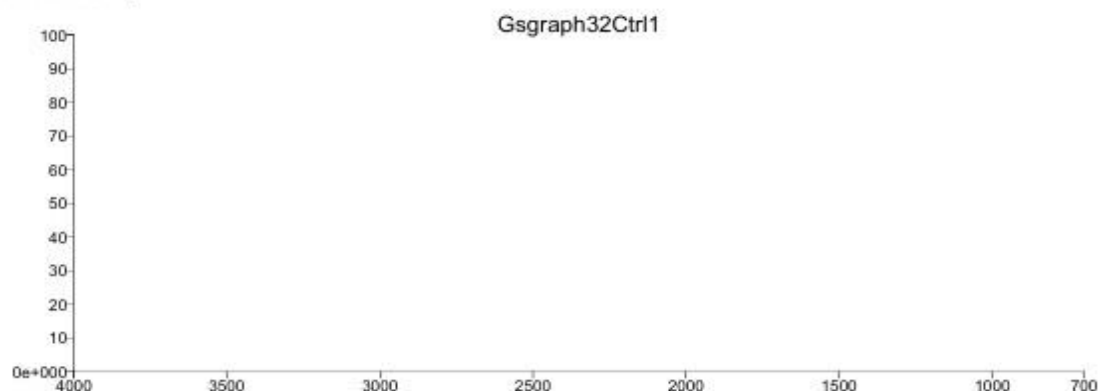
Results Table

Sample ID	Description	Concentration	Analyte	Ordinate (A)
T3-1-SULF.Control				-0.3461
T3-1-M.Sample				-0.3477
T3-2-SULF.Control				-0.2249
T3-2-M.Sample				-0.2186
T3-3-SULF.Control				0.0266
T3-3-M.Sample				0.0232
T4-1-SULF.Control				-0.3141
T4-1-M.Sample				-0.3142
T4-2-SULF.Control				-0.4888
T4-2-M.Sample				-0.4888
T4-3-SULF.Control				-0.4625
T4-3-M.Sample				-0.4625

Quant Report

Wavelength quant - Lambda 365+ jueves, 18 de diciembre de 2025 17:52
Hora est. Pacífico, Sudamérica

Calibration Graph



Correlation Coefficient

0

Calibration Type

Calibration curve

Calibrated on

Standards Table

Sample ID				
-----------	--	--	--	--

Quant Report

Wavelength quant - Lambda 365+ jueves, 18 de diciembre de 2025 17:52
Hora est. Pacífico, Sudamérica

Instrument Settings

Cycle Count	1	
Cycle Time	1	s
Response	1	s
Wavelengths	284	nm
Ordinate Type	A	
Slit Width	1	nm
UV Lamp On	Yes	
Visible Lamp On	Yes	
Lamp Change-over Wavelength	400	nm

Method	[D10:Name]
Analyst	[D9:Name]
Time	[D8:Date Analyzed]

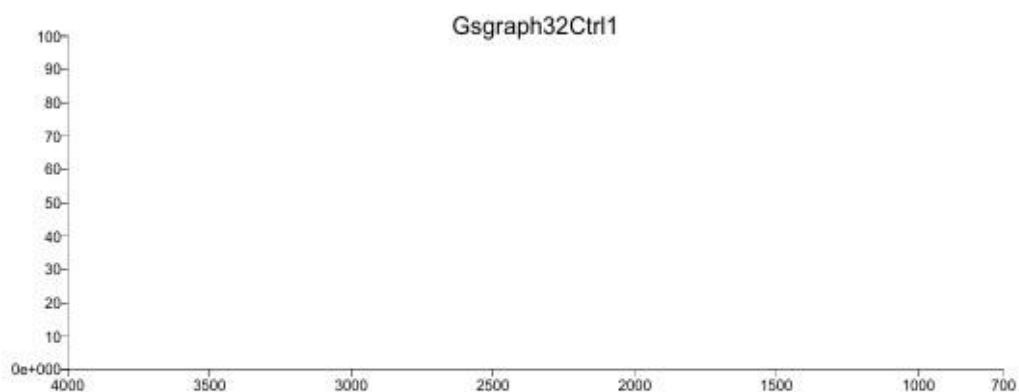
Results Table

Sample ID	Description	Concentration	Analyte	Ordinate (A)
T3-1-SULF.Control				0.7198
T3-1-M.Sample				0.7005
T3-2-SULF.Control				0.4348
T3-2-M.Sample				0.4348
T3-3-SULF.Control				0.2963
T3-3-M.Sample				0.2991
T4-1-SULF.Control				0.2128
T4-1-M.Sample				0.2122
T4-2-SULF.Control				0.2430
T4-2-M.Sample				0.2467
T4-3-SULF.Control				0.2622
T4-3-M.Sample				0.2614

Quant Report

Wavelength quant - Lambda 365+ miércoles, 17 de diciembre de 2025 19:08
Hora est. Pacífico, Sudamérica

Calibration Graph



Correlation Coefficient
0

Calibration Type
Calibration curve

Calibrated on

Standards Table

Sample ID				
-----------	--	--	--	--

Quant Report

Wavelength quant - Lambda 365+ miércoles, 17 de diciembre de 2025 19:08
Hora est. Pacífico, Sudamérica

Instrument Settings

Cycle Count	1	
Cycle Time	1	s
Response	1	s
Wavelengths	336	nm
Ordinate Type	A	
Slit Width	1	nm
UV Lamp On	Yes	
Visible Lamp On	Yes	
Lamp Change-over Wavelength	400	nm

Method	[D10:Name]
Analyst	[D9:Name]
Time	[D8:Date Analyzed]

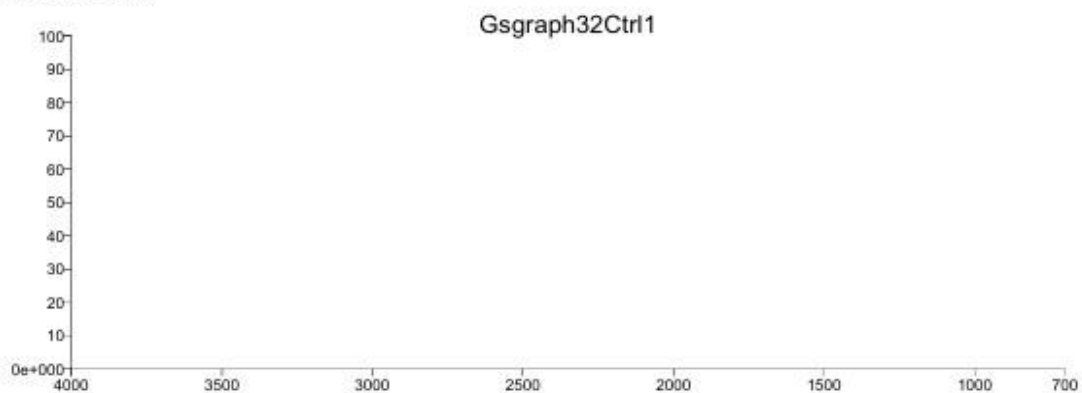
Results Table

Sample ID	Description	Concentration	Analyte	Ordinate (A)
T1-1-SULF.Control				-0.0268
T1-1-M.Sample				-0.0267
T1-2-SULF.Control				-0.2137
T1-2-MU.Sample				-0.2138
T1-3-SULF.Control				-0.2492
T1-3-MU.Sample				-0.2492
T2-1-SULF.Control				0.0666
T2-1-M.Sample				0.0666
T2-2-SULF.Control				-0.0820
T2-2-M.Sample				-0.0820
T2-3-SULF.Control				-0.2566
T2-3-MUEST.Sample				-0.2566

Quant Report

Wavelength quant - Lambda 365+ miércoles, 17 de diciembre de 2025 18:50
Hora est. Pacífico, Sudamérica

Calibration Graph



Correlation Coefficient

0

Calibration Type

Calibration curve

Calibrated on

Standards Table

Sample ID				
-----------	--	--	--	--

Quant Report

Wavelength quant - Lambda 365+ miércoles, 17 de diciembre de 2025 18:50
Hora est. Pacífico, Sudamérica

Instrument Settings

Cycle Count	1	
Cycle Time	1	s
Response	1	s
Wavelengths	284	nm
Ordinate Type	A	
Slit Width	1	nm
UV Lamp On	Yes	
Visible Lamp On	Yes	
Lamp Change-over Wavelength	400	nm

Method	[D10:Name]
Analyst	[D9:Name]
Time	[D8:Date Analyzed]

Results Table

Sample ID	Description	Concentration	Analyte	Ordinate (A)
T1-1-SULF.Control				0.0438
T1-1-MUEST.Sample				0.0442
T1-2-SULF.Control				0.0435
T1-2-M.Sample				0.0437
T1-3-SULF.Control				0.0438
T1-3-M.Sample				0.0437
T2-1-SULF.Control				0.0449
T2-1-M.Sample				0.0434
T2-2-SULF.Control				0.0431
T2-2-MU.Sample				0.0436
T2-3-SULF.Control				0.0441
T2-3-MUESTRA.Sample				0.0438



Printed by:
 Template:
 Print Date and Time:

Administrator
 Default-Quant
 Diciembre 17, 2025 19:04:22 Hora est. Pacífico, Sudamérica

Page 2 of 2

Anexo D2: Certificado de actividad antioxidante

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE QUÍMICA FACULTAD DE CIENCIA QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN, ANÁLISIS Y PREPARACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICOS – LABOR
 Creado por Res. N° AU-010-2021-UNSAAC

INFORME N° 004 – 2025-LABOR-EPQ – UNSAAC

SOLICITANTES : Beatriz Mejia Ayala
 Marleny Percca Bolivar

MUESTRAS : JARABE A MAGUEY (*Agave americana*)

L)

CODIGO DE MUESTRAS:

- Muestra E-12-15 años
- Muestra E-8-10 años
- Muestra T1
- Muestra T2
- Muestra T3
- Muestra T4

TIPO DE ANÁLISIS : a) Actividad Antioxidante
 b) Azúcares Reductores

FECHA DE INFORME : 17 de julio del 2025

RESULTADOS DE ANÁLISIS

1) ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE. - Método DPPH - Espectroscopia Visible

RESULTADOS DE ANÁLISIS

MUESTRAS	RESULTADOS – 1 (%)	RESULTADOS – 2 (%)	RESULTADOS – 3 (%)
E : 12 – 15 años	47.27	47.32	50.34
E : 8 – 10 años	56.72	56.50	53.57
T1 (8-10 años)	93.07	92.98	90.04
T2 (12-15 años)	93.48	93.29	96.64
T3 (8-10 años)	92.65	92.51	97.04
T4 (12 – 15 años)	93.62	93.62	94.48

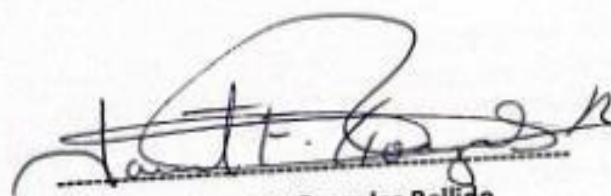
Anexo D3: Certificado de análisis de azúcares reductores

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE QUÍMICA FACULTAD DE CIENCIA QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN, ANÁLISIS Y PREPARACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICOS – LABOR
 Creado por Res. N° AU-010-2021-UNSAAC

2) AZÚCARES REDUCTORES. - Método de Fehling

MUESTRAS	RESULTADOS – 1 (%)	RESULTADOS – 2 (%)	RESULTADO -3 (%)
E : 12 – 15 años	21.4	22.48	21.60
E : 8 – 10 años	16	18	16.10
T1 (8-10 años)	45	42.16	45.20
T2 (12-15 años)	16.72	16.12	16.80
T3 (8-10 años)	28.12	27.46	28.32
T4 (12 – 15 años)	18.76	18.52	18.56

Es cuanto informamos, para fines consiguientes



Mg. Janet F. Gonzales Bellido
 Área de Química Orgánica

Anexo D4: Certificado del análisis de fructooligosacáridos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad
 AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

RESULTADOS

Cusco, 18 de Septiembre del 2025 ^{67-B314}

Solicitantes : Beatriz Mejia Ayala
 Tipo de Análisis : Determinación de FOS
 Método : Cromatografía líquida HPLC-RID
 Tipo de Muestras : Jarabe de Maguey *Agave americano L* (12-15 años)
 Cantidad de Muestra : 1 frasco conteniendo con 100gr aprox
 Almacenamiento : 4 °C.

Fructooligosacáridos	TR min	Replica			Promedio
		1	2	3	mg/gr
1-Kestose (Glu-Fru2)	15.423	6.38	7.06	7.11	6.85
	15.774	9.33	9.65	10.14	9.71
Otros polisacaridos no identificados	16.898	9.90	8.90	9.09	9.30
	18.584	13.34	11.38	11.43	12.05
TR min = Tiempo de retención en minutos				Total FOS	37.90

Nota:

Se ha detectado la presencia de 1-Kestose en la muestra en el minuto 15.423 mediante la comparación de la señal del estándar (ver cromatograma), las otras señales que están en los minutos 15.774, 16.898 y 18.584 podrían ser otros polisacaridos como Nystose y 1F-Fructofuranosyl nystose según literatura reportada, se ha utilizado una curva de calibración de diferentes concentraciones del estándar 1-Kestose, el resultado expresa el contenido de Fructooligosacáridos (FOS) en equivalentes de 1-Kestose por gramos de muestra.



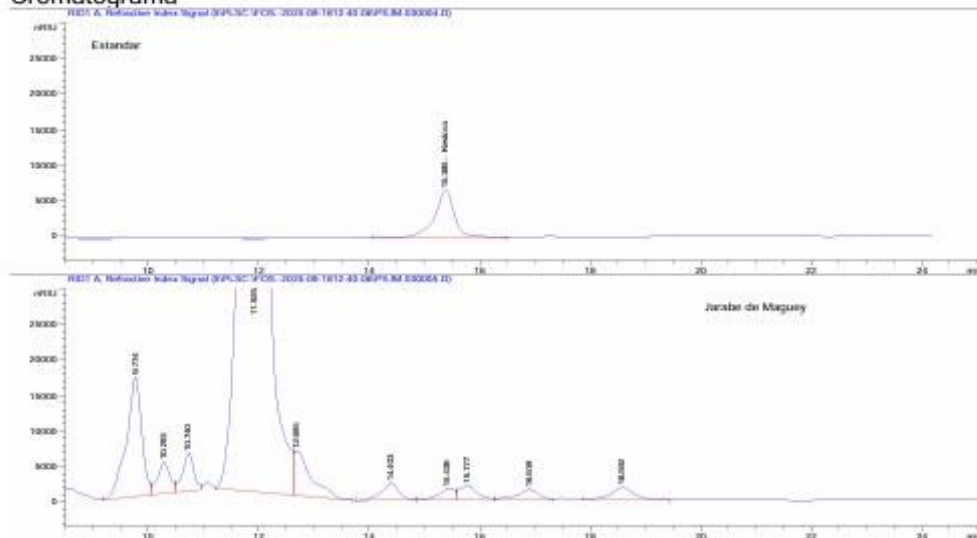
Químico. Jorge Choquenaira Pari
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y
 Espectrometría – UNSAAC.
 CQP - 914



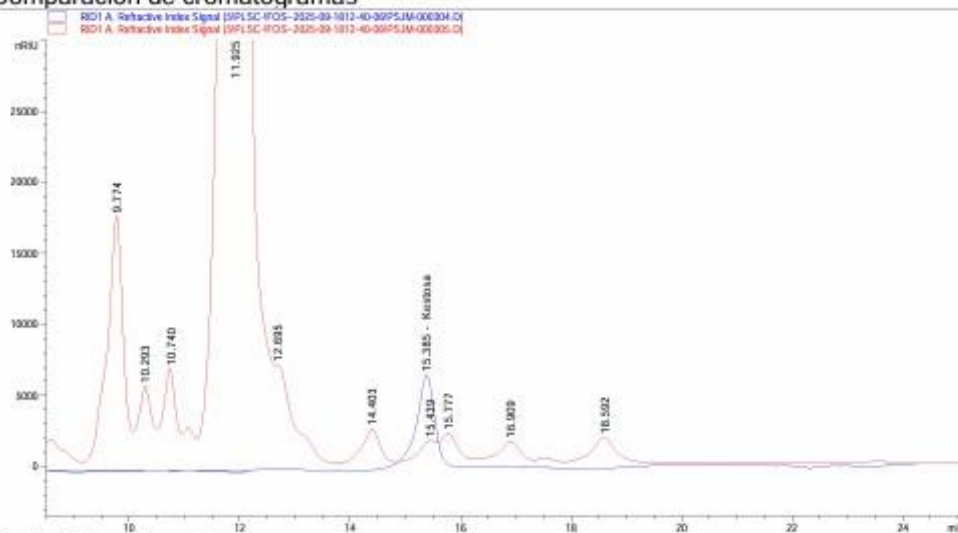
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad
 AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

RESULTADOS

Cromatograma



Comparación de cromatogramas



Azul = Estandar 1-Kestose

Rojo = Jarabe de Maguey



Quisico. Jorge Chequenaira Pari
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y
 Espectrometría – UNSAAC.
 CQP - 914



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad
 AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

RESULTADOS

Condiciones de Análisis por HPLC

Cromatógrafo:	Agilent serie 1200
Software:	Chemstation V03.02
Columna:	Zorbax Carbohydrate 4.6 x 250mm, 5µm
Flujo de Columna:	0.6 ml/min.
Temperatura:	35 °C
Fase Movil:	Acetonitrilo: Agua (70:30)
Volumen de Inyección:	5µL
Detección:	Índice de Refracción RID, 40°C
Tiempo de Análisis:	25 minutos

Referencia consultada

1. Agilent Technologies USA 2003 Typical Performance of ZORBAX Carbohydrate Analysis Column N° 820629-008c
2. Analytical Chemistry, 1. Food Analysis A. Fructooligosaccharide Analysis. Wako Product Update No.16, <https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/journal/docs/proup16.pdf>
3. L. Yuanita, P. R. Wikandari, Isnawati and W. B. Sabtiawan (2018) The Effect of Storage and Boiling Time of Yacon Tubers to Scfa And Lactic Acid Concentrations by Bifidobacterium longum. Reuter ATCC 15707 and Lactobacillus acidophilus IFO 13951 Rasayan J. Chem., 11(4), 1635-1642 <http://dx.doi.org/10.31788/RJC.2018.1143053>
4. González-Aguirre, C. L., & Ramírez-Navas, J. S. (s. f.). (2018) Desarrollo y validación de un método para la cuantificación de fructooligosacáridos en un helado prebiótico. 9. Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research, 6 (2), 108-116, 2018 ISSN 0719-4250 <http://jppres.com/jppres>




 Químico. Jorge Choquenaira Pari
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y
 Espectrometría – UNSAAC.
 CQP - 914

Anexo D5: Certificado del análisis microbiológico del aguamiel y el jarabe de Maguey



LAASA LAB
Laboratorio de Análisis de Alimentos, Aguas, Sólidos y Microorganismos

INFORME N° 027 AM- LAASA LAB EIRL. 2025

ANÁLISIS DE MICROBIOLÓGICO DE MATERIA PRIMA AGUAMIEL EXTRAÍDO DE MAGUEY (Agave americana l)

SOLICITANTES: Bach. MEJIA AYALA, BEATRIZ COD. 062484
Bach. PERCCA BOLIVAR, MARLENY COD. 062489

PROYECTO TESIS: "EVALUACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO EN LA OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL JARABE DE MAGUEY (Agave americana l) EN DOS ETAPAS DE DESARROLLO."

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco – Facultad de Ingeniería de Procesos – Escuela Profesional de Ingeniería Industrial.

MUESTRA 1: Líquido de aguamiel extraído de maguey (agave americana l)

• Caracterización de la muestra:

Toma de muestra	:	Realizada por Solicitantes.
Distrito	:	Sicuani.
Fecha de muestreo	:	28/08/25
Descripción de muestra	:	01 envase vidrio desinfectado.
Condición de muestra	:	
Recibida	:	Entregada en Laboratorio en Buenas condiciones.

- **Doc Referencia:** NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01 NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD SANITARIA E INOCUIDAD PARA LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS DE CONSUMO HUMANO, con RM N°591-2008/MINSA, Grupo VI: Azúcares, Miel y Productos Similares; Categoría VI.3 Otros jarabes (de Maple, maíz, frutas, algarrobina, otros), Edulcorantes.

• Resultados :

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO			
PARÁMETRO	UNIDAD	Límite permisible	Muestra 1
Microorganismos Aerobios Mesófilos Viables	UFC/mL.	10 ³	170
Enterobacterias.	UFC/mL.	<1	0
Mohos	UFC/mL.	10	8
Levaduras osmófilas.	UFC/mL.	10	9

MÉTODO DE ANÁLISIS: El ensayo de análisis de jarabe se ha realizado bajo el método de Agotamiento en superficie estandarizado.

Abreviaturas: UFC/mL. Unidades formadoras de colonias por mililitro de muestra.

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.

Cusco, 5 de setiembre del 2025
MCYM


LAASA LAB

Servicio de análisis de aguas, alimentos y ambientes saludables

INFORME N° 027 AM- LAASA LAB EIRL. 2025

ANÁLISIS DE MICROBIOLÓGICO DE JARABE ELABORADO DE MAGUEY (Agave americana L) DE UNA ETAPA O EDAD DE 12 A 15 AÑOS DE DESARROLLO ELABORADO EN 2 HORAS.

SOLICITANTES: Bach. MEJIA AYALA, BEATRIZ COD. 062484
Bach. PERCCA BOLIVAR, MARLENY COD. 062489

PROYECTO TESIS: "EVALUACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO EN LA OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL JARABE DE MAGUEY (Agave americana L) EN DOS ETAPAS DE DESARROLLO."

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco – Facultad de Ingeniería de Procesos – Escuela Profesional de Ingeniería Industrial.

MUESTRA 2: Jarabe elaborado de maguey (agave americana L) de una etapa o edad de 12 -15 años de desarrollo elaborado en 2 horas

• **Caracterización de la muestra:**

Toma de muestra : Realizada por Solicitantes.
Distrito : Sicuani.
Fecha de muestreo : 28/08/25
Descripción de muestra : 01 envase vidrio desinfectado.
Condición de muestra :
Recibida : Entregada en Laboratorio en Buenas condiciones.

• **Doc Referencia:** NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01 NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD SANITARIA E INOCUIDAD PARA LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS DE CONSUMO HUMANO, con RM N°591-2008/MINSA, Grupo VI: Azúcares, Miel y Productos Similares; Categoría VI.3 Otros jarabes (de Maple, maíz, frutas, algarrobina, otros), Edulcorantes.

• **Resultados :**

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO			
PARÁMETRO	UNIDAD	Límite permisible	Muestra 1
Microorganismos Aerobios Mesófilos Viables	UFC/mL.	10 ³	170
Enterobacterias.	UFC/mL.	<1	0
Mohos	UFC/mL.	10	4
Levaduras osmófilas.	UFC/mL.	10	7

MÉTODOS DE ANÁLISIS: El ensayo de análisis de jarabe se ha realizado bajo el método de Agotamiento en superficie estandarizado.

Abreviaturas: UFC/mL. Unidades formadoras de colonias por mililitro de muestra.

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada

Cusco, 5 de setiembre del 2025
MCYM

Anexo D6: Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano

El Peruano
Lima, viernes 29 de agosto de 2008

NORMAS LEGALES

378827

De conformidad con lo establecido en el Decreto Ley N° 25977- Ley General de Pesca y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 012-2001-PE, el Reglamento de Ordenamiento Pesquero de Jurel y Caballa aprobado por Decreto Supremo N° 011-2007-PRODUCE y la Ley N° 27444 - Ley del Procedimiento Administrativo General;

En uso de las atribuciones conferidas en el artículo 118° del Reglamento de la Ley General de Pesca, aprobado por Decreto Supremo N° 012-2001-PE y el literal c) del artículo 21° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de la Producción aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2002-PRODUCE;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Declarar inadmisibles los recursos de reconsideración interpuestos contra las Resoluciones Directorales Nros. 152, 153, 154, 155, 156, 157 y 158-2008-PRODUCE/DGEPP por el señor CESAR TORRES CARRILLO, por las razones expuestas en la parte considerativa de la presente Resolución Directoral.

Artículo 2°.- Transcribese la presente Resolución Directoral a la Dirección General de Seguimiento, Control y Vigilancia del Ministerio de la Producción y deberá consignarse en el portal de la página web www.produce.gob.pe.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

MARCO ANTONIO ESPINO SÁNCHEZ
Director General de Extracción y
Procesamiento Pesquero

244434-8

SALUD

Aprueban "Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano"

RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 591-2008/MINSA

Lima, 27 de agosto del 2008

Visto: el Expediente N° 07-051670-002, que contiene el Oficio N° 5868-2008/DG/DIGESA, cursado por la Dirección General de Salud Ambiental;

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 92° de la Ley N° 26842, Ley General de Salud establece que la Autoridad de Salud de nivel nacional es la encargada entre otros, del control sanitario de los alimentos y bebidas;

Que, el literal a) del artículo 25° de la Ley N° 27657, Ley del Ministerio de Salud, señala que la Dirección General de Salud Ambiental-DIGESA es el órgano técnico-normativo en los aspectos relacionados al saneamiento básico, salud ocupacional, higiene alimentaria, zoonosis y protección del ambiente;

Que, el literal c) del artículo 49° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Salud, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-SA, establece como función general de la Dirección de Higiene Alimentaria y Zoonosis de la DIGESA, concertar y articular los aspectos técnicos y normativos en materia de inocuidad de los alimentos, bebidas y de prevención de la zoonosis;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 615-2003-SA/DM, se aprobaron los "Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano", en el cual se señalan los criterios microbiológicos que deben cumplir los alimentos y bebidas en estado natural, elaborados o procesados, para ser considerados aptos para el consumo humano, estableciendo que la verificación de su cumplimiento estará

a cargo de los organismos competentes en vigilancia sanitaria de alimentos y bebidas a nivel nacional;

Que, por Resolución Ministerial N° 709-2007/MINSA, se dispuso que la Oficina General de Comunicaciones efectúe la publicación en el portal de Internet del Ministerio de Salud, hasta por un período de treinta (30) días calendario, del proyecto de la NTS N° -MINSA/DIGESA - V.01 "Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano", con la finalidad de poner a disposición de la opinión pública interesada, así como de recepcionar las sugerencias o recomendaciones que pudieran contribuir a su perfeccionamiento;

Que, con Informe N° 1746-2008/DHAZ/DIGESA, emitido por la Dirección de Higiene Alimentaria y Zoonosis de la DIGESA, informa que los aportes y opiniones fueron revisados y analizados conjuntamente con el área de laboratorio de inocuidad de los alimentos de la DIGESA, concluyendo que el informe técnico recoge los aportes de la opinión pública, los cuales han sido evaluados e incorporados en lo pertinente al mismo;

Estando a lo propuesto por la Dirección General de Salud Ambiental;

Con el visado del Director General de la Dirección General de Salud Ambiental, de la Directora General de la Oficina General de Asesoría Jurídica y del Viceministro de Salud; y,

De conformidad con lo dispuesto en el literal f) del artículo 8° de la Ley N° 27657, Ley del Ministerio de Salud;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprobar la NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01. "Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano" que forma parte integrante de la presente resolución.

Artículo 2°.- La Dirección General de Salud Ambiental a través de la Dirección de Higiene Alimentaria y Zoonosis se encargará de la difusión e implementación de la citada norma.

Artículo 3°.- Derogar la Resolución Ministerial N° 615-2003-SA/DM.

Artículo 4°.- La Oficina General de Comunicaciones dispondrá la publicación de la referida Norma Técnica contenido en la presente Resolución en el Portal de Internet del Ministerio de Salud, en la dirección: <http://www.minsa.gob.pe/portal/06transparencia/normas.asp>.

Regístrese, comuníquese y publíquese

HERNÁN GARRIDO-LECCA MONTAÑEZ
Ministro de Salud

244988-5

TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Autorizan viajes de inspectores de la Dirección General de Aeronáutica Civil a Ecuador y EE.UU., en comisión de servicios y sin irrogar gastos al Estado

RESOLUCIÓN SUPREMA N° 109-2008-MTC

Lima, 28 de agosto de 2008

VISTOS:

El Informe N° 482-2008-MTC/12 del 12.08.08, emitido por la Dirección General de Aeronáutica Civil y el Informe N° 047-2008-MTC/12.07 del 08.08.08 emitido por la Dirección de Certificaciones y Autorizaciones de la Dirección General de Aeronáutica Civil, y;

CONSIDERANDO:

Que, la Ley N° 27619, en concordancia con su norma reglamentaria aprobada por Decreto Supremo N° 047-

eyes J.

VI. AZÚCARES, MIELES Y PRODUCTOS SIMILARES.**VI.1 Azúcar refinada doméstica, blanco directo, en polvo, blanda, azúcares líquidos, jarabes, dextrosa, fructosa, otros.**

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos	1	3	5	3	10^2	2×10^2
Mohos	2	3	5	3	< 10	10
Levaduras	2	3	5	2	< 50	50

VI.2. Azúcar rubia doméstica, chancaca.

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos	1	3	5	2	4×10^2	2×10^3
Enterobacteriaceas	5	3	5	2	10	10^2

Mohos	2	3	5	2	10	20
Levaduras	2	3	5	2	10	10^2

VI.3. Otros jarabes (de maple, de maíz, frutas, algarrobina, otros), edulcorantes.

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g ó mL	
					m	M
Aerobios mesófilos	2	3	5	2	10^3	10^4
Enterobacteriaceas (*)	5	3	5	2	<1	10
Mohos	2	3	5	2	10	10^2
Levaduras osmófilas	2	3	5	2	10	10^2

(*) Para los de consumo directo. Para los que requieren dilución para su análisis m = <10.

VI.4 Miel, jalea real y similares.

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos	2	3	5	2	10^3	10^4
Anaerobios sulfito reductores	5	3	5	2	10^3	10^3
Mohos	2	3	5	2	10	10^2

Anexo D7: Norma Técnica Peruana

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 203.070
1977 (revisada el 2017)**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Cañabaz 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

**PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DE FRUTAS
Y OTROS VEGETALES. Determinación de la acidez**

PRODUCTS ELABORATED FROM FRUITS AND OTHER VEGETABLES. Determination of the acidity

**2017-06-15
1ª Edición**

R.D. N° 023-2017-INACAL/DN. Publicada el 2017-07-12

Precio basado en 07 páginas

LC: S/- 67.000.00

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descripción: Fruta, vegetal, acidez

© INACAL 2017

2.5 Obtención de los resultados

2.5.1 La acidez titulable se expresa según se indica a continuación, dependiendo del producto y si ha habido o no dilución del mismo en la preparación de la muestra.

2.5.1.1 Jugos de frutas, néctares de frutas y frutas en almíbar

La acidez titulable de estos productos se expresa en gramos de ácido predominante de la fruta en 100 mL de producto, a excepción de frutas en almíbar (véase apartado 2.5.1.1.1) y se calcula por la fórmula siguiente:

$$Ac = \frac{100 V_1 N me}{V}$$

donde:

- Ac = Acidez titulable, en gramos por 100 mL
- V = Volumen de la muestra, en centímetros cúbicos
- V₁ = Volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en centímetros cúbicos
- N = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio
- me = Miliequivalentes del ácido en términos del cual se expresa la acidez, sabiendo que: 1 mL de la solución 1 N de álcali equivale a:
- 0,06005 g de ácido acético.
 - 0,06404 g de ácido cítrico anhidro.
 - 0,06704 g de ácido málico.
 - 0,07505 g de ácido tartárico.

2.5.1.1.1 Observación: En el caso de frutas en almibar, la acidez está referida solamente al almibar sin incluir la fruta.

2.5.1.2 Salsa de tomate, vegetales colados, jaleas de frutas, frutas frescas, frutas secas y mermeladas de frutas: La acidez titulable de estos productos se expresa en gramos del ácido predominante de la fruta en 100 g de producto, y se calcula por la fórmula siguiente:

$$A_c = \frac{20 V_1 N_{me}}{3 V} \times 100$$

donde:

- A_c = Acidez titulable, en gramos por 100 g
- V = Volumen de la muestra diluida tomado para el análisis, véase apartado 2.4.1.1, en centímetros cúbicos
- V_1 = Volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en centímetros cúbicos
- N = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio
- me = Miliequivalente del ácido en términos del cual se expresa la acidez, sabiendo que: 1 mL de la solución 1 N de álcali equivale a:
- 0,06005 g de álcali acético.
 - 0,06404 g de ácido cítrico anhidro.
 - 0,07505 g de ácido tartárico.
 - 0,06704 g de ácido málico.

3 ACIDEZ IÓNICA

3.1 La determinación de la acidez iónica se efectúa directamente en el producto tal como se expende, teniendo cuidado de homogeneizarlo y llevarlo a 20 °C antes de la determinación. Se usa un potenciómetro con electrodos de vidrio y los resultados se expresan en unidades de pH a la temperatura indicada.

4 ANTECEDENTE

Anteproyecto de Norma COPANT 7:3-064.

Anexo D8: Norma Técnica Mexicana

NMX-FF-110-SCFI-2008

PREFACIO

En la elaboración de la presente norma mexicana, participaron las siguientes empresas e instituciones:

- AGAVEROS INDUSTRIALES DE JALISCO.
- AGRO CORONA, S. A. DE C.V.
- ALTOS CIENEGA UNIDOS, S DE P.R. DE R.L.
- BUSTAR ALIMENTOS, S.A DE C.V.
- CASA CUERVO, S.A. DE C.V.
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN PARA BEBIDAS ALCOHÓLICAS.
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NACIONAL DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS Y PECUARIOS.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA EN TECNOLOGÍA Y DISEÑO DEL ESTADO DE JALISCO A.C. (CIATEJ).
- COMPAÑÍA PROCESADORA DE AGAVE (EL TRIUNFO DE MILPILLAS S.P.R DE R.L).
- CONSEJO REGULADOR DEL TEQUILA A.C.
- INDUSTRIALIZADORA INTEGRAL DEL AGAVE S.A. DE C.V.
- INULINA Y MIEL DE AGAVE, S.A. DE C.V.
- MAQUINARIA Y DESARROLLO DE PROCESOS (MDP).
- NEKUTLI, S.A.

NMX-FF-110-SCFI-2008



NUTRIAGAVES DE MÉXICO, S.A. DE C.V.

PROCESADORA ORGÁNICA DEL AGAVE

PRODUCTOS SELECTOS DE AGAVE S. DE P.R. DE R. L.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO
RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

Dirección General de Fomento a la Agricultura

Delegación Estatal Jalisco.

- SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL (SEDER) DEL GOBIERNO
DEL ESTADO DE JALISCO.
- SECRETARÍA DE ECONOMÍA (SE)
Dirección General de Normas (DGN)
- SOCIEDAD MEXICANA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN,
S.C. (NORMEX)
- UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Dirección de Ingeniería y Proyectos del Centro Universitario de
Ciencias Exactas e Ingeniería.



ÍNDICE DEL CONTENIDO

Número de Capítulo		Página
1	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN	1
2	REFERENCIAS	1
3	DEFINICIONES	4
4	SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y UNIDADES	5
5	CLASIFICACIÓN	6
6	ESPECIFICACIONES	6
7	MUESTREO	10
8	MÉTODOS DE ENSAYO (PRUEBA)	11
9	MARCADO, ETIQUETADO, ENVASE Y EMBALAJE	25
10	VIGENCIA	25
11	BIBLIOGRAFÍA	25
12	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES	28



NORMA MEXICANA

NMX-FF-110-SCFI-2008

PRODUCTOS ALIMENTICIOS – JARABE DE AGAVE - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA.

FOOD PRODUCTS – AGAVE SYRUP - SPECIFICATIONS AND TEST METHODS.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece las especificaciones del producto denominado Jarabes de Agave elaborados 100 % con Agave Tequilana Weber Variedad Azul o con Agave Salmeana spp., destinado a su comercialización en territorio de los Estados Unidos Mexicanos, así como, los métodos de prueba para evaluar la conformidad del producto con la presente norma.

2 REFERENCIAS

La presente norma mexicana se complementa con las siguientes normas oficiales mexicanas y normas mexicanas vigentes o las que las sustituyan:

NOM-030-SCFI-2006

Información comercial - Declaración de cantidad en la etiqueta - Especificaciones. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de noviembre de 2006.

La Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía aprobó la presente norma, cuya declaratoria de vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el:



NOM-051-SCFI-1994

Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de enero de 1996.

NOM-092-SSA1-1994

Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias en placa. Publicada en el Diario Oficial de la

Federación el 12 de diciembre de 1995.

NOM-110-SSA1-1994

Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de octubre de 1995.

NOM-111-SSA1-1994

Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de septiembre de 1995.

NOM-112-SSA1-1994

Determinación de bacterias coliformes. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de octubre de 1995.

NOM-113-SSA1-1994

Determinación de coliformes en placa. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de agosto de 1995.



NOM-114-SSA1-1994

Determinación de Salmonella. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de septiembre de 1995.

NOM-115-SSA1-1994

Determinación del Staphylococcus. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de septiembre de 1995.

NOM-120-SSA1-1994

Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de agosto de 1995.

NMX-F-103-SCFI-1982

Alimentos – Frutas y Derivados – Determinación de Grados Brix. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de octubre de 1982.

NMX-V-017-NORMEX-2005

Bebidas alcohólicas – Determinación del contenido de extracto seco y cenizas – Métodos de ensayo cenizas – Métodos de ensayo (Prueba). Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la federación el 23 de junio de 2005.



NMX-Z-012/1-1987

Muestreo para la inspección por atributos - Parte 1 - Información general y aplicaciones. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de octubre de 1987.

3 DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma mexicana, se establecen las siguientes definiciones:

3.1 Agave:

Es la planta de la familia de las Agaváceas de hojas largas y fibrosas de forma lanceolada, cuyo color es particular de cada variedad.

3.2 Fructanos del Agave:

Oligofructosa con rama mixta del tipo fructano con cadenas β -2,1 y β -2,6. Los fructanos de agave son comercialmente conocidos como inulina y FOS de agave.

3.3 Fructooligosacáridos (FOS):

Fructanos de agave cuyo grado de polimerización (DP) se encuentra entre 2 y 11 unidades.

3.4 Hidrólisis:

Procedimiento químico, térmico, enzimático o la combinación de los anteriores, utilizados para desdoblar los carbohidratos, presentes en el Agave

3.5 Índice glucémico:

Es un sistema de clasificación de carbohidratos, basado en su efecto inmediato en los niveles de glucosa en la sangre. Esta escala compara los carbohidratos gramo a gramo en comidas individuales proporcionando un índice numérico, obtenido de análisis posteriores en un ser humano al ingerir Jarabe de Agave. Mide la rapidez con que se absorben los azúcares en la sangre.



3.6 Jarabe de Agave:

Es la sustancia dulce natural producida por hidrólisis a partir de los oligosacáridos del agave.

4 SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y UNIDADES

Para efectos de esta norma mexicana, se establecen los siguientes símbolos, abreviaturas y unidades.

cm	centímetro
°C	grado Celsius
DP	grado de polimerización
GR	grado reactivo
g	gramo
g/L	gramo por litro
g/mL	gramo por mililitro
HMF	Hidroximetilfurfural
h	hora
IG	Índice Glucémico
K	Kelvin
kg	kilogramo
±	Más, menos
m/m	masa, masa
M	molar
µg	microgramo
µg/mL	microgramo por mililitro
µL	microlitro
µ	micra
meq/kg	miliequivalente por kilogramo
mg	miligramo
mg/L	miligramo por litro
mg/kg	miligramo por kilogramo



mL	mililitro
mL/min	mililitro por minuto
min	minuto
mm	milímetro
N	normalidad
No.	número
%	por ciento

pH	potencial de hidrógeno
UFC/g	unidad formadora de colonias por gramo
w	watt

5 CLASIFICACIÓN

El producto objeto de esta norma se clasifica en un solo grado de calidad, designándose comercialmente como Jarabe de Agave, siendo éste elaborado exclusivamente con 100 % de Agave.

6 ESPECIFICACIONES

6.1 El producto objeto de esta norma mexicana debe cumplir con las especificaciones que se indican a continuación:

6.1.1 Sensoriales

Color	Olor	Sabor	Consistencia
Propio característico variable de: cristalino agua, extra a cristalino, cristalino, extra claro ámbar, ámbar claro, ámbar y oscuro	Propio característico	Dulce característico	Ligeramente viscoso



6.1.1.1 El Jarabe de Agave, definido en el punto 3.6 puede ser añadido con sabor y color, utilizando productos vegetales naturales y aditivos permitidos por la Secretaría de Salud.

6.1.1.2 Para la elaboración del Jarabe de Agave, no se permiten las mezclas entre diferentes tipos de Agaves.

6.1.2 Fisicoquímicas

El Jarabe de Agave, debe cumplir con las especificaciones fisicoquímicas establecidas en la Tabla 1 o Tabla 2 dependiendo de la variedad con la que se elabore.

TABLA 1.-Especificaciones fisicoquímicas del Jarabe de Agave azul

ESPECIFICACIONES	BASE SECA		MÉTODO DE ENSAYO (PRUEBA)
	MÍNIMO	MÁXIMO	
grados Brix	74,0	---	NMX-F-103-SCFI-1982 Véase 2 Referencias
pH	4,0	6,0	Véase 8.1
% cenizas	0,05	0,5	NMX-V-017 NORMEX Véase 2 Referencias
% sacarosa (sucrosa)	---	4,0	Véase 8.2
% dextrosa (glucosa)	---	15,0	Véase 8.2
% dextrosa (glucosa)	---	15,0	Véase 8.2
% fructuosa	80,00	---	Véase 8.2
% inulina (oligofructuosa)	0,5	---	Véase 8.2
% manitol	---	0,5	Véase 8.2
% otros azúcares	---	2,0	Véase 8.2
% maltosa (isomaltosa), rafinosa	Ausente		Véase 8.2
mg/kg Hidroximetilfurfural (HMF)		40	Véase 8.3



TABLA 2.-Especificaciones fisicoquímicas del Jarabe de Agave
salmeana

ESPECIFICACIONES	BASE SECA		MÉTODO DE ENSAYO (PRUEBA)
	MÍNIMO	MÁXIMO	
grados Brix	74,0	---	NMX-F-103-SCFI-1982 Véase 2 Referencias
pH	4,0	6,0	Véase 8.1
% cenizas	0,05	0,5	NMX-V-017 NORMEX-2005 Véase 2 Referencias
% sacarosa (sucrosa)	---	2	Véase 8.2
% dextrosa (glucosa)	---	25	Véase 8.2
% fructuosa	70,00	---	Véase 8.2
% inulina (oligofructuosa)	0,5	---	Véase 8.2
% manitol		0,5	Véase 8.2
% otros azúcares	---	2,5	Véase 8.2

- 6.1.2.1 Jarabe de Agave parcialmente hidrolizado: Es aquel producto diferente al Jarabe 100 % de Agave, en el que el contenido de fructosa es menor a 80 % como resultado de la hidrólisis parcial debiendo ser el contenido de inulina (oligofructosa) de Agave, proporcional a la fructosa existente y estando en todo caso ausente Maltosa, Rafinosa y todos aquellos azúcares que no se encuentran en la especie de Agave utilizada. Su pH es de 4,0 a 6,0.



6.1.1 Higiene

Toda planta procesadora de Jarabe de Agave, debe cumplir con las prácticas de higiene, sanidad, e inocuidad del producto y del proceso de acuerdo a lo establecido en la NOM-120-SSA1-1994 (véase 2 Referencias).

6.1.2 Microbiológicas

El producto objeto de esta norma debe cumplir con las especificaciones microbiológicas indicadas en la siguiente tabla:

TABLA 3.-Límites Microbiológicos.

PARÁMETRO	LÍMITES PERMISIBLES	MÉTODO DE ENSAYO (PRUEBA) Véase Capítulo 2 Referencias
Cuenta bacteriana total	máximo 100 UFC/g	NOM-092-SSA1-1994
Hongos	<10 UFC/g	NOM-111-SSA1-1994
Levaduras	<10 UFC/g	NOM-111-SSA1-1994
Coliformes	Ausente	NOM-112-SSA1-1994
Salmonella	Negativo en 25 g	NOM-114-SSA1-1994
E coli	Negativo	NOM-113-SSA1-1994

6.1.4 Materia extraña

El producto objeto de esta norma debe estar libre de fragmentos o excretas de insectos, excretas de roedores, así como cualquier otra materia extraña.



6.1.5 Aditivos y adulterantes

No se permite el uso de aditivos alimentarios para su adulteración, ni mezclarlo con almidones, melazas, glucosa, dextrinas, fructosa u otros azúcares de origen diferente al Agave.

6.1.6 Contaminantes

El jarabe de agave debe estar exento de contaminantes o metales pesados en cantidades que puedan constituir un peligro para la salud humana. Los productos regulados por la presente norma deberán ajustarse a los niveles máximos determinados por las regulaciones nacionales establecidas por las instancias competentes (SENASICA/COFEPRIS/SSA) o en su caso por los establecidos a nivel internacional por la Comisión del Codex Alimentarius.

NOTA 1: A nivel internacional estos niveles se consultan con el Comité del Codex sobre Azúcares (CCS) y el Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos (CCFAC).

7 MUESTREO

El muestreo se establece de común acuerdo entre comprador y vendedor. Se sugiere la utilización de la NMX-Z-012/1-SCFI-1987 (véase 2 Referencias).

7.1 Preparación de la muestra y toma de muestra para el laboratorio

7.1.1 Para tomar una muestra de laboratorio, se utilizan tres frascos del mismo tamaño. Uno para el comprador, otro para el vendedor y el último para el analista.

7.1.2 Estos son tomados de los lotes de producto final.

7.1.3 Los resultados de los análisis de los tres frascos tomados debe dar resultados similares.



7.1.4 La toma de muestra de Jarabe envasado en presentación comercial, se debe llevar a acabo en forma aleatoria y no aséptica, tomándose del mismo lote y en cantidad suficiente para su análisis. Para los Jarabe s envasados en recipientes grandes, es preciso abrir éstos y extraer la muestra en condiciones asépticas conforme a lo establecido en la NMX-Z-012/1-SCFI-1987 (véase 2 Referencias).

7.1.5 La preparación y dilución de la muestra para la realización de los análisis de la cuenta total, mohos y levaduras se deben realizar conforme a lo establecido en la norma oficial NOM-110-SSA1-1994 (véase 2 Referencias).

8 MÉTODOS DE ENSAYO (PRUEBA)

8.1 Determinación de pH

8.1.1 Reactivos y materiales

8.1.1.1 Reactivos

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser grado analítico, cuando se indique agua, se debe entender agua destilada libre de dióxido de carbono (CO₂).

- a) Solución reguladora de pH 2
- b) Solución reguladora de pH 7
- c) Agua libre de dióxido de carbono: en un matraz Erlenmeyer de 1 L, calentar el agua hasta ebullición y dejar enfriar antes de ser utilizada.

8.1.1.2 Materiales

- a) Agitador magnético de 20 mm.
- b) Agitador de vidrio.
- c) Termómetro (0 °C - 100°C)



- d) Vasos de precipitado de 250 mL.
- e) Balanza técnica con 0,1 g de sensibilidad.

8.1.2 Aparatos e instrumentos

- a) pH-metro
- b) Equipo para agitación magnética.

8.1.3 Preparación de la muestra

En un vaso de precipitado de 250 mL pesar 10 g de jarabe de agave, agregar 75 mL de agua destilada libre de dióxido de carbono, disolver utilizando un agitador magnético.

8.1.4 Procedimiento

Calibrar el pH-metro con las soluciones reguladoras de pH 2 y pH 7 según el procedimiento descrito para el equipo.

Tomar una porción de la muestra ya preparada, mezclarla bien por medio de un agitador y ajustar su temperatura a $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sumergir el electrodo en la muestra de manera que cubra perfectamente el bulbo de medición.

Esperar a que se estabilice y tomar la medición. Sacar el electrodo y lavarlo con agua.

8.1.5 Expresión de los resultados

El valor del pH de la muestra se lee directamente en la escala del pH-metro.

8.1.6 Reproducibilidad

La diferencia máxima permisible en el resultado de pruebas efectuadas por duplicado, no debe exceder de 0,1 unidades de pH, en caso contrario se debe repetir la determinación.



8.2 Determinación de Carbohidratos (inulina, sacarosa, glucosa, fructosa y manitol). Método de cromatografía de líquidos de alta resolución.

Este parámetro se verifica utilizando a cualquiera de los métodos cromatográficos validados y reconocidos a nivel internacional. Se sugieren los siguientes:

siguientes:

8.2.1 Determinación de Carbohidratos con detector de índice de refracción

8.2.1.1 Fundamento

El jarabe de obtenido de agave contiene mayoritariamente inulina, sacarosa, glucosa, fructosa y manitol. La autenticidad del jarabe y su eventual contaminación sólo puede ser determinada utilizando un método de separación de sus componentes, para lo cual es necesario utilizar cromatografía de líquidos de alta resolución con detección de índice de refracción. La concentración de cada componente se determina simultáneamente por el método del estándar externo, comparando contra estándares de concentraciones conocidas de cada carbohidrato.

8.2.1.2 Reactivos y materiales

Reactivos:

- Agua grado HPLC
- Estándares analíticos de inulina, sacarosa, glucosa, fructosa y manitol.

8.2.1.3 Preparación de soluciones

Utilizar agua grado HPLC o agua bidestilada. En cualquiera de los casos, una vez abierto el frasco, es necesario filtrar la misma diariamente por membrana de 0,20 µm antes de utilizarla. Agitar ocasionalmente durante la filtración para facilitar la desgasificación, o bien colocar en baño de ultrasonido durante 15 min.



Disoluciones madre:

En un matraz aforado de 100 mL se pesan 5 mg del estándar de inulina, 30 mg del estándar de sacarosa, 180 mg del estándar de glucosa, 700 mg del estándar de fructosa y 50 mg del estándar de manitol. Aforar con agua destilada a 100 mL e identificar perfectamente, anotando la concentración la identidad de la sustancia, fecha de preparación y caducidad, disolvente utilizado y nombre del analista. El tiempo de conservación de los estándares es de 7 días en refrigeración.

Disoluciones de trabajo

En tres matraces volumétricos separados de 100 mL, pipetear 5 mL, 10 mL y 20 mL de la disolución madre de cada carbohidrato y manitol. Aforar con agua, anotando los datos de concentración de cada componente, tal y como se describe a continuación:

Carbohidratos	Concentración (mg/mL)			
	Solución madre (mg/mL)	Estándar 1 (µg/mL)	Estándar 2 (µg/mL)	Estándar 3 (µg/mL)
Inulina	0,05	0,0025	0,005	0,01
Sacarosa	0,3	33,3	66,6	133,2
Glucosa	1,8	0,36	0,72	1,44
Fructosa	7,0	1,4	2,8	5,6
Manitol	0,5	0,025	0,05	0,1

Identificar cada estándar con fecha de preparación y caducidad, disolvente utilizado y nombre del analista. Una vez analizados por separado e identificados los tr de cada estándar individualmente en las condiciones analíticas específicas, preparar mezclas de todos los estándares de trabajo a las concentraciones antes descritas. Estas últimas serán las disoluciones de trabajo utilizadas en el transcurso de todo el método de prueba y se prepararán frescas diariamente.



8.2.1.4 Materiales y equipo

Materiales

- Baño de ultrasonido de 1 L de capacidad.
- Jeringa de 10 mL de capacidad.
- Matraces aforados, 100 mL.
- Membrana de celulosa o nylon de 47 mm d.i. y 0,22 μm
- Membranas de filtración de celulosa, 47 mm de diámetro, 0,2 μm
- Membranas para filtración de muestras, 25 mm de diámetro, 0,20 μm
- Pipetas volumétricas de 5 mL, 10 mL y 20 mL.
- Viales con tapa

Equipo

- Balanza analítica con precisión de 0,1 mg.
- Sistema de cromatografía líquida de alta resolución compuesto por:
 - 1 Frasco para la fase móvil de 1L.
 - Bomba que permita un flujo de 0,8 mL/min.
 - Columna de cromatografía de líquidos para análisis de carbohidratos de 300 mm x 7,8 mm d.i. con diámetro de partícula de 9 μm , rellena de aminex (BioRad) o equivalente.
 - Detector de índice de refracción.
 - Integrador digital o sistema de adquisición de datos cromatográficos.



8.2.1.5 Preparación de la muestra

En un matraz de 100 mL, pesar 2 g de muestra de jarabe, aforar con agua, agitar hasta que se diluya la muestra. A continuación pipetear 10 mL de la solución hacia un matraz de 100 mL, aforando con agua. 10 mL de esta disolución se filtra por membrana para filtración para muestras de 0,45 μ m con una jeringa. La solución filtrada se coloca en un vial con tapa para ser inyectada al cromatógrafo de líquidos.

8.2.1.6 Procedimiento

Ajustar el equipo a las siguientes condiciones:

- Flujo de la fase móvil: 0,8 mL/min
- Temperatura: 80 °C
- Volumen de inyección: 20 μ L

Ajustar el detector. Inyectar la muestra, realizar por duplicado la determinación, el flujo de la columna y la presión deberán ser optimizados dependiendo de la columna y el sistema para tener resoluciones mínimas de 1,0 entre cada componente de interés.

Identificación de los picos:

En el cromatograma se identificará cada compuesto cuando el tr del pico en la muestra y el estándar coincidan con un 0,05 min de diferencia entre sí como

máximo. Los tr aproximados para cada estándar serían los siguientes:

Carbohidratos	tr aproximado (min)
Inulina	4,8
Sacarosa	6,9
Glucosa	8,6
Fructosa	12,5
Manitol	20,3



NOTA 2 Los valores de t_r pueden variar ligeramente durante el día, por lo que se sugiere repetir la identificación periódicamente para efectuar los correspondientes ajustes en la identificación de los picos.

8.2.1.7 Cálculo de la concentración y expresión de los resultados

Los cálculos de concentración se pueden realizar de forma automática en el software del integrador o computadora acoplada calibrando el método del software con los 3 estándares de trabajo, o bien de forma manual, mediante el método de la ecuación de la recta generada por los estándares de calibración.

8.2.2 Determinación de Carbohidratos con detector amperométrico

8.2.2.1 Principio

Identificar los carbohidratos presentes en un Jarabe de Agave y cuantificar el contenido de carbohidratos presentes en el Jarabe de Agave.

8.2.2.2 Equipo, Material y reactivos

- Sistema de Cromatografía de Líquidos
- Detector Electroquímico de Pulso Amperométrico
- Equipo de Purificación de Agua
- Equipo de Filtración
- Balanza Analítica
- Pipetor Electrónico de 5 mL
- Jeringas Desechables de 5 mL
- Acrodiscos de Nylon de 0,45 μ
- Agua desionizada con 18 M-cm de resistividad



- Solución Volumétrica de Hidróxido de Sodio 3N
- Estándares de Referencia de Fructosa, Glucosa, Sucrosa, Arabinosa, Xylosa, Inulina.

8.2.2.3 Procedimiento

Condiciones de Trabajo: Método Isocrático

- Fructosa, Glucosa, Sucrosa, Arabinosa, Xylosa e Inulina
- Columna Cromatográfica. de 2 mm x 250 mm con una precolumna de 2 mm x 250 mm
- Temperatura del Horno: 27 °C
- Volumen de Inyección : 20 µL
- Eluyente: Solución de Hidróxido de Sodio 10,5 mM
- Flujo: 0,5 mL/min
- Detector: Pulso Amperométrico con Electrodo de trabajo de oro para Carbohidratos

8.2.2.4 Preparación de soluciones

- Eluyente de Hidróxido de Sodio 10,5 mM
- Filtrar agua desionizada a través de una membrana de nylon de 0,45 µ
- Tomar un volumen de 3,5 mL de la solución de Hidróxido de Sodio 3 N y colocar en un matríz volumétrico de 1000 mL. Diluir y aforar con agua desionizada.



8.2.2.5 Preparación de la Solución Stock

- En un vaso de precipitado de 100 mL pesar con exactitud aproximadamente 700 mg de Fructosa; 90 mg de Glucosa; 20 mg de Sucrosa; 10 mg de Xylosa; 10 mg de Arabinosa y 10 mg de Inulina.
- Adicionar 60 mL de agua desionizada y con ayuda de un magneto agitar hasta disolución completa.
- Con ayuda de un embudo de vidrio transferir cuidadosamente a un matraz volumétrico de 500 mL. Diluir y llevar al aforo con agua desionizada.

8.2.2.6 Preparación de la Curva de Calibración

A partir de la Solución Stock preparar las siguientes soluciones de la curva de calibración y proceder a inyectarlas por duplicado.

Solución 1

- Transferir cuantitativamente a un matraz volumétrico de 100 mL una alícuota de 1,6 mL. Diluir y aforar con agua desionizada. Mezclar.
- Filtrar una porción de la solución 1 a través de un acrodisco de nylon con tamaño de poro de 0,45 μ y colocar en un vial adecuado para la inyección de la muestra.

Solución 2

- Transferir cuantitativamente a un matraz volumétrico de 100 L una alícuota de 1,8 mL. Diluir y aforar con agua desionizada. Mezclar.
- Filtrar una porción de la solución 1 a través de un acrodisco de nylon con tamaño de poro de 0,45 μ y colocar en un vial adecuado para la inyección de la muestra.



Solución 3

- Transferir cuantitativamente a un matraz volumétrico de 100 mL una alícuota de 2,0 mL. Diluir y aforar con el mismo solvente. Mezclar.

- Filtrar una porción de la solución 1 a través de un acrodisco de nylon con tamaño de poro de 0,45 μ y colocar en un vial adecuado para la inyección de la muestra.

Solución 4

- Transferir cuantitativamente a un matraz volumétrico de 100 mL una alícuota de 2,4 mL. Diluir y llevar al aforo con agua desionizada. Mezclar.

- Filtrar una porción de la solución 1 a través de un acrodisco de nylon con tamaño de poro de 0,45 micras y colocar en un vial adecuado para la inyección de la muestra.

Solución 5

- Transferir cuantitativamente a un matraz volumétrico de 100 mL una alícuota de 2,8 mL. Diluir y llevar al aforo con agua desionizada. Mezclar.

- Filtrar una porción de la solución 1 a través de un acrodisco de nylon con tamaño de poro de 0,45 μ y colocar en un vial adecuado para la inyección de la muestra.

NOTA3: Si la curva de calibración no presenta una adecuada linealidad del sistema, puede ser necesario efectuar las diluciones correspondientes a las soluciones estándar y a la muestra problema.

NOTA4: El método es aplicable para la detección de trazas de otros carbohidratos.



8.2.2.7 Preparación de la Muestra

En un vaso de precipitado de 100 mL pesar con exactitud alrededor de 500 mg del Jarabe de Agave, adicionar 50 ml de agua desionizada, con ayuda de un magneto agitar hasta homogenización completa de la muestra. Transferir cuantitativamente a un matraz volumétrico de 200 mL. Diluir y llevar a volumen con el mismo solvente.

Tomar una alícuota de 2 mL y transferir a un matraz volumétrico de 100 mL. Diluir y aforar con agua desionizada. Mezclar.

Filtrar una porción de ésta solución a través de un filtro de nylon con tamaño de poro de 0,45 µ y colocar en un vial adecuado para la inyección de la muestra.

Efectuar por duplicado la inyección de la muestra.

8.2.2.8 Cálculos

Calcular el contenido de los porcentajes de Fructosa, Glucosa, Arabinosa, Xylosa, Sucrosa e Inulina presentes en el Jarabe de Agave empleando la siguiente fórmula:

$$\frac{(AM) (WSt) (FdM) X (PSt)}{(ASt) (WM) (FdSt)}$$

$$\frac{\text{Área de la muestra} \times \text{Peso del estándar} \times \text{Factor de dilución de la muestra} \times 100}{\text{Área del estándar} \times \text{Peso de la muestra} \times \text{Factor de dilución del estándar}}$$

En donde:

AM	es el área promedio de la muestra
ASt	es el área promedio del estándar
FdM	es el factor de dilución de la muestra
FdSt	es el factor de dilución del estándar
WSt	es el peso del estándar expresado en mg
WM	es el peso de la muestra expresado en mg
PSt	es la pureza del estándar



8.3 Determinación de Hidroximetilfurfural

8.3.1 Principio

Determinar el contenido de Hidroximetilfurfural (HMF) presente en el Jarabe de Agave.

8.3.2 Equipo, Material y Reactivos

Material

- Matraces volumétricos de 25 mL
- Matraces volumétricos de 50 mL
- Matraces volumétricos de 100 mL
- Vasos de precipitado de 100 mL
- Tubos de ensayo con tapón de baquelita de 18 mm x 150 mm
- Papel Filtro No. 4

Equipo

- Balanza Analítica
- Espectrofotómetro UV-Visible
- Pipetor Electrónico de 5 mL

Reactivos

- Agua Destilada
- Ferrocianuro de Potasio
- Acetato de Zinc
- Bisulfito de Sodio

8.3.3 Procedimiento

8.3.4 Preparación de Soluciones

8.3.4.1 Solución Carrez I

Disolver 15 g de ferrocianuro de potasio ($K_4Fe(CN)_6 \cdot 3 H_2O$) en un matraz volumétrico de 100 mL y aforar con agua destilada.



8.3.4.2 Solución de Carrez II

Disolver 30 g de acetato de zinc $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en un matraz volumétrico de 100 mL y aforar con agua destilada.

8.3.4.3 Solución de bisulfito de sodio al 0,2 %

Disolver 0,2 g de bisulfito de sodio NaHSO_3 en un matraz volumétrico de 100 mL y aforar con agua destilada.

8.3.4.4 Solución de referencia bisulfito de sodio 0,1 %

De la solución de bisulfito de sodio al 0,2 % tomar una alícuota de 50 mL, transferir cuantitativamente a un matraz volumétrico de 100 mL y llevar al aforo con agua destilada.

Esta solución deberá de emplearse recientemente preparada.

8.3.5 Preparación de la Muestra

Pesar con exactitud 5 g de Jarabe de Agave en un vaso de precipitados de 100 mL; adicionar 30 mL de agua destilada. Con ayuda de un magneto agitar hasta homogenización completa. Transferir cuantitativamente a un matraz volumétrico de 50 mL.

8.3.6 Procedimiento General

Adicionar 0,5 mL de solución de Carrez I a la muestra y mezclar.
Agregar 0,5 mL de solución de Carrez II a la muestra y aforar a volumen con agua.

Adicionar una gota de alcohol etílico en caso de que se produzca espuma, filtrar a través de papel filtro, descartando los primeros 10 mL del filtrado. Tomar una alícuota de 5,0 mL del filtrado en cada uno de dos tubos de ensayo de 18 mm X 150 mm.



Adicionar 5,0 mL de agua destilada en uno de los tubos (muestra) y 5,0 mL de la solución de referencia de bisulfito de sodio (referencia), mezclar y determinar la absorbancia de la muestra a 284 nm y a 336 nm en celdas de cuarzo de 1 cm de diámetro.

Si la muestra exhibe una absorbancia mayor de 0,6, entonces se deberá de proceder a diluir la muestra con agua destilada y la solución de referencia con una solución NaHSO_3 al 0,1 % en la misma proporción.

A efectuar el cálculo del contenido de HMF deberá de considerarse en la ecuación correspondiente el factor de dilución empleado.

8.3.7 Cálculos

Calcular el contenido de Hidroximetilfurfural en la muestra empleando la siguiente ecuación. Los resultados se expresan en mg/kg de Jarabe de Agave.

$$\frac{(\text{Absorbancia Mtra a 284 nm} - \text{Absorbancia de la Mtra a 336 nm}) \times (14,97) \times (5)}{(\text{g de la muestra})}$$

En donde:

14,97	es el factor que obtiene de multiplicar $(126/16,830) \times (1000/10) \times (100/5)$
126	es el peso molecular del HMF
16,830	es la absortividad Molar del HMF a 284 nm
1000	son los mg/g
10	son los centilitros por litro
100	son los gramos reportados
5	es el peso nominal de la muestra en gramos



9 MARCADO, ETIQUETADO, ENVASE Y EMBALAJE

9.1 Información Comercial

9.1.1 Marcado y etiquetado

Cuando el producto sea destinado a venta directa al consumidor, cada etiqueta del producto debe llevar grabada la información de forma visible e indeleble, conforme a lo establecido en la NOM-051-SCFI-1994 (véase 2 Referencias). Además de lo siguiente:

- Indicar la especie y variedad del Agave utilizado

9.2 Envase

El producto objeto de esta norma, se debe envasar en envases nuevos de un material, inocuo y resistente, que garantice la estabilidad del mismo, que evite su contaminación, y no altere su calidad. Permitidos por la Secretaría de Salud.

10 VIGENCIA

La presente norma mexicana entrará en vigor 60 días naturales después de la publicación de su declaratoria de vigencia en el Diario Oficial de la Federación.

11 BIBLOGRAFÍA

- Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992 y reformas publicadas en el Diario Oficial de la federación el 24 de diciembre de 1996 y el 20 de mayo de 1997.
- Ley de Productos Orgánicos, publicada en el Diario Oficial de la Federación por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. publicada en el Diario Oficial de la Federación 7 de febrero de 2006.

NMX-FF-110-SCFI-2008

26/28



- NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.

- NMX-F-275-1992 Industria Azucarera - Determinación de grados Brix en muestras de Jugo de Especies Vegetales productoras de azúcar - Sólidos y peso específico (Método Hidrométrico) - Método de Prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de febrero de 1992.

- NMX-F-168-1981 Alimentos para humanos- Miel de Maíz. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de enero de 1981.

- NMX-F-607-NORMEX-2002 Alimentos - Determinación de Cenizas en Alimentos - Método de prueba, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de mayo de 2002.

- NMX-F-619-NORMEX-2006 Alimentos - Determinación de densidad relativa en bebidas no alcohólicas - Método de Prueba. (Este método se utilizará cuando se quiera medir la densidad) publicada en el DOF el 29 de noviembre de 2006.

- NMX-F-005-1983 Alimentos- Glucosa de Maíz. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de noviembre de 1983.

- NMX-FF-104-SCFI-2004 Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - Jalea Real - Especificaciones y Métodos de Prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de julio de 2004.



- NMX-Z-013-1-1977 Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas mexicanas. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 1977
- Codex Stan Norma Codex para la miel Codex Stan 12-1981 Rev (1987).
- AOAC, 900.02 Cenizas en Azúcares y Jarabes.
- AOAC, 989.10 Bacterial and coliform Counts in Dairy Products
- AOAC, 990.12 Aerobic Plate Count in Foods
- AOAC, 991.14 Coliform and Escherichia Coli Counts in Foods
- AOAC, 997.02 Yeast and Mold Counts in Foods
- AOAC, 2003.1 Enumeration of Enterobacteriaceae in Selected Foods.
- Winkler O., A. Lebensm. Det. of H.M.F. Untersuch U. Forsch. 102 1955, pp. 161-55167.
- Análítica de residuos de Protectores de planta vol. II Comunidad Alemana de Investigación, comisión Senatorial de Protectores de Plantas, Agentes y protectores de reservas, Grupo de Trabajo, Análítica y Distribución 1991. De CEIME, Bremen Alemania.
- Lane J.H. Eynon L. (1923) J. Soc Chem Ind. 42, 32t.
- Apidologie Harmonised method of the European Honey Commission.
- R-Biopharmarm AG, Darmstadt, Germany.
- Institute fur Handels- Analytik (Quality Services International GMBH Dr. C. Lullmann. Outlaw W.H & Mitchell, C.T. (1988). Sucrose. In Methods of Enzymatic Analysis (Bergmeyer; H.U; ed), 3rd ed; Vol. VI, pp 96-103, VCH Publishers (UK) Ltd; Cambridge, UK.



- Beutler; H.-O (1988). D-Fructose. In Methods of Enzymatic Analysis (Bergmeyer; H.U; ed), 3rd ed; Vol. VI, pp 321-327; VCH Publishers (UK) Ltd; Cambridge, UK.
- Kunst, A; Draeger; B & Ziegenhorn, J (1988). D-Glucose. In Methods of Enzymatic Analysis (Bergmeyer; H.U; ed), 3rd ed; Vol. VI, pp 163-172; VCH Publishers (UK) Ltd; Cambridge, UK.
- Mc Cleary, B. V. Blakeney, A.B. (1999). Measurement of inulin and oligofructan. Cereal Foods World 44, 398-406.
- Division of Organic Chemistry/ Plant Carbohydrate: Characterization of Carbohydrates for food and non-food application, Developing of new strategies for polymer analysis, Application and interaction in food and Human Nutrition (Prof. Anton Huber, KF-University, Prof. Ewa Cieslik, Agricultural University, Werner Praznik).
- Dionex Technical Note 20: "Analysis of Carbohydrates by Anion Exchange Chromatography with Pulsed Amperometric Detection".

12 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

La presente norma mexicana, no concuerda con ninguna norma internacional, por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

México D.F., a

DR. FRANCISCO RAMOS GÓMEZ
DIRECTOR GENERAL DE NORMAS

MRM/FLLL/JVG/KFS/LLE.