



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR IBARRA
ESCUELA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Evaluación in vitro de diferentes sustratos alternativos como crecimiento del
consorcio microbiano del kéfir de leche a modo de promotor de crecimiento
natural.**

JORGE DAVID RIVERA MONTESDEOCA

TUTOR: Msc SANTIAGO XAVIER MAFLA ANDRADE

IBARRA – ECUADOR

FEBRERO, 2026

Ibarra, 11 de marzo de 2026

CERTIFICACIÓN TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de integración curricular titulado: “Evaluación in vitro de diferentes sustratos alternativos como crecimiento del consorcio microbiano del kéfir de leche a modo de promotor de crecimiento natural”, presentado por el estudiante Jorge David Rivera Montesdeoca con cédula de ciudadanía N° 1004882963, para obtener el Título de Ingeniero Zootecnista

Certifico que el trabajo cumple con todos los parámetros establecidos, mediante el cual el estudiante demuestra el desarrollo de competencias en el campo de conocimiento de su profesión con un nivel de argumentación coherente, para ser sometido a la evaluación por parte de los lectores.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de originalidad de TURNITIN.

RECURSO EDUCATIVO PARA LA PROGRAMACIÓN EN EL ÁREA DE INFORMÁTICA			
INFORME DE ORIGINALIDAD			
5%	4%	2%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
FUENTES PRIMARIAS			
1	Submitted to Universidad de Málaga - Tii Trabajo del estudiante		< 1 %
2	Submitted to Universicorp Universi S.A. Blue Hill College Trabajo del estudiante		< 1 %
3	Submitted to Universidad Pedagogica y Tecnologica de Colombia Trabajo del estudiante		< 1 %
4	herostartup.com Fuente de Internet		< 1 %
5	Submitted to Universidad del Istmo de Panamá Trabajo del estudiante		< 1 %
6	lareferencia.info Fuente de Internet		< 1 %
7	www.atenas-school.edu.ec Fuente de Internet		< 1 %
8	repositorio.itb.edu.ec Fuente de Internet		< 1 %

(f): _____
Msc. SANTIAGO XAVIER MAFLA ANDRADE
TUTOR DE TRABAJO
C.C.: 1002658399

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El tribunal examinador, aprueba el presente trabajo en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra:



(f):

Msc. Santiago Xavier Mafla Andrade

C.C.: 1002658399



(f):.....

Msc. Luis Humberto Haro Bedón

C.C.: 1002739389



(f):.....

Phd. Cintya Mercedes Gordón Falconi

C.C.: 1721991246

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, *Jorge David Rivera Montesdeoca*, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones a título gratuito y oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.



(f): _____

Jorge David Rivera Montesdeoca

C.C.: 1004882963

AUTORÍA

Yo, *Jorge David Rivera Montesdeoca*, portador de la cedula de ciudadanía N° 1004882963, declaro que el presente trabajo de investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.



(f):.....

Jorge David Rivera Montesdeoca

C.C.: 1004882963

DEDICATORIA

A mi madre, Margoth, quien con gran esfuerzo y sacrificio constante hizo posible que hoy este culminando esta etapa académica.

A mi padre, Olmedo, quien con palabras de aliento me a empujado a nunca rendirme y a dar lo mejor de mi cada día y cada momento de mi formación.

A mi hermano, Oswaldo, por siempre ser mi compañero que estuvo al pendiente en cada paso y cada día de desvelo en la formación.

A en memoria de mi hermana Lucia, quien desde el cielo estuvo acompañándome cada día para lograr este camino duro, pero no difícil.

A mi pareja Gaby, por siempre estar día a día apoyándome y aconsejándome para culminar el objetivo de ser un profesional.

David Rivera

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, hermanos, pareja y amigos, por ser el soporte vital en este gran camino de formación profesional, ayudándome a superar cada obstáculo vivido en este proceso académico, lo cual hicieron posible este logro.

Agradezco a mi pareja por brindarme su paciencia, consejos y apoyo brindado cada día para poder culminar este camino y poder lograr el objetivo plantado desde un inicio, por nunca rendirse y levantarme cuando lo necesitaba.

A mis profesores por brindarme los conocimientos y experiencias de cada uno, por su paciencia y guía lo cual enriquecieron mi formación profesional.

Finalmente, a mis compañeros, que con sus palabras de ánimo hicieron posible lograr y dar este paso hasta poder culminar la carrera.

David Rivera

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN TUTOR	2
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	3
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS	4
AUTORÍA	5
DEDICATORIA.....	6
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
CAPITULO I	144
INTRODUCCIÓN.....	144
CAPITULO II	16
OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo General.....	16
2.2 Objetivo Específico	16
2.3 Hipótesis	16
CAPITULO III	17
ESTADO DEL ARTE	17
3.1 Composición y diversidad microbiana del kéfir.....	17
3.1.1 Especies core y funciones asociadas.....	17
3.1.2 Variabilidad entre granos y determinantes (origen, mantenimiento, sustratos)	18
3.2 Kéfir como alternativa a promotores antimicrobianos	19
3.2.1 Mecanismos antimicrobianos del kéfir	20
3.2.2 Efectos del kéfir sobre el microbiota intestinal en animales.....	21
3.3 Aplicaciones biotecnológicas del kéfir en la producción animal	22
3.4 Limitaciones y perspectivas futuras del uso del kéfir en zootecnia	23
CAPITULO IV	25
MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
4.1 Materiales	25
4.1.1 Máquinas.....	25

4.1.2	Sustratos	255
4.1.3	Material Biológico	255
4.1.4	Material de laboratorio.....	255
4.2	Zona de Estudio	255
4.2.1	Fase de Laboratorio.....	255
4.3	Análisis Estadístico	26
4.3.1	Diseño Experimental	26
4.3.2	Repeticiones	27
4.3.3	Unidades Experimentales.....	27
4.3.4	Tamaño de Unidad Experimental.....	27
4.3.5	Tratamientos.....	27
4.3.6	Esquema del Análisis de Varianza.....	28
4.3.7	Análisis Funcional.....	28
4.4	Manejo Específico del Experimento	¡Error! Marcador no definido.
4.4.1	Extracción de Sustratos	28
4.4.2	Extracción de sustrato de remolacha	28
4.4.3	Infusion de hojas de moringa.....	28
4.4.4	Suero lácteo.....	29
4.4.5	Agua azucarada.....	29
4.4.6	Pesaje de kéfir.....	29
4.4.7	Manejo del kéfir.....	29
5.1	Variables.....	29
5.1.1	Variable independiente	29
5.1.2	Variable dependiente	30
CAPÍTULO V.....		31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		31
6.1	Resultados y Discusión	31
6.1.1	Prueba de Normalidad de Shapiro Wilks y Homogeneidad de Varianza de Levene	31
CAPÍTULO VI		455
Conclusiones y Recomendaciones		¡Error! Marcador no definido.5
BIBLIOGRAFÍA		47
ANEXOS		52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de tratamientos	27
Tabla 2. Esquema del ANOVA para la evaluación	28
Tabla 3. Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas	31
Tabla 4. Análisis de varianza del peso del kéfir en g cultivado en extracto de remolacha	32
Tabla 5. Análisis de varianza del peso del kéfir en g cultivado en infusión de hojas de moringa.....	34
Tabla 6. Análisis de varianza del peso del kéfir en g cultivado en suero lácteo	35
Tabla 7. Análisis de varianza del peso del kéfir en g cultivado en agua con azúcar	37
Tabla 8. Análisis de varianza del contenido de azúcar del kéfir cultivado en extracto de remolacha.....	38
Tabla 9. Análisis de varianza del contenido de azúcar del kéfir cultivado en infusión de hojas de moringa.....	40
Tabla 10. Análisis de varianza del contenido de azúcar del kéfir cultivado en suero lácteo	41
Tabla 11. Análisis de varianza del contenido de azúcar del kéfir cultivado en agua con azúcar.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica de los Laboratorios de la PUCE-Ibarra (provincia de Imbabura, Ecuador).	26
Figura 3. Peso del kéfir cultivado en sustratos	33
Figura 4. Peso del kéfir cultivado en sustratos	34
Figura 5. Peso del kéfir cultivado en sustratos	36
Figura 6. Peso del kéfir cultivado en sustratos	37
Figura 7. Azúcar de los sustratos.....	39
Figura 8. Azúcar de los sustratos.....	40
Figura 9. Azúcar de los sustratos.....	42
Figura 10. Azúcar de los sustratos.....	43

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes sustratos sobre el crecimiento del consorcio microbiano del kéfir. Para lo cual, se emplearon sustratos como: 100ml de extracto de remolacha, 100ml de infusión de hojas de moringa, 100ml de suero lácteo, 100ml de agua con azúcar y 100 ml de agua como control. El experimento se desarrolló bajo un diseño completamente al azar (DCA), con cinco unidades experimentales por tratamiento, sumando un total de 25 unidades experimentales, durante un período de recolección de datos de siete días. La variable de estudio fue el crecimiento del consorcio microbiano, evaluado a través del incremento de biomasa del kéfir. La metodología consistió en comparar el aumento de biomasa del kéfir y evaluar el contenido de azúcar residual tras 24 horas de fermentación. Los datos cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, según las pruebas de Shapiro–Wilk y Levene. En este contexto, el tratamiento con suero lácteo alcanzó un valor promedio de 11,60g de biomasa, seguido por el extracto de remolacha con 11,03g de biomasa. El análisis estadístico mediante ANOVA y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$) confirmó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. En conclusión, el sustrato que favoreció de manera más eficiente el crecimiento del consorcio microbiano del kéfir fue el suero lácteo, al presentar la mayor ganancia de peso, lo que sugiere una mayor densidad y actividad de bacterias beneficiosas. Estos resultados respaldan el potencial del kéfir cultivado en suero lácteo como un promotor de crecimiento natural para su aplicación en sistemas de producción animal.

Palabras clave: promotor de crecimiento, desarrollo microbiano, kéfir, bacterias ácido lácticas, levaduras.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of different substrates on the growth of the kefir microbial consortium. The following substrates were used: 100 ml of beetroot extract, 100 ml of moringa leaf infusion, 100 ml of whey, 100 ml of sugar water, and 100 ml of water as a control. The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD), with five experimental units per treatment, for a total of 25 experimental units, over a seven-day data collection period. The study variable was the growth of the microbial consortium, evaluated through the increase in kefir biomass. The methodology consisted of comparing the increase in kefir biomass and evaluating the residual sugar content after 24 hours of fermentation. The data met the assumptions of normality and homogeneity of variances, according to the Shapiro-Wilk and Levene tests. In this context, the whey treatment reached an average biomass value of 11.60 g, followed by the beetroot extract with 11.03 g of biomass. Statistical analysis using ANOVA and Tukey's multiple comparison test ($\alpha = 0.05$) confirmed the existence of statistically significant differences between the treatments evaluated. In conclusion, whey was the substrate that most efficiently promoted the growth of the kefir microbial consortium, exhibiting the greatest weight gain, which suggests a higher density and activity of beneficial bacteria. These results support the potential of kefir cultured in whey as a natural growth promoter for use in animal production systems.

Keywords: Growth promoter, microbial development, kefir, lactic acid bacteria, yeasts.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Durante décadas, la industria pecuaria ha empleado antibióticos en dosis sub terapéuticas como promotores de crecimiento con el fin de mejorar la eficiencia alimentaria y acelerar la ganancia de peso en los animales de producción (Berman et al., 2023). No obstante, el uso rutinario ha sido señalado como factor clave en el desarrollo de resistencia antimicrobiana, realizando una revisión sistemática el cual, relaciona el uso de promotores de crecimiento antimicrobiano con un aumento en la aparición de cepas resistentes en animales de producción, teniendo resultados críticos para la salud humana (Sachdeva et al., 2024).

Los probióticos, definidos como microorganismos vivos que cuando se administran en cantidades adecuadas confieren beneficios al huésped, lo cual han sido exploradores en ganaderías como sustitutos naturales de antibióticos promotores de crecimiento (Gadhiya et al., 2025). Sachdeva et al. (2024), argumentan que los probióticos constituyen a mejorar la inmunidad, competir con patógenos, fortaleciendo las barreras intestinales y modular el microbiota, ofreciendo un enfoque prometedor para una producción animal más sostenible.

Además, González-Orozco et al. (2022), indican que el microbiota del kéfir tiene como efectos antimicrobianos directos e indirectos frente a bacterias patógenas, lo que resalta el valor funcional del cultivo.

Sin embargo, se han comparado sistemáticamente sustratos alternativos como suero de leche, agua de arroz fermentado, extracto de remolacha o infusión de hojas de moringa, en la producción de kéfir destinado a uso en animales de granja. Es necesario determinar cuál de estos medios favorece mejor la biomasa del consorcio microbiano.

Por tanto, esta investigación tiene como propósito evaluar el efecto de diferentes sustratos alternativos en el crecimiento y viabilidad del consorcio microbiano del kéfir, con el objetivo de identificar el medio que mejor preserve su estabilidad funcional para su aplicación como promotor de crecimiento en animales de granja. Se compara suero lácteo, extracto de remolacha, infusión de hojas de moringa agua con azúcar y agua como control, analizando la composición microbiana, viabilidad, estabilidad comunitaria y la diversidad de cada cultivo. Además, esta propuesta se alinea con los Objetivos de

Desarrollo Sostenible: Hambre Cero (ODS 2), Salud y Bienestar (ODS 3), Producción y Consumo Responsables (ODS 12) y Vida de Ecosistemas Terrestres (ODS 15), ya que promueve prácticas agrícolas más saludables, eficientes y sostenibles (Requelme & Afonso, 2023).

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Evaluar el efecto in vitro de diferentes sustratos alternativos en el crecimiento del consorcio de microorganismos presentes en el kéfir, con el fin de determinar su potencial como promotor de crecimiento natural.

2.2 Objetivo Específico

- Evaluar el rendimiento de biomasa y la estabilidad microbiológica de los gránulos de kéfir en los cultivos de suero lácteo, extracto de remolacha, infusión de hojas de moringa, medio de cultivo acuoso agua con azúcar y en comparación con el agua como control.
- Determinar y comparar la composición microbiana y la viabilidad del consorcio microbiano del kéfir cultivado en suero lácteo, extracto de remolacha, infusión de hojas de moringa, agua azucarada y un tratamiento control.

2.3 Hipótesis

- **Hipótesis alternativa**

Al menos uno de los sustratos evaluados muestra mayor eficiencia en la producción de kéfir como potencial probiótico, en comparación con los demás.

- **Hipótesis nula**

No existen diferencias significativas en el crecimiento y estabilidad del kéfir entre los sustratos evaluados.

CAPITULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1 Composición y diversidad microbiana del kéfir

El kéfir es un alimento fermentado que se caracteriza por la coexistencia estable de bacterias ácido lácticas, levaduras y también de bacterias acéticas dentro de una sola matriz polisacárido que forma el consorcio tradicional, actuando como microhábitat favoreciendo interacciones simbióticas y transferencia metabólica entre microbios lo que explica la compleja funcionalidad del producto final y su variabilidad microbiana (Turkmen, 2017).

Los estudios metagenómicos y meta genéticos han evidenciado que, aunque existe una core microbiota recurrente, las abundancias relativas de géneros y especies pueden variar entre granos y lotes dependiendo de donde provienen y el tipo de condiciones de cultivo en las que se encuentran, lo cual no solo afecta la composición microbiana sino también las propiedades bioactivas del kéfir, por lo que describir la diversidad microbiana exige métodos moleculares de alta resolución (González-Orozco et al., 2022).

Estudios recientes han distinguido claramente entre el kéfir de agua y el kéfir lácteo, cada uno presentando perfiles microbianos particulares como: el kéfir lácteo suele estar adaptado por LAB adaptadas a la matriz proteica y lipídica de la leche, a diferencia que el kéfir de agua suele estar adaptado a mayor diversidad de levaduras y acéticos vinculados a azúcares (Moretton et al., 2025). Estas diferencias condicionan tanto la producción de metabolitos como ácidos orgánicos, etanol, compuestos volátiles, como las propiedades sensoriales y funcionales del producto final (Rodríguez et al., 2023).

De acuerdo a de Souza et al. (2024), las revisiones bibliométricas y críticas sobre el kéfir muestran un crecimiento rápido de la investigación en la última década, con énfasis en caracterización microbiana, y aplicaciones funcionales, aumentando interés por alimentos fermentados tradicionales con potencial probiótico como la necesidad de estandarizar métodos para producir ingredientes de calidad efectiva reproducible en los procesos industriales y zootécnicos.

3.1.1 Especies core y funciones asociadas

Diversos estudios convergen en identificar un conjunto de taxones recurrentes en granos de kéfir como *Lactobacillus*, *Lactococcus* y distintas levaduras como

Saccharomyces, *kluveromyces*, estas especies desempeñan roles complementarios como las LAB que producen ácido láctico y exopolisacáridos (Rodríguez et al., 2023). Por otra parte, las levaduras también liberan enzimas y compuestos aromáticos con otros microorganismos que contribuyen con metabolitos antimicrobianos, la unión de estas funciones explica la estabilidad ecológica y las propiedades nutricionales del kéfir (Yilmaz et al., 2022).

La producción de exopolisacáridos por especies como *Lactobacillus kefiranofacies* es clave para la estructura del grano y para propiedades funcionales como capacidad de formar matrices, modular respuesta inmune y actuar como agente texturizante, también estos EPS están siendo evaluados por su actividad inmunomoduladora y potencial prebiótico en huéspedes (Baars et al., 2025).

Las bacteriocinas y péptidos antimicrobianos generados por ciertas cepas lácteas del kéfir contribuyen a la inhibición de patógenos entéricos y de alteraciones que respalda el uso de cultivos lácteos del kéfir como control biológico en matrices alimentarias y posibles moduladores del microbioma intestinal cuando se administra a los animales (Guzel-Seydim et al., 2011).

Las levaduras presentes en los granos aportan enzimas como β -galactosidasas que facilitan la digestión de lactosa y generan volátiles que mejoran el perfil sensorial incluyendo la interacción metabólica entre levaduras y LAB que pueden incrementar la disponibilidad de ciertos nutrientes y la producción de metabolitos bioactivos, teniendo un balance entre bacterias y levaduras con una determinante funcionalidad (Saleem et al., 2023).

La complementariedad funcional entre especies, confieren al kéfir como un consorcio funcionalmente redundante que varíe la composición exacta y las funciones críticas como fermentación, defensa antimicrobiana, producción de metabolitos bioactivos que suelen conservarse fácilmente como ingredientes funcionales en alimentos y en suplementaciones para animales (Yilmaz et al., 2022).

3.1.2 Variabilidad entre granos y determinantes (origen, mantenimiento, sustratos)

La heterogeneidad observa entre granos de diferentes regiones o productos que vinculan a la historia de los granos, prácticas de mantenimiento fresco, temperatura y

algunos sustratos empleados que alteran la ecología microbiana y por ende los perfiles metabólicos del fermentado (Bozkir et al., 2024).

De acuerdo a Matejčková & Valík. (2025), muestran que la transición de un sustrato a otro provoca cambios rápidos en la composición microbiota, algunas especies disminuyen en abundancia y otras emergen como dominantes según la disponibilidad de carbohidratos, nitrógeno y minerales, lo que implica formular productos no lácteos con prestaciones funcionales similares.

El manejo del grano en condiciones caseras frente a condiciones controladas de laboratorio también explica las diferencias en una diversidad microbiana, como el uso de recipientes no estériles, variación en tiempo de fermentación y adición de frutas secas o sustratos locales introducen cepas ambientales que pueden modular la comunidad y alterar las propiedades organolépticas y funcionales del consorcio (Alraddadi et al., 2023).

Además, la resiliencia del consorcio microbiano ante cambios ambientales depende de la presencia de especies funcionalmente redundantes y de la capacidad de los granos para retener biodiversidad, lo que ha demostrado que granos con mayor diversidad, recuperan más rápidamente su funcionalidad tras estrés como cambio de pH o temperatura y su resiliencia es más relevante en el uso de producción animal (McGovern et al., 2024).

Finalmente, la comprensión de los determinantes de variabilidad, incluyendo interacciones microbianas y sustratos, permite diseñar estrategias de conservación, selección y escalado de granos para aplicaciones específicas seleccionando cepas dominantes para formular inoculantes estandarizados que reproduzcan las funciones deseadas en raciones estándar para animales (Turkmen, 2017).

3.2 Kéfir como alternativa a promotores antimicrobianos

El uso de antibióticos como promotores de crecimiento en animales de producción ha sido una práctica común durante décadas, sin embargo, su aplicación indiscriminada ha contribuido al desarrollo de resistencia antimicrobiana, un problema de salud pública de alcance global (Kaur et al., 2024). Los productos fermentados del kéfir se presentan como una opción biotecnológica sostenible, capaz de aportar microorganismos beneficiosos y metabolitos antimicrobianos sin generar los efectos adversos de los antibióticos convencionales (Mgomi et al., 2023).

El kéfir contiene una comunidad microbiana compleja que produce compuestos bioactivos tales como ácidos orgánicos, peróxido de hidrógeno y bacteriocinas, los cuales inhiben el crecimiento de patógenos entéricos (Evangelista et al., 2025). Estas sustancias actúan modificando su pH, dañando su membrana celular de microorganismos dañinos y limitando su proliferación, contribuyendo así a la seguridad alimentaria en animales (Matejčková & Valík, 2025).

Varios estudios experimentales han demostrado que la suplementación con kéfir en la dieta animal mejora la integridad intestinal, aumenta la absorción de nutrientes y fortalece la respuesta inmunitaria, estos efectos se asocian a una mayor producción de mucinas y a la activación de células inmunes intestinales, lo que refuerza las defensas naturales del huésped (Xu et al., 2020).

Desde el punto de vista microbiológico, los microorganismos del kéfir desplazan bacterias patógenas mediante exclusión competitiva y producción de metabolitos inhibitorios, que se reporta como cepas de *Lactobacillus kefir* y *Leuconostoc mesenteroides* presentes en el kéfir que inhiben *Escherichia coli*, *Salmonella spp* y *Clostridium perfringens*, patógenos comúnmente asociados con trastornos entéricos en aves y cerdos (Salvatore et al., 2025).

Asimismo, el consumo o uso del kéfir en reemplazo de antibióticos ha mostrado resultados prometedores en el mantenimiento del equilibrio del microbiota intestinal, en monogástricos, su administración reduce la colonización de microorganismos patógenos sin afectar negativamente las bacterias comensales, lo cual es esencial para conservar la homeostasis intestinal (Matejčková & Valík, 2025).

3.2.1 Mecanismos antimicrobianos del kéfir

El efecto antimicrobiano del kéfir se debe a la acción sinérgica de varios metabolitos secundarios producidos durante la fermentación, lo cual incluyen ácidos orgánicos, peróxido de hidrógeno, dióxido de carbono, etanol y bacteriocinas, los cuales modifican el entorno intestinal e inhiben el desarrollo de microorganismos patógenos sensibles, estas sustancias son producidas principalmente por *Lactobacillus*, *Leuconostoc* y Levaduras fermentativas que mantienen un equilibrio ecológico dentro del consorcio microbiano (Fiorda et al., 2017).

Las bacteriocinas, son pequeñas proteínas con actividad antimicrobiana, que han sido ampliamente caracterizadas en diversas cepas de kéfir, lo que ha demostrado que estas moléculas son efectivas contra bacterias grampositivas como *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus*, al alterar la permeabilidad de la membrana celular bacteriana y causar lisis osmótica (Hernández-González et al., 2021).

Las levaduras del kéfir también participan en la acción antimicrobiana a través de la secreción de compuestos volátiles y enzimas hidrolíticas que degradan toxinas bacterianas y micotoxinas, con la presencia de especies como *Kluyveromyces marxianus* o *Saccharomyces cerevisiae* que potencia la liberación de enzimas que neutralizan metabolitos tóxicos producidos por hongos contaminantes en el intestino animal (da Anunciação et al., 2024) .

En estudios in vitro, la administración de kéfir ha demostrado mejorar los parámetros inmunitarios y reducir la incidencia de infecciones gastrointestinales, estos efectos se relacionan con una modulación positiva del sistema inmune intestinal mediante la activación de macrófagos y linfocitos, lo que refuerza la barrera epitelial y evita la translocación bacteriana (Alraddadi et al., 2023).

También, se ha descrito que los exopolisacáridos del kéfir poseen actividad antimicrobiana indirecta, al impedir la adhesión de patógenos en las células epiteliales del huésped, estos compuestos funcionan como una barrera física y bioquímica que evita la colonización de bacterias nocivas, promoviendo la estabilidad del ecosistema intestinal (Hernández-Martínez et al., 2025).

3.2.2 Efectos del kéfir sobre el microbiota intestinal en animales

La microbiota intestinal desempeña un papel fundamental en la digestión, inmunidad y metabolismo de los animales, el kéfir actúa como modulador de esta comunidad, promoviendo el crecimiento de bacterias beneficiosas como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* y reduciendo la abundancia de microorganismos patógenos y tiene un equilibrio que se traduce en una mejor conversión alimenticia y una mayor eficiencia productiva (Kim et al., 2019).

La inclusión de kéfir en dietas de pollos, cerdos o rumiantes favorece la digestibilidad del alimento y la absorción de nutrientes, especialmente proteínas y

minerales, estimulando la producción de enzimas digestivas como amilasas y proteasas, optimizando el aprovechamiento de los nutrientes ingeridos (Toghyani et al., 2015).

Desde un punto de vista inmunológico, el kéfir modula la producción de citoquinas antiinflamatorias y reduce los procesos inflamatorios intestinales asociados al estrés térmico o dietas ricas en grasa, esto favorece un mejor bienestar animal y una respuesta inmunitaria más equilibrada (Prado et al., 2016).

El consumo regular del kéfir contribuye a una menor colonización de enterobacterias, al competir con los sitios de adhesión y por los nutrientes del lumen intestinal, produce una probabilidad acelerada de infecciones y la necesidad de emplear antibióticos profilácticos, lo que presenta como alternativa sostenible y libre de residuos químicos garantizando una mejor salud intestinal (Martins et al., 2022).

Los metabolitos del kéfir, de cadena corta, sirven como fuente de energía para los colonocitos y estimulan la regeneración del epitelio intestinal, mejorando la integridad estructural del tracto digestivo, logrando así una mayor resistencia a patógenos y reduciendo la mortalidad en animales jóvenes (Sankarganesh et al., 2025).

El uso adecuado del kéfir ayuda a la reducción de olores fecales y de amoníaco, favoreciendo a la salud de los animales y a la sanidad ambiental, mejorando la salud intestinal y las condiciones productivas en los sistemas pecuarios de gran producción (Aslam et al., 2020).

3.3 Aplicaciones biotecnológicas del kéfir en la producción animal

El kéfir y sus metabolitos se consideran herramientas biotecnológicas emergentes en la nutrición de los animales, lo que permite suplantar aditivos sintéticos y antibióticos por alternativas naturales con beneficios funcionales, permitiéndole extenderse a distintas especies animales productivas, demostrando mejoras en el rendimiento y conversión alimenticia de cada especie (Vieco-Saiz et al., 2019).

En el campo de la avicultura, la incorporación del kéfir en el agua de bebida o en el alimento sólido, ha mostrado un incremento de ganancia de peso, mejora la pigmentación de la piel y ha fortalecido el sistema inmunitario, lo que da como resultado efectos sinérgicos de los microorganismos y a los metabolitos antioxidantes presentes en la fermentación (Mohd Shaufi et al., 2024).

En la porcicultura, el kéfir fermentado ha demostrado reducir la diarrea en los lechones destetados y ha mejorado el comportamiento alimenticio en las primeras dietas solidas de los lechones, ayudando a mejorar y a estabilizar el microbiota intestinal, evitando el desequilibrio y reduciendo el uso de antimicrobianos convencionales (Lessard et al., 2023).

En rumiantes, el uso del kéfir ha demostrado un incremento en la digestibilidad de la fibra y optimizando la fermentación ruminal, promoviendo un mejor aprovechamiento del alimento, en vacas lecheras ha mejorado su calidad y reduce la concentración de metano entérico, lo que contribuye a la sostenibilidad y ayudando a ser más amigable con el ambiente (Al-Galbi & Abid, 2022).

El uso del kéfir también ha sido evaluado como inoculante en la conservación de forrajes y ensilajes, debido a su capacidad para acidificar rápidamente la masa vegetal y evitar el desarrollo de hongos y bacterias indeseables dentro del rumen, obteniendo así un mejor forraje y estabilidad microbiana durante el almacenamiento dentro del rumen (Zhong et al., 2022).

3.4 Limitaciones y perspectivas futuras del uso del kéfir en zootecnia

Los beneficios del kéfir como promotor de crecimiento natural y modulador intestinal, ampliamente reconocido por su aplicación en prácticas de producción animal, enfrenta limitaciones técnicas y biológicas, dificultando la variabilidad de su composición microbiana, los granos difieren de acuerdo al origen geográfico, las condiciones de fermentación y los sustratos utilizados, la estandarización de dosis y efectos representa un reto para el consumo a escala industrial (Azizi et al., 2021).

En la conservación de la viabilidad microbiana durante el almacenamiento y transporte, los microorganismos del kéfir son sensibles a las fluctuaciones de temperatura, humedad y pH, lo que puede reducir la capacidad probiótica antes de su aplicación en los animales sin afectar su diversidad (Kim et al., 2019).

La legislación en torno al uso de microorganismos en la alimentación de animales dificulta su registro y comercialización como aditivos zoosanitarios, la ausencia de normativas específicas sobre productos fermentados que contienen multiespecie, como el kéfir, limitando su adopción en sistemas de producción (Kim et al., 2019).

El uso del kéfir requiere de infraestructura para una fermentación controlada y la conservación de los cultivos, lo que puede elevar los costos de producción al inicio, pero diversos análisis de rentabilidad han demostrado que el uso del kéfir ha ayudado en la reducción de medicamentos, mortalidad y manejo sanitario, compensando a mediano plazo la inversión tecnológica (Saleem et al., 2023).

Se debe aplicar estrategias de economía circular, utilizando subproductos agroindustriales como sustratos de fermentación, ayudando en la utilización de residuos orgánicos, obteniendo bioingredientes funcionales como valor agregado en la alimentación de los animales, por ende, el kéfir representa una alternativa prometedora en la zootecnia moderna (Prado et al., 2016).

CAPITULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Equipos

- Balanza de Precisión Equinox ETB 3202e- Adam Equipment
- Autoclave N_BIOTECK
- Molino de cuchillas Retsch GM 200
- Refractómetro digital de marca Bellingham and Stanley

4.1.2 Sustratos

- Extracto de remolacha
- Suero de leche
- Infusión de hojas de moringa
- Agua con azúcar
- Agua

4.1.3 Material biológico

- Kéfir

4.1.4 Material de laboratorio

- Frascos cilíndricos de 150ml
- Gotero

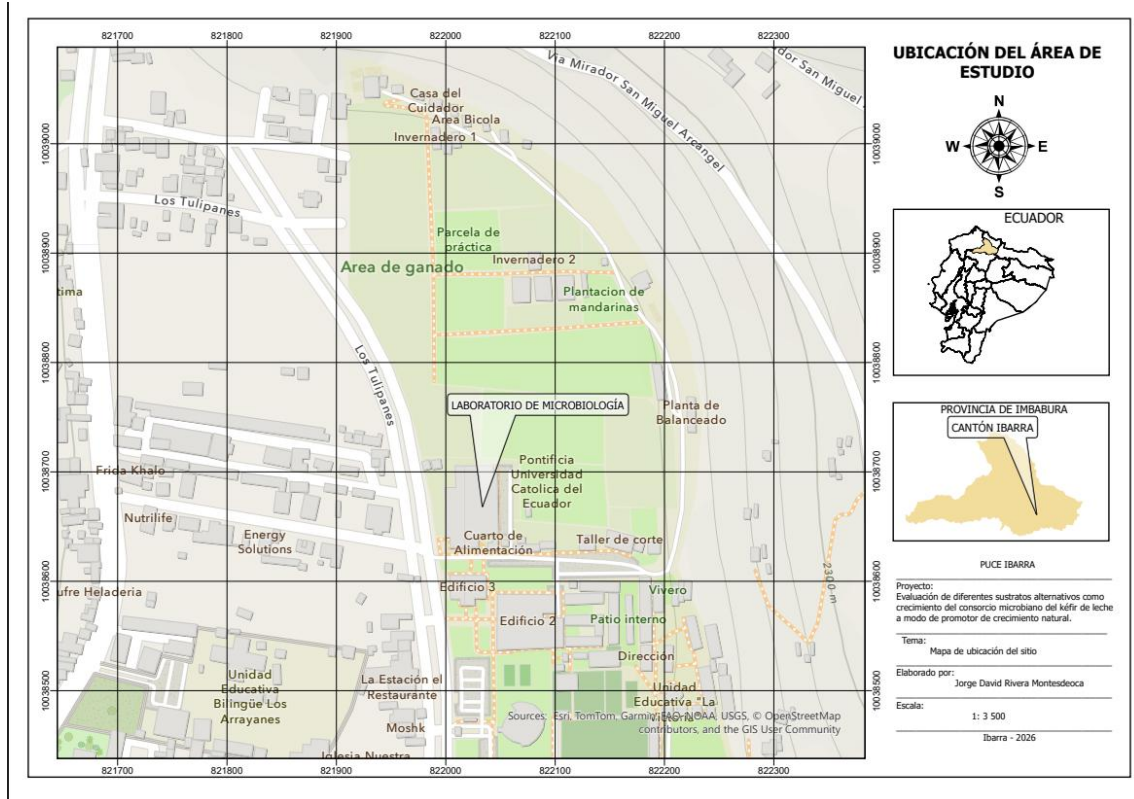
4.2 Zona de Estudio

4.2.1 Fase de Laboratorio

Los sustratos y el kéfir fueron procesados en las instalaciones de los laboratorios de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Ibarra, como se muestra en la figura 1.

Figura 1.

Ubicación Geográfica de los Laboratorios de la PUCE-Ibarra (provincia de Imbabura, Ecuador).



Nota. Adaptado de Google Maps (2026).

4.3 Análisis Estadístico

4.3.1 Diseño Experimental

El estudio utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 5 tratamientos y 5 repeticiones obteniendo un total de 25 unidades experimentales para evaluar las variables de interés de forma independiente en cada sustrato. Cada g de kéfir y sustrato se analizó por separado, con su propio conjunto de unidades experimentales, garantizando la independencia de los efectos y su ganancia diaria de los g de kéfir.

Este diseño fue seleccionado porque es aplicable en ensayos in vitro de actividades antimicrobianas, ya que controla la variedad inherente en las muestras biológicas y facilitar el análisis estadístico de los datos de ANOVA.

El procesamiento estadístico se realizó mediante el software XLSTAT (versión 2023.2.0;1411; ID de licencia: b1672737-bf0f-472b-a655-46d8039fd975) para realizar el ANOVA, asegurando un procesamiento eficiente y preciso de los datos.

4.3.2 Repeticiones

Se aplicaron 5 repeticiones por tratamiento, justificando mediante un análisis de potencia estadística con un nivel de significancia de 0.05 (Faul et al., 2007).

4.3.3 Unidades Experimentales

La unidad experimental estuvo constituida por un frasco de vidrio cilíndrico de 150ml, en el cual se utilizará 100ml de sustrato y 10 g de kéfir en cada uno de los sustratos, luego de 24 horas de fermentación, durante 5 días, se medirá el % de azúcar y los g de kéfir para evaluar su ganancia de masa, esto se realizará con cada sustrato para evaluar cual dio mayor resultado.

4.3.4 Tamaño de Unidad Experimental

El diseño experimental consideró 25 unidades por consorcio, donde cada unidad experimental consistió en 5 frascos cilíndricos con su respectivo sustrato y consorcio. Se emplearon 5 repeticiones, con los 5 tratamientos, lo cual se utilizó cada día 25 frascos durante los 5 días de experimento dando como resultado un total de 125 frascos.

4.3.5 Tratamientos

Tabla 1.

Descripción de tratamientos

Tratamientos	Descripción	Concentración
T1	Extracto de remolacha	100 ml al 5% de azúcar
T2	Infusión de hojas de moringa	100 ml al 5% de azúcar
T3	Suero lácteo	100 ml al 5% de azúcar
T4	Agua con azúcar control	100 ml al 5% de azúcar
T5	Agua	Agua

Nota.

De acuerdo a Laraet al. (2010), dice que las concentraciones de azúcares deben ser mínimas de hasta 5% en azúcares en la utilización de remolacha y moringa. Otro autor Magalhães et al. (2010), nos dice que para un mayor crecimiento del kéfir se debe incorporar hasta el 9% de azúcares, es por eso que se sacó un dato promedio para la obtención de su concentración.

4.3.6 Esquema del Análisis de Varianza

La tabla 2 presenta el ANOVA empleando en este estudio para cada sustrato estudiado, lo que permitió establecer la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los distintos extractos.

Tabla 2.

Esquema del ANOVA para la evaluación

<i>FV</i>	<i>GL</i>
Total corregido	24
Tratamientos	4
Error	20

Nota: Todos los sustratos siguieron el mismo diseño experimental, evaluándose de forma individual.

4.3.7 Análisis Funcional

- Prueba de normalidad de Shapiro Wilks
- Prueba de homogeneidad de varianza Levene
- Coeficiente de variación
- Prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey al 5%

4.4 Manejo específico del experimento

4.4.1 Extracción de sustratos

4.4.2 Extracción de sustrato de remolacha

Como medio de extracción, se empleó el método de corte en tiras finas y luego se realizó la maceración dinámica debido a que nos ayuda a obtener el extracto más eficiente y procedemos a pasar por un filtro para su mayor pureza de extracto sin partículas sólidas, preservando los componentes que posee la remolacha (Jamilex y Escobar, 2017.)

4.4.3 Infusión de hojas de moringa

Para la colecta de la infusión se tuvo que triturar las hojas de moringa en el molino de cuchillas Retsch GM 200, luego de esto se pasó a una olla con 5 litros de agua y se le hace hervir hasta que llegue a 70 °C, posterior a ello se deja reposar por 45 minutos y se filtra para evitar que tenga partículas de moringa (Annabell et al., 2019).

4.4.4 Suero lácteo

Para la obtención del suero calentamos 5 litros de leche sin que hierva, luego se coloca 2 a 3 cucharas de vinagre, esperamos 5 minutos hasta que se cuaje o corte la leche y separamos las partes sólidas y líquidas, una vez obtenido filtramos con una tela para obtener nuestro suero de leche y dejamos reposar durante 12 horas para una mayor fermentación (Chanfrau et al., 2017).

4.4.5 Agua azucarada

Para la obtención se utilizó 300 g de azúcar morena en 3 litros de agua, se lo hizo hervir hasta una temperatura de 50°C y luego se hizo reposar para que se mantenga su nivel de azúcar (Lara et al., 2010).

4.4.6 Pesaje de kéfir

Para la utilización del kéfir se utilizó el peso mínimo de 10 g como menciona Azizi et al. (2021), en 100 ml de cada sustrato a utilizar.

4.4.7 Manejo del kéfir

Una vez obtenido los sustratos y el valor del peso del kéfir, se procedió a realizar la fermentación durante 24 horas como dice Azizi et al. (2021), dejar reposar en un lugar oscuro a temperatura ambiente y tapado con un papel filtro para que este pueda tener oxígeno y realizar una correcta fermentación y mayor crecimiento del kéfir, este proceso se debe repetir durante el tiempo de evaluación de crecimiento.

5.1 Variable

5.1.1 Variable Independiente

- **Consortio microbiano:** El kéfir consorcio que contiene bacterias ácido lácticas, bacterias ácido acéticas y levaduras (Magalhães et al., 2010).
- **Sustratos:** Los diferentes sustratos a utilizar, fueron 100ml de extracto de remolacha, 100ml de infusión de hojas de moringa, 100ml de suero lácteo, 100ml de agua con azúcar y 100ml de agua como control.

5.1.2 Variables dependientes

Ganancia de peso del kéfir: Una vez realizado el proceso de fermentación durante 24 horas se procedió al filtrado del sustrato para pesar únicamente el kéfir con la ayuda de la tapa del frasco se pesó en la Balanza de Precisión Equinox ETB 3202e- Adam Equipment, ya que esta nos ayuda a medir su precisión, este proceso se lo realizo durante 7 días para la obtención de los datos (Bosnea et al., 2017).

Porcentaje de azúcar: Para la medición de azúcar se utilizó un gotero para la toma de una pequeña muestra y esto se pasó al refractómetro digital antes y después de cada fermentación en cada sustrato utilizado, durante un periodo de 7 días cada 24 horas antes y después de cada fermentación (Avila-Reyes et al., 2022).

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Resultados y Discusión

6.1.1 Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilks y Homogeneidad de Varianza de Levene

En la Tabla 3 se presenta los análisis estadísticos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (test de Levene) aplicados a las variables de peso del kéfir y azúcar de los sustratos, en los extractos de remolacha, infusión de hojas de moringa, suero lácteo y agua con azúcar. Los valores de $p > 0.05$ en la prueba de normalidad sugieren una distribución normal de los datos, mientras que los valores de $p > 0.05$ en el test de Levene confirman la homogeneidad de las varianzas.

Tabla 3.
Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas

Variable	Desviacion estandar			Shapiro-test		Levene-test	
	Observacion	Promedio	Desviacion estandar	W	P-value	F	P-value
Peso kefir en remolacha	25	11,03	0,75	0,964	0,500	1,908	0,148
Azucar de remolacha	25	4,67	0,27	0,971	0,677	1,798	0,169
Peso kefir en moringa	25	10,93	0,70	0,921	0,054	1,298	0,305
Azucar de moringa	25	4,76	0,22	0,959	0,400	2,589	0,068
Peso kefir en suero	25	11,60	0,94	0,979	0,857	1,466	0,250
Azucar de suero	25	4,28	0,42	0,970	0,644	2,033	0,128
Peso kefir en agua con azucar	25	10,76	0,67	0,981	0,896	1,554	0,225
Azucar de agua con azucar	25	5,03	0,17	0,940	0,152	2,850	0,051

Variable de peso del kéfir y azúcar de los sustratos:

Los resultados de la prueba de Shapiro–Wilk muestran que, para todas las variables evaluadas, los valores de p son superiores a 0,05. Esto indica que no existen evidencias estadísticas para rechazar la hipótesis nula de normalidad, por lo que los datos de peso del kéfir y de contenido de azúcar se distribuyen de manera aproximadamente normal dentro de cada tratamiento. En términos prácticos, esto significa que los valores

observados se concentran alrededor de la media y presentan una dispersión simétrica, sin sesgos extremos ni comportamientos atípicos que puedan distorsionar el análisis comparativo.

De forma complementaria, la prueba de Levene arrojó valores de p mayores a 0,05 en todas las variables, lo que confirma que las varianzas entre los tratamientos son estadísticamente homogéneas. Esto implica que la variabilidad del peso del kéfir y del contenido de azúcar es comparable entre los distintos sustratos evaluados, descartando que algún tratamiento presente una dispersión excesivamente alta o baja que pueda influir artificialmente en las diferencias entre medias.

Desde una perspectiva metodológica, el cumplimiento simultáneo de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas es fundamental, ya que garantiza que las diferencias observadas entre tratamientos responden a efectos reales del tipo de sustrato y no a irregularidades en la distribución de los datos. En este contexto, los resultados obtenidos validan el uso de pruebas paramétricas, específicamente el análisis de varianza (ANOVA) y las pruebas de comparación múltiple de Tukey, como herramientas adecuadas para comparar el comportamiento del kéfir en los distintos medios de cultivo.

Tabla 4.

Análisis de varianza del peso del kéfir en g cultivado en extracto de remolacha

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Total</i>	24	13,394				
<i>tratamiento</i>	4	12,634	3,159	83,121	<0,0001	***
<i>Error</i>	20	0,760	0,038			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

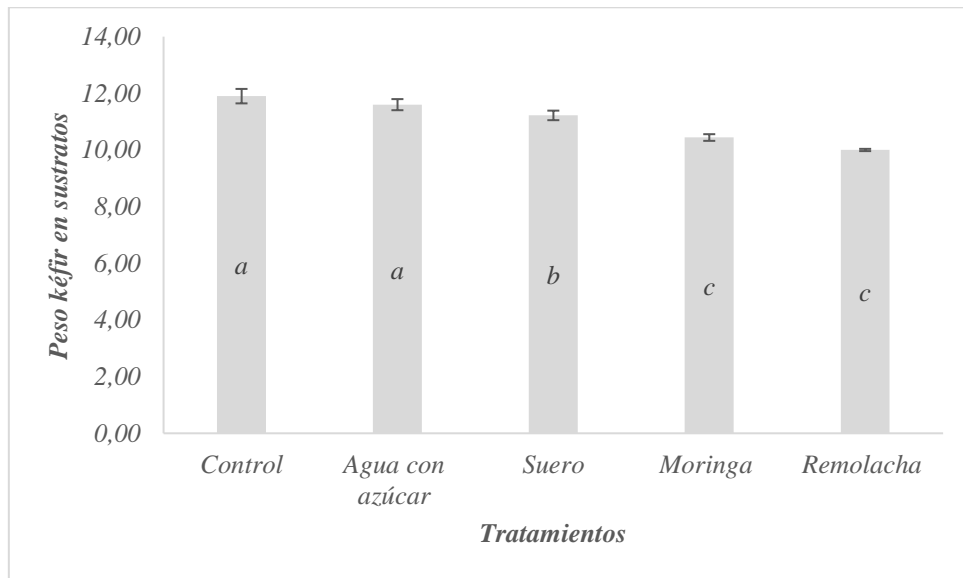
*Signification codes: 0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1*

Promedio (g) 11,03

CV (%) 1,77

El análisis de varianza evidenció que el tipo de sustrato influyó de manera significativa en el peso del kéfir ($p < 0,05$), esto significa que hubo diferencias significativas.

Figura 2.
Peso del kéfir cultivado en sustratos



La prueba de comparación múltiple de Tukey mostró que todos los tratamientos evaluados presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí ($p < 0,05$), ya que ninguno de los grupos comparte el mismo rango de significancia. Esta diferenciación total indica que el tipo de sustrato influyó de manera específica en el peso final del kéfir, durante los días evaluados.

Este resultado indica que, aunque el crecimiento del consorcio microbiano, es eficiente para promover la producción de biomasa fue superior cada día. En relación con el objetivo del estudio, este comportamiento sugiere que la viabilidad del consorcio se mantiene, pero con una menor capacidad de incremento de biomasa bajo este medio vegetal.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Avila-Reyes et al. (2022), quienes evaluaron el crecimiento de granos de kéfir en medios alternativos y observaron que los sustratos vegetales permiten el desarrollo del consorcio microbiano, pero generan incrementos de biomasa significativamente menores en comparación con medios lácteos, lo cual se atribuye a la menor disponibilidad de proteínas y minerales esenciales en matrices vegetales. No obstante, la baja variabilidad registrada indica que el consorcio microbiano se mantuvo estable y funcional bajo este sustrato.

Tabla 5.*Análisis de varianza del peso del kéfir en g cultivado en infusión de hojas de moringa*

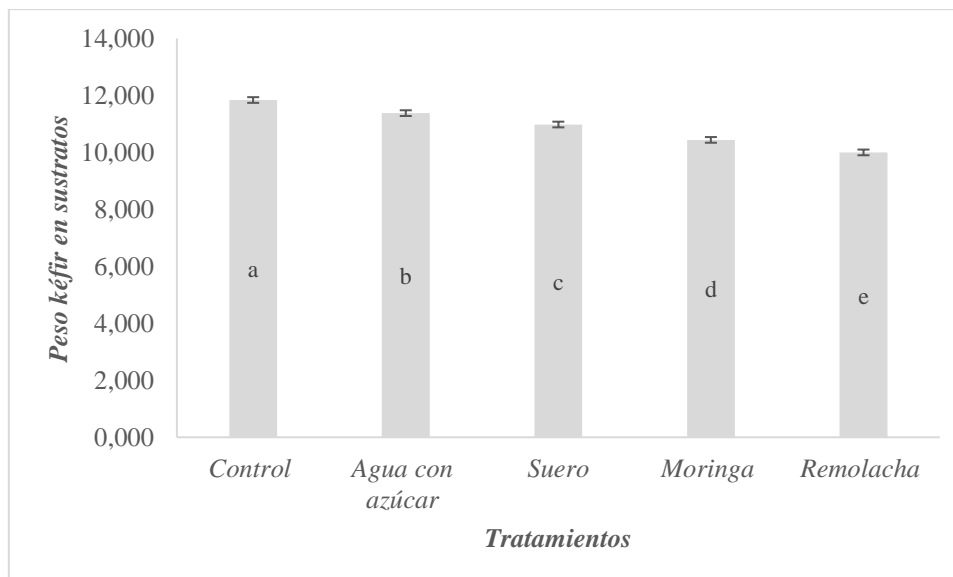
<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Total</i>	24	11,790				
<i>tratamiento</i>	4	10,690	2,673	48,593	<0,0001	***
<i>Error</i>	20	1,100	0,055			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$ *Signification codes: $0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ^\circ < 1$*

Promedio (g) 10,93

CV % 2,15

El análisis de varianza mostró que la infusión de hojas de moringa influyó de manera significativa en el crecimiento del kéfir ($p < 0,05$).

Figura 3.*Peso del kéfir cultivado en sustratos*

La prueba de Tukey evidenció que todos los tratamientos son estadísticamente diferentes entre sí ($p < 0,05$), confirmándose por la asignación de letras distintas en cada grupo. Este resultado demuestra que la infusión de hojas de moringa generó una respuesta diferenciada del consorcio microbiano en comparación con los demás sustratos.

Este patrón indica que la moringa limita parcialmente el crecimiento del kéfir, posiblemente por la presencia de compuestos bioactivos que reducen la eficiencia fermentativa. En función del objetivo, se confirma que el consorcio microbiano es viable en este sustrato, aunque con menor rendimiento productivo.

Según Matejčková & Valík. (2025), la presencia de compuestos fenólicos y metabolitos secundarios en algunas plantas puede interferir con la actividad metabólica de las bacterias ácido-lácticas y levaduras del kéfir. Este fenómeno explica el crecimiento reducido observado en la moringa, donde el consorcio microbiano se mantiene viable, pero con una menor eficiencia fermentativa, en concordancia con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Tabla 6.

Análisis de varianza del peso del kéfir en g cultivado en suero lácteo

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
Total	24	21,250				
tratamiento	4	20,738	5,184	202,516	<0,0001	***
Error	20	0,512	0,026			

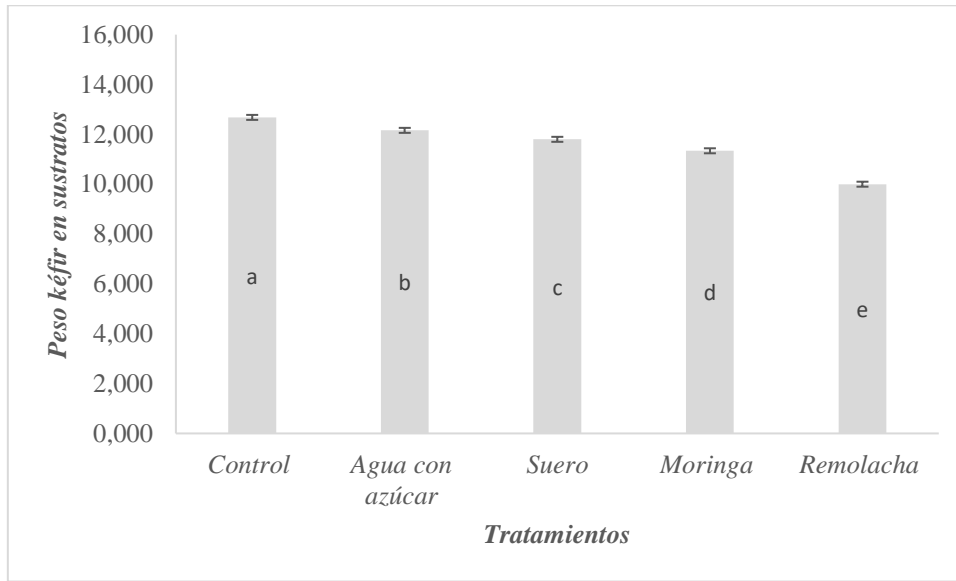
Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

*Signification codes: 0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1*

Promedio (g) 11,60
CV (%) 1,38

El análisis de varianza mostró que existes diferencias significativas entre los tratamientos de manera significativa en el crecimiento del kéfir ($p < 0,05$).

Figura 4.
Peso del kéfir cultivado en sustratos



Los resultados de la prueba de Tukey mostraron una separación estadística completa entre todos los tratamientos ($p < 0,05$), evidenciando que el suero lácteo produjo un efecto significativamente distinto sobre el peso del kéfir.

El mayor peso promedio del kéfir se obtuvo con este tratamiento. Este resultado confirma que el suero lácteo proporcionó las condiciones nutricionales más favorables para el crecimiento del consorcio microbiano. En relación con el objetivo del estudio, este hallazgo demuestra que el suero favorece una mayor viabilidad y eficiencia funcional del kéfir.

Estos resultados coinciden con Magalhães et al. (2010), quienes demostraron que el suero lácteo es un sustrato óptimo para el cultivo de kéfir debido a su contenido de lactosa, proteínas solubles y minerales biodisponibles. En su estudio, los autores reportaron incrementos de biomasa superiores al 15 %, valores comparables a los observados en el presente trabajo, lo que confirma la superioridad del suero lácteo para promover el crecimiento y estabilidad del consorcio microbiano.

Tabla 7.*Análisis de varianza del peso del kéfir en g cultivado en agua con azúcar*

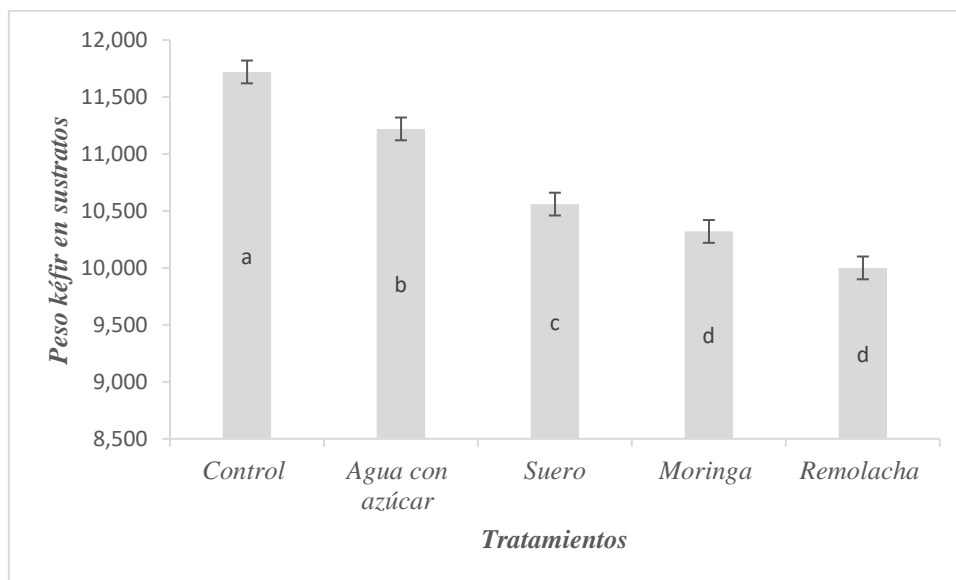
<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
Total	24	10,858				
tratamiento	4	9,722	2,430	42,789	<0,0001	***
Error	20	1,136	0,057			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$ *Signification codes: $0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1$*

Promedio (g) 10,76

CV (%) 2,21

El análisis de varianza mostró que existes diferencias significativas entre los tratamientos de manera significativa en el crecimiento del kéfir ($p < 0,05$).

Figura 5.*Peso del kéfir cultivado en sustratos*

La prueba de Tukey indicó que todos los tratamientos son diferentes estadísticamente entre sí ($p < 0,05$), lo que confirma que el medio de cultivo influye significativamente en el peso del kéfir.

Este comportamiento sugiere que el medio acuoso con azúcar permite el crecimiento del consorcio microbiano, pero no alcanza la eficiencia observada en

sustratos más complejos. En términos del objetivo, se evidencia que la viabilidad se mantiene, aunque con una capacidad limitada de producción de biomasa.

De acuerdo con Bosnea et al. (2017), los medios simples basados únicamente en azúcares permiten la supervivencia del kéfir, pero no garantizan un crecimiento sostenido ni una estabilidad microbiológica óptima. Este comportamiento coincide con lo observado en el tratamiento control del presente estudio, donde el consorcio microbiano se mantuvo uniforme sin ganancia de biomasa.

Tabla 8.

Análisis de varianza del contenido de azúcar del kéfir cultivado en extracto de remolacha

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Total</i>	24	1,690				
<i>tratamiento</i>	4	0,850	0,213	5,062	0,006	**
<i>Error</i>	20	0,840	0,042			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

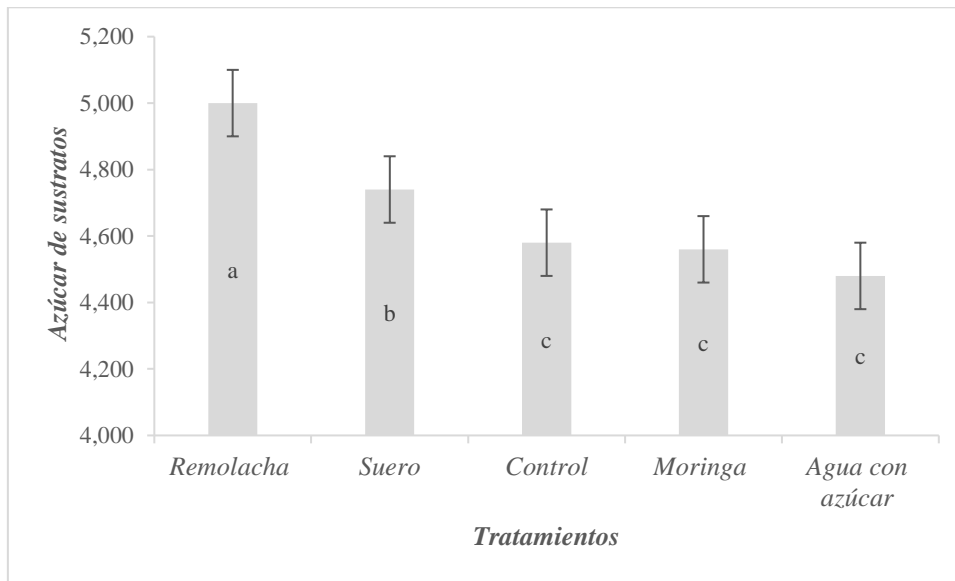
*Signification codes: $0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1$*

Promedio (g) 4,67

CV % 4,39

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ($F = 5,062$; $p = 0,006$), lo que indica que el tipo de sustrato influyó de manera significativa en el contenido de azúcar residual durante la fermentación.

Figura 6.
Azúcar de los sustratos



La prueba de Tukey mostró que todos los tratamientos presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí ($p < 0,05$). Este resultado indica una menor eficiencia en el consumo de azúcares por parte del consorcio microbiano en la remolacha, lo que sugiere una fermentación más lenta, aunque funcional.

De acuerdo con González-Orozco et al. (2022), un mayor contenido de azúcar residual puede estar asociado a una menor velocidad de fermentación o a una utilización diferencial de carbohidratos por parte del consorcio microbiano del kéfir. Este comportamiento concuerda con lo observado en el extracto de remolacha, donde, a pesar de mantenerse la viabilidad del cultivo, el consumo de azúcares fue menos eficiente que en otros sustratos.

Tabla 9.

Análisis de varianza del contenido de azúcar del kéfir cultivado en infusión de hojas de moringa

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
Total	24	1,198				
tratamiento	4	0,638	0,159	5,693	0,003	**
Error	20	0,560	0,028			

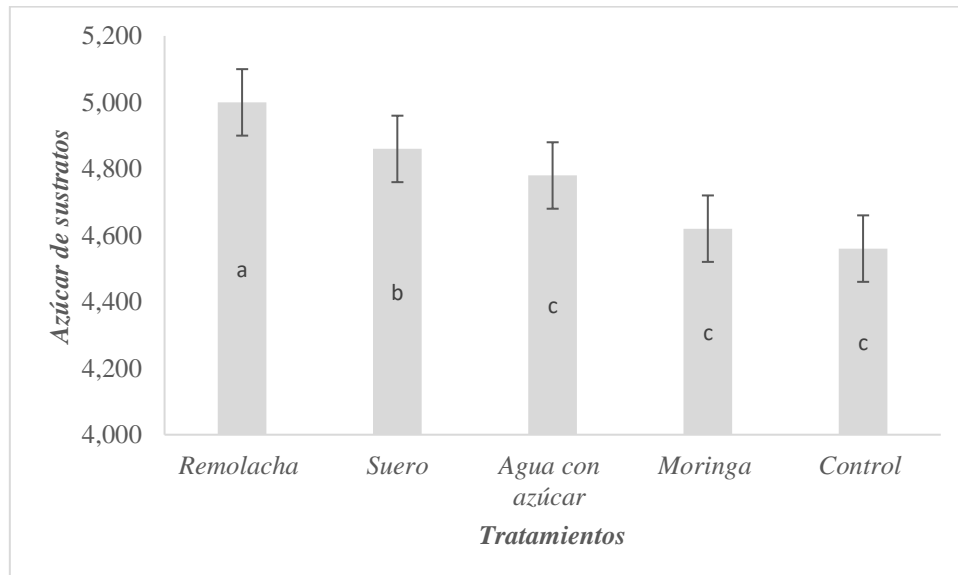
Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Signification codes: $0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1$

Promedio (g) 4,76
CV (%) 3,51

El ANOVA evidenció diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,003$), confirmando que la infusión de hojas de moringa influyó de manera significativa en el consumo de azúcar durante la fermentación.

Figura 7.
Azúcar de los sustratos



La prueba de Tukey confirmó diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). Este patrón indica que la moringa reduce la velocidad de utilización de

carbohidratos. En relación con el objetivo, se evidencia una viabilidad microbiana diferenciada de acuerdo a cada día.

Según Matejčková & Valík. (2025), la presencia de compuestos bioactivos en extractos vegetales puede modificar la cinética fermentativa del kéfir, reduciendo la velocidad de utilización de carbohidratos sin afectar la viabilidad del consorcio microbiano. Este fenómeno explica el mayor contenido de azúcar residual observado en la moringa en comparación con otros sustratos.

Tabla 10.

Análisis de varianza del contenido de azúcar del kéfir cultivado en suero lácteo

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
Total	24	4,214				
tratamiento	4	3,270	0,817	17,318	<0,0001	***
Error	20	0,944	0,047			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

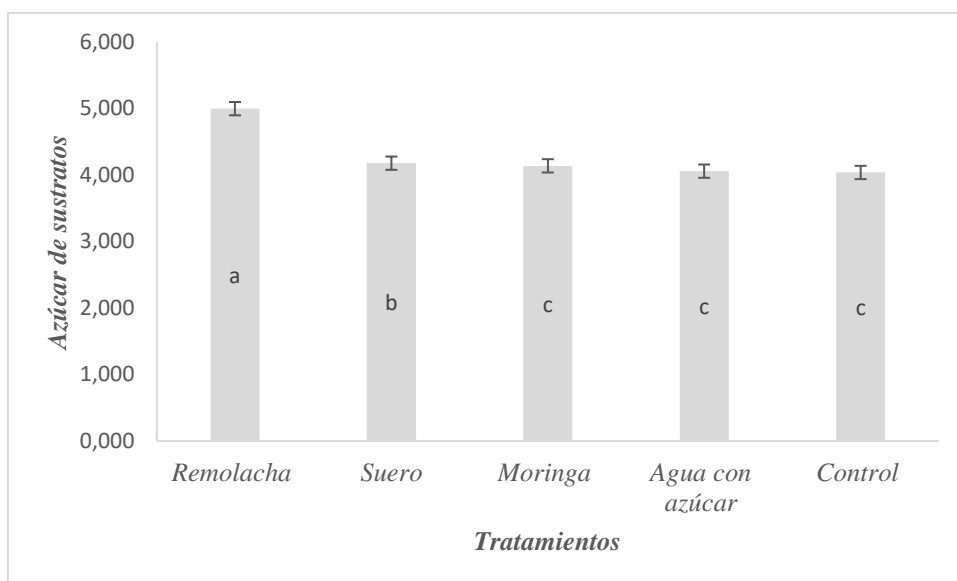
*Signification codes: $0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1$*

Promedio (g) 4,28

CV (%) 5,07

El ANOVA evidenció diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,05$), confirmando que contenido de azúcar del kéfir cultivado en suero lácteo influyó de manera significativa en el consumo de azúcar durante la fermentación.

Figura 8.
Azúcar de los sustratos



La prueba de Tukey evidenció que todos los tratamientos son estadísticamente distintos ($p < 0,05$). El menor contenido de azúcar residual se registró con este tratamiento. Este resultado confirma que el suero permitió un mayor aprovechamiento del sustrato energético, evidenciando una fermentación más eficiente y una mayor viabilidad funcional del consorcio microbiano.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Magalhães et al. (2010), quienes demostraron que el suero lácteo favorece una fermentación más eficiente del kéfir debido a la alta biodisponibilidad de lactosa, lo que se traduce en un menor contenido de azúcar residual al final del proceso fermentativo.

Tabla 11.*Análisis de varianza del contenido de azúcar del kéfir cultivado en agua con azúcar*

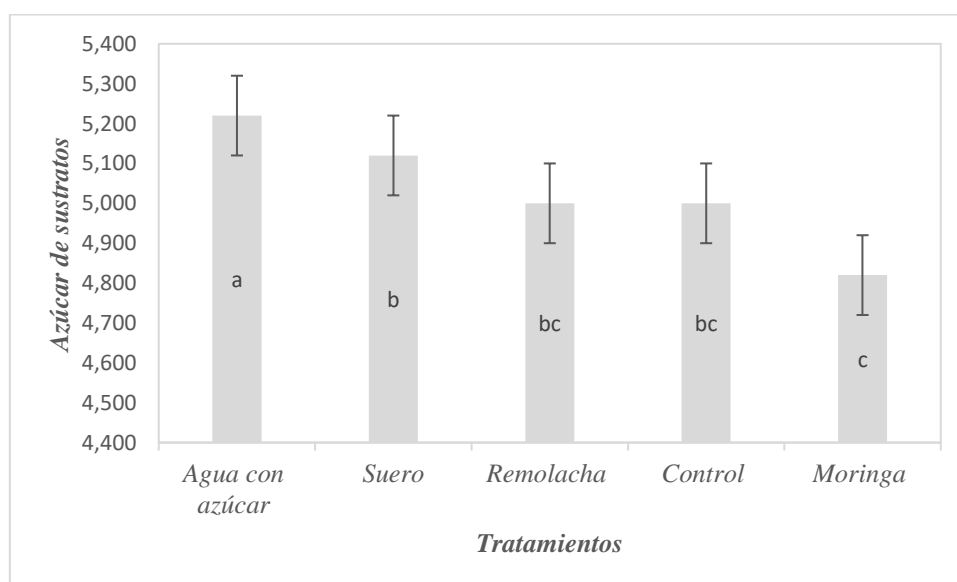
<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
Total	24	0,714				
tratamiento	4	0,450	0,113	8,530	0,000	***
Error	20	0,264	0,013			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$ *Signification codes: $0 < *** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05 < . < 0.1 < ° < 1$*

Promedio (g) 5,03

CV (%) 2,28

El ANOVA evidenció diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,000$), confirmando que contenido de azúcar del kéfir cultivado en agua con azúcar influyó de manera significativa en el consumo de azúcar durante la fermentación.

Figura 9.*Azúcar de los sustratos*

La prueba de Tukey mostró diferencias estadísticamente significativas entre todos los días ($p < 0,05$). Este resultado indica que el medio simple limita el consumo de azúcar

por parte del consorcio microbiano, reflejando una menor eficiencia fermentativa y casi constante.

De acuerdo con Bosnea et al. (2017), los medios fermentativos basados únicamente en azúcares simples limitan la actividad metabólica del kéfir debido a la ausencia de nutrientes complementarios, lo que se traduce en un mayor contenido de azúcar residual. Este patrón coincide con los resultados observados en el tratamiento control del presente estudio.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Los resultados obtenidos permiten concluir que el rendimiento de biomasa y la estabilidad microbiológica del kéfir están estrechamente condicionados por el tipo de sustrato empleado, teniendo su mayor rendimiento con el suero lácteo con 1.6g de ganancia, seguido del extracto de remolacha con 1.03g de ganancia, en tercer lugar se encuentra la infusión de hojas de moringa con una ganancia de biomasa de 0.93, seguido del cultivo azucarado con 0.76g de ganancia y el tratamiento control no tubo ganancia significativa debido a la falta de azúcares.
- El suero lácteo destacó como el medio más favorable, al promover el mayor incremento de biomasa y un crecimiento más uniforme del consorcio microbiano, lo que evidencia condiciones nutricionales adecuadas para la replicación celular y la síntesis de componentes estructurales del grano de kéfir.
- Los sustratos de origen vegetal y el medio acuoso con azúcar, aunque permitieron el desarrollo del cultivo, presentaron un rendimiento inferior y mayor variabilidad, lo que refleja una estabilidad microbiológica relativamente menor. En conjunto, estos resultados confirman que la disponibilidad equilibrada de proteínas, minerales y carbohidratos complejos resulta determinante para maximizar el rendimiento y la estabilidad del kéfir.

Recomendaciones:

- Se recomienda utilizar suero lácteo ya que este posee un cultivo completo en proteína, energía y minerales, manteniendo una temperatura ambiente en un lugar oscuro para que este tenga una mayor ganancia de biomasa y mayor estabilidad del consorcio.
- Se recomiendan utilizar medios vegetales de preferencia que sean ricos en azúcares y minerales para aumentar su biomasa y mantener su estabilidad microbiana sin que afecte en el desarrollo, respetando el tiempo de fermentación debido a que pierde el % de azúcar al momento de la incubación y afectaría al desarrollo de la biomasa.

- Se recomienda utilizar el extracto de remolacha por ser un producto más económico ya que este también ayuda al desarrollo y ganancia de biomasa del kéfir sin afectar su composición.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Galbi, H. A. J., & Abid, M. S. (2022). Effect of Concentrate: Roughage Ratio and the Addition of Kefir on the Production Characteristics of Ruminant in vitro. *Archives of Razi Institute*, 77(1), 305–313. <https://doi.org/10.22092/ARI.2021.356952.1943>
- Alraddadi, F. A. J., Ross, T., & Powell, S. M. (2023). Evaluation of the microbial communities in kefir grains and kefir over time. *International Dairy Journal*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105490>
- Annabell, Y., Giler, V., Rodríguez Suárez, A., & Farnés, O. V. C. (n.d.). Infusión de Moringa oleifera (Moringaceae) como suplemento para adolescentes de Cerro Guayabal, Ecuador Moringa oleifera (Moringaceae) infusion as supplement for adolescents from Cerro Guayabal, Ecuador. *Revista Del Jardín Botánico Nacional*, 40, 33–45.
- Aslam, H., Marx, W., Rocks, T., Loughman, A., Chandrasekaran, V., Ruusunen, A., Dawson, S. L., West, M., Mullarkey, E., Pasco, J. A., & Jacka, F. N. (2020). The effects of dairy and dairy derivatives on the gut microbiota: a systematic literature review. In *Gut Microbes* (Vol. 12, Number 1). Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/19490976.2020.1799533>
- Avila-Reyes, S. V., Márquez-Morales, C. E., Moreno-León, G. R., Jiménez-Aparicio, A. R., Arenas-Ocampo, M. L., Solorza-Feria, J., García-Armenta, E., & Villalobos-Espinosa, J. C. (2022). Comparative Analysis of Fermentation Conditions on the Increase of Biomass and Morphology of Milk Kefir Grains. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/app12052459>
- Azizi, N. F., Kumar, M. R., Yeap, S. K., Abdullah, J. O., Khalid, M., Omar, A. R., Osman, M. A., Mortadza, S. A. S., & Alitheen, N. B. (2021). Kefir and its biological activities. In *Foods* (Vol. 10, Number 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/foods10061210>
- Baars, T., van Esch, B., Diks, M., van Ooijen, L., Zhang, Z., Dekker, P., Boeren, S., Garssen, J., Hettinga, K., & Kort, R. (2025). Bacterial diversity, bioactive peptides, and enhanced immunomodulatory effects in raw milk kefir made with defined starter cultures versus backslipping. *International Dairy Journal*, 164. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2025.106202>
- Berman, T. S., Barnett-Itzhaki, Z., Berman, T., & Marom, E. (2023). Antimicrobial resistance in food-producing animals: towards implementing a one health based national action plan in Israel. *Israel Journal of Health Policy Research*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13584-023-00562-z>
- Bosnea, L. A., Moschakis, T., Nigam, P. S., & Biliaderis, C. G. (2017). Growth adaptation of probiotics in biopolymer-based coacervate structures to enhance cell viability. *LWT*, 77, 282–289. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.056>
- Bozkir, E., Yilmaz, B., Sharma, H., Esatbeyoglu, T., & Ozogul, F. (2024). Challenges in water kefir production and limitations in human consumption: A comprehensive

- review of current knowledge. In *Heliyon* (Vol. 10, Number 13). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33501>
- Chanfrau, J. M. P., Pérez, J. N., Fiallos, M. V. L., Intriago, L. M. R., Toledo, L. E. T., & Guerrero, M. J. C. (2017). Milk whey valorization: An overview from Biotechnology. In *Bionatura* (Vol. 2, Number 4, pp. 468–476). Centro de Biotecnología y Biomedicina, Clinical Biotec. Universidad Católica del Oriente (UCO), Univesidad Yachay Tech. <https://doi.org/10.21931/RB/2017.02.04.11>
- da Anunciação, T. A., Guedes, J. D. S., Tavares, P. P. L. G., de Melo Borges, F. E., Ferreira, D. D., Costa, J. A. V., Umsza-Guez, M. A., & Magalhães-Guedes, K. T. (2024). Biological Significance of Probiotic Microorganisms from Kefir and Kombucha: A Review. In *Microorganisms* (Vol. 12, Number 6). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/microorganisms12061127>
- de Souza, H. F., Monteiro, G. F., Bogáz, L. T., Freire, E. N. S., Pereira, K. N., Vieira de Carvalho, M., Gomes da Cruz, A., Viana Brandi, I., & Setsuko Kamimura, E. (2024). Bibliometric analysis of water kefir and milk kefir in probiotic foods from 2013 to 2022: A critical review of recent applications and prospects. In *Food Research International* (Vol. 175). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113716>
- Evangelista, A. G., Janotto, L. dos S., Cavalari, C. M. de A., de Macedo, R. E. F., & Luciano, F. B. (2025). Cellular effect of lactic acid bacteria and their metabolites against animal production bacteria. *Total Environment Microbiology*, 1(2), 100013. <https://doi.org/10.1016/j.temicr.2025.100013>
- Faul, F., Erdfelder Edgar, Lang, A., & Buchner Axel. (2007). *Statistics textbooks in the*. <https://link.springer.com/article/10.3758/BF03193146>
- Fiorda, F. A., de Melo Pereira, G. V., Thomaz-Soccol, V., Rakshit, S. K., Pagnoncelli, M. G. B., Vandenberghe, L. P. de S., & Soccol, C. R. (2017). Microbiological, biochemical, and functional aspects of sugary kefir fermentation - A review. In *Food Microbiology* (Vol. 66, pp. 86–95). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.04.004>
- Gadhiya, A., Katariya, S., Khapandi, K., & Chhatrodiya, D. (2025). Probiotics as a sustainable alternative to antibiotics in aquaculture: a review of the current state of knowledge. In *Microbe (Netherlands)* (Vol. 8). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.microb.2025.100426>
- González-Orozco, B. D., García-Cano, I., Jiménez-Flores, R., & Álvarez, V. B. (2022). Invited review: Milk kefir microbiota—Direct and indirect antimicrobial effects. In *Journal of Dairy Science* (Vol. 105, Number 5, pp. 3703–3715). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21382>
- Guzel-Seydim, Z. B., Kok-Tas, T., Greene, A. K., & Seydim, A. C. (2011). Review: Functional properties of kefir. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 51, Number 3, pp. 261–268). <https://doi.org/10.1080/10408390903579029>

- Hernández-González, J. C., Martínez-Tapia, A., Lazcano-Hernández, G., García-Pérez, B. E., & Castrejón-Jiménez, N. S. (2021). Bacteriocins from lactic acid bacteria. A powerful alternative as antimicrobials, probiotics, and immunomodulators in veterinary medicine. In *Animals* (Vol. 11, Number 4). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ani11040979>
- Hernández-Martínez, A., Roldán-Hernández, L., Razmkhah, K., Cruz-Guerrero, A., Trant, J. F., Jiménez-Pérez, C., & Alatorre-Santamaría, S. (2025). Evaluation of aflatoxin M1 binding capacity of kefir exopolysaccharides produced with different fermentation media. *International Dairy Journal*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2025.106341>
- Jamilex, N., & Escobar, M. (2017.). *Escuela superior politécnica del litoral facultad de ciencias naturales y matemáticas informe de materia integradora ingeniero químico maría fernanda lalón limón.*
- Kaur, K., Singh, S., & Kaur, R. (2024). Impact of antibiotic usage in food-producing animals on food safety and possible antibiotic alternatives. In *Microbe (Netherlands)* (Vol. 4). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.microb.2024.100097>
- Kim, D. H., Jeong, D., Kang, I. B., Lim, H. W., Cho, Y. J., & Seo, K. H. (2019). Modulation of the intestinal microbiota of dogs by kefir as a functional dairy product. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 3903–3911. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15639>
- Lara, N., Clavijo, A., & Barrera, V. (2010). Modelación de la Solubilidad de Panela Granulada y Otros Edulcorantes en Agua. In *Revista Tecnológica ESPOL-RTE* (Vol. 23). Noviembre.
- Lessard, M., Talbot, G., Bergeron, N., Lo Verso, L., Morissette, B., Yergeau, É., Matte, J. J., Bissonnette, N., Blais, M., Gong, J., Wang, Q., Quessy, S., & Guay, F. (2023). Weaning diet supplemented with health-promoting feed additives influences microbiota and immune response in piglets challenged with Salmonella. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2022.110533>
- Magalhães, K. T., Pereira, M. A., Nicolau, A., Dragone, G., Domingues, L., Teixeira, J. A., de Almeida Silva, J. B., & Schwan, R. F. (2010). Production of fermented cheese whey-based beverage using kefir grains as starter culture: Evaluation of morphological and microbial variations. *Bioresource Technology*, 101(22), 8843–8850. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.06.083>
- Martins, E. F., Moura, N. K. de, Moura, T. K. de, Araújo, T. V. de, Machado, J. P. B., Passador, F. R., & Esposito, E. (2022). Determination and standardization of the kefiran extraction protocol for possible pharmacological applications. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2022.100198>
- Matejčková, Z., & Valík, L. (2025). Kefir alternatives, an innovative source of probiotics: Microbiological, technological, and therapeutical properties. In *Applied*

Food Research (Vol. 5, Number 1). Elsevier B.V.
<https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100775>

- McGovern, C. J., González-Orozco, B. D., & Jiménez-Flores, R. (2024). Evaluation of kefir grain microbiota, grain viability, and bioactivity from fermenting dairy processing by-products. *Journal of Dairy Science*, *107*(7), 4259–4276. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24364>
- Mgomi, F. C., Yang, Y. ran, Cheng, G., & Yang, Z. quan. (2023). Lactic acid bacteria biofilms and their antimicrobial potential against pathogenic microorganisms. In *Biofilm* (Vol. 5). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.bioflm.2023.100118>
- Mohd Shaufi, M. A., Sieo, C. C., Chong, C. W., Tan, G. H., Omar, A. R., & Ho, Y. W. (2024). Multiple factorial analysis of growth performance, gut population, lipid profiles, immune responses, intestinal histomorphology, and relative organ weights of Cobb 500 broilers fed a diet supplemented with phage cocktail and probiotics. *Italian Journal of Animal Science*, *23*(1), 449–465. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2024.2321967>
- Moretton, M., Khomenko, I., Cunedioğlu, H., Spano, G., Capozzi, V., Biasioli, F., & Fragasso, M. (2025). Comparative volatilome profiling of milk kefir and cereal-based kefir analogues fermented with milk and water kefir grains. *Food Bioscience*, *74*, 107731. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.107731>
- Prado, M. R. M., Boller, C., Zibetti, R. G. M., de Souza, D., Pedroso, L. L., & Soccol, C. R. (2016). Anti-inflammatory and angiogenic activity of polysaccharide extract obtained from Tibetan kefir. *Microvascular Research*, *108*, 29–33. <https://doi.org/10.1016/j.mvr.2016.07.004>
- Requelme, N., & Afonso, A. (2023). The Principles for Responsible Investment in Agriculture (CFS-RAI) and SDG 2 and SDG 12 in Agricultural Policies: Case Study of Ecuador. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(22). <https://doi.org/10.3390/su152215985>
- Rodríguez, M. A., Fernández, L. A., Díaz, M. L., Pérez, M., Corona, M., & Reynaldi, F. J. (2023). Microbiological and chemical characterization of water kefir: An innovative source of potential probiotics for bee nutrition. *Revista Argentina de Microbiología*, *55*(2), 176–180. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2022.09.003>
- Sachdeva, A., Tomar, T., Malik, T., Bains, A., & Karnwal, A. (2024). Exploring probiotics as a sustainable alternative to antimicrobial growth promoters: mechanisms and benefits in animal health. In *Frontiers in Sustainable Food Systems* (Vol. 8). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1523678>
- Saleem, K., Ikram, A., Saeed, F., Afzaal, M., Ateeq, H., Hussain, M., Raza, A., Rasheed, A., Asghar, A., & Asif Shah, M. (2023). Nutritional and functional properties of kefir: review. In *International Journal of Food Properties* (Vol. 26, Number 2, pp. 3261–3274). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2280437>

- Salvatore, M. M., Maione, A., Buonanno, A., Guida, M., Andolfi, A., Salvatore, F., & Galdiero, E. (2025). Biological activities, biosynthetic capacity and metabolic interactions of lactic acid bacteria and yeast strains from traditional home-made kefir. *Food Chemistry*, 470. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142657>
- Sankarganesh, P., Bhunia, A., Ganesh Kumar, A., Babu, A. S., Gopukumar, S. T., & Lokesh, E. (2025). Short-chain fatty acids (SCFAs) in gut health: Implications for drug metabolism and therapeutics. In *Medicine in Microecology* (Vol. 25). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.medmic.2025.100139>
- Toghyani, M., Mosavi, S. kazem, Modaresi, M., & Landy, N. (2015). Evaluation of kefir as a potential probiotic on growth performance, serum biochemistry and immune responses in broiler chicks. *Animal Nutrition*, 1(4), 305–309. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.11.010>
- Turkmen, N. (2017). Kefir as a Functional Dairy Product. In *Dairy in Human Health and Disease across the Lifespan* (pp. 373–383). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809868-4.00029-7>
- Vieco-Saiz, N., Belguesmia, Y., Raspoet, R., Auclair, E., Gancel, F., Kempf, I., & Drider, D. (2019). Benefits and inputs from lactic acid bacteria and their bacteriocins as alternatives to antibiotic growth promoters during food-animal production. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 10). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00057>
- Xu, B., Li, Z., Wang, C., Fu, J., Zhang, Y., Wang, Y., & Lu, Z. (2020). Effects of fermented feed supplementation on pig growth performance: A meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 259. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114315>
- Zhong, Y., Wang, S., Di, H., Deng, Z., Liu, J., & Wang, H. (2022). Gut health benefit and application of postbiotics in animal production. In *Journal of Animal Science and Biotechnology* (Vol. 13, Number 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00688-1>

ANEXOS

Anexo 1. *Fermentación del kéfir con los sustratos*



Anexo 2. *Peso del Kéfir con sustrato de suero de leche*



Anexo 3 *Medición de azúcar del sustrato de remolacha*



Anexo 4. *kéfir y sustratos en fermentación*

