



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

**Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del
Ambiente**

Carrera De Agroindustria

Tema:

APROVECHAMIENTO DE LA MORA DE DESCARTE DEL RECINTO
GUANTUG CRUZ EN LA OBTENCIÓN DE ÁCIDO ACÉTICO MEDIANTE
FERMENTACIÓN ANAEROBIA FACULTATIVA

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero
Agroindustrial. Otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera
de Agroindustria.

Autores:

Ninfa Marina Galeas Paredes
Balvina Liliana Quinatoa Chimbolema

Tutor:

Dr. Favián Bayas Morejón Ph.D.

Guaranda – Ecuador

2025

TEMA:

APROVECHAMIENTO DE LA MORA DE DESCARTE DEL RECINTO
GUANTUG CRUZ EN LA OBTENCIÓN DE ÁCIDO ACÉTICO MEDIANTE
FERMENTACIÓN ANAEROBIA FACULTATIVA

REVISADO Y APROBADO POR:



Dr. Favian Bayas Morejón Ph.D.

TUTOR



Ing. Darwin Alberto Núñez Torres M.Sc.

PAR LECTOR



Ing. Franz Verdezoto Mendoza M.Sc.

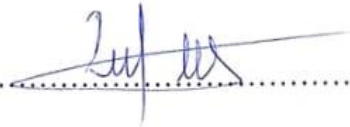
PAR LECTOR



CERTIFICACIÓN DE AUTORIA

Yo, Ninfa Marina Galeas Paredes & Balvina Liliana Quinatoa Chimbolema, con CI. 2300086804 & 0202515250 respectivamente, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



Ninfa Marina Galeas Paredes

2300086804

AUTORA



Balvina Liliana Quinatoa Chimbolema

0202515250

AUTORA



Dr. Favian Bayas Morejón Ph.D.

TUTOR



ESCRITURA N° 20250201004P00365

DECLARACIÓN JURAMENTADA

OTORGAN:

**BALVINA LILIANA QUINATOA CHIMBOLEMA Y
NINFA MARINA GALEAS PAREDES
CUANTÍA: INDETERMINADA
Di 2 COPIAS**

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy martes a los veintinueve días del mes de abril del año dos mil veinticinco, ante mí **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRIÓN, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA** comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura las señoritas: **BALVINA LILIANA QUINATOA CHIMBOLEMA**, de estado civil soltera; y, **NINFA MARINA GALEAS PAREDES**, de estado civil soltera, por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Las comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatorianas, mayores de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación ambas estudiantes, domiciliada la primera en la parroquia Chávez, Cantón Guaranda, Provincia, provincia Bolívar, con teléfono celular número cero nueve ocho ocho uno dos uno cinco uno uno; y, con correo electrónico baquinatoa@gmail.com; y, la segunda en la parroquia San Pablo, Cantón San Miguel y de paso por este Canton Guaranda, Provincia Bolívar, con teléfono celular número cero nueve nueve cero nuev nueve ocho siete cinco cuatro; y, con correo electrónico ninfagaleas200@gmail.com, hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocerles doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificaciones, en base lo cual obtengo las certificaciones biométricas del Registro Civil, además por petición expresa de las comparecientes adjunto sus documentos personales como son las cédulas y los certificados de votaciones, como habilitantes a esta escritura. Advertidas las comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinadas que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidas sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada: Nosotras: **BALVINA LILIANA QUINATOA CHIMBOLEMA**, de estado civil soltera; y, **NINFA MARINA GALEAS PAREDES**, de estado civil soltera, declaramos que los criterios e ideas emitidos en el presente Proyecto de investigación de titulación es de nuestra absoluta autoría, titulado **APROVECHAMIENTO DE LA MORA DE DESCARTE DEL RECINTO GUANTUG CRUZ EN LA OBTENCIÓN DE ÁCIDO ACÉTICO MEDIANTE FERMENTACIÓN ANAEROBIA FACULTATIVA**. previo a la obtención del título de Ingenieras Agroindustriales, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, carrera de Agroindustria.- Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad.- Para su otorgamiento se observaron los preceptos de ley y leída que les fue a las comparecientes íntegramente por mí la Notaria, aquellas se afirman y ratifican en todas sus partes y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo cuanto doy Fe.-----




SRTA. BALVINA LILIANA QUINATOA CHIMBOLEMA.
C.C. 0202515250



SRTA. NINFA MARINA GALEAS PAREDES.
C.C. 2300086804




DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA.

Tesis Ninfa Galeas y Balvina Quinatoa

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	9%	0%	0%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.ueb.edu.ec Fuente de Internet	5%
2	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	4%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía

Activo





Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: **VÍCTOR ALEJANDRO BÓSQUEZ BARCENES**
Título del ejercicio: **82**
Título de la entrega: **Tesis Ninfa Galeas y Balvina Quinatoa**
Nombre del archivo: **tesis_Ninfa_y_Balvina.pdf**
Tamaño del archivo: **1.79M**
Total páginas: **95**
Total de palabras: **20,372**
Total de caracteres: **104,511**
Fecha de entrega: **23-abr.-2025 16:15a. m. (UTC-0500)**
Identificador de la entrega... **24763249526**



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera De Agroindustria

Tema:

APROVECHAMIENTO DE LA MORA DE DESCARTE DEL RECINTO GUANTUG CRUZ EN LA OBTENCIÓN DE ÁCIDO ACÉTICO MEDIANTE FERMENTACIÓN ANAEROBIA FACULTATIVA

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial. Otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agroindustria.

Autores:

Ninfa Mariana Galeas Paredes
Balvina Liliana Quinatoa Chambolemas

Tutor:

Dr. Faviano Bryan Morejón Ph.D.

Guayaquil - Ecuador

2025

Esto bueno
Sup

DEDICATORIA

Mi tesis se la dedico a Dios, que me ha dado la vida, la salud y la oportunidad de aprender y crecer. Sin su amor y providencia, nada de esto hubiera sido posible.

En especial a mis padres, que me han demostrado que el amor y el sacrificio pueden superar cualquier obstáculo. Su dedicación y apoyo han sido fundamentales en mi formación y en la realización de este proyecto. Por ser mis modelos a seguir y por enseñarme a valorar la educación y el esfuerzo.

A mis docentes que con su paciencia y esmero han sido los propulsores de la pasión adquirida a mi carrera.

Ninfa Marina Galeas Paredes

Dedico esta tesis a mi madre con todo mi amor, ya que ella es el pilar fundamental de nuestra familia, sin su apoyo, este logro no habría sido posible, además, su bendición constante y sus palabras de aliento me han guiado a lo largo de mi vida, protegiéndome y orientándome por el camino correcto. Por eso, ofrezco todo mi esfuerzo y dedicación en esta tesis como un homenaje a su paciencia, esfuerzo y amor incondicional. Gracias mami, por todo.

Balvina Liliana Quinatoa Chimbolema

AGRADECIEMINTO

Quiero agradecer a Dios por guiarme en esta travesía llamada vida, dándome sabiduría e inteligencia, para culminar con éxito mi carrera. A mis padres, hermanos, tíos, abuelos, quienes me han inspirado e impulsado, han sido mi fuente de fuerza y motivación en cada paso de mi educación. Su apoyo incondicional y constante ha sido fundamental para llegar a este momento, culminando una etapa importante en mi vida.

Agradezco profundamente a la Universidad Estatal de Bolívar, por brindarme las herramientas y recursos necesarios para completar esta etapa tan importante de mi vida. Al director de tesis al Dr. Favián Bayas, por permitirnos conformar y desarrollar el proyecto de investigación “Transferencia de Conocimientos e Investigación Aplicada Para la Producción Sostenible de Mora en Guantug Cruz, Provincia Bolívar, a los miembros de mi tribunal de la unidad de integración curricular, por su guía y apoyo constante durante este proceso.

Ninfa Marina Galeas Paredes

En primer lugar, agradezco a Dios, ya que gracias a él he logrado culminar mi carrera. También, a mi madre, por estar siempre a mi lado, brindándome su apoyo y consejos que me han ayudado a ser una mejor persona y dar lo mejor de mí.

A mi hermana mayor, la Ing. Karina Quinatoa, por ser un ejemplo de profesionalismo y ética. No podría haber tenido una mejor hermana mayor, tú nos has inspirado y motivado a todos a esforzarnos en nuestra formación profesional. Gracias por apoyarme siempre y recordarme que sí puedo lograr mis metas.

A mi segunda hermana, la Ing. Elizabeth Chimbolema, te agradezco por todo el apoyo que me has brindado. Eres también un ejemplo de dedicación y profesionalismo.

A mis primas, tías y amigos, gracias por sus consejos, su compañía y sus palabras de aliento. Por último, agradezco profundamente la confianza que depositaron en mí, su amor y el tiempo que me dedicaron, contribuyendo a mi crecimiento personal y profesional.

Balvina Liliana Quinatoa Chimbolema

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PAG.
CAPÍTULO I.	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. HIPÓTESIS	5
CAPÍTULO II.	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. La mora	6
2.1.1. Mora de castilla	6
2.1.2. Línea Colombiana	8
2.1.3. Beneficios de consumir mora	10
2.2. Producción de mora en la provincia Bolívar y Guantug Cruz	11
2.2.1. Perdidas postcosecha en el reciento Guantug Cruz	11
2.3. Características físicas de la mora de descarte	12
2.3.1. Condiciones de la mora de descarte	12
2.3.2. Magulladura de la mora de descarte	13
2.4. Vinagre	13
2.4.1. Etiología del vinagre	14
2.4.2. Tipos de vinagre	14
2.4.3. El vinagre en el mundo	15
2.4.4. El vinagre en el Ecuador	16

2.4.5.	Procesos para la elaboración de vinagre	16
2.5.	Fermentación anaeróbica	17
2.5.1.	Tipos de fermentación anaeróbica	17
2.5.2.	Factores que afecta la fermentación anaeróbica	18
2.6.	Bacterias del ácido acético	18
2.6.1.	Acetobacter	19
CAPÍTULO III.		20
3.	MARCO METODOLÓGICO	20
3.1.	Ubicación de la investigación	20
•	Localización de la investigación	20
•	Situación geográfica y edafoclimática	20
•	Zona de vida	20
3.2.	Metodología	21
3.2.1.	Material en estudio	21
3.2.2.	Factores en estudio	21
3.2.3.	Tratamientos	22
3.2.4.	Tipo de diseño experimental	23
3.2.5.	Manejo del experimento	24
3.2.6.	Métodos de evaluación	28
3.2.7.	Análisis de datos	30
CAPÍTULO IV		31
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1.	Interpretación de resultados	31
4.1.1.	Estudio del pH del fruto de mora	31
4.1.2.	Estudio del porcentaje de humedad (%) del fruto de mora	33

4.1.3. Estudio del porcentaje de cenizas (%) del fruto de mora	35
4.1.4. Estudio de la determinación de sólidos totales.	37
4.1.5. Estudio de la acidez del fruto de las dos variedades de mora	39
4.1.6. Estudio de la determinación de azúcares reductores del fruto de mora	41
4.1.7. Estudio del pH del vinagre de mora	44
4.1.8. Estudio del porcentaje de humedad del vinagre	46
4.1.9. Estudio de las cenizas (%) del vinagre en estudio	48
4.1.10. Estudio de los sólidos totales (°Bx) del vinagre	50
4.1.11. Estudio de la acidez del vinagre	52
4.1.12. Estudio de los azúcares reductores del vinagre	54
4.1.13. Estudio económico del vinagre de mora	57
4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	59
CAPÍTULO V	60
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
5.1. Conclusiones	60
5.2. Recomendaciones	61
BIBLIOGRAFÍA	62

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	DETALLE	PAG.
1.	Taxonomía de la mora	6
2.	Características morfológicas de la variedad colombiana	9
3.	Características químicas y nutricionales del fruto de mora	10
4.	Tratamientos de la interacción de los factores en estudio.	22
5.	Características numéricas del experimento	23
6.	Análisis de varianza del diseño factorial con arreglo de tres factores.	24
7.	Estudio del pH del fruto de mora	31
8.	Pruebas post hoc de Tukey del pH del fruto de mora	31
9.	Estudio del porcentaje de humedad (%) del fruto de mora	33
10.	Pruebas post hoc de Tukey del porcentaje de humedad (%) del fruto	33
11.	Estudio del porcentaje cenizas (%) del fruto de mora	35
12.	Pruebas post hoc de Tukey de las cenizas (%) del fruto de mora	35
13.	Estudio de la determinación de los sólidos totales (°Bx) del fruto de mora	37
14.	Pruebas post hoc de Tukey de los sólidos totales (°Bx) del fruto de mora	37
15.	Estudio de la acidez (% ácido málico) del fruto de mora	39
16.	Pruebas post hoc de Tukey de la acidez (% ácido málico) del fruto	39
17.	Estudio de los azúcares reductores (gr de glucosa/L muestra) del fruto	41
18.	Pruebas post hoc de Tukey de los azúcares reductores	41
19.	Análisis fisicoquímico del vinagre	43
20.	Estudio del pH del vinagre de mora	44
21.	Pruebas post hoc de Tukey del pH del vinagre de mora	44
22.	Estudio de la humedad (%) del vinagre de mora	46
23.	Pruebas post hoc de Tukey de la humedad (%) del vinagre de mora	46

24. Estudio de las cenizas (%) del vinagre de mora	48
25. Pruebas post hoc de Tukey de las cenizas (%) del vinagre de mora	48
26. Estudio de los solidos totales (°Bx) del vinagre de mora	50
27. Pruebas post hoc de Tukey de los solidos totales (°Bx) del vinagre	50
28. Estudio de la acidez (% ácido málico) del vinagre de mora	52
29. Pruebas post hoc de Tukey de la acidez (% ácido málico) del vinagre	52
30. Estudio de los azúcares reductores (gr de glucosa/L muestra) del vinagre	54
31. Pruebas post hoc de Tukey de los azúcares reductores del vinagre	54
32. Resultados del análisis físico químico del vinagre de mora	56
33. Análisis económico del vinagre de mora.	57
34. Análisis ANOVA de un factor.	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	DETALLE	PAG.
1.	Distribución de la mora de castilla	7
2.	Estudio del pH del fruto de mora de los tratamientos	32
3.	Promedio de la humedad (%) del fruto de mora	34
4.	Promedio del porcentaje de cenizas (%) del fruto de las moras en estudio	36
5.	Promedio de los solidos totales (°Bx) del fruto de mora	38
6.	Promedio de la acidez (% ácido málico) del fruto de mora	40
7.	Promedio de los azúcares reductores (gr de glucosa/L muestra) del fruto	42
8.	Estudio del pH del vinagre de mora de los tratamientos	45
9.	Promedios de la humedad (%) del vinagre de mora	47
10.	Promedio de las cenizas (%) del vinagre de mora	49
11.	Promedio de los solidos totales (°Bx) del vinagre de mora	51
12.	Promedio de la acidez (% ácido málico) del vinagre de mora	53
13.	Promedio de los azúcares reductores (gr de glucosa/L) del vinagre	55
14.	Análisis económico del vinagre de mora.	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº

DETALLE

1. Ubicación de la investigación
2. Base de datos.
3. Fotografía de la investigación.
4. Glosario de términos

RESUMEN

El vinagre es producto de la fermentación alcohólica y acética de una amplia diversidad de sustratos glucosados, como la mora y los subproductos de esta, para su obtención se involucran procesos bioquímicos y microbiológicos, en donde, microorganismos como el *Acetobacter aceti* es uno de los que convierten tras oxidación el etanol en ácido acético. Alternativamente se pueden utilizar materias primas no comercializables como sustrato para su obtención, de tal modo, el objeto de este estudio es; aprovechar la mora de descarte del recinto Guantug Cruz en la obtención de ácido acético mediante fermentación anaerobia facultativa. La investigación se realizó en las instalaciones del complejo Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, en el Campus Universitario Laguacoto II, perteneciente a la Universidad Estatal de Bolívar. Metodológicamente se estableció un arreglo factorial de tres factores con dos repeticiones, conformando un total de 12 tratamientos que estuvieron constituidos por factor a; tipo de mora, factor b; tipo de fermentación con o sin inoculación y el factor c; temperatura de incubación. Adicionalmente, se realizó el estudio fisicoquímico del fruto, del vinagre de mora y un estudio económico. Dentro de resultados se encontró que en la comparación analítica fisicoquímica de las variedades de mora se determinó un pH de la variedad de castilla de 7,06, una humedad de 88,97%, cenizas en un 0,35%, además, 6,62°Bx de sólidos totales, 3,20% de acidez y 18,27 gr de azúcares reductores. En lo concerniente a la variedad colombiana se determinó un pH de 7,62, una humedad 92,45%, cenizas en un 0,40%, 8,58°Bx de sólidos totales, una acidez del 2,85% y 7,49 gr azúcares reductores. Infiriendo que, la variedad de mora colombiana presentó mejores condiciones fisicoquímicas del fruto para su procesamiento agroindustrial. Además, el análisis fisicoquímico del vinagre de mora permitió determinar que solo el ensayo T8 logró cumplir con la estipulado por la normativa INEN 2296, los otros ensayos ostentaron valores extralimitados, mientras que, el análisis económico la mayor relación beneficio/costos se determinó en los ensayos T10, T11 y T12 con un índice de 1,34, es decir, por cada dólar invertido se logró una rentabilidad de \$ 0,34 en la producción de vinagre de mora, considerándose que se deben producir alrededor de 30 botellas de vinagre de mora para mantener un punto de equilibrio económico para que dicho procedimiento agroindustrial sea rentable. Concluyendo que el aprovechamiento de la mora colombiana de descarte del recinto Guantug Cruz, de la provincia Bolívar, es una alternativa prometedora para la elaboración de vinagre de mora.

Palabras clave: Vinagre, Fermentación Anaerobia Facultativa, Mora de castilla, Mora colombiana, análisis fisicoquímico.

SUMMARY

Vinegar is the product of the alcoholic and acetic fermentation of a wide diversity of glucose substrates, such as blackberry and its by-products. To obtain vinegar, biochemical and microbiological processes are involved, where microorganisms such as *Acetobacter aceti* is one of those that convert ethanol into acetic acid after oxidation. Alternatively, non-marketable raw materials can be used as a substrate to obtain acetic acid, so the purpose of this study is to take advantage of the discarded blackberry from the Guantug Cruz facility to obtain acetic acid by means of facultative anaerobic fermentation. The research was carried out at the facilities of the Agroindustrial Complex, Faculty of Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment, at the Laguacoto II University Campus, belonging to the State University of Bolívar. Methodologically, a factorial arrangement of three factors with two replications was established, forming a total of 12 treatments that were constituted by factor a; type of blackberry, factor b; type of fermentation with or without inoculation and factor c; incubation temperature. In addition, a physicochemical study of the fruit, blackberry vinegar and an economic study were carried out. The results showed that in the analytical physicochemical comparison of the blackberry varieties, the Castille variety had a pH of 7.06, humidity of 88.97%, ash of 0.35%, total solids of 6.62°Bx, acidity of 3.20% and 18.27 g of reducing sugars. For the Colombian variety, a pH of 7.62, 92.45% moisture, 0.40% ash, 8.58°Bx total solids, 2.85% acidity and 7.49 g reducing sugars were determined. Inferring that the Colombian blackberry variety presented better physicochemical conditions of the fruit for agroindustrial processing. In addition, the physicochemical analysis of the blackberry vinegar allowed determining that only the T8 trial was able to comply with the stipulations of INEN 2296, the other trials showed exceeded values, while in the economic analysis, the highest benefit/cost ratio was determined in the T10, T11 and T12 trials, with an index of 1.5% and 2.5%, respectively, and the highest benefit/cost ratio was determined in the T10, T11 and T12 trials, with an index of 1.5% and 2.5%, T11 and T12 with an index of 1.34, that is, for each dollar invested, a profitability of \$ 0.34 was achieved in the production of blackberry vinegar, considering that about 30 bottles of blackberry vinegar should be produced to maintain a point of economic equilibrium for this agroindustrial process to be profitable. The conclusion is that the use of discarded Colombian blackberry from the Guantug Cruz area of Bolívar province is a promising alternative for the production of blackberry vinegar.

Key words: Vinegar, Facultative Anaerobic Fermentation, Blackberry, Colombian blackberry, physicochemical analysis.

CAPÍTULO I.

1.1. INTRODUCCIÓN

En 2022, se estima que la producción global de moras alcanzará alrededor de 1,5 millones de toneladas. Los principales productores a nivel mundial son: China, con 500,000 toneladas, representando un 33,3% de la producción; Perú, con 250,000 toneladas, equivalente al 16,7%; India, con 150,000 toneladas, que constituye un 10%; Estados Unidos, con 100,000 toneladas, representando el 6,7%; y México, con 75,000 toneladas, que representa el 5% de la producción mundial. Además, otros países significativos en la producción de moras son Brasil, Turquía, Irán, Colombia y Ucrania. Este aumento en la producción de moras a nivel global se debe a la creciente demanda tanto de frutas frescas como procesadas (FAO, 2023).

En el 2022, América Latina se posiciona como un destacado productor de zarzamoras a nivel mundial, con una proyección de alrededor de 625,000 toneladas, lo que equivale al 41,7% de la producción global. Perú lidera este escenario como el principal productor de zarzamoras en la región, alcanzando una producción de 250,000 toneladas en 2022. Esta actividad de cultivo de moras juega un rol fundamental en la economía peruana, generando ingresos para miles de agricultores y sus familias. Por otro lado, Colombia se posiciona como el segundo mayor productor de zarzamoras en América Latina, con una producción de 140,000 toneladas en 2022. La siembra de moras se concentra principalmente en las regiones de Cundinamarca, Boyacá y Antioquia en Colombia (Barrera *et al.*, 2016).

La cosecha de moras en Ecuador se concentra en las provincias de Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha y Carchi. Dentro de estas regiones, la provincia principal en términos de producción de moras es Bolívar, contribuyendo con el 39% de la producción total. En el transcurso del año, esta provincia aporta alrededor de 34,209 toneladas de moras. A continuación, le sigue la provincia de Tungurahua, con un 33% de la producción de moras, aportando 8 toneladas al año a la producción nacional (Barrera *et al.*, 2016).

En la provincia de Bolívar, la producción de mora es una actividad agrícola importante que se lleva a cabo principalmente en pequeñas fincas familiares y algunas empresas agrícolas más grandes. Los agricultores cultivan la mora en

suelos fértiles y bien drenados, aprovechando las condiciones climáticas favorables de la región. Guanto cruz, una parroquia en la provincia, presenta un escenario propicio para el cultivo de mora, lo que contribuye no solo a la economía local, sino también al sustento de las comunidades agrícolas en la región (Barrera *et al.*, 2016).

El vinagre, reconocido por su versatilidad, tiene diversos beneficios y usos. En la cocina, realza sabores y conserva alimentos, mientras que en el hogar funciona como desinfectante natural, históricamente se ha empleado con fines medicinales, ayudando en la digestión y como tratamiento para afecciones leves de la piel, la producción de vinagre a partir de frutas es un proceso que implica la fermentación de los azúcares presentes en estas, transformándolos en ácido acético, las frutas, como manzanas, uvas, moras o incluso frutas tropicales, se utilizan para crear vinagres de sabores únicos y variados. El método incluye la trituración de las frutas, seguida de la fermentación del jugo resultante mediante levaduras y bacterias, transformando los azúcares en ácido acético (Boonsupa, 2019).

El vinagre de mora, derivado de la fermentación del jugo de moras, ofrece una serie de beneficios. Es conocido por ser una fuente de antioxidantes, lo que puede ayudar a combatir los radicales libres y promover la salud celular. Su acidez moderada lo convierte en un aliado para equilibrar el pH de la piel, contribuyendo a mantenerla sana y limpia. Además, se ha sugerido que el consumo moderado de vinagre de mora podría ayudar a controlar los niveles de azúcar en sangre, aunque se requieren más investigaciones al respecto (Sung & Lee, 2021).

Estos procesos anaerobios de fermentación son llevados a cabo por bacterias acéticas como *Acetobacter*. Esta bacteria pertenece al grupo de las bacterias acéticas y es conocida por su capacidad para oxidar el alcohol, transformándolo en ácido acético, durante la fermentación, *Acetobacter aceti* utiliza el etanol generado por otros microorganismos para llevar a cabo la oxidación, produciendo así vinagre. Este proceso bioquímico, conocido como acetificación, implica la conversión de compuestos orgánicos a través de la acción enzimática de la bacteria, resultando en la característica acidez del vinagre. La fermentación llevada a cabo por *Acetobacter aceti* no solo es esencial para la producción de vinagre, sino que también destaca la versatilidad (Iswantini *et al.*, 2020)

1.2. PROBLEMA

Una de las principales problemáticas en la elaboración de productos a partir de la mora, es la cantidad de materia prima que suele ser descartada y desperdiciada, ya que en las industrias donde se manufactura este producto aproximadamente se descarta un 30% de la totalidad de esta materia prima según estimativas del Ministerio de Agricultura y Ganadería en el año 2022, las principales razones se relacionan a que no cumple con los estándares de calidad y categorización para su uso y producción derivatizada.

Los altos índices de descarte y desperdicio de la mora generan un impacto negativo en la economía de diversos sectores, debido en gran parte a pérdidas de recursos que pueden ser destinados a la elaboración de otros productos, además de limitar las oportunidades a los estratos sociales más vulnerables. Según reportes del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el costo de producción de mora en el Ecuador se estima en aproximadamente \$16,000 dólares por hectárea, el cual representa un 75% del precio destinado a la venta al consumidor, además mencionan que de dicho costo, las pérdidas oscilan entre el 10% y el 20%. Esto significa que, por cada 100 dólares invertidos en la producción de mora, los productores pueden esperar perder entre 10 - 20 dólares (INIAP, 2017).

Si bien es conocido que Bolívar produce 34209 t/año de mora no obstante este no es aprovechado en la industria local (Mosquera *et al.*, 2019). Los agricultores del sector de Guantug Cruz están enfrentando pérdida o descarte en la producción de mora por disminución en la productividad, ya que el fruto es altamente vulnerable debido a su fragilidad, lo que lo hace especialmente propenso a pudrición durante su manipulación y almacenamiento, se estima que se puede llegar a perder hasta el 21% en la poscosecha (INIAP, 2017).

El desconocimiento y la falta de información acerca de procesos de manufacturación de productos alternativos a partir de esta materia prima, provoca un aumento en la magnitud de las pérdidas, de tal modo, como una alternativa de solución a las problemáticas planteadas se propone en la presente investigación, el aprovechamiento de la mora de descarte en el recinto Guantug Cruz en la obtención de ácido acético a partir de fermentación anaeróbica facultativa.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Aprovechar la mora de descarte del recinto Guantug Cruz en la obtención de ácido acético mediante fermentación anaerobia facultativa.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis físico químico a las variedades de mora (castilla y colombiana).
- Evaluar los dos métodos de fermentación y las condiciones de fermentación.
- Establecer el beneficio y costo de la producción del vinagre a partir de las dos variedades de mora en estudio y el punto de equilibrio del producto obtenido.
- Trasferir la tecnología al sector productivo del recinto Guantug Cruz.

1.4. HIPÓTESIS

- **H₀:** No existe diferencias en las condiciones físico químicas propicias para la producción de ácido acético mediante fermentación anaeróbica entre la mora de castilla y colombiana

- **H_a:** Existe diferencias en las condiciones físico químicas propicias para la producción de ácido acético mediante fermentación anaeróbica entre la mora de castilla y colombiana

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La mora

El grupo botánico *Rubus* (derivado del término en latín *ruborum* que significa rojo) abarca a las frutas comúnmente conocidas como moras, frambuesas y zarzamoras, la mora silvestre, también conocida como *urku* mora o simplemente mora, ha sido un fruto ampliamente aprovechado por la humanidad (Samaniego *et al.*, 2020).

Desde el punto de vista taxonómico, las moras son parte de la familia Rosaceae, específicamente de la subfamilia Rosoideae y la tribu Potentilleae, a nivel global, hay alrededor de 250 especies de *Rubus* distribuidas en cinco subgéneros: *Chamaemorus focke*, *Cyclactis focke*, *Anoplobatus focke*, *Idaeobatus focke* y *Rubus linn* (Samaniego *et al.*, 2020).

Tabla 1.

Taxonomía de la mora

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Género	<i>Rubus</i>
Especie	<i>glaucus</i>

Fuente: Samaniego *et al.*, (2020).

2.1.1. Mora de castilla

Las zarzamoras de castilla, nativas de América del Sur, se destacan por su tonalidad roja intensa o negra y su sabor agridulce. Estas frutas son una excelente fuente de vitamina C, antioxidantes y otros nutrientes, el arbusto perenne que produce la mora

de Castilla tiene una postura semierecta, con tallos delgados y flexibles (Vilaplano *et al.*, 2020).

Esta especie nativa exhibe una pubescencia combinada con glándulas sésiles a ligeramente unidas al tallo y espinas estrechas, profundamente curvadas, de entre 2 y 4 mm de longitud. Sus estípulas, afiladas y tomentosas, llevan glándulas estipitadas, las hojas se componen de cinco folíolos, que son ovalados o ligeramente elípticos, con una textura cartácea y entre 10 y 13 pares de venas secundarias (Vilaplano *et al.*, 2020).

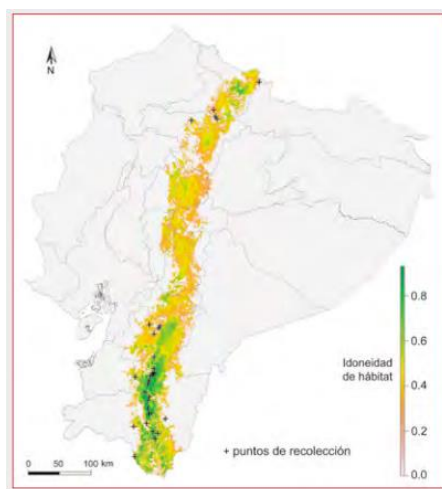
Las inflorescencias se presentan en panículas algo laxas, que miden entre 15 y 35 cm de longitud, y llevan entre 12 y 15 (o hasta 40) flores, estas flores poseen sépalos ovados y pétalos espatulados a casi circulares, con colores que varían entre blanco y rosa, los frutos, de forma globosa, pueden ser rojos o negros, y cada receptáculo puede albergar de 10 a 35 drupas (Vilaplano *et al.*, 2020).

2.1.1.1. Distribución de la mora de castilla

En el Ecuador se considera las zonas óptimas para el cultivo de mora los valles del callejón interandino, principalmente, en las provincias de Tungurahua, Pichincha, Cotopaxi, Bolívar, Imbabura, Carchi, Azuay y Loja. Sin embargo La mora de castilla se encuentra en la provincia del Azuay, Carchi, Imbabura, Loja, Pichincha y Zamora Chinchipe, a una altitud de 1400 a 3500 msnm (Garrido *et al.*, 2020).

Figura 1.

Distribución de la mora de castilla



Fuente: Garrido *et al.*, 2020).

En el año de 2006 en el Ecuador la producción de mora alcanzó una producción de 2269 hectáreas, de las cuales en la provincia Bolívar se produce el 45% correspondiente a 1012 hectáreas, Tungurahua con el 25% representado por 597 hectáreas, continuando la provincia de Cotopaxi con el 17% representada por 398 hectáreas, y tan solo el 4% en Chimborazo (Garrido *et al.*, 2020).

2.1.2. Línea Colombiana

La variedad Colombiana se caracteriza por tener menor vigor que las moras de Castilla y a diferencia de esta no posee espinas, presenta una mayor cantidad de ramas productivas, con alta producción de inflorescencias a lo largo de estas, es susceptible a las heladas por ello se debe conocer muy bien el microclima de la zona, alcanza altos rendimientos (6 kg planta⁻¹) y 7.43 grados Brix

Denominada 'Columbia Star' es un nuevo cultivar de mora (*Rubus* subg. *Rubus* *Watson*) sin espinas del programa de mejoramiento del Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de EE. UU. Se presenta como una mora de muy alta calidad, alto rendimiento, cosechable a máquina, sin espinas y con frutos firmes y dulces que, cuando se procesan, tienen una calidad similar o mejor que la fruta de los estándares de la industria. La mora Columbia se adaptad a áreas donde se pueden cultivar con éxito otras moras

2.1.2.1. Características morfológicas

La mora Colombiana se caracterizaron por tener la sección transversal de tallo en forma cilíndrica; tipo de hoja trifoliada, ápice acuminado, forma de la flor lanceolada; forma del fruto cónica alargada y color purpura rojizo, no presentan espinas; característica muy apreciable y que junto con el rendimiento son los caracteres de mayor importancia comercial (Finn *et al.*, 2018).

La mora Colombiana presentaron las mejores características morfológicas (ausencia de espinas) que facilita el proceso de cosecha al evitar daños a los recolectores y disminuir el tiempo de cosecha; fenológicas (materiales precoces) y de calidad (frutos más firmes y con mejor cantidad de sólidos solubles), caracteres apreciados por el productor, ya que recupera la inversión en menor tiempo, reduce las pérdidas durante la comercialización de la fruta y tiene mayor aceptación por el consumidor y la agroindustria (Finn *et al.*, 2018).

Tabla 2.*Características morfológicas de la variedad colombiana*

Descripción	Datos morfológicos
Forma de tallos	Cilíndricos
Diámetro del tallo principal	7-47
Longitud del tallo (m)	7.00
Longitud del fruto (mm)	22.34
Diámetro del fruto (mm)	19
Color del fruto	Rojo
Forma del fruto	Ovalado
Tipo de hoja	Trifoliada
Espinas en ramas	Ausente

Fuente: (Finn *et al.*, 2018).

2.1.2.2. Característica química y nutricionales de la mora

- **Sólidos:** Ofrece sólidos solubles con un contenido de 12.60 °Brix, un valor que excede significativamente los estándares establecidos por varios países. Según la normativa colombiana NTC 4106 (1997), se estipula un máximo de 8.5 °Brix, mientras que en Costa Rica, la normativa actual exige un mínimo de 8 °Brix, y un máximo de 11.30 °Brix (Bhatt *et al.*, 2023)
- **pH:** Los valores de pH registrados en esta variedad fueron notablemente elevados (2.93), en contraste con el pH de 2.79 reportado para la mora de Castilla (Bhatt *et al.*, 2023).
- **Acidez titulable:** Las agroindustrias requieren que la fruta destinada al procesamiento tenga una acidez que oscile entre 2.30 y 2.90 g/100 g, además de que el contenido de sólidos solubles sea superior a 8 °Brix. La variedad se encuentra dentro del rango con valores 2.62 g/100 g ácido cítrico y supera los 12 °Brix (Bhatt *et al.*, 2023).

Tabla 3.*Características químicas y nutricionales del fruto de mora*

Análisis	Valor
pH	2.50
Acidez titulable (mg)	1.42
Sólidos solubles (°Brix)	13.40
Humedad (%)	77.43
Cenizas (g)	5.81
Extracto etéreo (g)	2.20
Proteína (g)	12.11
Fibra (g)	4.47
Carbohidratos totales (g)	79.42
Azúcares totales (g)	49.58
Vitamina C (ppm)	140

Fuente: Guerrero *et al.*, (2023).

2.1.3. Beneficios de consumir mora

Las moras, *Rubus* spp., se cultivan en todo el mundo y tienen una importancia comercial cada vez mayor. Las moras generalmente se consumen frescas, pero también se elaboran en mermeladas, jugos, pasteles y extractos, los consumidores modernos se han vuelto muy conscientes del potencial de los alimentos funcionales para prevenir o ralentizar la enfermedad crónica (Robinson *et al.*, 2020).

La investigación sobre antioxidantes ha demostrado que un mayor consumo de alimentos ricos en polifenoles, como las moras, puede tener eficacia anticancerígena, antimutagénica, antimicrobiana, antiinflamatoria y neuroprotectora, las moras son una fuente de compuestos no nutritivos, como fibra y polifenoles, así como de nutrientes que incluyen vitaminas, minerales y azúcares (Robinson *et al.*, 2020).

Los fenólicos que se encuentran con mayor frecuencia en las moras incluyen antocianinas, taninos, ácidos hidroxibenzoicos y flavan-3-oles, las antocianinas, particularmente el cianidin-3-O-glucósido (C3G), son consistentemente el antioxidante fenólico predominante que se encuentra en las moras y se ha demostrado que tienen una bioactividad prominente (Robinson *et al.*, 2020).

La composición y el contenido de fenólicos de la mora pueden variar según la ubicación, el cultivo y el momento de la cosecha. Se ha descubierto que diferentes variedades cultivadas en la misma región contienen diferentes cantidades de fenólicos (Robinson *et al.*, 2020).

2.2. Producción de mora en la provincia Bolívar y Guantug Cruz

Bolívar se destaca como la provincia líder en la producción de mora, contribuyendo con un impresionante volumen anual de 34209 toneladas, lo que representa aproximadamente el 39% de la producción total de esta fruta a nivel nacional. Este dato revela el importante papel que desempeña Bolívar en el panorama agrícola del país. Además, se destaca que la provincia logra este notable rendimiento con una productividad promedio de 6.90 toneladas por hectárea (t/ha). Este alto rendimiento por hectárea es un testimonio del clima favorable y las condiciones agronómicas adecuadas que prevalecen en la región, lo que posiciona a Bolívar como un actor clave en el mercado de la mora a nivel nacional e incluso internacional. Sin embargo, también sugiere un potencial significativo para aumentar aún más la producción y la eficiencia agrícola en la provincia, aprovechando al máximo sus recursos naturales y capacidades agrícolas (Mosquera *et al.*, 2019)

La cosecha de la mora en el recinto Guantug Cruz se realiza cuando, el fruto alcanza su nivel óptimo de madurez para ser comercializado. Cuando las plantas son propagadas vegetativamente mediante acodos o estacas, la primera cosecha se lleva a cabo aproximadamente entre 7 y 9 meses después del trasplante, y se alcanza la plena producción a los 18 meses, con rendimientos de hasta 20 toneladas por hectárea (Franco & Bernal, 2020).

2.2.1. Pérdidas postcosecha en el recinto Guantug Cruz

Algunos aspectos están descritos durante el proceso de comercialización, es crucial considerar los siguientes aspectos negativos: recolectar la fruta con un estado de

maduración desigual durante la mañana, utilizar recipientes hondos para la recolección, aumentar la manipulación y el empaquetado del producto en el campo, llevar a cabo esta actividad lejos de la planta, y evitar el uso de guantes de tela, esto llevado que en el sector de Guantug Cruz se pierda el 21% de la producción diaria por una mala calidad del producto (Villacis, 2019).

2.3. Características físicas de la mora de descarte

Las moras de descarte son aquellas que, por diversas razones, no cumplen con los estándares de calidad requeridos para la comercialización y, por lo tanto, se descartan.

- **Forma deformada:** Algunas moras pueden tener formas deformadas o irregulares, lo que puede afectar su aspecto visual y la percepción de calidad por parte de los consumidores.
- **Coloración inadecuada:** El color de las moras puede ser un indicador importante de su calidad. Las moras de descarte pueden presentar una coloración inadecuada, como manchas oscuras o decoloración, lo que las hace menos atractivas para la venta.
- **Textura deteriorada:** Las moras de descarte pueden tener una textura blanda o demasiado firme, lo que indica que pueden estar pasadas de maduración o haber sufrido daños durante el transporte o almacenamiento.
- **Daños físicos:** Esto incluye magulladuras, golpes o cortes en la piel de la mora, lo que puede hacer que se deteriore más rápidamente o afectar su apariencia visual (Villacis, 2019).

2.3.1. Condiciones de la mora de descarte

Las moras de descarte pueden presentar una variedad de condiciones que las hacen inapropiadas para la comercialización en el mercado fresco. Algunas de estas condiciones incluyen:

- **Maduración excesiva:** Las moras que han madurado en exceso tienden a volverse blandas y pueden empezar a descomponerse, lo que las hace poco atractivas para su venta.

- Daños físicos: Las moras pueden sufrir daños durante la cosecha, transporte o manipulación, lo que resulta en magulladuras, aplastamientos, cortes o golpes. Estos daños pueden provocar que las moras se deterioren rápidamente y no sean aptas para la venta.
- Manchas y decoloraciones: Las manchas oscuras o decoloraciones en la piel de la mora pueden indicar daños por enfermedades, insectos o condiciones ambientales adversas, lo que afecta su calidad y apariencia.
- Deformidades y tamaño irregular: Las moras de forma irregular o tamaño inadecuado pueden ser consideradas como defectuosas y, por lo tanto, descartadas para la venta en el mercado fresco.
- Contaminación por residuos químicos: En algunos casos, las moras pueden ser descartadas debido a la presencia de residuos químicos o contaminantes que las hacen no aptas para el consumo humano (Villacis, 2019).

2.3.2. Magulladura de la mora de descarte

Las magulladuras en las moras pueden ocurrir durante la cosecha, el transporte o la manipulación, y pueden ser causadas por varios factores, como la presión excesiva, el contacto con superficies duras o la fricción con otros frutos. Las moras magulladas tienden a deteriorarse más rápidamente y pueden ser consideradas inapropiadas para la comercialización en el mercado fresco (Villacis, 2019).

2.4. Vinagre

El vinagre es fundamentalmente una solución diluida de ácido acético obtenida a través del proceso de fermentación. Todos los tipos de vinagre se producen mediante dos procedimientos biológicos separados, ambos como resultado de la acción de microorganismos benignos, específicamente levaduras y bacterias. El primer método, conocido como fermentación alcohólica, se lleva a cabo por la actividad de levaduras que convierten el azúcar en alcohol en condiciones controladas. En el segundo método, un conjunto de bacterias transforma el alcohol en ácido acético, produciendo así el vinagre. Este proceso se conoce como fermentación acética o acetificación, y requiere un control meticuloso de las condiciones ambientales para su desarrollo óptimo (Sengun *et al.*, 2020).

El vinagre puede elaborarse a partir de diversas frutas o cualquier materia prima que contenga cantidades de azúcar. Esta constituye la premisa fundamental en la fabricación del vinagre. En condiciones adecuadas, cualquier solución diluida que contenga un tipo de azúcar susceptible de fermentación puede convertirse en vinagr (Sengun *et al.*, 2020).

2.4.1. Etiología del vinagre

El surgimiento del vinagre es uno de esos eventos casuales que no se hallan documentados en registros históricos. En los anales de las prácticas médicas y alimenticias más ancestrales, es muy probable que su descubrimiento se remonte a unos diez mil años atrás, posiblemente en concordancia con la aparición del vino, ya que el vinagre representa la secuencia natural que sigue a la fermentación alcohólica de esta bebida (Pâdureanu *et al.*, 2022).

Las más antiguas referencias documentadas sobre el vino y el vinagre se remontan a la práctica médica babilónica alrededor del 5000 a.C. Las uvas, higos y otras frutas del Mediterráneo proporcionaron la base fermentable para crear diversas variedades de vinagre (Pâdureanu *et al.*, 2022).

En Inglaterra, el vinagre se originó inicialmente a partir de la malta, utilizando un proceso que involucraba la cerveza agriada. Por este motivo, se le denominaba "alegar". A pesar de que el término "vinagre" ha prevalecido, el vinagre de malta sigue siendo común en las Islas Británicas. Existen evidencias que señalan que los arios y otras tribus nómadas en el norte de Europa y Asia empleaban manzanas para producir una bebida fermentada con sabor agrio. A lo largo de miles de años, el uso del vinagre se difundió desde los fenicios, egipcios, griegos y romanos hacia el resto del mundo occidental (Pâdureanu *et al.*, 2022).

2.4.2. Tipos de vinagre

Debido a la factibilidad de obtener vinagre a partir de cualquier sustancia que contenga azúcar, se encuentran una amplia variedad de tipos de vinagre en todo el mundo. A pesar de ello, generalmente se identifican siete tipos como los más reconocidos: el vinagre destilado, blanco o de alcohol; el vinagre de vino; el vinagre de sidra; el vinagre de malta o cerveza; el vinagre de arroz; el vinagre con añadidos;

y los vinagres gourmet, entre los cuales destacan el balsámico y el de jerez (Luzón *et al.*, 2021).

- **Vinagre blanco destilado de alcohol:** Este tipo de vinagre se produce a partir de alcohol de cereal o de melaza, obtenidos de diferentes tipos de cereales y de caña de azúcar. Este vinagre es el más potente, presentando un nivel de acidez superior al 6% (Luzón *et al.*, 2021).
- **Vinagre de vino:** El vinagre derivado del vino puede resultar de la fermentación de vinos tanto tintos como blancos e incluye variedades como el champagne, jerez y balsámico. La calidad y el gusto característico del vinagre están directamente influenciados por el tipo de vino utilizado y su proceso de fermentación (Luzón *et al.*, 2021).
- **Vinagre de manzana:** El vinagre de sidra se produce a partir de sidra o de la pulpa extraída de las manzanas. Presenta un matiz dorado y un sabor intenso que resulta adecuado para realzar el sabor de platos como pescados, pollo, manzanas al horno o para la preparación de reducciones de salsas. Además de su uso culinario, el vinagre de sidra se emplea para realizar enjuagues bucales en el tratamiento de lesiones bucales (Luzón *et al.*, 2021).
- **Vinagre de malta:** El vinagre de cerveza, una especialidad originaria del sur de Alemania. Su extensa historia y un método de producción que ha sido transmitido a lo largo de numerosas generaciones aportan un aura particular a la fabricación y comercialización del vinagre de cerveza. Este producto no solo se emplea en preparaciones gourmet, sino que su calidad puede considerarse por sí misma un producto gourmet, dependiendo de su nivel de excelencia (Luzón *et al.*, 2021).

2.4.3. El vinagre en el mundo

La preferencia por un tipo específico de vinagre en cada país o área geográfica se encuentra estrechamente ligada a la facilidad de acceso a la materia prima alcohólica necesaria para su producción. Las zonas reconocidas por su producción vinícola, por ejemplo, tendrán un suministro abundante y económico de la materia prima requerida para elaborar su vinagre característico. Lo mismo ocurre en países

donde se destaca la producción de manzanas/sidra, cereales/alcohol de cereal, malta/cerveza, entre otros. Este factor representa uno de los aspectos esenciales para el desarrollo de una variedad particular de vinagre en una región específica, dado que, por lo general, la producción de vinagre implica un costo final bajo. Dado el notable consumo y producción de cerveza por habitante en Argentina, existe una alta viabilidad para obtener cerveza (Singh, 2020).

2.4.4. El vinagre en el Ecuador

Ecuador cuenta con una diversidad de productos agrícolas que aún no se explotan completamente, como la claudia, manzana, mora y tomate de árbol. Por tanto, se requiere la creación de nuevos productos, como el vinagre de frutas elaborado a partir de desechos de frutas, con el objetivo de maximizar el aprovechamiento de estos recursos y elevar el estándar de vida de la población (Vera *et al.*, 2020).

Durante el período comprendido entre 2011 y 2015, Ecuador registró cifras de importación de vinagre y sus sustitutos derivados del ácido acético. En 2011, la importación alcanzó las 138 toneladas; en 2012 aumentó a 233 toneladas, descendiendo a 180 toneladas en 2013, llegando a 97 toneladas en 2014 y experimentando un repunte a 196 toneladas en 2015. El análisis detallado por país en 2015 revela que Italia representó el 53.1% del total importado, seguido por Chile con el 26.3%, Estados Unidos con solo el 7.4%, Perú con el 6.1%, Colombia con el 5.1% y España con el 2.0% (Vera *et al.*, 2020).

Por consiguiente, en Ecuador se plantea la necesidad de sustituir los productos importados del extranjero con producción nacional (Vera *et al.*, 2020).

2.4.5. Procesos para la elaboración de vinagre

El método Schuetzenbach/alemán surgió gracias a un químico alemán que le otorgó su nombre en los primeros años del siglo XIX. Se trata de un procedimiento ágil que emplea un generador, un barril dispuesto en posición vertical, lleno de astillas de madera y equipado con dispositivos que permiten el goteo constante a través de estas astillas. En el interior se alojan las bacterias encargadas de producir ácido acético. Este generador facilita la circulación continua de oxígeno y del líquido a fermentar (Vera *et al.*, 2020). Hoy en día, el enfoque más reconocido y eficiente es el proceso de fermentación por cultivo sumergido, originado en 1950. Se basa en

un sistema de elaboración implementado en grandes tanques de acero inoxidable, concebidos por la empresa alemana Heinrich Frings (Vera *et al.*, 2020).

2.5. Fermentación anaeróbica

La fermentación anaeróbica es un proceso metabólico que tiene lugar en ausencia de oxígeno. Durante este procedimiento, las células microbianas descomponen sustancias orgánicas, como carbohidratos o azúcares, en ausencia de oxígeno para producir energía. En lugar de usar oxígeno como aceptor de electrones, como ocurre en la respiración aeróbica, los microorganismos utilizan otros compuestos para llevar a cabo la cadena respiratoria (Lemus, 2020).

Como resultado de este proceso, se generan productos finales que pueden incluir diferentes compuestos orgánicos, como ácido láctico, etanol, dióxido de carbono o metano, dependiendo del tipo de microorganismo involucrado y de las condiciones específicas del entorno. Este tipo de fermentación es fundamental en procesos industriales, como la producción de alcohol, la fabricación de alimentos fermentados y la generación de biogás a partir de residuos orgánicos (Lemus, 2020).

2.5.1. Tipos de fermentación anaeróbica

Existen varios tipos de fermentación anaeróbica, cada uno caracterizado por los microorganismos involucrados y los productos finales generados:

- **Fermentación láctica:** Realizada principalmente por bacterias del género *Lactobacillus* y *Streptococcus*, transforman los azúcares en ácido láctico, utilizado en la producción de alimentos como yogur, queso, chucrut y encurtidos (Silva, 2020).
- **Fermentación alcohólica:** Llevada a cabo por levaduras, como *Saccharomyces cerevisiae*, que transforman los azúcares en alcohol etílico y dióxido de carbono, este proceso es crucial en la producción de bebidas alcohólicas como el vino, la cerveza y el pan (Silva, 2020).
- **Fermentación acética:** Implicada en la conversión de alcohol en ácido acético, realizada por bacterias acéticas como *Acetobacter* y *Gluconobacter*, se emplea para producir vinagre (Silva, 2020).

- **Fermentación propiónica:** Involucra bacterias como *Propionibacterium*, que transforman compuestos orgánicos en ácido propiónico, este proceso se usa en la producción de queso suizo y para generar propionato de calcio en la industria alimentaria (Silva, 2020).
- **Fermentación butírica:** Llevada a cabo por bacterias como *Clostridium*, que producen butirato y otros ácidos grasos de cadena corta, se utiliza en la producción de mantequilla y para la conservación de alimentos (Silva, 2020).

2.5.2. Factores que afecta la fermentación anaeróbica

La fermentación anaeróbica está influenciada por varios factores que pueden afectar su eficiencia y resultados:

- **Tipo de microorganismo:** Diferentes microorganismos tienen preferencias metabólicas distintas, ciertas especies pueden ser más efectivas en la conversión de sustratos específicos que otras (Silva, 2020).
- **Temperatura:** Las condiciones térmicas son cruciales para el crecimiento y la actividad de los microorganismos. La temperatura óptima varía según la especie y puede afectar la velocidad y la calidad de la fermentación.
- **pH:** El nivel de acidez o alcalinidad del medio también influye en la actividad de los microorganismos, cada tipo de microorganismo tiene un rango de pH óptimo para su funcionamiento (Silva, 2020).
- **Condiciones de fermentación:** Factores como la agitación, la presión, la presencia de inhibidores o promotores, y la disponibilidad de nutrientes adicionales pueden influir en el proceso de fermentación (Silva, 2020).

2.6. Bacterias del ácido acético

Las bacterias del ácido acético pertenecen a la familia Acetobacteraceae y están incluidas en el grupo de las α -Proteobacterias. Son microorganismos Gram-negativos, de forma elipsoidal o cilíndrica que pueden encontrarse aislados, en parejas o formando cadenas. Su tamaño oscila entre 0,4 a 1 μm de ancho y de 0,8 a 4,5 μm de longitud. Son móviles por flagelación (Hernani *et al.*, 2020).

El nombre “*Acetobacter*” fue sugerido en 1898 por Beijerinck, mientras que Asai en los años 1934 y 1935, estudiando bacterias que viven en las frutas, propuso el nombre “*Gluconobacter*” para aquellas que tienen una limitada capacidad para oxidar etanol a ácido acético, pero una fuerte capacidad de oxidar la glucosa a ácido glucónico y las diferenció en estos aspectos el *Acetobacter* (Hernani *et al.*, 2020).

2.6.1. *Acetobacter*

Las bacterias del género *Acetobacter* son generalmente conocidas por ser Gram-negativas y aerobias obligadas, lo que significa que requieren oxígeno para llevar a cabo su metabolismo. El género *Acetobacter* pertenece a la familia Acetobacteraceae y a la clase Alphaproteobacteria. Estas bacterias son particularmente notables por su capacidad para oxidar alcoholes, como el etanol, y convertirlos en ácido acético mediante un proceso conocido como acetificación. Además, algunas especies de *Acetobacter* tienen la capacidad de formar biopelículas, lo que les permite adherirse a superficies y colonizar diversos entornos, incluyendo su uso en la fermentación de productos como el vinagre. Es importante señalar que dentro del género *Acetobacter* hay varias especies con características específicas que les confieren adaptaciones particulares a diferentes ambientes y sustratos, demostrando así una diversidad funcional en este grupo bacteriano (Zhang *et al.*, 2020).

Las especies de *Acetobacter* son un grupo diverso de bacterias que tienen varias aplicaciones en la industria alimentaria;

- *Acetobacter aceti*: Esta especie es fundamental en la producción de vinagre. Oxida el etanol a ácido acético, dando al vinagre su sabor característico. También se utiliza en la fermentación de productos como el kombucha.
- *Acetobacter pasteurianus*: Al igual que *A. aceti*, esta especie participa en la producción de vinagre y es comúnmente aislada de ambientes fermentativos.
- *Acetobacter xylinum*: Esta bacteria es conocida por su capacidad para producir celulosa, y se utiliza en la producción de productos que son masas gelatinosas de celulosa utilizadas en la elaboración de bebidas fermentadas (Zhang *et al.*, 2020).

CAPÍTULO III.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación

- **Localización de la investigación**

La investigación se realizó en las instalaciones del complejo Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, en el Campus Universitario Laguacoto II, perteneciente a la Universidad Estatal de Bolívar

- **Situación geográfica y edafoclimática**

Parámetros	Valores
Altitud promedio	2 630 msnm
Latitud	01° 36'52''S
Longitud	78° 59'54''W
Temperatura máxima	21°C
Temperatura mínima	7°C
Temperatura media	14,4°C
Precipitación media anual	980 mm
Humedad relativa	70%
Heliofanía promedio	900 horas/luz/año

Fuente: (Estación Meteorológica Laguacoto II., 2023).

- **Zona de vida**

De acuerdo con la clasificación de los pisos altitudinales y las zonas de vida de L. Holdrige, el cantón Guaranda corresponden a la formación de bosque húmedo montano bajo (bh-MB) (Holdrige, 1947).

3.2. Metodología

3.2.1. Material en estudio

- Mora de Castilla
- Mora colombiana
- *Acetobacter* spp.
- Levaduras
- Diluyente
- Balanza industrial
- Medidor de pH
- Tiras de pH
- Refractómetro
- Recipientes de plástico
- Filtros
- Azúcar

3.2.2. Factores en estudio

- **Factor A:** Variedad de mora

A1: Mora castilla

A2: Mora Colombiana

- **Factor B:** Tipo de fermentación

B1: Fermentación con inoculación de *Acetobacter*

B2: Fermentación sin inoculación

- **Factor C:** Temperatura de fermentación

C1: 33°C

C2: 35°C

C3: 37°C

3.2.3. Tratamientos

Tabla 4.

Tratamientos de la interacción de los factores en estudio.

Tratamientos	Descripción
1	Mora castilla + Fermentación con inoculación de <i>Acetobacter</i> + 33°C
2	Mora castilla + Fermentación con inoculación de <i>Acetobacter</i> + 35°C
3	Mora castilla + Fermentación con inoculación de <i>Acetobacter</i> + 37°C
4	Mora castilla + Fermentación sin inoculación + 33°C
5	Mora castilla + Fermentación sin inoculación + 35°C
6	Mora castilla + Fermentación sin inoculación + 37°C
7	Mora colombiana + Fermentación con inoculación de <i>Acetobacter</i> + 33°C
8	Mora colombiana + Fermentación con inoculación de <i>Acetobacter</i> + 35°C
9	Mora colombiana + Fermentación con inoculación de <i>Acetobacter</i> + 37°C
10	Mora colombiana + Fermentación sin inoculación + 33°C
11	Mora colombiana + Fermentación sin inoculación + 35°C
12	Mora colombiana + Fermentación sin inoculación + 37°C

Nota. Se realizó los análisis por duplicado.

Tabla 5.

Características numéricas del experimento

Número de tratamientos	12
Número de repeticiones	2
Tamaño de la unidad experimental	1 kg
Unidades experimentales	24

3.2.4. Tipo de diseño experimental

- Se aplicará un diseño factorial con arreglo de tres factores, con 2 repeticiones, se establece con la ayuda del siguiente modelo matemático;

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = media general.

α_i = efecto debido al i-esimo nivel del factor A.

β_j = efecto del j-esimo nivel del factor B.

γ_k = es el efecto del k-ésimo nivel del factor C.

$\alpha\beta_{ij}$ = representa el efecto de interacción de la combinación ij.

$\alpha\gamma_{ik}$ = representa el efecto de interacción de la combinación ik.

$\beta\gamma_{jk}$ = representa el efecto de interacción de la combinación jk.

$\alpha\beta\gamma_{ijk}$ = representa el efecto de la interacción de la combinación ijk.

ε_{ijk} = es el error aleatorio, con $\mu=0$ y $\sigma = 2$ constante.

- Prueba de Tukey al 5%, con la ayuda del siguiente modelo matemático;

$$W = qx \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

Donde:

q = amplitud total estudentizada, valor que se obtiene de la tabla de resultados de Tukey.

CME = cuadrado de medios del error experimental.

r = número de repeticiones de las medias de los tratamientos a ser comparados.

Tabla 6.

Análisis de varianza del diseño factorial con arreglo de tres factores.

Fuente de variación	Fórmula para los GL	GL
Factor A	a-1	1
Factor B	b-1	1
Factor C	c-1	1
A*B	(a-1) (b-1)	1
A*C	(a-1) (c-1)	1
B*C	(b-1) (c-1)	1
A*B*C	(a-1) (b-1) (c-1)	1
Error	abc (n-1)	19
Total	abcn -1	23

3.2.5. Manejo del experimento

- **Obtención y procesamiento de la materia prima**

La materia prima (mora de castilla y mora colombiana) se adquirieron del proyecto de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente en la ciudad de Guaranda, se seleccionó las frutas con una integridad mayor al 50%, se realizó un lavado con agua a temperatura ambiente, y se finalizó con el pesaje de la materia prima total.

- **Estudio fisicoquímico del fruto de mora.**

La materia prima es decir los frutos de las dos variedades de mora se sometieron a un estudio fisicoquímico con determinaciones de; pH, % humedad, % cenizas, sólidos totales, acidez y azúcares reductores.

El pH se estimó por medio de un potenciómetro de acuerdo con estipulado en la normativa INEN 2427, para su desarrollo se colocaron 150 gr de mora en un mortero y se trituró, posteriormente, el sumo de las dos variedades de mora se colocó en un vaso de precipitación el cual permitió la calibración y estudio del pH. La estimación de los sólidos totales se realizó mediante el empleo de un refractómetro, donde se colocó una gota del sumo obtenido del triturado del fruto de mora en el prisma del equipo y se observó por el objetivo el valor de refracción el cual fue registrado como grados brix.

El porcentaje de humedad (% humedad) se registró las diferencias del peso entre la cápsula y el material seco en procedimientos simultaneo. Este análisis se realizó con intervalo de tiempo de 1 horas a una temperatura de 130°C, finalmente este dato se estimó a partir de la aplicación de la fórmula estipulada en la normativa AOAC 925,10.

El estudio del porcentaje de cenizas (% cenizas) se determinó con la utilización de los crisoles y una mufla, este procedimiento inicialmente se hizo por 1 hora a 550°C después se sacaron los crisoles al desecador y se dejó enfriar por 50 minutos, posteriormente se introdujeron las muestras en la mufla por 4 horas a 550°C, los resultados de estos procedimientos fueron estimados de acuerdo con la fórmula de la normativa AOAC 923,03.

El análisis de la acidez se desarrolló utilizándose 5 gramos del sumo de mora de las dos variedades en estudio, para lo cual se colocaron en un potenciómetro y se añadió NaOH al 0,1 de normalidad (n), este procedimiento se realizó hasta alcanzar un pH de 8, se recolectaron los datos y se empleó la fórmula de la normativa AOAC 1995.

La cantidad de azúcares reductores se estimó con el método de Somogy y Nelson, donde se utilizó el reactivo de cobre (reactivo a) constituido por; tartrato de potasio (1,2 g), carbonato de sodio (2,4 g), bicarbonato de sodio (1,6 g), sulfato de sodio (18 g), sulfato de cobre anhidro (0,26 g). Y se utilizó el reactivo de Nelson (reactivo b); ácido sulfúrico (230 mL), Arseniato de sodio pentahidrato (0,06 g), molibdato de amonio tetrahidrato (2,86 g), los cuales incubaron a 55°C por 30 minutos. Finalmente se colocó 1 mL del sumo de mora en los tubos de ensayo, se aplicó un 1 mL del reactivo a (reactivo de cobre) posteriormente se sometió a baño maría por

10 min a 100 °C, posteriormente se dejó enfriar y se colocó 1 mL del reactivo b (reactivo de Nelson), finalmente se realizó la lectura en el espectrofotómetro a una calibración de longitud de onda de 520 nm.

- **Escaldado de la materia prima**

Se procedió a sumergir la fruta en agua a una temperatura de 95 °C por un lapso de 2 minutos, este procedimiento se realizó con el fin de eliminar componente adheridos al fruto, además, se realizó con el fin de neutralizar las enzimas, microorganismos y mantener las propiedades nutricionales de los frutos de mora.

- **Pulpatado**

Se realizó un estrujado de la mora con la finalidad obtener un producto homogéneo de alta fermentabilidad, para su efecto se adicionó agua a una relación 1:1, es decir por cada Kg de materia prima pulpatada se añadió 1 litro de agua estéril para garantizar la inocuidad del vino, que posteriormente fue vinagre.

- **Preparación del mosto**

En este procedimiento se agregó metabisulfito de sodio en el vino previamente realizado, se dejó reposar por 24 horas, posteriormente se determinó el pH, y se ajustó de nuevo hasta alcanzar un valor de 4,5 con la adición de ácido cítrico, además, se realizó una estabilización con la adición de azúcar para llegar a un valor de 25 °Brix, este procedimiento permitió garantizar una correcta fermentación de la mora.

- **Inoculación del mosto**

La muestra se inoculó con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) a una razón 0.5 gramos por cada litro de mosto procesado, posteriormente se dejó reposar por 7 días, a su vez se realizó el control del pH y los grados Brix de forma periódica donde se evaluó el proceso de fermentación.

- **Trasiego del vino**

Se realizó una separación del contenido líquido de la materia prima residual después de 7 días de reposo, la filtración se realizó con la ayuda de un tamiz, posteriormente se procedió al envasado del contenido líquido, para su posterior inoculación con la

bacteria acética por un lapso de 7 días, todo este proceso se realizó con materiales esterilizados.

- **Preparación del inóculo bacteriano**

En primer lugar, se llevó a cabo la reanimación de la bacteria *Acetobacter aceti*., la cual estaba en viales congelados en el Laboratorio General de la FCARNA, en la sección de Microbiología. El vial fue sometido a un proceso de destiempo térmico para prevenir la muerte celular ocasionada por cambios abruptos de temperatura. Del vial se extrajo 100 µL y se transfirió a 9mL de caldo nutritivo. Posteriormente se incubó por 24 horas para asegurar la supervivencia de la bacteria de interés.

Finalmente, se sembró en medio sólido y se hicieron resiembras consecutivas del ensayo inicial, con el propósito de obtener un cultivo axénico de *Acetobacter*. Este cultivo purificado se utilizó para la inoculación del producto final.

- **Inoculación con *Acetobacter aceti***

Se utilizó una concentración de *Acetobacter aceti* en el rango del 1% de la escala MacFarland para iniciar la fermentación acética, indicativo de una población aproximado de $3,0 \times 10^8$ UFC/mL, la misma que se incorporó en 1 litro de vino de mora según los criterios de Cepec & Janja (2022).

- **Envasado del vinagre**

El envasado se realizó en recipientes de 750 mL donde se recolectó el vinagre de cada ensayo, posteriormente se dejó reposar por 7 días, después de este periodo se analizó y categorizó en función a sus características de físicas químicas.

- **Caracterización física-química del vinagre**

La caracterización fisicoquímica del vinagre se realizó en base a un compilado de pruebas que incluyeron:

La determinación del pH mediante el valor de determinación del potenciómetro se desarrolló en base a lo estipulado por la normativa INEN 2296.

La determinación de la acidez titulable se realizó en base a la proporción de ácido málico que fue determinada a partir de la utilización de hidróxido de sodio al 0,1

de normalidad, este registro se desarrolló en g/L mediante las mediciones potenciométricas como estipula la normativa AOAC 93035.

La valoración de los sólidos solubles totales se determinó con la ayuda de un refractómetro calibrado para este procedimiento, las determinaciones se registraron como grados Brix a partir del valor de refracción observado en el equipo utilizado, su fundamento se instauró a partir de las directrices de la normativa ISO 21569:2005

La determinación de la cantidad de cenizas se llevó a cabo a partir del método gravimétrico, el mismo que permitió definir la proporción de este componente en cada grupo de muestras, esto se realizó siguiendo las indicaciones de la normativa AOAC 923,03.

La determinación de la humedad de cada grupo experimental se definió con gravimetría, el cual permitió registrar la proporción de humedad o agua presente en cada ensayo, su determinación se comparó a las directrices de la normativa AOAC 925,10.

La cuantificación de azúcares se realizó con el método de Somogyi – Nelson para definir los gramos de glucosa por cada litro de muestra, este análisis se basó en la reacción observada con el ácido 3,5-dinitrosalicílico y las muestras de cada estudio, el valor de registro fue determinado con un espectrofotómetro con una calibración de longitud de onda de 540 nanómetros (Carol *et al.*, 2015).

- **Difusión de la transferencia de tecnología**

Se realizó la transferencia de información sobre la elaboración de vinagre, por medio de capacitaciones y distribución de volantes, tomando en cuenta aspectos teóricos y prácticos del proceso.

3.2.6. Métodos de evaluación

pH del fruto y vinagre de mora: variable que se desarrolló mediante el uso de un potenciómetro digital a partir del pulpitado del fruto de las dos variedades de mora utilizadas para la elaboración del vinagre, este valor fue expresado en números y se categorizó su acidez según la escala pH.

Porcentaje de humedad del fruto y vinagre de mora: variable que se desarrolló inicialmente con el pesado del fruto de las dos variedades de mora, para su posterior estimación se realizó a partir del desarrollo de la siguiente fórmula;

$$\%H = \frac{(\text{peso de la capsula vacia} + \text{muestra}) - \text{peso final}}{\text{peso de la capsula con la muestra}} * 100$$

Porcentaje de cenizas del fruto y vinagre de mora: variable que se determinó con la utilización de los crisoles y una mufla, este procedimiento inicialmente se desarrolló con temperaturas de 550°C, los resultados de estos procedimientos fueron registrados y estimados de acuerdo con la normativa AOAC 923,03 y con la siguiente fórmula.

$$\%c = \frac{m^i - m^{ii}}{m - m^{ii}} * 100$$

$$m^i = \text{peso final}$$

$$m^{ii} = \text{peso del crisol vacio}$$

$$m = \text{peso del crisol con la muestra}$$

Sólidos totales del fruto y vinagre de mora: variable que se registró con la utilización de un refractómetro, sus determinaciones se registraron en base a los grados Brix observados en la refracción de la muestra en el equipo utilizado.

Acidez del fruto y vinagre de mora: variable que se estimó a partir de la estimación con el ensayo utilizando hidróxido de sodio al 0,1 de normalidad, su registro fue g/L mediante las mediciones potencio métricas como estipula la normativa AOAC 93035, adicionalmente sus valores se estimaron la utilización de la siguiente fórmula.

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{A * B * C}{D} * 100$$

Azúcares reductores del fruto y vinagre de mora: variables que en ambos casos se determinaron con el método de Somogyi – Nelson para definir los gramos de glucosa por cada litro demuestra, se basó en la reacción observada con el ácido

3,5dinitrosalicílico y las muestras de cada estudio, la reacción fue medida con un espectrofotómetro calibrado con una longitud de onda de 540 nanómetros.

- **Análisis beneficio costo B/C:** variable que se estimó como un índice económico a través del análisis de beneficio costo donde se definió el costo que conlleva producir el vinagre en cada uno de los esquemas propuestos de las variedades de mora, este índice se calculó con la ayuda de la siguiente formula;

$$B/C = \frac{\text{Ingresos netos}}{\text{Costos totales}}$$

- **Punto de equilibrio:** variable que se midió estimando el punto de equilibrio entre los costos de producción de vinagre las dos variedades de mora en estudio con la cantidad vinagre a producirse y venderse para que no se ocasionen perjuicios económicos;

$$PE = \frac{\text{Costo fijos}}{(\text{Precio} - \text{costo variable})}$$

3.2.7. Análisis de datos

Los resultados fueron tabulados y analizados en paquetes estadísticos SPSS versión 25, midiendo la interacción de los factores propuestos en la investigación, además, se realizó una comparación múltiple de promedio mediante Tukey con un 5% de significancia.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Interpretación de resultados

4.1.1. Estudio del pH del fruto de mora

Tabla 7.

Estudio del pH del fruto de mora

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.	
Fac. A	1,659	1	1,659	660,30	0,000	**
Fac. B	0,005	1	0,005	1,806	0,204	Ns
Fac. C	0,055	2	0,027	10,886	0,002	**
Fac. A*Fac B	0,008	1	0,008	3,358	0,092	Ns
Fac. A*Fac. C	0,049	2	0,025	9,798	0,003	**
Fac. B*Fac. C	0,062	2	0,031	12,418	0,001	**
Fac A*Fac B*Fac C	0,008	2	0,004	1,512	0,260	Ns
Error	0,030	12	0,003			
Total	1297,97	24				
Total, corregido	1,876	23				

Nota. Fac: Factor A: tipo de mora, Fac B: tipo de inoculación, Fac C: temperatura de inoculación.

Tabla 8.

Pruebas post hoc de Tukey del pH del fruto de mora

Tratamiento	Promedio	Rango
8	7,81	A
11	7,65	A B
7	7,60	B C
12	7,60	B C
10	7,58	B C
9	7,45	C
6	7,20	D
5	7,11	D
2	7,09	D
1	7,05	D
4	7,04	D
3	7,02	D

Nota. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes

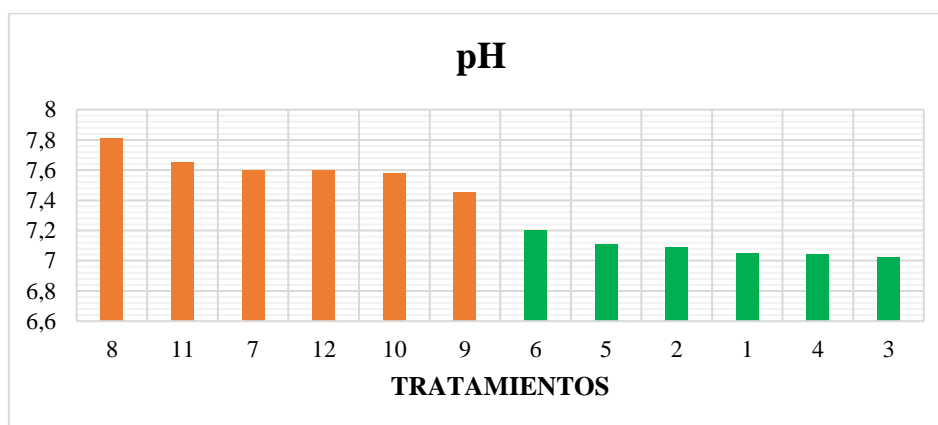
INTERPRETACIÓN

El diseño trifactorial incurrió en diferencias estadísticas ($p < 0,05$) a nivel del Factor A, Factor C y la relación entre si con el Factor B, determinando diferencias entre el pH del fruto de la mora de castilla y la mora colombiana en el recinto en estudio.

La prueba post-hoc de Tukey determinó diferencias estadísticas en los promedios del pH entre las determinaciones de la mora de castilla (T1 al T6) y la mora colombiana (T7 al T12), en donde, la mayor medida del pH fue evidenciada en el T8 con 7,81, mientras que el menor pH se determinó el T3 con un valor de 7,02, evidenciando una diferencia de 0,79 en el pH entre las determinaciones de ambos frutos de mora bajo las mismas condiciones de estudio.

Figura 2.

Estudio del pH del fruto de mora de los tratamientos



Nota. Se coloreó de color naranja los tratamientos de la mora colombiana y de color verde los tratamientos de mora de castilla.

DISCUSIÓN

Agudelo *et al.* (2020) evaluaron las condiciones físicas y químicas de la mora (*Rubus glaucus Benth*) y sus determinaciones iniciales del pH fueron en promedio de 7,60 en el fruto de mora silvestre en la ciudad de Medellín- Colombia.

En contraste con los resultados de Agudelo y colaboradores se definen similitudes con los encontrados en la presente investigación, ya que las determinaciones en el pH del fruto de las dos variedades mora se encontraban dentro del rango permisible estipulado por la normativa INEN 2427 (pH 5-8).

4.1.2. Estudio del porcentaje de humedad (%) del fruto de mora

Tabla 9.

Estudio del porcentaje de humedad (%) del fruto de mora

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.	
Fac. A	72,697	1	72,70	27,00	0,000	**
Fac. B	0,760	1	0,760	0,282	0,605	Ns
Fac. C	2,624	2	1,312	0,487	0,626	Ns
Fac. A * Fac B	2,919	1	2,919	1,084	0,318	Ns
Fac. A * Fac. C	0,917	2	0,458	0,170	0,845	Ns
Fac. B * Fac. C	16,170	2	8,085	3,003	0,088	Ns
Fac A * Fac B* Fac C	13,727	2	6,864	2,549	0,119	Ns
Error	32,310	12	2,692			
Total	197623,24	24				
Total, corregido	142,123	23				

Nota. Fac: Factor A: tipo de mora, Fac B: tipo de inoculación, Fac C: temperatura de inoculación.

Tabla 10.

Pruebas post hoc de Tukey del porcentaje de humedad (%) del fruto de mora

Tratamiento	Promedio	Rango
12	92,72	A
8	92,70	A
9	92,62	A
7	92,55	A
10	92,15	A
11	91,98	A
6	91,73	A
5	90,03	B
1	89,98	B
2	87,82	B
3	87,54	B
4	86,74	B

Nota. Promedios con la misma letra son estadísticamente similares.

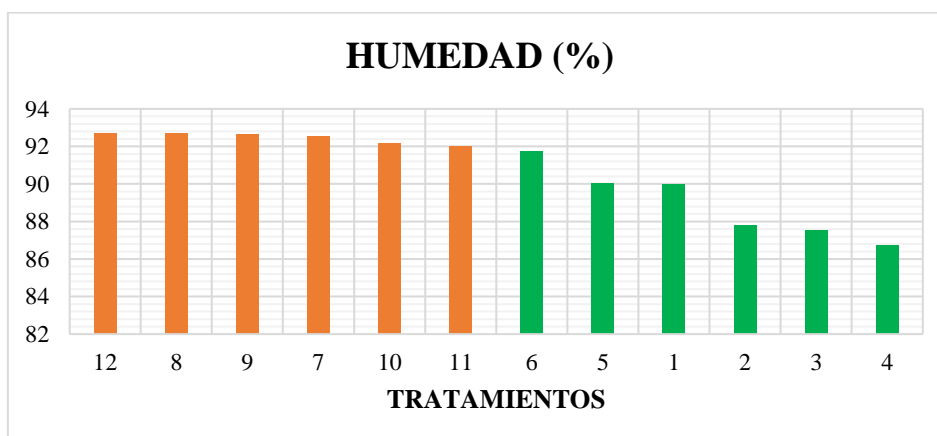
INTERPRETACIÓN

El diseño trifactorial incurrió en diferencias estadísticas ($p < 0,05$) a nivel del Factor A (variedad de mora), demostrando que el porcentaje (%) de humedad del fruto de la mora de castilla y la mora colombiana fue diferente, mientras que, a nivel del Factor B, Factor C y la relación entre si no se determinaron diferencias estadísticas.

La prueba post-hoc de Tukey expresó diferencias estadísticas entre los promedios del porcentaje de humedad entre la mora de castilla (T1 al T6) y mora colombiana (T7 al T12), en donde, la mayor determinación se asentó en el T12 con un 92,72%, mientras que el menor porcentaje de humedad en promedio fue en el T4 con un valor de 86,74%, definiendo una diferencia de 5,98% de humedad entre ambos promedios entre los frutos de mora en las mismas condiciones de estudio.

Figura 3.

Promedio de la humedad (%) del fruto de mora



Nota. Se coloreó de color naranja los tratamientos que recibieron mora colombiana y de color verde los tratamientos que recibieron mora de castilla.

DISCUSIÓN

Rosero (2024) realizó una formulación con infusión de mora de castilla más un endulzante natural, para su proceso determinó una humedad inicial de 87,41% para la mora de castilla. Los resultados de Rosero son similares a los obtenidos en la presente investigación, sin embargo, entre investigaciones se estipuló que toda variedad de mora utilizada para procesos de manufactura debe cumplir un rango de humedad acorde a la normativa AOAC 925,10 (Humedad 40-100%).

4.1.3. Estudio del porcentaje de cenizas (%) del fruto de mora

Tabla 11.

Estudio del porcentaje cenizas (%) del fruto de mora

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Fac. A	0,014	1	0,014	28,508	0,000 **
Fac. B	0,001	1	0,001	2,746	0,123 Ns
Fac. C	0,005	2	0,003	5,119	0,025 *
Fac. A * Fac B	0,001	1	0,001	1,220	0,291 Ns
Fac. A * Fac. C	0,000	2	0,000	,237	0,792 Ns
Fac. B * Fac. C	0,004	2	0,002	3,763	0,056 Ns
Fac A * Fac B * Fac C	0,003	2	0,002	3,153	0,079 Ns
Error	0,006	12	0,000		
Total	3,290	24			
Total, corregido	0,034	23			

Nota. Fac: Factor A: tipo de mora, Fac B: tipo de inoculación, Fac C: temperatura de inoculación.

Tabla 12.

Pruebas post hoc de Tukey de las cenizas (%) del fruto de mora

Tratamiento	Promedio	Rango
10	0,46	A
9	0,40	A B
11	0,39	A B
12	0,38	A B
8	0,38	A B
7	0,37	A B
4	0,37	A B
1	0,36	B
6	0,36	B
2	0,34	B
3	0,34	B
5	0,32	B

Nota. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes

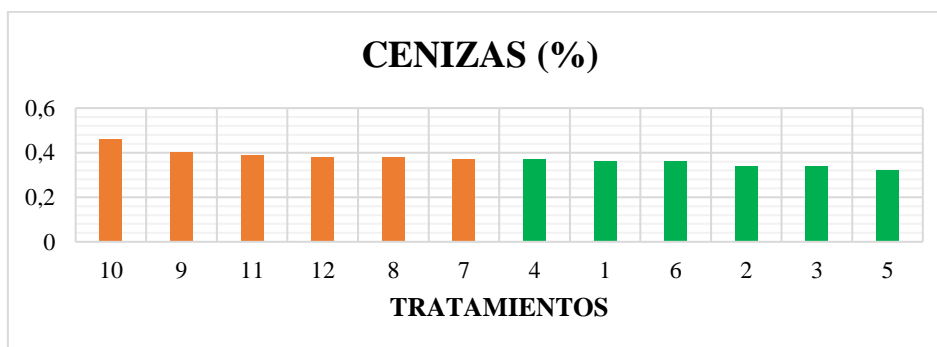
INTERPRETACIÓN

El diseño trifactorial incurrió en diferencias estadísticas ($p < 0,05$) a nivel del Factor A (variedad de mora), determinando que, el porcentaje (%) de cenizas del fruto de la mora de castilla y la mora colombiana fue diferente, mientras que, a nivel del Factor B, Factor C y la relación entre si no se determinaron diferencias estadísticas.

La prueba post-hoc de Tukey expresó diferencias estadísticas entre los promedios de las determinaciones del porcentaje de cenizas entre la mora de castilla (T1 al T6) y mora colombiana (T7 al T12), en donde, el mayor porcentaje de cenizas, se evidenció en el T10 con un 0,46%, mientras que, el menor porcentaje de cenizas lo consiguió el T5 con un valor de 0,32%, proporcionando una diferencia de 0,14% de cenizas entre las determinaciones de cada mora, esto bajo las mismas condiciones de estudio.

Figura 4.

Promedio del porcentaje de cenizas (%) del fruto de las moras en estudio



Nota. Se coloreó de color naranja los tratamientos que relacionados con la mora colombiana y de color verde los tratamientos en relación con la mora de castilla.

Pinta (2023) comparó los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la mora de castilla con la mora de brazo, para su uso agroindustrial, y determinó un porcentaje de cenizas de 4,02% y 5,36% para mora de castilla y mora de brazo respectivamente. Estos resultados de son diferentes a los del presente estudio, considerando que, las determinaciones de las dos variedades de mora no cumplen con el rango permisible de la normativa AOAC 923,03 (cenizas % 0,5-1,5), sin embargo, esto resultados son influenciados por otros factores inherentes al manejo agrícola y condiciones de almacenamiento.

4.1.4. Estudio de la determinación de sólidos totales de las dos variedades de mora.

Tabla 13.

Estudio de la determinación de los sólidos totales (°Bx) del fruto de mora

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Fac. A	23,010	1	23,010	94,726	0,000 **
Fac. B	0,220	1	0,220	0,907	0,360 Ns
Fac. C	0,606	2	0,202	1,247	0,322 Ns
Fac. A*Fac B	0,570	1	0,570	2,348	0,151 Ns
Fac. A*Fac. C	0,021	2	0,010	0,043	0,958 Ns
Fac. B*Fac. C	0,176	2	0,088	0,362	0,704 Ns
Fac A*Fac B*Fac C	0,151	2	0,075	0,310	0,739 Ns
Error	2,915	12	0,243		
Total	1412,390	24			
Total, corregido	27,670	23			

Nota. Fac: Factor A: tipo de mora, Fac B: tipo de inoculación, Fac C: temperatura de inoculación.

Tabla 14.

Pruebas post hoc de Tukey de los sólidos totales (°Bx) del fruto de mora

Tratamiento	Promedio	Rango
9	8,90	A
12	8,70	A B
11	8,60	A B
8	8,55	A B
7	8,45	A B
10	8,25	A B D
4	6,90	A B C D
5	6,85	A B C D
6	6,85	A B C D
3	6,75	B C D
2	6,30	C
1	6,05	C

Nota. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes

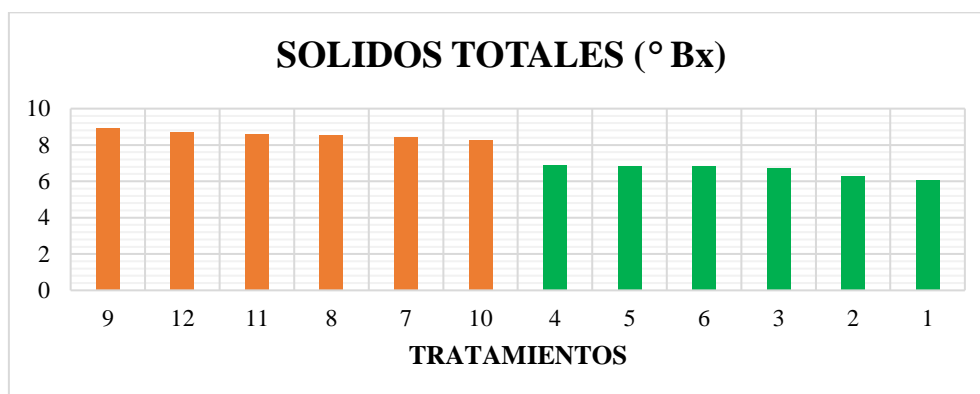
INTERPRETACIÓN

El diseño trifactorial incurrió en diferencias estadísticas ($p < 0,05$) a nivel del Factor A (variedad de mora), demostrando que las determinaciones de los sólidos totales ($^{\circ}\text{Bx}$) del fruto de la mora de castilla y la mora colombiana fueron diferente, mientras que, a nivel de Factor B, Factor C y la relación entre si no definieron diferencias estadísticas.

La prueba post-hoc de Tukey expresó diferencias estadísticas entre los promedios de las determinaciones entre la mora de castilla (T1 al T6) y mora colombiana (T7 al T12), no obstante, numéricamente la mayor cuantificación de grados Brix ($^{\circ}\text{Bx}$), se mostró en el T9 con un $8,90^{\circ}\text{Bx}$, mientras que la menor cuantificación de grados Brix se determinó en el T1 con un valor de $6,05^{\circ}\text{Bx}$, ostentando una diferencia de $2,85^{\circ}\text{Bx}$ entre las determinaciones de los sólidos totales entre las moras.

Figura 5.

Promedio de los solidos totales ($^{\circ}\text{Bx}$) del fruto de mora



Nota. Se colorió de color naranja los tratamientos que recibieron mora colombiana y de color verde los tratamientos que recibieron mora de castilla.

DISCUSIÓN

Pinta (2023) comparó los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la mora de castilla con la mora de brazo, para su uso agroindustrial, y encontró que los sólidos para la mora de castilla rondaban los $6,13^{\circ}\text{Bx}$ y mora de brazo $8,10^{\circ}\text{Bx}$.

Comparativamente los resultados de Pinta son similares a los encontrados en la presente investigación, considerando que, los sólidos de las dos variedades de mora se encontraban dentro del rango de la normativa INEN 2427 (brix 8-12 $^{\circ}$).

4.1.5. Estudio de la acidez del fruto de las dos variedades de mora

Tabla 15.

Estudio de la acidez (% ácido málico) del fruto de mora

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Fac. A	3,705	1	3,705	571,130	0,000 **
Fac. B	0,011	1	,011	1,671	0,221 Ns
Fac. C	0,007	2	,003	0,532	0,600 Ns
Fac. A*Fac B	0,036	1	,036	5,555	0,036 *
Fac. A*Fac. C	0,022	2	,011	1,696	0,225 Ns
Fac. B*Fac.C	0,043	2	,022	3,331	0,071 Ns
Fac A*Fac B*FacC	0,015	2	,008	1,181	0,340 Ns
Error	0,078	12	,006		
Total	192,694	24			
Total, corregido	3,917	23			

Nota. Fac: Factor A: tipo de mora, Fac B: tipo de inoculación, Fac C: temperatura de inoculación.

Tabla 16.

Pruebas post hoc de Tukey de la acidez (% ácido málico) del fruto de mora

Tratamiento	Promedio	Rango
2	3,24	A
3	3,23	A
4	3,20	A B
6	3,20	A B
1	3,17	A B
5	3,17	A B
9	2,96	B C
8	2,94	B C
10	2,89	C D
7	2,85	C D
11	2,78	C D
12	2,70	D

Nota. Promedios con la misma letra son estadísticamente similares.

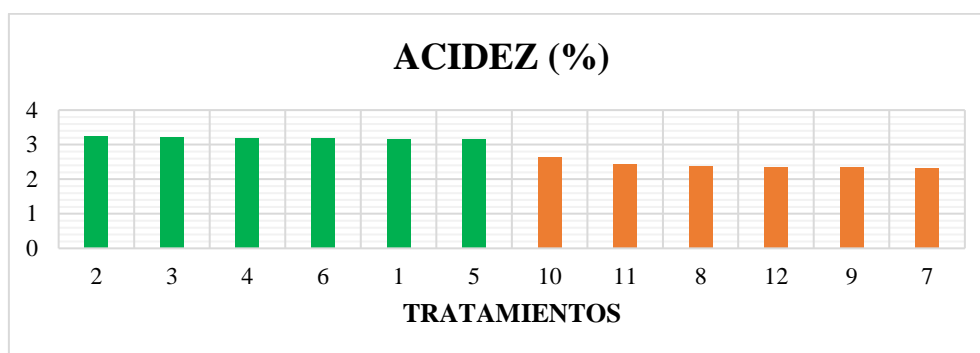
INTERPRETACIÓN

El diseño trifactorial incurrió en diferencias estadísticas ($p < 0,05$) a nivel del Factor A (variedad de mora), demostrando que la acidez (% ácido málico) entre el fruto de la mora de castilla y la mora colombiana fueron diferentes, mientras que, a nivel del Factor B, Factor C y la relación entre si no se observaron diferencias estadísticas.

La prueba post-hoc de Tukey expresó diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos relacionados con la mora de castilla (T1 al T6) y mora colombiana (T7 al T12), sin embargo, numéricamente la mayor acidez (% ácido málico) fue determinada en el T2 con un 3,24%, mientras que la menor acidez fue observada en relación con el T12 con un valor de 2,70%, definiendo una diferencia de 0,54% de acidez entre ambas variedades de mora.

Figura 6.

Promedio de la acidez (% ácido málico) del fruto de mora



Nota. Se colorió de color naranja los tratamientos que recibieron mora colombiana y de color verde los tratamientos que recibieron mora de castilla.

DISCUSIÓN

Pinta (2023) comparó los parámetros fisicoquímicos y sensoriales entre la mora de castilla con la mora de brazo, para su uso agroindustrial, y encontró que la acidez para la mora de castilla fue de 2,60% y la de mora de brazo 1,90%. Comparativamente los resultados de Pinta son similares a los encontrados en la presente investigación, mencionando que, los valores de las dos variedades de mora se encontraban dentro del rango permisible de la normativa AOAC 1995 (% ácido málico 2,5-4,5).

4.1.6. Estudio de la determinación de azúcares reductores del fruto de mora

Tabla 17.

Estudio de los azúcares reductores (gr de glucosa/L muestra) del fruto de mora

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.	
Fac. A	696,604	1	696,604	24586,	0,000	**
Fac. B	6,667	1	6,667	0,002	0,962	Ns
Fac. C	0,052	2	0,026	0,925	0,423	Ns
Fac. A*Fac B	0,037	1	0,037	1,299	0,277	Ns
Fac. A*Fac. C	0,089	2	0,045	1,575	0,247	Ns
Fac. B*Fac.C	0,432	2	0,216	7,625	0,007	**
Fac A*FacB*FacC	0,011	2	0,005	0,186	0,832	Ns
Error	0,340	12	0,028			
Total	4676,97	24				
Total, corregido	697,565	23				

Nota. Fac: Factor A: tipo de mora, Fac B: tipo de inoculación, Fac C: temperatura de inoculación.

Tabla 18.

Pruebas post hoc de Tukey de los azúcares reductores (gr de glucosa/L muestra) del fruto de mora

Tratamiento	Promedio	Rango
1	18,50	A
6	18,39	A
5	18,29	A
2	18,28	A
4	18,25	A
3	17,89	A
7	7,65	B
12	7,65	B
8	7,47	B
9	7,43	B
11	7,37	B
10	7,34	B

Nota. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes

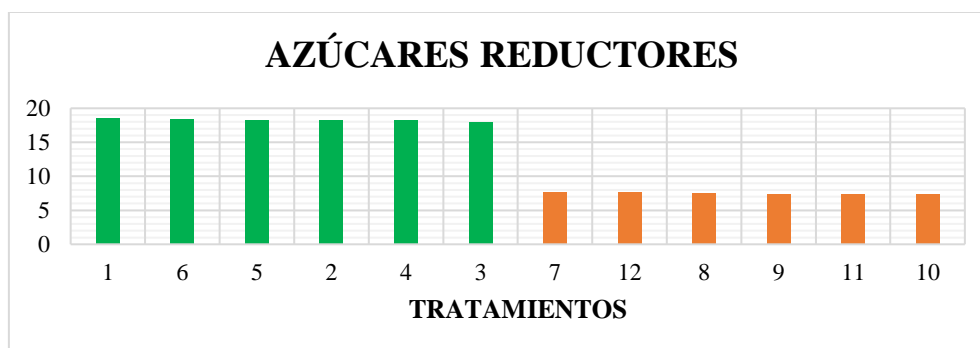
INTERPRETACIÓN

El diseño trifactorial incurrió en diferencias estadísticas ($p < 0,05$) a nivel del Factor A (variedad de mora), demostrando que la cantidad de azúcares reductores (gr de glucosa/L muestra) del fruto de la mora de castilla y la mora colombiana fue diferente en las determinaciones, mientras que, a nivel de Factor B, Factor C y la relación entre si no se evidenció diferencias estadísticas.

La prueba post-hoc de Tukey expresó diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos relacionados con la mora de castilla (T1 al T6) y la mora colombiana (T7 al T12), en donde la mayor concentración de azúcares reductores (gr de glucosa/l muestra) se evidenció en el T1 con un 18,50 gr, mientras que la menor concentración de azúcares reductores fue exhibida en el T10 con un valor de 7,34 gr, estimando una diferencia de 11,16 gr de azúcares entre las de terminaciones de ambos frutos de mora.

Figura 7.

Promedio de los azúcares reductores (gr de glucosa/L muestra) del fruto de mora



Nota. Se colorió de color naranja los tratamientos que recibieron mora colombiana y de color verde los tratamientos que recibieron mora de castilla.

DISCUSIÓN

Hipo (2021) estudió una mezcla de sacarosa más mora liofilizada para su aplicación en la industria alimentaria, y utilizando mora de castilla determinó un valor de 7,4 gr de azúcares reductores. Comparativamente los resultados de Hipo son diferentes a los reportados en la presente investigación, considerando que, los valores de los azúcares reductores de las dos variedades de mora se encontraban dentro del rango permisible de la normativa Somogy-Nelson (5-20gr glucosa/L).

- **Comparativa del análisis fisicoquímico de las dos variedades de mora.**

Tabla 19.

Análisis fisicoquímico de las variedades de mora utilizadas para la elaboración de vinagre.

Variedad de	pH	%H	%C	ST	A	AR
Mora	5-8	40-100	0,5-1,5	8-12	2,5-4,5	5-20
Mora castilla	7,06	88,97	0,35	6,62	3,20	18,27
Mora colombiana	7,62	92,45	0,40	8,58	2,85	7,49

Nota. pH: INEN 2427. %H: porcentaje de humedad AOAC 925,10. %C: porcentaje de cenizas AOAC 923,03. ST: sólidos totales BRIXÓMETRO. A: acidez (% ácido málico) AOAC 1995. AR: azúcares reductores (gr glucosa/L muestra) SOMOGYI-NELSON.

INTERPRETACIÓN

En la comparación analítica fisicoquímica de las variedades de mora se determinó un pH de la variedad de castilla de 7,06, una humedad de 88,97%, cenizas en un 0,35%, además, 6,62°Bx de sólidos totales, 3,20% de acidez y 18,27 gr de azúcares reductores. En lo concerniente a la variedad colombiana se determinó un pH de 7,62, una humedad 92,45%, cenizas en un 0,40%, 8,58°Bx de sólidos totales, una acidez del 2,85% y 7,49 gr azúcares reductores. Infiriendo que, la variedad de mora colombiana presentó mejores condiciones fisicoquímicas del fruto para su procesamiento agroindustrial.

DISCUSIÓN

Ayala *et al.* (2013) realizaron la caracterización fisicoquímica de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*) en seis estados de madurez, y determinaron un pH de 7,08, una acidez de 3,41%, 4,80 °Bx de sólidos totales y una humedad de 86,53%.

Los resultados del autor citado son similares a los de la investigación, ya que concernientemente a la variedad de mora de castilla, se observaron determinaciones similares en los analitos del análisis fisicoquímico del fruto mencionados.

4.1.7. Estudio del pH del vinagre de mora

Tabla 20.

Estudio del pH del vinagre de mora

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
			a			
Fac. A	0,077	1	0,077	0,672	0,428	Ns
Fac. B	0,476	1	0,476	4,149	0,064	Ns
Fac. C	0,082	2	0,041	0,356	0,708	Ns
Fac. A*Fac B	0,721	1	0,721	6,285	0,028	*
Fac. A*Fac. C	0,181	2	0,091	0,789	0,476	Ns
Fac. B*Fac. C	0,085	2	0,042	0,369	0,699	Ns
Fac A*Fac B*Fac C	0,062	2	0,031	0,272	0,767	Ns
Error	1,377	12	0,115			
Total	208,04	24				
Total, corregido	3,061	23				

Nota. Fac: Factor A: tipo de mora, Fac B: tipo de inoculación, Fac C: temperatura de inoculación.

Tabla 21.

Pruebas post hoc de Tukey del pH del vinagre de mora

Tratamiento	Promedio	Rango
3	3,33	A
2	3,20	A
10	3,15	A
7	3,14	A
9	3,05	A
1	3,02	A
11	2,97	A
12	2,92	A
8	2,66	A
4	2,56	A
6	2,56	A
5	2,54	A

Nota. Promedios con la misma letra son estadísticamente similares

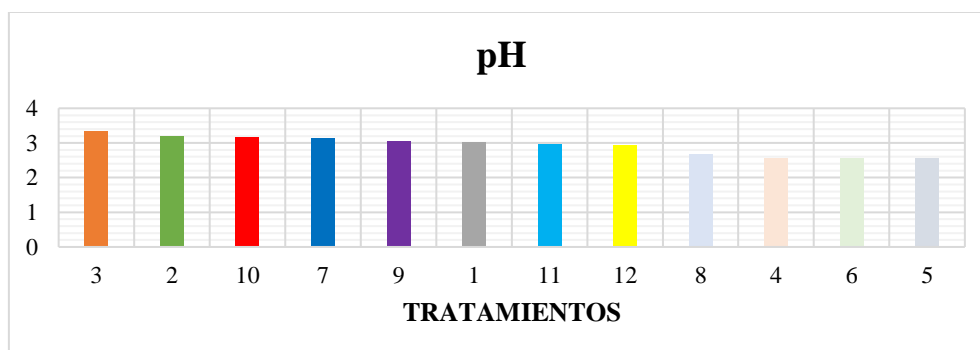
INTERPRETACIÓN

El diseño trifactorial incurrió en diferencias estadísticas ($p < 0,05$) a nivel de la vinculación entre el Factor A * Factor B, demostrando que, el tipo de mora en interacción con las condiciones de inoculación influyen sobre el valor del pH del vinagre, mientras que los otros factores y sus interacciones no mostraron ser estadísticamente influyentes.

La prueba post-hoc de Tukey expresó similitud estadísticas entre los promedios de los tratamientos relacionados a la mora de castilla (T1 al T6) y la mora colombiana (T7 al T12), sin embargo, numéricamente el mayor pH se observó en el T3 (Mora de castilla + Fermentación con inoculante *Acetobacter* + 37°C) con un valor 3,33, mientras que, el menor pH se determinó en el T5 (Mora castilla + Fermentación sin inoculación + 35°C) con un valor de 2,54, propiciando una diferencia de 0,79 en el pH en las respectivas mediciones.

Figura 8.

Estudio del pH del vinagre de mora de los tratamientos



Caiza *et al.* (2024) evaluaron de forma fisicoquímica y sensorial al vinagre de mora, capulí y naranja, producidos mediante fermentación sin inoculante, y encontraron que, el vinagre de mora con diferentes endulzantes presentó un pH de 3,17, mientras que, al usar las dos frutas antes mencionadas el pH se elevó a 3,69.

Los resultados del autor citado son diferentes a los de la investigación en cuanto a los valores del pH, sin embargo, coincidentemente en ambas investigaciones, los ensayos donde no se utilizaron inoculante para el proceso de fermentación fueron los que presentaron el menor pH en las determinaciones.

4.1.8. Estudio del porcentaje de humedad del vinagre

Tabla 22.

Estudio de la humedad (%) del vinagre de mora

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.	
Fac. A	1,904	1	1,904	0,149	0,706	Ns
Fac. B	2,857	1	2,857	0,224	0,645	Ns
Fac. C	11,985	2	5,992	0,469	0,636	Ns
Fac. A*Fac B	67,536	1	67,536	5,289	0,040	*
Fac. A*Fac.C	20,742	2	10,371	0,812	0,467	Ns
Fac. B* Fac.C	28,071	2	14,036	1,099	0,364	Ns
Fac A*Fac B*Fac C	5,449	2	2,724	0,213	0,811	Ns
Error	153,22	12	12,768			
Total	221226,24	24				
Total, corregido	291,766	23				

Nota. Fac: Factor A: tipo de mora, Fac B: tipo de inoculación, Fac C: temperatura de inoculación.

Tabla 23.

Pruebas post hoc de Tukey de la humedad (%) del vinagre de mora

Tratamiento	Promedio	Rango
12	98,00	A
1	97,93	A
3	97,91	A
9	97,72	A
11	97,67	A
10	97,39	A
2	96,85	A
5	96,55	A
6	94,14	A
4	94,01	A
7	92,87	A
8	90,34	A

Nota. Promedios con la misma letra son estadísticamente similares.

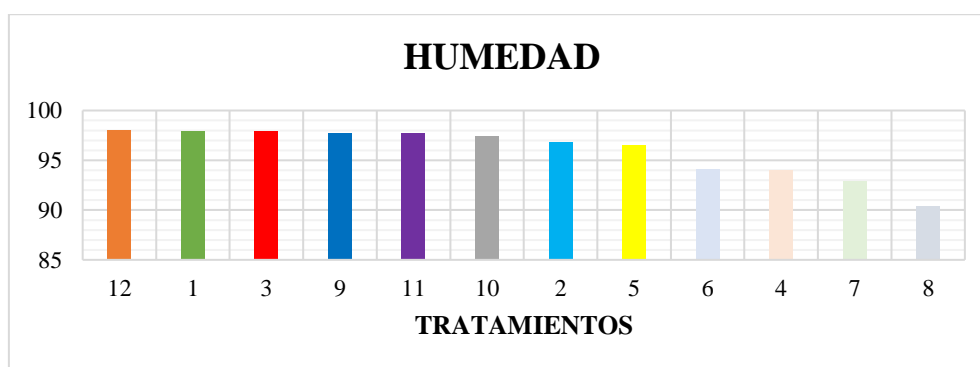
INTERPRETACIÓN

El diseño trifactorial incurrió en diferencias estadísticas ($p < 0,05$) a nivel interacción entre el Factor A * Factor B, demostrando que el tipo de mora en correspondencia con las condiciones de inoculación influyen sobre el valor de la determinación de la humedad del vinagre de mora, mientras que los otros factores y sus interacciones no incurren en influencias estadísticas.

La prueba post-hoc de Tukey expresó que los promedios de las determinaciones son estadísticamente similares entre si, en relación entre la mora de castilla (T1 al T6) y mora colombiana (T7 al T12), en donde el mayor porcentaje de humedad se evidenció en el T12 (mora de colombiana + Fermentación sin inoculante + 37°C) con un 98%, mientras que el menor porcentaje de humedad se determinó en el T8 (mora colombiana + Fermentación con inoculación *Acetobacter* + 35°C) con un valor de 90,34%, propiciando una diferencia de 7,66% de humedad entre las estimaciones.

Figura 9.

Promedios de la humedad (%) del vinagre de mora



DISCUSIÓN

Valera (2022) realizó vinagre de manzana por fermentación alcohólica seguido de una oxidación por *Acetobacter*, en su estudio encontró que la materia prima tenía un 84,26% de humedad, y cuando se realizó el vinagre un 97% de humedad. Los resultados del autor citado son similares a los de la investigación, dado a que la humedad del fruto fluctuó entre 90,34% a 98%, considerándose valores propicios para los procesos de fermentación.

4.1.9. Estudio de las cenizas (%) del vinagre en estudio

Tabla 24.

Estudio de las cenizas (%) del vinagre de mora

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Fac. A	0,008	1	0,008	0,654	0,434	Ns
Fac. B	0,037	1	0,037	2,987	0,110	Ns
Fac. C	0,014	2	0,007	0,549	0,592	Ns
Fac.A*FacB	0,032	1	0,032	2,618	0,132	Ns
Fac.A*Fac.C	0,085	2	0,042	3,434	0,040	*
Fac.B*Fac.C	0,007	2	0,003	0,278	0,762	Ns
Fac A*FacB*FacC	0,014	2	0,007	0,558	0,586	Ns
Error	0,148	12	0,012			
Total	0,831	24				
Total, corregido	0,344	23				

Nota. Fac: Factor A: tipo de mora, Fac B: tipo de inoculación, Fac C: temperatura de inoculación.

Tabla 25.

Pruebas post hoc de Tukey de las cenizas (%) del vinagre de mora

Tratamiento	Promedio	Rango
11	0,39	A
1	0,21	A
12	0,20	A
4	0,19	A
8	0,13	A
10	0,13	A
6	0,12	A
2	0,10	A
9	0,09	A
5	0,08	A
3	0,06	A
7	0,03	A

Nota. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes

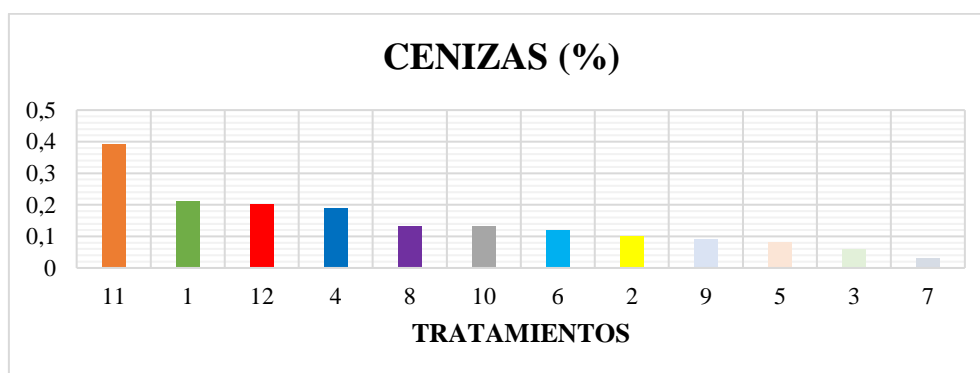
INTERPRETACIÓN

El diseño trifactorial incurrió en diferencias estadísticas ($p < 0,05$) a nivel de la interacción entre el Factor A * Factor C, relacionando que, el tipo de mora más las temperaturas de fermentación influyen en el porcentaje de cenizas del vinagre de mora, asumiendo que los otros factores y sus interacciones no incurren en diferencias estadísticas.

Los promedios de las determinaciones son estadísticamente similares entre si, según a prueba post-hoc de Tukey, en relación entre la mora de castilla (T1 al T6) y mora colombiana (T7 al T12), sin embargo, numéricamente el T11 (mora colombiana + sin inoculación + 35°C) fue el experimento que ostentó el mayor porcentaje con 0,39%, mientras que el menor porcentaje se registró en el T7 (mora colombiana + con inoculación de *Acetobacter* + 33°C) con 0,03% de cenizas.

Figura 10.

Promedio de las cenizas (%) del vinagre de mora



DISCUSIÓN

Caiza *et al.* (2024) evaluaron de forma fisicoquímica y sensorial al vinagre de mora, capulí y naranja, y encontraron que el vinagre de mora con diferentes endulzantes obtuvo un porcentaje de cenizas de 0,90% y mientras que con las otras dos frutas antes mencionadas el porcentaje de cenizas fue de 1,336%.

Los resultados del autor citado son diferentes a los de la investigación, ya que la proporción de cenizas del fruto fluctuó entre 0,03% a 0,39%, considerándose valores propicios para los procesos de fermentación.

4.1.10. Estudio de los solidos totales (°Bx) del vinagre

Tabla 26.

Estudio de los solidos totales (°Bx) del vinagre de mora

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Fac. A	0,083	1	0,083	0,010	0,923	Ns
Fac. B	1,131	1	1,131	0,134	0,721	Ns
Fac. C	13,882	2	6,941	0,822	0,463	Ns
Fac. A*Fac B	1,810	1	1,810	0,214	0,652	Ns
Fac. A*Fac. C	7,728	2	3,864	0,457	0,643	Ns
Fac. B*Fac. C	23,253	2	11,627	1,376	0,290	Ns
Fac A*Fac B*Fac C	8,274	2	4,137	0,490	0,625	Ns
Error	101,365	12	8,447			
Total	777,590	24				
Total, corregido	157,525	23				

Nota. Fac: Factor A: tipo de mora, Fac B: tipo de inoculación, Fac C: temperatura de inoculación.

Tabla 27.

Pruebas post hoc de Tukey de los solidos totales (°Bx) del vinagre de mora

Tratamiento	Promedio	Rango
4	7,15	A
10	7,00	A
6	7,00	A
7	6,60	A
2	6,20	A
8	5,00	A
12	4,40	A
3	4,05	A
9	3,90	A
1	3,70	A
11	3,50	A
5	2,75	A

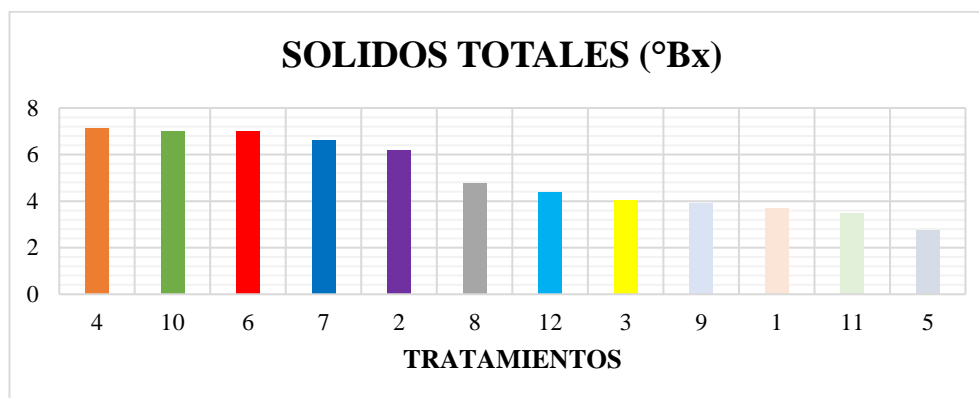
Nota. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes

INTERPRETACIÓN

No existió diferencias estadísticas ($p>0,05$) a nivel de los tres factores con su interacción entre si. La prueba post-hoc de Tukey expresó similitud en los promedios de las determinaciones entre la mora de castilla (T1 al T6) y mora colombiana (T7 al T12), no obstante, numéricamente la mayor cantidad de sólidos totales fue observada en el ensayo T4 (mora castilla + Fermentación sin inoculación + 33°C) con 7,15 °Bx, mientras, que la menor cantidad de sólidos totales se determinó en el T5 (mora castilla + Fermentación sin inoculación + 35°C) con 2,75 °Bx, expresando una diferencia entre las determinaciones de 4,40 °Bx.

Figura 11.

Promedio de los solidos totales (°Bx) del vinagre de mora



DISCUSIÓN

Caiza *et al.* (2024) evaluaron física-química y sensorial vinagre de mora, capulí y naranja, encontró que, el vinagre de mora con diferentes endulzantes presentaba 23,46 °Brix, mientras que, los otros dos frutos antes mencionadas los °Brix fueron de 23,53%.

Los resultados del autor citado son diferentes a los de la investigación, ya que en las determinaciones de los solidos de las variedades de mora la cantidad de grados Brix son ampliamente menores a los del autor referente, sin embargo, se consideran valores propicios para los procesos de fermentación.

4.1.11. Estudio de la acidez del vinagre

Tabla 28.

Estudio de la acidez (% ácido málico) del vinagre de mora

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Fac. A	0,027	1	0,27	0,008	0,928	Ns
Fac. B	0,193	1	0,193	0,060	0,811	Ns
Fac. C	15,084	2	7,542	2,341	0,139	Ns
Fac. A*Fac B	3,205	1	3,205	0,995	0,338	Ns
Fac. A*Fac. C	6,546	2	3,273	1,016	0,391	Ns
Fac. B*Fac. C	1,409	2	0,705	0,219	0,807	Ns
Fac A*Fac B*Fac C	17,619	2	8,810	2,734	0,105	Ns
Error	38,661	12	3,222			
Total	199,918	24				
Total, corregido	82,744	23				

Nota. Fac: Factor A: tipo de mora, Fac B: tipo de inoculación, Fac C: temperatura de inoculación.

Tabla 29.

Pruebas post hoc de Tukey de la acidez (% ácido málico) del vinagre de mora

Tratamiento	Promedio	Rango
8	4,93	A
5	4,48	A
12	2,79	A
3	2,57	A
11	2,54	A
1	2,20	A
6	2,01	A
9	1,78	A
4	1,58	A
7	0,65	A
2	0,61	A
10	0,38	A

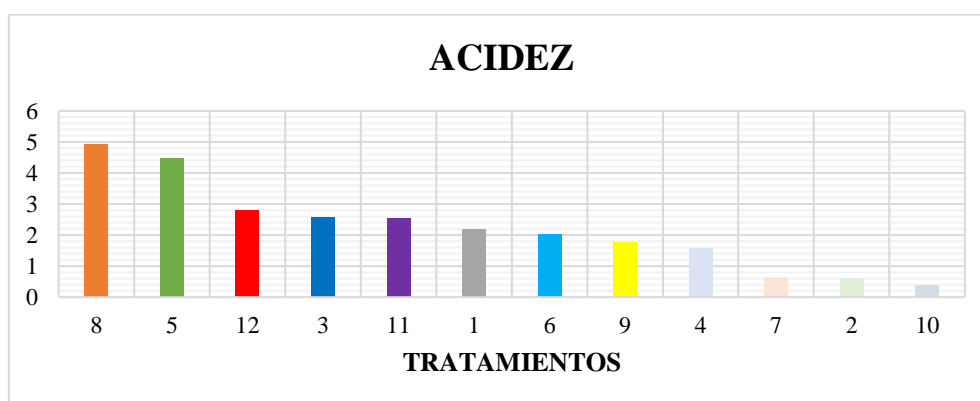
Nota. Promedios con la misma letra de agrupación son estadísticamente similares

INTERPRETACIÓN

El diseño trifactorial determinó que no existió diferencias estadísticas ($p > 0,05$) a nivel de los tres factores y su interacción entre si. La prueba post-hoc de Tukey expresó similitud estadística entre los promedios de los tratamientos en relación entre la mora de castilla (T1 al T6) y mora colombiana (T7 al T12), sin embargo, numéricamente el T8 (mora colombiana + fermentación con inoculación de *Acetobacter* + 35°C) el que expresó el mayor porcentaje de acidez con 4,93%, mientras que el menor porcentaje de acidez fue observado en el T10 (mora colombiana + fermentación sin inoculación + 33°C) con 0,38% de ácido málico en el vinagre de mora, denotando una diferencia de 4,55% de acidez entre ambos tratamientos.

Figura 12.

Promedio de la acidez (% ácido málico) del vinagre de mora



DISCUSIÓN

Caiza *et al.* (2024) evaluaron física-química y sensorial vinagre de mora, capulí y naranja, encontró que el vinagre de mora con diferentes endulzantes, y obtuvieron un porcentaje de acidez de 2,96% para la mora, mientras que, con los otros dos frutos antes mencionadas la acidez fue de 7,33%.

Los resultados del autor citado son diferentes a los de la investigación, ya que en las determinaciones de la acidez titulable de las variedades de mora la proporción de ácido málico son menores a los del autor referente, sin embargo, se consideran valores propicios para los procesos de fermentación con y sin agente inoculante.

4.1.12. Estudio de los azúcares reductores del vinagre

Tabla 30.

Estudio de los azúcares reductores (gr de glucosa/L muestra) del vinagre

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Fac. A	0,739	1	0,739	10,03	0,008	**
Fac. B	0,670	1	0,670	9,100	0,011	*
Fac. C	0,294	2	0,147	1,995	0,179	Ns
Fac. A * Fac B	0,732	1	0,732	9,935	0,008	**
Fac. A * Fac. C	0,127	2	0,064	,865	0,446	Ns
Fac. B * Fac. C	0,031	2	0,015	,207	0,816	Ns
Fac A * Fac B * Fac C	0,114	2	0,057	,775	0,482	Ns
Error	0,884	12	0,074			
Total	12,170	24				
Total, corregido	3,589	23				

Nota. Fac: Factor A: tipo de mora, Fac B: tipo de inoculación, Fac C: temperatura de inoculación.

Tabla 31.

Pruebas post hoc de Tukey de los azúcares reductores (gr de glucosa/L muestra) del vinagre

Tratamiento	Promedio	Rango
4	1,36	A
6	1,00	A B
5	0,99	A B
11	0,69	A B
8	0,49	A B
1	0,49	A B
7	0,49	A B
2	0,48	A B
10	0,33	A B
3	0,33	B
9	0,32	B
12	0,13	B

Nota. Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes

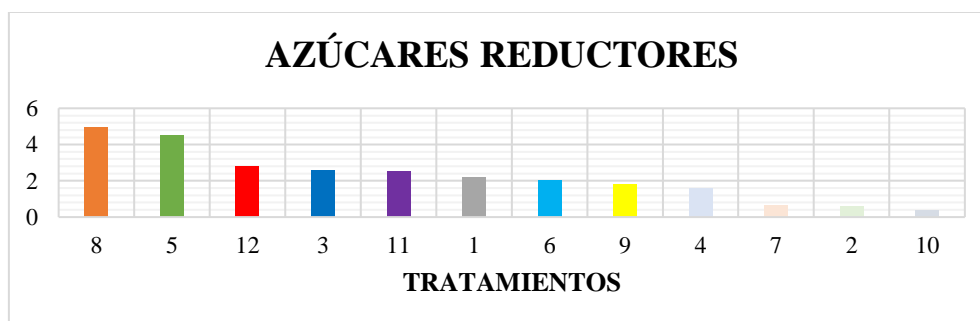
INTERPRETACIÓN

El diseño trifactorial incurrió en diferencias estadísticas ($p < 0,05$) a nivel del Factor A, Factor B y la interacción entre ambos, demostrando que existe influencia del tipo de mora con relación al tipo de inoculación, sobre los azúcares reductores (gr de glucosa/L muestra) del vinagre de mora, denotando que los otros factores y sus interacciones no demostraron diferencias estadísticas significativas.

La prueba post-hoc de Tukey expresó que los promedios de las determinaciones en la cantidad de azúcares reductores son estadísticamente diferentes en relación entre la mora de castilla (T1 al T6) y mora colombiana (T7 al T12), denotando que, la mayor cantidad de azúcares reductores fue observada en el ensayo T4 (mora castilla + fermentación sin inoculación + 33°C) con 1,36 gr, mientras que la menor cantidad se observó en el T12 (mora colombiana + fermentación sin inoculación + 37°C) con 0,13 gr, mostrando una diferencia de 1,23 gr entre ambos tratamientos.

Figura 13.

Promedio de los azúcares reductores (gr de glucosa/L muestra) del vinagre



DISCUSIÓN

Valle (2024) estudió la capacidad antimicrobiana del vinagre de mora, cuyo proceso fermentativo fue propiciado por *Acetobacter aceti*, y encontró un pH de 2,72, una acidez total de 4,43% y azúcares reductores de 1,93 gr.

Los resultados del autor citado son diferentes a los de la investigación, ya que en los valores de las determinaciones de los azúcares reductores de las variedades de mora son menores a los del autor referente, sin embargo, se consideran valores propicios para los procesos de fermentación.

- **Comparativa de los resultados del análisis físico químico del vinagre de los tratamientos con la normativa.**

Tabla 32.

Resultados del análisis físico químico del vinagre de mora

Tratamiento	pH	% H	% C	ST	A	AR
	2,3-2,8	40 -95	0,1-0,5	5-15	4-6	0,1-0,5
1	3,02	97,93	0,21	3,70	2,20	0,49
2	3,20	96,85	0,10	6,20	0,61	0,48
3	3,33	97,91	0,06	4,05	2,57	0,35
4	2,56	94,01	0,19	7,15	1,58	1,36
5	2,54	96,55	0,08	2,75	4,48	0,99
6	2,56	94,14	0,12	7,00	2,01	1,00
7	3,14	92,87	0,03	6,60	0,65	0,49
8	2,66	90,34	0,13	5,00	4,93	0,49
9	3,05	97,72	0,09	3,90	1,78	0,32
10	3,15	97,39	0,13	7,00	0,38	0,33
11	2,97	97,67	0,39	3,50	2,54	0,69
12	2,02	98,00	0,20	4,40	2,79	0,13

Nota. pH: INEN 2296. %H: porcentaje de humedad AOAC 925,10. %C: porcentaje de cenizas AOAC 923,03. ST: sólidos totales ISO 21569:2005. A: acidez AOAC 9,3035. AR: azúcares reductores SOMOGYI-NELSON.

INTERPRETACIÓN

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del vinagre de mora permitieron determinar que solo el ensayo T8 (mora colombiana + fermentación con inoculación de *Acetobacter* + 35°C) logró cumplir con la estipulado por la normativa INEN 2296, los otros ensayos ostentaron valores extralimitados a dicha referencia en cada analito estudiado respectivamente.

4.1.13. Estudio económico del vinagre de mora

Tabla 33.

Análisis económico del vinagre de mora.

Costos	Ingresos	B/C	PE	
T1 (mora castilla + fermentación con inoculación de <i>Acetobacter</i> + 33°C)	8,35	10,00	1,20	52
T2 (mora castilla + fermentación con inoculación de <i>Acetobacter</i> + 35°C)	8,35	10,00	1,20	52
T3 (Mora castilla + Fermentación con inoculación de <i>Acetobacter</i> + 37°C)	8,35	10,00	1,20	52
T4 (mora castilla + fermentación sin inoculación + 33°C)	7,55	10,00	1,32	31
T5 (mora castilla + fermentación sin inoculación + 35°C)	7,55	10,00	1,32	31
T6 (mora castilla + fermentación sin inoculación + 37°C)	7,55	10,00	1,32	31
T7 (Mora colombiana + Fermentación con inoculación de <i>Acetobacter</i> + 33°C)	8,25	10,00	1,21	47
T8 (mora colombiana + fermentación con inoculación de <i>Acetobacter</i> + 35°C)	8,25	10,00	1,21	47
T9 (Mora colombiana + Fermentación con inoculación de <i>Acetobacter</i> + 37°C)	8,25	10,00	1,21	47
T10 (Mora colombiana + Fermentación sin inoculación + 33°C)	7,45	10,00	1,34	30
T11 (Mora colombiana + Fermentación sin inoculación + 35°C)	7,45	10,00	1,34	30
T12 (Mora colombiana + Fermentación sin inoculación + 37°C)	7,45	10,10	1,34	30

Nota. B/C: beneficio/costo. PE: punto de equilibrio.

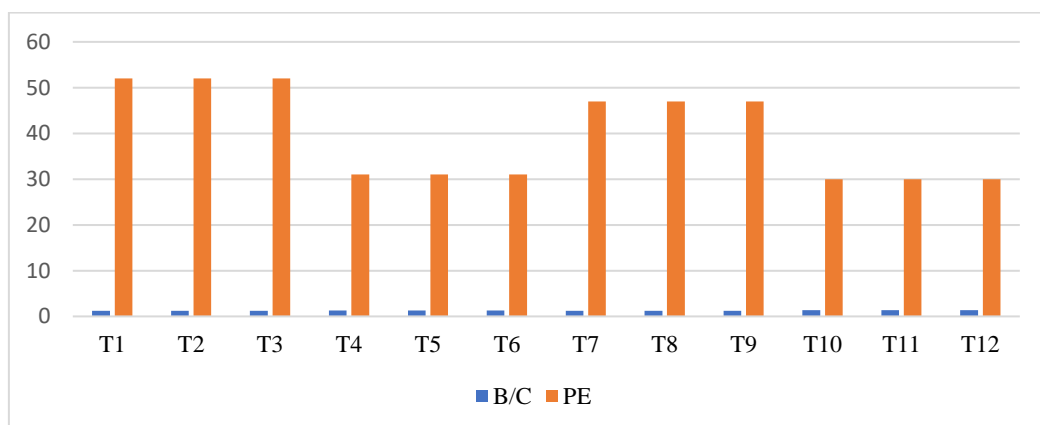
Los tratamientos con mayor costo de producción fueron los ensayos T1, T2 y T3 con un valor de \$ 8,35, mientras que los experimento con menor costo de producción fueron los ensayos del T10, T11 y T12 con un valor de \$ 7,45.

La mayor relación beneficio/costos se determinó en los ensayos T10, T11 y T12 con un índice de 1,34, es decir, por cada dólar invertido se logró una rentabilidad de \$ 0,34 en la producción de vinagre de mora, posteriormente, los ensayos T4, T5 y T6 se determinó un índice de B/C de 1,32, además, en los ensayos T7, T8 y T9 el índice fue de 1,21 y finalmente el menor B/C fue observado en los ensayos T1, T2 y T3 donde el índice fue de 1,20. Recalcando que, en ningún tratamiento se observó pérdidas económicas.

Para definir el margen de rentabilidad económica en cada ensayo, se estableció el punto de equilibrio, considerando que los ensayos T1, T2 y T3 se deben producir 52 botellas de 195 mL de vinagre de mora, mientras que, en los ensayos T4, T5 y T6 un total de 31 botella de vinagre, en los ensayos T7, T8 y T9 al menos 47 botellas de vinagre, y finalmente los ensayos T10, T11 y T12 alrededor de 30 botellas de vinagre de mora, para mantener un punto de equilibrio y que dicho procedimiento agroindustrial sea rentable.

Figura 14.

Análisis económico del vinagre de mora.



Cuesta (2021) realizó vinagre a partir de pulpa de coco en la ciudad de Guayaquil-Ecuador, donde logró un índice de beneficio/costo de 1,36, es decir por cada dólar invertido obtuvo una rentabilidad de \$ 0,36. Comparativamente los índices de este indicador económico son similares de investigación a investigación, considerando una diferencia de \$0.02 de beneficio en comparativa con el obtenido en el ensayo de mayor rentabilidad de la investigación.

4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Los resultados obtenidos de los criterios interpretativos para definir la producción de vinagre de mora como el pH y el porcentaje de acidez del análisis fisicoquímico de las variedades de mora, no presentaban diferencias estadísticas ($p > 0,05$) para el valor del pH ($p: 0,877$) y acidez ($p: 0,934$) entre variedades frutales, de tal manera, se rechaza la hipótesis alterna y aceptamos la hipótesis nula, la misma que expresa que; No existe diferencias en las condiciones físico químicas propicias para la producción de ácido acético mediante fermentación anaeróbica entre la mora de castilla y colombiana.

Tabla 34.

Análisis ANOVA de un factor.

ANOVA		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH	Entre grupos	,004	1	0,004	0,025	0,877 Ns
	Dentro de grupos	1,596	10	0,160		
	Total	1,600	11			
Acidez	Entre grupos	,012	1	0,012	0,005	0,943 Ns
	Dentro de grupos	22,079	10	2,208		
	Total	22,091	11			

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De acuerdo con la normativa INEN 2427, en la presente investigación se determinó que el fruto de la mora colombiana exhibió valores dentro de los estándares de calidad, con evidencia de un pH de 7,62, una humedad de 92,45%, cenizas de 0,40%, sólidos totales de 8,58°Bx, acidez de 2,85% y 7,49 gr de azúcares reductores, mientras que, en las determinaciones de la variedad de mora de castilla se observaron diferencias en las determinaciones con un pH de 7,06, una humedad de 88,97%, cenizas de 0,35%, sólidos totales de 6,62°Bx, una acidez del 3,20% y 18,27 gr de azúcares reductores.

En base a la evaluación de los métodos de fermentación y diferencias en la temperatura de incubación en la elaboración de vinagra de mora, se observó que, en los aspectos fisicoquímicos, solamente el ensayo T8 (mora colombiana + fermentación con inoculación de *Acetobacter* + 35°C) logró cumplir con la estipulado por la normativa INEN 2296, mientras que los otros tratamientos evaluados exhibieron valores extralimitados a la referencia en cada analito de evaluación.

En cuanto a relación beneficio/costos se determinó que, los ensayos T10, T11 y T12 exhibieron un índice de 1,34, es decir, que por cada dólar invertido se logró una rentabilidad de \$ 0,34 en la producción de vinagre de mora, considerándose que, se debe producir alrededor de 30 botellas de vinagre de mora para mantener un punto de equilibrio económico y para que dicho procedimiento agroindustrial sea rentable.

Se lograron resultados favorables en la difusión de tecnología sobre el aprovechamiento del fruto de mora para la elaboración de vinagre mediante las capacitaciones y acercamiento a los artesanos y productores de este cultivo en el recinto Guantug Cruz a partir de las capacitaciones in situ realizadas.

5.2. Recomendaciones

Realizar vinagre de mora con la variedad colombiana utilizando inoculante a base de *Acetobacter aceti* con condiciones de fermentación de 35°C (T8) ya que estas permitieron obtener valores adecuados en el análisis fisicoquímico.

Evaluar la dinámica de acidificación con una mayor población bacteriana a 35°C como condición de microambiente de fermentación para la elaboración de vinagre.

Realizar vinagre con otras materias primas procedentes de la actividad agrícola del recinto Guantug Cruz.

Trasferir tecnología práctica y las condiciones adecuadas para la elaboración de vinagre de mora colombiana en el recinto Guantug Cruz.

BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, P., Ramírez, J., & Quintero, V. (2020). Formulación Y Evaluación Físicoquímica De Jugo De Mora (*Rubus glaucus* Benth) Enriquecido Con Calcio Y Vitamina C. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 18(1), 56-63. Doi: [Http://Dx.Doi.Org/10.18684/Bsaa.V18n1.1411](http://dx.doi.org/10.18684/Bsaa.V18n1.1411).
- Ayala, L., Valenzuela, C., & Bohórquez, Y. (2013). Caracterización Físicoquímica De Mora De Castilla (*Rubus Glaucus* Benth) En Seis Estados De Madurez. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 11(2), 10-18.
- Barrera, V., Alwang, J., Andrango, G., Domínguez, J., Escudero, L., & Martínez, A. (2016). Tipificación De Los Productores De Mora De Ecuador Para Optimizar Sus Estrategias De Medios De Vida. INIAP.
- Bhatt, S., Naik, B., Kumar, V., Grupta, A., Kumar, S., Singh, M., Rustagi, S. (2023). Untapped Potential Of Non-Conventional *Rubus* Species: Bioactivity, Nutrition, And Livelihood Opportunities. *Plant Methods*, 19, pp. 114.
- Boonsupa, W. (2019). Chemical Properties, Antioxidant Activities And Sensory Evaluation Of Berry Vinegar. *Walailak Journal Of Science And Technology*, 16(11), pp. 887-896.
- Caiza, B., Toapanta, M., & Rivera, E. (2024). Evaluación Físicoquímica Y Sensorial Del Vinagre De Mora (*Morusalba* L), Capulí (*Prunus Serotina*) y Naranja (*Citrus Aurantium*). *Arandu Utic*, 11(2), 2340.
- Cepec, E., & Janja, T. (2022). Antimicrobial Resistance Of *Acetobacter* And *Komagataeibacter* Species Originating From Vinegars. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 19(1), 463. Doi: [Https://Doi.Org/10.3390/Ijerph19010463](https://doi.org/10.3390/Ijerph19010463).
- Cuesta, R. (2021). Obtención De Vinagre A Partir De Las Mezclas Agua Y Pulpa De Coco (*Cocos nucifera*). *Tesis De Pregrado. Universidad Agraria Del Ecuador*.
- FAO. (2023). El Estado Mundial De La Agricultura Y La Alimentación. Proceso En La Lucha Contra La Pérdida Y El Desperdicio De Alimentos. FAO, Roma.
- Franco, G., & Bernal, J. (2020). Tecnología Para El Cultivo De Mora (*Rubus glaucus* Benth.). In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.

- Gerrido, P., Morillo, E., & Vásquez, W. (2020). Genetic Diversity Of The Andean Blackberry (*Rubus glaucus Benth*) In Ecuador Assessed By Aflp Markers. *Plant Genetic Resources*, 18(4), pp. 243-250.
- Guerrero, G., Contretas, N., & Cardona, N. (2021). Physicochemical And Antioxidant Characterization Of Andean Blackberry With And Without Prickles Cultivated In Risaralda, Colombia. *Revista Brasileira De Fruticultura*, 43(6), pp. E-918.
- Guerrero, G., Muñoz, S., & Cifuentes, G. (2023). Vitamin C Content, Anthocyanins And Antioxidant Capacity Of Fruits Of *Rubus glaucus Benth*. (Mora De Castilla) With And Without Prickles Grown In Risaralda, Colombia. *Revista Brasileira De Fruticultura*, 45, pp. E509.
- Hernani, Mangunwardoyo, W., Hidayati, M., & Miskiyah. (2020). Influence Of Sucrose And Acetobacter Aceti Adition To Acetic Acid Content Coconut Vinegar. *Second International Conference On Sustainable Agriculture*, 458(1), 1-8.
- Hipo, P. (2021). Estudio De Una Mezcla De Sacarosa Más Mora (*Rubus glaucus*) Liofilizada Para Su Aplicación En La Industria Alimentaria. *Tesis De Pregrado. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo*.
- Iswantini, D., Indahsari, F., Maddu, A., Nurhidayat, N., Purwaningsih, H., & Sugiarti, S. (2020). Activity And Stability Of The Alcohol Biosensor Using *Acetobacter aceti* Biofilm Onscreen-Printed Carbon Electrode. *Hayati Journal Of Biosciences*, 27(1), 24-30.
- Lemus, S. (2020). Optimización De Un Proceso De Fermentación Artesanal Para Elaboración De Vinagre Y Estudio Del Inóculo Empleado (Madre Del Vinagre). *Tesis De Pregrado. Universidad Autónoma De Puebla*.
- Luzón, L., Castro, R., & Durán, E. (2021). Biotechnological Processes In Fruit Vinegar Production. *Foods*, 10(5), pp. 945.
- Mosquera, V. B., Alwang, J., Andrango, G., Domínguez, J., Escudero, L., Martínez, A., Tech, V., Economía, D. De, & Principal, P. (2019). Tipificación de los productores de mora de Ecuador para optimizar sus estrategias de medios de vida. *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador*, pp. 23.

- Muñoz, S., Guerrero, G., & González, P. (2020). Diagrammatic Scale For Measuring Severity Of Gray Mould In Thornless Castilla Blackberry (*Rubus glaucus Benth*). *Ciência Rural, Santa Maria*, 50(11), pp. E20190859.
- Pâdureanu, C., Maier, A., Pâdureanu, V., Nedelcu, A., Lupu, M., & Bâdârâu, C. (2022). The Total Content Of Polyphenols And The Antioxidant Properties Of Several Berry Vinegars. *Bulletin Of The Transilvania University Braşov*, 15(64), pp. 145-156.
- Pinta, A. (2023). Comparación De Los Parámetros Físico- Químico Y Sensoriales De La Mora De Castilla Con La Mora De Brazo, Para Su Uso Agroindustrial. *Tesis De Pregrado. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo*.
- Robinson, J., Bierwirth, J., Greenspan, P., & Pegg, R. (2020). Blackberry Polyphenols: Review Of Composition, Quantity, And Health Impacts From In Vitro And In Vivo Studies. *Journal Of Food Bioactives*, 9(1), pp. 40-51.
- Rosero, V. (2024). Formulación De Una Infusión De Arrayán (*Myrtus Communis*), Sunfo (*Clinopodium nubigeum*) y mora De Castilla (*Rubus glaucus Benth*), Endulzada Con Estevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*). *Tesis De Pregrado. Universidad Politécnica Estatal Del Carchi*.
- Samaniego, I., Brito, B., Viera, W., Cabrera, A., Llerene, W., Kannangara, T., Carrillo, W. (2020). Influence Of The Maturity Stage On The Phytochemical Composition And The Antioxidant Activity Of Four Andean Blackberry Cultivars (*Rubus glaucus Benth*) From Ecuador. *Plants*, 9(8), pp. 1027.
- Segura, C., Posada, E., Revuelta, A., Bohorquez, N., & Pérez, W. (2015). Caracterización Físicoquímica De Vinagres Obtenidos A Partir De Mostos De Uva (*Vitis Labrusca*). *Conference Paper*, pp. 1-7.
- Sengun, I., Kilic, G., & Ozturk, B. (2020). Screening Physicochemical, Microbiological And Bioactive Properties Of Fruit Vinegars Produced From Various Raw Materials. *Food Science And Biotechnology*, 29, pp. 401-408.
- Silva, R. (2020). Desarrollo De Vinagre De Pulpa De Mango Kent (*Mangifera indica L.*) Empleando Acetobacter Nativo. *Tesis De Postgrado. Universidad Nacional Agraria De La Selva*.

- Singh, A. (2020). Overview Of Vinegar Production. *Palarchs Journal Of Archaeology Of Egypt/Egyptology*, 17(6), pp. 4027-4037.
- Sung, J., & Lee, I. (2021). A Study On High-Acidity Rubus Coreanus Concentrated Vinegar Production Using Freeze Concentration Method. *Journal Of The Korea Convergence Society*, 12(11), pp. 419-426.
- Valera, B. (2022). Obtención Innovada Del Vinagre De Manzana Delicia (*Malus domestica-Red Delicious*) Por Fermentación Alcohólica (*Saccharomyces cerevisiae*) Seguido De Una Oxidación Por *Acetobacter* A Nivel Piloto Para Unidades Familiares. *Tesis Pregrado. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión*.
- Valle, B. (2024). Capacidad Antimicrobiana De Los Vinagres Obtenidos De Diferentes Frutas Con *Acetobacter aceti*, Aislado Del Bosque Primario-Pungalá. *Tesis De Pregrado. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo*.
- Vera, J., Cedeño, N., & Mera, S. (2020). Elaboración De Vinagre De Vino A Partir Del Mucílago Y Exudado De Cacao Criollo (*Theobroma cacao L.*). *Revista Científica (Ingeniar): Ingeniería, Tecnología E Investigación*, 3(6), 2737-6249.
- Vilaplana, R., Guerrero, K., Guevera, J., & Valencia, S. (2020). Chitosan Coatings To Control Soft Mold On Fresh Blackberries (*Rubus glaucus Benth*) During Postharvest Period. *Scientia Horticulturae*, 262, pp. 109049.
- Villacis, C. (2019). El Rol De La Mujer En La Producción De Mora De Castilla (*Rubus glaucus*) En El Sector Guantug Cruz, Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar. 1–166.
- Zhang, J., Wang, L., Shi, L., Chen, X., Liang, M., & Zhao, L. (2020). Development And Application Of A Real-Time Loop-Mediated Isothermal Amplification Method For Quantification Of *Acetobacter Aceti* In Red Wine. *Fems Microbiology Letters*, 367(19), 152.

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de la investigación

Centro agroindustrial de la facultad; donde se realizó el vinagre



Laboratorio General: donde se reanimo la bacteria a inocular para obtener el vinagre



Laboratorio de investigación: donde se realizó los estudios físicos químicos del vinagre



Anexo 2. Base de datos.

ANÁLISIS DEL FRUTOS DE MORA						
Tratamientos	pH	humedad	Cenizas	sólidos totales	Acidez	Azúcares reductores
T1R1	7,04	89,92	0,35	7	3,16	18,55
T1R2	7,05	90,03	0,36	5,1	3,18	18,45
T2R1	7,09	88,21	0,33	6,3	3,19	18,32
T2R2	7,10	87,43	0,34	6,3	3,29	18,23
T3R1	7,03	91,02	0,32	6,4	3,23	17,90
T3R2	7,01	84,05	0,35	7,1	3,24	17,89
T4R1	7,04	87,05	0,36	7	3,21	18,06
T4R2	7,04	86,43	0,38	6,8	3,16	18,43
T5R1	7,09	89,03	0,31	6,8	3,15	18,23
T5R2	7,13	91,02	0,32	6,9	3,19	18,34
T6R1	7,19	90,43	0,39	6,5	3,18	18,32
T6R2	7,22	93,02	0,32	7,2	3,19	18,45
T7R1	7,64	92,76	0,37	8,5	2,8	7,48
T7R2	7,55	92,34	0,37	8,4	2,9	7,89
T8R1	7,76	92,94	0,38	8,3	2,95	7,5
T8R2	7,86	92,45	0,37	8,8	2,94	7,43
T9R1	7,35	93,21	0,39	8,5	2,96	7,54
T9R2	7,54	92,03	0,40	9,3	2,95	7,32
T10R1	7,55	92,34	0,49	8,4	2,93	7,34
T10R2	7,60	91,95	0,42	8,1	2,85	7,34
T11R1	7,64	91,20	0,39	8,5	2,89	7,43
T11R2	7,66	92,75	0,38	8,7	2,67	7,31
T12R1	7,60	92,74	0,37	8,5	2,69	7,39
T12R2	7,59	92,7	0,38	8,9	2,7	7,90

ANÁLISIS DEL VINAGRE DE MORA

Tratamiento	pH	Humedad	Cenizas	Sólidos totales	Acidez	Azúcares reductores
T1R1	3,21	97,95	0,33	6,3	0,33	0,51
T1R2	2,82	97,9	0,09	1,1	4,05	0,46
T2R1	3,19	95,61	0,05	6	0,54	0,39
T2R2	3,2	98,09	0,15	6,4	0,67	0,57
T3R1	3,21	98	0,01	1,1	4,13	0,32
T3R2	3,45	97,81	0,1	7	1,01	0,34
T4R1	2,73	94,07	0,18	10	0,33	0,93
T4R2	2,39	93,94	0,19	4,3	2,82	1,79
T5R1	3,03	95,34	0,07	2,8	4,36	0,77
T5R2	2,05	97,75	0,09	2,7	4,59	1,2
T6R1	3,1	93,86	0,15	10	0,54	0,57
T6R2	2,01	94,41	0,08	4	3,55	1,43
T7R1	3,14	87,98	0,04	6,2	0,65	0,48
T7R2	3,13	97,76	0,02	7	0,65	0,49
T8R1	2,64	97,37	0,08	4,5	5,26	0,53
T8R2	2,68	83,31	0,18	5,49	4,59	0,45
T9R1	2,96	97,71	0,13	1,7	3,02	0,25
T9R2	3,13	97,72	0,06	6,1	0,54	0,38
T10R1	3,16	97	0,17	7	0,44	0,48
T10R2	3,13	97,78	0,08	7	0,32	0,39
T11R1	3,12	97,62	0,17	6	0,67	0,78
T11R2	2,81	97,72	0,6	1	4,4	0,59
T12R1	2,73	98,21	0,24	1,9	4,9	0,13
T12R2	3,12	97,79	0,16	6,9	0,67	0,12

T1 (mora castilla + fermentación con inoculación de <i>Acetobacter</i>+33°C)			
Insumos	Costo Unitario (\$)	Cantidad Usada	Costo Total
Mora Castilla (2 kg)	0,8	2	1,6
Azúcar (350g)	0,35	1	0,35
Bicarbonato de sodio (180g)	0,75	1	0,75
Clarificantes	0,15	1	0,15
Levadura (20g)	1,1	1	1,1
Bisulfito de sodio (1g)	0,5	1	0,5
Embase para fermentar (2und)	0,35	2	0,7
Inoculante (acetobacter)	0,8	1	0,8
Mangueras (2und)	1,2	2	2,4
Total (US\$)			8,35

T2 (mora castilla + fermentación con inoculación de <i>Acetobacter</i> + 35°C)			
Insumos	Costo Unitario (\$)	Cantidad Usada	Costo Total
Mora Castilla (2 kg)	0,8	2	1,6
Azúcar (360g)	0,35	1	0,35
Bicarbonato de sodio (180g)	0,75	1	0,75
Clarificantes (bentonita, enzimas pécticas o clara de huevo) (1und)	0,15	1	0,15
Levadura (20g)	1,1	1	1,1
Bisulfito de sodio (1g)	0,5	1	0,5
Embase para fermentar (2und)	0,35	2	0,7
Mangueras (2und)	1,2	2	2,4
Inoculante	0,8	1	0,8
Total (US\$)			8,35

T3 (mora castilla + fermentación con inoculación de *Acetobacter* +37°C)

Insumos	Costo	Cantidad	Costo
	Unitario \$	Usada	Total
Mora Castilla (2 kg)	0,8	2	1,6
Azúcar (352g)	0,35	1	0,35
Bicarbonato de sodio (0,40g)	0,75	1	0,75
Clarificantes (bentonita, enzimas pécticas o clara de huevo) (1und)	0,15	1	0,15
Levadura (20g)	1,1	1	1,1
Bisulfito de sodio (1g)	0,5	1	0,5
Embase para fermentar (2und)	0,35	2	0,7
Mangueras (2und)	1,2	2	2,4
Inoculante	0,8	1	0,8
Total (US\$)			8,35

T4 (mora castilla + fermentación sin inoculación +33°C)

Insumos	Costo	Cantidad	Costo
	Unitario \$	Usada	Total
Mora Castilla (2 kg)	0,8	2	1,6
Azúcar (340g)	0,35	1	0,35
Bicarbonato de sodio (180g)	0,75	1	0,75
Clarificantes (bentonita, enzimas pécticas o clara de huevo) (1und)	0,15	1	0,15
Levadura (20g)	1,1	1	1,1
Bisulfito de sodio (1g)	0,5	1	0,5
Embase para fermentar (2und)	0,35	2	0,7
Mangueras (2und)	1,2	2	2,4
Total (US\$)			7,55

T5 (mora castilla + fermentación sin inoculación + 35°C)

Insumos	Costo	Cantidad	Costo
	Unitario \$	Usada	Total
Mora Castilla (2 kg)	0,8	2	1,6
Azúcar (350g)	0,35	1	0,35
Bicarbonato de sodio (180g)	0,75	1	0,75
Clarificantes (bentonita, enzimas pécticas o clara de huevo) (1und)	0,15	1	0,15
Levadura (20g)	1,1	1	1,1
Bisulfito de sodio (1g)	0,5	1	0,5
Embase para fermentar (2und)	0,35	2	0,7
Mangueras (2und)	1,2	2	2,4
Total (US\$)			7,55

T6 (mora castilla + fermentación sin inoculación + 37°C)

Insumos	Costo	Cantidad	Costo
	Unitario \$	Usada	Total
Mora Castilla (2 kg)	0,8	2	1,6
Azúcar (330g)	0,35	1	0,35
Bicarbonato de sodio (180g)	0,75	1	0,75
Clarificantes (bentonita, enzimas pécticas o clara de huevo) (1und)	0,15	1	0,15
Levadura (20g)	1,1	1	1,1
Bisulfito de sodio (1g)	0,5	1	0,5
Embase para fermentar (2und)	0,35	2	0,7
Mangueras (2und)	1,2	2	2,4
Total (US\$)			7,55

T7 (mora calombiana + fermentación con inoculación de *Acetobacter* +33°C)

Insumos	Costo Unitario (\$)	Cantidad Usada	Costo Total
Mora Castilla (2 kg)	0,75	2	1,5
Azúcar (326g)	0,35	1	0,35
Bicarbonato de sodio (180g)	0,75	1	0,75
Clarificantes (bentonita, enzimas pécticas o clara de huevo) (1und)	0,15	1	0,15
Levadura (20g)	1,1	1	1,1
Bisulfito de sodio (1g)	0,5	1	0,5
Embalse para fermentar (2und)	0,35	2	0,7
Mangueras (2und)	1,2	2	2,4
Inoculante	0,8	1	0,8
Total (US\$)			8,25

T8 (mora calombiana+fermentación con inoculación de *Acetobacter* +35°C)

Insumos	Costo Unitario \$	Cantidad Usada	Costo Total
Mora Castilla (2 kg)	0,75	2	1,5
Azúcar (24,40g)	0,35	1	0,35
Bicarbonato de sodio (180g)	0,75	1	0,75
Clarificantes (bentonita, enzimas pécticas o clara de huevo) (1und)	0,15	1	0,15
Levadura (20g)	1,1	1	1,1
Bisulfito de sodio (1g)	0,5	1	0,5
Embalse para fermentar (2und)	0,35	2	0,7
Mangueras (2und)	1,2	2	2,4
Inoculante	0,8	1	0,8
Total (US\$)			8,25

T9 (mora calombiana+fermentación con inoculación de Acetobacter +37°C)

Insumos	Costo Unitario (\$)	Cantidad Usada	Costo Total
Mora Castilla (2 kg)	0,75	2	1,5
Azúcar (360g)	0,35	1	0,35
Bicarbonato de sodio (180g)	0,75	1	0,75
Clarificantes (bentonita, enzimas pécticas o clara de huevo) (1und)	0,15	1	0,15
Levadura (20g)	1,1	1	1,1
Bisulfito de sodio (1g)	0,5	1	0,5
Embalse para fermentar (2und)	0,35	2	0,7
Mangueras (2und)	1,2	2	2,4
Inoculante	0,8	1	0,8
Total (US\$)			8,25

T10 (mora calombiana+fermentación sin inoculación +33°C)

Insumos	Costo Unitario \$	Cantidad Usada	Costo Total
Mora Castilla (2 kg)	0,75	2	1,5
Azúcar (351g)	0,35	1	0,35
Bicarbonato de sodio (180g)	0,75	1	0,75
Clarificantes (bentonita, enzimas pécticas o clara de huevo) (1und)	0,15	1	0,15
Levadura (20g)	1,1	1	1,1
Bisulfito de sodio (1g)	0,5	1	0,5
Embalse para fermentar (2und)	0,35	2	0,7
Mangueras (2und)	1,2	2	2,4
Total (US\$)			7,45

T11 (mora calombiana+fermentación sin inoculación +35°C)

Insumos	Costo Unitario (\$)	Cantidad Usada	Costo Total
Mora Castilla (2 kg)	0,75	2	1,5
Azúcar (268g)	0,35	1	0,35
Bicarbonato de sodio (180	0,75	1	0,75
Clarificantes (bentonita, enzimas pécticas o clara de huevo) (1und)	0,15	1	0,15
Levadura (20g)	1,1	1	1,1
Bisulfito de sodio (1g)	0,5	1	0,5
Embalse para fermentar (2und)	0,35	2	0,7
Mangueras (2und)	1,2	2	2,4
Total (US\$)			7,45

T12 (mora calombiana+fermentación sin inoculación +37°C)

Insumos	Costo Unitario (\$)	Cantidad Usada	Costo Total
Mora Castilla (2 kg)	0,75	2	1,5
Azúcar (292g)	0,35	1	0,35
Bicarbonato de sodio (0,40g)	0,75	1	0,75
Clarificantes (bentonita, enzimas pécticas o clara de huevo) (1und)	0,15	1	0,15
Levadura (20g)	1,1	1	1,1
Bisulfito de sodio (1g)	0,5	1	0,5
Embalse para fermentar (2und)	0,35	2	0,7
Mangueras (2und)	1,2	2	2,4
Total (US\$)			7,45

Anexo 3. Fotografía de la investigación.



Foto 1: preparación de los medios de cultivo



Foto 2: preparación de los medios de cultivo

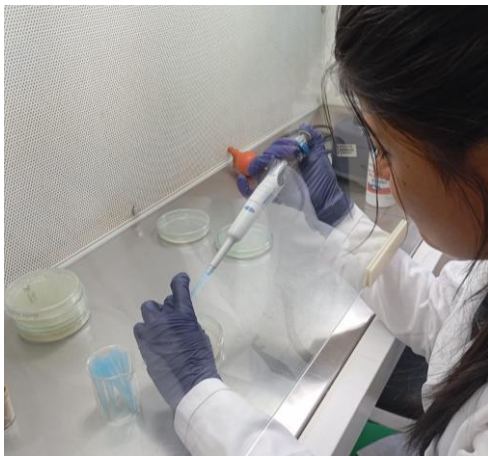


Foto 3: inoculación de la caja Petri.



Foto 4: Tutorías como sembrar la bacteria en estudio



Foto 5: resiembra de la bacteria



Foto 6: codificación de las placas.



Foto 7: Reactivos de la tinción de GRAM



Foto 8: Tinción de GRAM



Foto 9: Compra de la mora



Foto 10: Compra de la mora



Foto 11: Selección de la mora



Foto 12: Elaboración del mosto de mora.



Foto 13: Elaboración del mosto de mora.



Foto 14: Elaboración del mosto de mora.



Foto 15: Proceso del vinagre.



Foto 16: Trasiego del mosto de mora.



Foto 17: Ajuste de la escala bacteriana del inoculante.

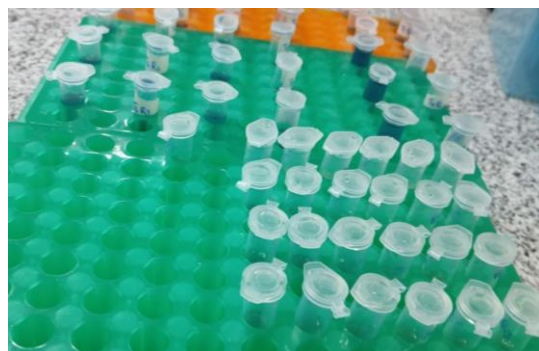


Foto 18: Muestras de vinagre.



Foto 19: Análisis sólidos totales del vinagre

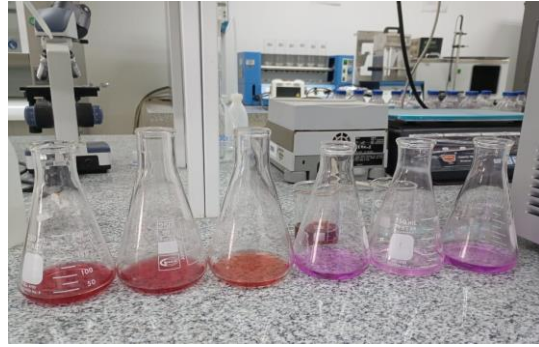


Foto 20: análisis de la acidez del vinagre de mora.



Foto 21: análisis fisicoquímico del vinagre de mora

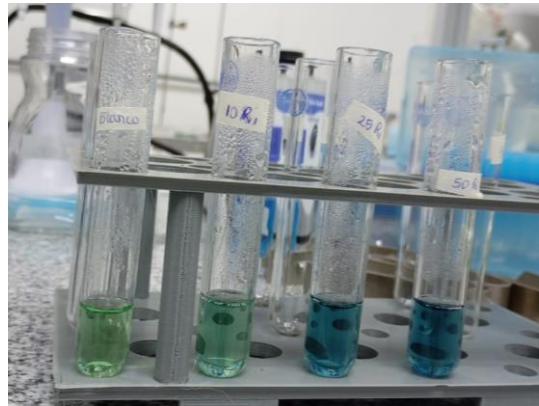


Foto 22: análisis fisicoquímico del viangre de mora



Foto 23: Trasferencia de la tecnología



Foto 24: Trasferencia de la tecnología

Anexo 4. Glosario de términos

Acidular: Acción de poner ácido un líquido.

Análisis edafológicos: Pruebas de carácter físico, químico y biológico que se realizan para conocer la naturaleza y composición del suelo, y su relación con la vid.

Bacteria: son microorganismos procariotas que presentan un tamaño de unos pocos micrómetros (por lo general entre 0,5 y 5 μm de longitud), no tienen el núcleo definido ni presentan, en general, orgánulos membranosos internos.

Bacterias acéticas: Son las causantes de la transformación del alcohol en ácido acético

Baño María: Cocinar dentro de un recipiente que a su vez esté dentro de otro que contiene agua hirviendo. Se utiliza para cocciones que van en moldes porque ralentiza el proceso de cocción impidiendo que el género tome color y favoreciendo la penetración progresiva del calor. También se utiliza para géneros que al fuego directo se pegan con facilidad por ejemplo chocolate, crema pastelera etc.

Contaminación: Presencia de materias no deseables en la materia prima o producto.

Crianza biológica: Es un procedimiento de la vinicultura que se lleva a cabo mediante un velo de levaduras que crecen en la superficie del vino, cuyo metabolismo aeróbico ocasiona cambios en la composición aromática, adquiriendo los vinos finos sus características peculiares

Destilación: Es un proceso que consiste en separar los distintos componentes de una mezcla mediante el calor.

Edulcorar: Añadir un dulce a un género generalmente azúcar.

Emulsionar: Consiste en juntar dos géneros diferentes para formar un género homogéneo.

Envasado: Actividad que consiste en introducir cualquier género en su envase. En la industria alimentaria comprende tanto la formación del envase como la preparación de este para su uso en la siguiente fase productiva.

Envase: Recipiente o soporte en que se conservan y transportan productos y que los envuelve o contiene para conservarlos o transportarlos. Sirve para proteger la mercancía y distinguirla de otros artículos a la vez que la presenta para la venta.

Esterilización: Proceso que elimina o destruye completamente cualquier forma de vida microbiana en un alimento.

Fermentación acética: Es la fermentación bacteriana por Acetobacter, un género de bacterias aeróbicas que transforma el alcohol en ácido acético.

Fermentación alcohólica: Proceso biológico por el que microorganismos unicelulares (levaduras) en ausencia de oxígeno consumen el azúcar presente en el mosto transformándolo en alcohol (etanol) y dióxido de carbono (CO₂).

Fermentación maloláctica: Es la transformación del ácido málico en ácido láctico (con emisión de anhídrido carbónico) por acción de bacterias lácticas.

Fermentación super: Consiste en encabezar los mostos con alcohol hasta 4 % Vol., con el fin de evitar a las levaduras apiculadas que transmiten sabores extraños.

Fermentación: Acción por la que las masas elaboradas con levadura aumentan su volumen adquiriendo esponjosidad al ponerlas a una temperatura templada

Levaduras: Son un hongo unicelular que se encuentran en el exterior del hollejo, en la pruina y que fermenta el mosto. Son utilizados para la inoculación de los mostos o de los vinos, (responsables de la fermentación alcohólica).

Maceración: Acción de sumergir una sustancia sólida en un líquido durante un tiempo para extraer de ella las partes solubles.

Maduración de la mora: Etapa de constitución del fruto como baya válida para consumo en fresco o para vinificar.

Mosto: Zumo exprimido de una fruta sin fermentar

Pasteurización: Procedimiento que consiste en someter un alimento, generalmente líquido, en este caso cerveza, a una temperatura aproximada de 80 grados durante unos segundos y después enfriarla rápidamente, con el fin de destruir los gérmenes y prolongar su conservación.

pH: Es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. El pH indica la concentración de iones hidronios [H₃O⁺] presentes en determinadas sustancias. La sigla significa "potencial de hidrógeno". La escala de pH va desde el 0 al 14, siendo su punto medio pH = 7, el neutro, valores menores a este sería ácido y valores superiores alcalino. El pH 4,6 se denomina isoelectrico.

Tratamientos fitosanitarios: Aplicación de sustancias destinadas a prevenir o erradicar la acción de formas de vida animal o vegetal perjudiciales para la producción vitícola.

Vino espumoso: También llamado de aguja se caracteriza por contener gas disuelto, obtenido en el proceso de una segunda fermentación en botella.

Vino generoso: Vino con un proceso de elaboración especial tendente a aumentar su estabilidad y graduación alcohólica, mediante la adición de brandy.