



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE REACCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA TIPO VODKA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*) Y MAÍZ (*Zea mays*)”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros Agroindustriales

Autores:

Amán Castro Rodrigo Saul
Yangua Coronel Katheryn Alejandra

Tutor:

Fernández Paredes Manuel Enrique

LATACUNGA – ECUADOR
Agosto 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Amán Castro Rodrigo Saul, con cédula de ciudadanía No. 2050006473 y Yangua Coronel Katheryn Alejandra, con cédula de ciudadanía No. 1105256885, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE REACCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA TIPO VODKA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*) Y MAÍZ (*Zea mays*)”**, siendo el Ingeniero Mg. Manuel Enrique Fernández Paredes, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 16 de agosto del 2024



Rodrigo Saul Amán Castro
C.C: 2050006473
ESTUDIANTE



Katheryn Alejandra Yangua Coronel
C.C: 1105256885
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **AMÁN CASTRO RODRIGO SAUL**, identificado con cédula de ciudadanía 2050006473 de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE REACCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA TIPO VODKA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*) Y MAÍZ (*Zea mays*)**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2020 – Marzo 2021

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes, Mg.

Tema: “**DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE REACCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA TIPO VODKA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*) Y MAÍZ (*Zea mays*)**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicite.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de agosto del 2024.



Rodrigo Saul Amán Castro
EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **YANGUA CORONEL KATHERYN ALEJANDRA**, identificada con cédula de ciudadanía **1105256885** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE REACCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA TIPO VODKA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*) Y MAÍZ (*Zea mays*)**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2020 – Marzo 2021

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes, Mg.

Tema: “**DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE REACCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA TIPO VODKA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*) Y MAÍZ (*Zea mays*)**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicite.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de agosto del 2024.


Katheryn Alejandra Yangua Coronel
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE REACCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA TIPO VODKA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*) Y MAÍZ (*Zea mays*)”, de Amán Castro Rodrigo Saul y Yangua Coronel Katheryn Alejandra, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 16 de agosto del 2024



Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes, Mg.
C.C: 0501511604
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Amán Castro Rodrigo Saul y Yangua Coronel Katheryn Alejandra, con el título del Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE REACCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA TIPO VODKA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*) Y MAÍZ (*Zea mays*)”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 16 de agosto del 2024



Ing. Edwin Fabián Cerda Andino, Mg.
C.C: 0501369805
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg.
C.C: 0502270937
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Gabriela Beatriz Ariás Palma, Mg.
C.C: 1714592746
LECTOR 3 (MIEMBRO)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi corazón a mis queridos padres Isaías e Irene, quienes han sido los pilares fundamentales en mi vida. Su amor, sacrificio y constante apoyo me dieron la fuerza para seguir adelante y alcanzar esta meta. A mis hermanos, que siempre estuvieron a mi lado, brindándome el ánimo y el apoyo necesario para culminar con éxito mis estudios, les agradezco de todo corazón. También dedico este esfuerzo a mis amigas Aurora, Aida y Katheryn, quienes, con su compañía y amistad incondicional, no me dejaron solo en ningún momento, y con quienes compartí los momentos más importantes de este viaje. A mis compañeros de estudio, que hicieron este recorrido aún más enriquecedor, les agradezco su colaboración, apoyo y las experiencias compartidas. Sin duda, su presencia fue clave en el éxito de esta etapa.

Rodrigo Saul Amán Castro

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis amados padres María Coronel y Boris Yangua, quienes siempre han sido mi pilar y mi mayor apoyo en cada paso de mi vida. Su fe en mí y su dedicación me han inspirado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. A mis hermanos, Christopher y Tatiana, les agradezco por ser mis compañeros de vida, por compartir risas y lágrimas, y por estar siempre a mi lado. También quiero agradecer a mis primos Estefanía, Alejandro y Anthony por sacarme sonrisas y estar siempre ahí. Asimismo, a todos mis tíos y tías, pero en especial a Carlos, Iliana, Ricardo Yangua y Eyasmin, Balvina Coronel, por estar a mi lado en este largo camino, brindándome su apoyo constante. Este logro es el resultado de la unión y el amor de todos ustedes. ¡Gracias por ser parte de mi vida!

Katheryn Alejandra Yangua Coronel

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por ser mi guía constante y la fuente de fortaleza que me ha sostenido en cada etapa de este camino. Expreso mi gratitud a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por el respaldo brindado durante mi formación. Asimismo, agradezco a los docentes de la carrera de Agroindustria, quienes con su dedicación, conocimientos y constante apoyo, han sido esenciales para la realización de este trabajo. Su orientación y compromiso no solo enriquecieron mi experiencia académica, sino que también impulsaron mi crecimiento personal y profesional

Rodrigo Saul Amán Castro

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios por guiarme en mi camino académico. También agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi y la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN) por brindarme la oportunidad de aprender y crecer tanto intelectualmente como personalmente. A cada uno de mis docentes que han sido parte de mi formación, gracias por su dedicación y apoyo; su compromiso ha sido fundamental en mi desarrollo. A todos ellos mi más profundo agradecimiento.

Katheryn Alejandra Yangua Coronel

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
<i>DEDICATORIA</i>	xi
<i>AGRADECIMIENTO</i>	1
ÍNDICE GENERAL	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE DIAGRAMAS	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
1. DATOS GENERALES	3
2. DISEÑO DE PROYECTO	4
2.1. Planteamiento del problema.....	4
2.2. Marco contextual	5
2.3. Formulación del problema	6
2.4. Objetivos.....	7
2.4.1. General.....	7
2.4.2. Específicos.....	7
2.5. Actividades y sistemas de tareas de los objetivos.....	8
2.6. Fundamentación Teórica.....	10
2.6.1. Marco Teórico	10
2.6.2. Marco Conceptual.....	23
2.7. Metodología.....	24

2.7.1.	Tipos de investigación	24
2.7.2.	Métodos de investigación	25
2.7.3.	Técnicas e instrumentos de recolección	25
2.7.4.	Metodológico.....	26
2.8.	Hipótesis	37
2.8.1.	Hipótesis nula (H_0):	37
2.8.2.	Hipótesis alternativa (H_a):	37
2.9.	Diseño experimental	37
2.9.1.	Factores en estudio	37
2.9.2.	Tratamientos	38
2.10.	Análisis y discusión de resultados.....	40
2.10.1.	Materias primas.....	40
2.10.2.	Balance de materia	42
2.10.3.	Orden de reacción	48
2.10.4.	Análisis de las variables.....	54
2.10.5.	Análisis de calidad	70
2.10.6.	Análisis sensorial	70
3.	IMPACTOS DEL PROYECTO	74
3.1.	Técnicos	74
3.2.	Sociales	74
3.3.	Económicos.....	74
3.4.	Ambientales	74
4.	RECURSOS Y PRESUPUESTO	75
5.	CONCLUSIONES.....	76
6.	RECOMENDACIONES	77
7.	BIBLIOGRAFÍAS.....	78
8.	ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas de los objetivos	8
Tabla 2. Taxonomía de la oca.....	12
Tabla 3. Contenido nutricional por 100g de oca	12
Tabla 4. Contenido de energía, minerales y vitaminas por 100g de oca	13
Tabla 5. Taxonomía del maíz	15
Tabla 6. Composición química del grano de maíz	15
Tabla 7. Composición de los tratamientos.....	36
Tabla 8. Tratamientos	38
Tabla 9. Esquema ANOVA en la elaboración de una bebida tipo vodka.....	38
Tabla 10. Operacionalización de las variables.	39
Tabla 11. Promedio de los sólidos solubles.....	40
Tabla 12. Promedio del tamaño del grano	41
Tabla 13. Ecuaciones, constantes de velocidad y el valor de R de los sólidos solubles.....	48
Tabla 14. Ecuaciones, constantes de velocidad y el valor de R del pH.....	50
Tabla 15. Ecuaciones, constantes de velocidad y el valor de R del grado alcohólico.....	52
Tabla 16. ANOVA de los sólidos solubles.....	55
Tabla 17. Prueba Tukey al 5 % de los sólidos solubles en el día 0 y 14 del FACTOR A.....	56
Tabla 18. Prueba Tukey al 5% de los sólidos solubles del día 14 del FACTOR B.....	56
Tabla 19. ANOVA del pH.....	59
Tabla 20. Prueba Tukey al 5 % del pH en el día 4, 8, 12 y 14 del FACTOR A.....	60
Tabla 21. Prueba Tukey al 5% del pH en el día 4, 12 y 14 FACTOR B	61
Tabla 22. Prueba Tukey al 5% del pH en el día 0, 4, 8, 14 de la interacción del FACTOR A * FACTOR B.....	62
Tabla 23. ANOVA del grado alcohólico	65
Tabla 24. Prueba Tukey al 5% del grado alcohólico 4, 8, 12 y 14 del FACTOR A	66
Tabla 25. Prueba Tukey al 5% del grado alcohólico 4, 8,12 y 14 del FACTOR B.....	67
Tabla 26. Prueba Tukey del 5% del grado alcohólico en los días 4,8,12 y 14 de la interacción del FACTOR A * FACTOR B	68
Tabla 27. Análisis de calidad del mejor tratamiento.	70
Tabla 28. Resultados de los 40 catadores no entrenados.....	71
Tabla 29. Presupuesto del proyecto de investigación.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Balance de materia del almidón de oca.....	42
Figura 2. Balance de materia del almidón de maíz.	44
Figura 3. Balance de materia de la bebida tipo vodka.....	46

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Proceso de obtención de almidón de oca.....	29
Diagrama 2. Proceso de obtención del almidón de maíz.	31
Diagrama 3. Proceso de elaboración del vodka.	33

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Orden 0 del mejor tratamiento (t_5).....	49
Gráfico 2. Orden 1 del mejor tratamiento (t_5).....	50
Gráfico 3. Orden 0 del mejor tratamiento (t_5).....	52
Gráfico 4. Orden 1 del mejor tratamiento (t_5).....	52
Gráfico 5. Orden 0 del mejor tratamiento (t_5).....	53
Gráfico 6. Orden 1 del mejor tratamiento (t_5).....	54
Gráfico 7. Comportamiento de los sólidos solubles respecto al tiempo de los tratamientos... 58	
Gráfico 8. Comportamiento del pH respecto al tiempo de los tratamientos.....	64
Gráfico 9. Comportamiento del % grado alcohólico con respecto al tiempo de los tratamientos	70
Gráfico 10. Resultados de las características del sabor	71
Gráfico 11. Resultados de la característica del olor	72
Gráfico 12. Resultados de la característica de global (aceptabilidad)	73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Proceso de elaboración del vodka.....	85
Anexo 2. Datos de los sólidos solubles durante la fermentación	87
Anexo 3. Datos del pH durante la fermentación	87
Anexo 4. Datos % grado alcohólico durante la fermentación.....	89
Anexo 5. Gráficas del orden de reacción 0 para los sólidos solubles de cada tratamiento	90
Anexo 6. Gráficas del orden de reacción 1 para los sólidos solubles de cada tratamiento	92
Anexo 7. Gráficas del orden de reacción 0 del pH de cada tratamiento	94
Anexo 8. Gráficas del orden de reacción 1 del pH de cada tratamiento	95
Anexo 9. Gráficas del orden de reacción 0 del % grado alcohólico de cada tratamiento	98
Anexo 10. Gráficas del orden de reacción 1 del % grado alcohólico de cada tratamiento ...	99
Anexo 11. Tablas de análisis de la varianza de los sólidos solubles de los días 0, 4, 8, 12 y 14	101
Anexo 12. Tablas de análisis de la varianza del pH de los días 0, 4, 8, 12 y 14.....	103
Anexo 13. Tablas de análisis de la varianza del % grado alcohólico de los días 4, 8, 12 y 14	105
Anexo 14. Resultados de laboratorio LABOLAB	107
Anexo 15. Hoja de análisis sensorial.....	108
Anexo 16. NTE INEN 369 – VODKA.....	109
Anexo 17. Hoja de vida del tutor	116
Anexo 18. Hoja de vida del postulante.....	118
Anexo 19. Hoja de vida del postulante.....	119
Anexo 20. Aval del Traductor.....	120

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE REACCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA TIPO VODKA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*) Y MAÍZ (*Zea mays*)”.

Autores:

Amán Castro Rodrigo Saul
Yangua Coronel Katheryn Alejandra

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo determinar el orden de reacción en la elaboración de una bebida tipo vodka a partir del almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) y maíz (*Zea mays*). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar en arreglo factorial de A x B (3*2) con dos réplicas, evaluando tres concentraciones de almidón (20% oca, 80% maíz; 50% oca, 50% maíz y 80% oca, 20% maíz) y dos tipos de levadura (*Saccharomyces cerevisiae* y *bayanus*). Las variables de respuesta incluyeron sólidos solubles, pH y grado alcohólico. La medición de sólidos solubles y pH se realizaron diariamente, mientras que el grado alcohólico se evaluó cada 4 días durante un periodo de 14 días. El mejor tratamiento fue el t₅, que consistió en un 80% de almidón de oca y un 20% de almidón de maíz, utilizando *Saccharomyces Cerevisiae*. Este tratamiento muestra un ajuste en las ecuaciones, resultando en un orden de reacción cero con un coeficiente de determinación (R²) de 0,999 para los sólidos solubles y 0,9912 para el grado alcohólico. Por otro lado, el R² del pH fue de 0,9044, indicando un orden de reacción uno. Los resultados del t₅ considerado como el mejor tratamiento en el análisis de calidad realizado en el laboratorio fueron los siguientes: el grado alcohólico 38,14 % v/v, para el caso de alcoholes superiores, furfural y metanol el resultado es <0,02 mg/100 ml. Estos parámetros cumplen con las especificaciones establecidas en la NTE-INEN 369. Asimismo, la bebida tuvo un buen nivel de aceptabilidad por parte de los catadores. Estos resultados sugieren que la combinación de almidón de oca y maíz, junto con la levadura adecuada, puede ser una alternativa viable para la producción de bebidas alcohólicas.

Palabras clave: Oca, maíz, almidón, bebida tipo vodka, orden de reacción.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

**THEME: “REACTION ORDER DETERMINATION IN THE ELABORATION OF A
TYPE O VODKA BEVERAGE USING OCA (*Oxalis tuberosa*) AND CORN (*Zea
mays*) STARCH.”**

Authors:

Amán Castro Rodrigo Saul
Yangua Coronel Katheryn Alejandra

ABSTRACT

The present research has as goal to determine the reaction order in the production of an alcoholic beverage type vodka, using oca starch (*Oxalis tuberosa*) and corn starch (*Zea mays*). A block designed completely randomized with AxB factorial arrangement (3*2) with two repliques, evaluating three concentrations of starch (20% oca, 80% corn; 50% oca, 50% corn and, 80% oca, 20% corn) and two different types of yeast (*Saccharomyces cerevisiae* and *byanus*). The response variables included soluble solids, pH and alcoholic content. The soluble solids and pH was measured every day, meanwhile the alcoholic content was measured every four days during a time of 14 days.

The most successful treatment was the t_5 , it consisted in 80% of oca starch and 20% of corn starch, using *Sacharomyces cerevisiae*. This treatment showed and excellent adjustment in the equations, given as result a zero-reaction order with a determination coefficient (R^2) of 0,999 to the soluble solids and 0,9912 to the alcoholic content. In the other hand, the pH R^2 was 0,9044 showing a reaction order one. The quality analysis results made in the laboratory from the best treatment t_5 are: Alcoholic content 38,14% v/v, to the case of superiority alcohol, furfural and methanol the result is <0,02mg/ ml. These parameters fulfil with the NTE-INEN 369. In addition, the beverage had a good level of acceptability by testers. These results suggested that the combination of oca starch and corn starch with the correct yeast, could be a viable option to produce alcoholic beverages.

Keywords: Oca, corn, storch, beverage, reaction

INTRODUCCIÓN

La elaboración de bebidas alcohólicas, especialmente aquellas que se asemejan al vodka, es un proceso que combina la tradición con la ciencia y ha evolucionado durante los años para incorporar innovaciones tecnológicas y metodológicas en la elaboración de bebidas alcohólicas. En la presente investigación se centra el análisis y optimización de elaboración de una bebida alcohólica proceso utilizando ingredientes autóctonos que tienen un gran potencial en la agroindustria ecuatoriana (Gordillo et al, 2022). La oca y el maíz son productos agrícolas que no solo son parte de la dieta local, sino que también poseen características, por ejemplo: contienen altas concentraciones del almidón que pueden ser hidrolizadas con enzimas resultando una mayor concentración de azúcar que los hacen adecuados para la fermentación y producción de alcohol.

El proceso de elaboración de una bebida tipo vodka implica varias etapas, comenzando con la selección y preparación de los ingredientes; en este caso, el almidón de oca y el maíz se someten a un proceso de hidrólisis enzimática, donde los carbohidratos complejos se transforman en azúcares simples. Este paso es importante ya que los azúcares son los sustratos en las que las levaduras utilizarán durante la fermentación para producir alcohol; posteriormente, se añade la levadura, que inicia el proceso de fermentación, convirtiendo los azúcares en etanol y dióxido de carbono (Ordóñez, 2022). La eficiencia de este proceso puede verse afectada por múltiples factores, incluyendo la temperatura, el pH y la concentración de los reactivos, lo que hace fundamental el estudio del orden de reacción.

El orden de reacción es un concepto clave en la cinética que describe cómo la velocidad de reacción depende de la concentración de los reactivos; en este estudio, se exploraron dos tipos de orden de reacción (orden cero y orden uno). En el caso del orden cero, la velocidad de reacción es constante y no necesita de la concentración de los reactivos, lo que implica que la producción de alcohol puede ser predecible y controlable. Por otro lado, en el orden uno la velocidad de reacción es directamente ajustado a la concentración de uno de los reactivos, lo que introduce una variabilidad que puede complicar el proceso de producción (Rázuri, 2012).

Los datos obtenidos durante la investigación mostraron que el modelo de orden cero fue el más adecuado para describir la cinética de producción de alcohol en los tratamientos analizados.

Además, la investigación releva la importancia de la innovación en la fabricación de bebidas alcohólicas. La utilización de ingredientes autóctonos como la oca no solo promueve la sostenibilidad y el uso de recursos locales, sino que también puede abrir nuevas oportunidades

en el mercado de bebidas. La combinación de técnicas tradicionales con enfoques científicos puede resultar en productos de alta calidad que satisfacen la demanda del consumidor.

1. DATOS GENERALES

Título del proyecto de investigación:

“Determinación del orden de reacción en la elaboración de una bebida tipo vodka a partir del almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) y maíz (*Zea mays*)”.

Fecha de inicio:

Abril 2024

Fecha de finalización:

Agosto 2024

Lugar de ejecución:

Barrio: Salache Bajo

Parroquia: Eloy Alfaro

Cantón: Latacunga

Provincia: Cotopaxi

Zona: 3

Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Agroindustria

Equipo de trabajo:

Tutor de Titulación:

Ing. Fernández Paredes Manuel Enrique

Estudiantes:

Amán Castro Rodrigo Saul

Yangua Coronel Katheryn Alejandra

Línea de Investigación:

Procesos industriales

Sub línea de Investigación:

Biotecnología agroindustrial y fermentativa.

2. DISEÑO DE PROYECTO

2.1. Planteamiento del problema

La oca (*Oxalis tuberosa*) es también conocida como timbo o quiba y es el segundo tubérculo más consumido a nivel mundial, cultivándose en diversos países, incluyendo a Nueva Zelanda, Inglaterra y Estados Unidos, así como en países sudamericanos como Perú, Bolivia, Venezuela, Colombia y Ecuador. Sin embargo, la oca se ve afectada por la limitada diversidad genética y la escasa investigación agronómica, (Santivañez, 2019). En Ecuador, la producción de oca con el tiempo se ha visto en decaimiento, afectada por la falta de incentivos para los agricultores, quienes cultivan en pequeñas parcelas y deben lidiar con la competencia de cultivos más rentables, lo que dificulta alcanzar un alto grado de aceptabilidad (Lema, 2022). De hecho, en la provincia de Cotopaxi en áreas como Chugchilán, Yacubamba, Rumipungo y Yanahuarco, el cultivo de oca es escaso por la falta de semillas y la preferencia por el cultivo de papa.

A nivel global, nacional y provincial, la mayor parte de la producción de oca está destinada para autoconsumo y consumo animal, es así que actualmente no se valora lo suficiente como para darle un valor agregado a esta materia prima, como por ejemplo la obtención del almidón de oca para el desarrollo de una bebida tipo vodka. Por lo tanto, es crucial continuar su revalorización mediante de la difusión y la investigación científica (Castañeta et al., 2022).

El maíz (*Zea mays*), también llamado como choclo, jojoto, corn, milho o elote, ocupa el tercer lugar en importancia a nivel mundial en términos de producción y área cultivada, situándose justo detrás del trigo y el arroz. Los principales productores son Estados Unidos y China, quienes contribuyen con el 37% y el 21% respectivamente, al total de la producción global. No obstante, la producción de maíz enfrenta desafíos, tales como el cambio climático, que altera los patrones de precipitación y temperatura, damnificado directamente en los rendimientos (YARA, 2014). En Ecuador, la producción de maíz abarca una superficie sembrada de 494,269 hectáreas y una superficie cosechada de 447,468 hectáreas, correspondientes a maíz duro seco y maíz suave seco. No obstante, la dificultad de acceder a tecnologías agrícolas avanzadas y financiamiento para los agricultores limita la expansión y modernización del sector (Ron, 2022). En la provincia de Cotopaxi, se cultivan un total de 5,458 toneladas métricas de maíz suave y seco (Molina, 2024). A pesar de esto, existen ciertos inconvenientes en el cultivo, como la presencia de plagas y enfermedades locales, así como la variabilidad en la calidad del suelo, que puede afectar el crecimiento del maíz.

El maíz se utiliza comúnmente en productos alimenticios como tortillas, polenta, harina de maíz y snacks. Además, también se emplea en bebidas alcohólicas como chicha y whisky. Aunque es poco habitual, el almidón de maíz también se utiliza en la formulación de bebidas tipo vodka.

El principal desafío en la elaboración de una bebida tipo vodka a partir del almidón de oca y maíz radica en la incertidumbre sobre cómo varía la concentración de los sustratos afecta la velocidad de la reacción de fermentación. Esta falta de conocimiento tiene implicaciones importantes para el proceso de producción y la calidad del producto final.

Según Méndez et al. (2022), determinar con precisión el orden de reacción es crucial para predecir y controlar la cinética de fermentación. Un orden de reacción incorrecto puede llevar a estimaciones erróneas del tiempo de fermentación, afectando la eficiencia del proceso y la calidad del vodka producido.

Además, la mezcla de almidones de oca y maíz introduce complejidad adicional al sistema, como señalan Cabezas et al. (2021). Cada tipo de almidón puede tener diferentes susceptibilidades al hidrólisis enzimática y tasas de fermentación, lo que podría resultar en un comportamiento cinético no lineal o incluso en órdenes de reacción mixtas.

La falta de conocimiento sobre el orden de reacción específico para esta mezcla de sustratos dificulta la optimización del proceso. Fernández y Morales (2021) argumentan que, sin esta información es complicado determinar las condiciones óptimas de operación, como la concentración inicial de sustratos, la temperatura de fermentación y el tiempo de proceso.

2.2. Marco contextual

La elaboración de vodka a partir del almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) y maíz (*Zea mays*) se enmarca en un contexto significativo que abarca aspectos históricos, económicos, sociales y culturales. Este marco contextual se centra en la problemática que rodea este proceso, destacando los antecedentes, los actores involucrados, la ubicación geográfica y el impacto en el desarrollo humano y en la industria.

La oca, un tubérculo andino con alto contenido de almidón, y el maíz, un cultivo esencial en la dieta local, se combinan para crear un producto innovador que aprovecha recursos autóctonos. Este proceso involucra a agricultores e investigadores académicos, y se desarrolla en regiones como Cotopaxi, donde las condiciones son favorables.

Cabe resaltar que la oca ha sido cultivada y consumida durante siglos por comunidades indígenas, convirtiéndose en un símbolo de identidad cultural. Por consiguiente, la elaboración

de vodka a partir de este tubérculo puede revitalizar tradiciones locales, pero también generar tensiones entre la producción tradicional y las nuevas prácticas comerciales.

Además, la combinación de oca y maíz para la elaboración de vodka es una innovación que busca diversificar la oferta de productos en el mercado. De hecho, en el sector de bebidas alcohólicas representa una fuente significativa de ingresos en muchas economías, por lo que la producción de vodka a partir de estos ingredientes puede contribuir al desarrollo económico local al crear empleo y fomentar el emprendimiento. No obstante, la ausencia de infraestructura adecuada y el acceso limitado a mercados pueden obstaculizar el crecimiento de esta industria.

Por otro lado, históricamente la producción de bebidas alcohólicas ha estado ligada a la agricultura y la disponibilidad de materias primas. En este sentido, la introducción de técnicas modernas de fermentación y destilación puede mejorar la calidad y el rendimiento de la bebida, pero también plantea desafíos en términos de sostenibilidad y preservación de prácticas tradicionales.

En cuanto a la determinación del orden de reacción en la elaboración de vodka a partir de almidón de oca y maíz, cabe destacar que tiene un impacto directo en el desarrollo humano y en la industria. Un proceso de producción optimizado puede aumentar la eficiencia y la calidad del producto, esto a su vez permite mejorar las condiciones de vida de los productores y las comunidades involucradas.

Por último, la creación de un producto distintivo puede abrir nuevas oportunidades en el mercado, promoviendo el turismo y el consumo local. Sin embargo, es fundamental abordar los desafíos asociados, como la regulación de la producción y la comercialización, para garantizar que esta iniciativa beneficie a todos los involucrados y contribuya al desarrollo sostenible de la región.

2.3. Formulación del problema

¿Cómo incide el orden de reacción en la elaboración de una bebida tipo vodka a partir del almidón de oca y maíz?

2.4. Objetivos

2.4.1. General

- Determinar el orden de reacción en la elaboración de una bebida tipo vodka a partir del almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) y maíz (*Zea mays*).

2.4.2. Específicos

- Establecer las diferentes concentraciones del almidón de oca y maíz para la fermentación utilizando dos tipos de levaduras.
- Realizar análisis físicos-químicos a cada tratamiento durante la fermentación, para determinar el orden de reacción e identificar el mejor tratamiento.
- Determinar las características de calidad (alcohol, fracción volumétrica; metanol, furfural y alcoholes superiores) y sensorial del mejor tratamiento.

2.5. Actividades y sistemas de tareas de los objetivos

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas de los objetivos

OBJETIVO	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	RESULTADO
<p>Establecer las diferentes concentraciones del almidón de oca y maíz para la fermentación utilizando dos tipos de levaduras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Definir las variables de estudio: el almidón de oca, maíz y levaduras en sus diferentes concentraciones que se va adicionar. • Caracterización de materias primas. • Formulación de los tratamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología de fermentación Batch para la obtención de la bebida tipo vodka. <p>Análisis físico-químicos de las materias primas:</p> <p>Oca:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medición de la humedad, por método de secado; pH, uso del pH-metro; y sólidos solubles, mediante un refractómetro digital. <p>Maíz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinación de impurezas y granos dañados; tamaño de grano por medio de un pie de rey . 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener los distintos tratamientos de una bebida tipo vodka (Tabla 8).
<p>Realizar análisis físicos-químicos a cada tratamiento durante la fermentación, para determinar el orden de reacción e identificar el mejor tratamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la concentración de sólidos solubles, pH y el grado alcohólico a cada tratamiento. • Evaluar la cinética aplicando el orden de reacción. 	<p>Análisis físico-químicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sólidos solubles, mediante un refractómetro digital MA871. • Determinación del pH, por medio de pH – metro portátil. • Medición del grado alcohólico, mediante el método de destilación y el uso de un refractómetro de alcohol. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilar datos de los análisis aplicados en los diferentes tratamientos (Anexos 2, 3 y 4). • Determinar el mejor tratamiento mediante las gráficas del orden de reacción 0 y 1 (Tablas 13 al 15).

			<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de las ecuaciones del orden de reacción 0 y 1, con ayuda de la herramienta Excel.
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar las características de calidad (alcohol, fracción volumétrica; metanol, furfural y alcoholes superiores) y sensorial del mejor tratamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trasladar la muestra del mejor tratamiento a un laboratorio certificado para su respectivo análisis de calidad. • Realizar un análisis sensorial del mejor tratamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar una muestra significativa del mejor tratamiento que se pretende analizar. • Uso de ficha de cata para determinar el nivel de aceptabilidad del mejor tratamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los parámetros de calidad al mejor tratamiento. • Examinar e interpretar los resultados del laboratorio certificado (Anexo 14). • Evaluar el nivel de aceptabilidad del mejor tratamiento mediante el uso de la estadística descriptiva (Gráficas 10 al 12).

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

2.6. Fundamentación Teórica

2.6.1. Marco Teórico

2.6.1.1. Antecedentes

La investigación sobre la producción de bebidas alcohólicas a partir de materias primas locales ha ganado relevancia en los últimos años, especialmente en medio de la búsqueda de alternativas sostenibles y benéficas para los agricultores. La oca (*Oxalis tuberosa*) y el maíz (*Zea mays*) son cultivos autóctonos que ofrecen un gran potencial en la elaboración de bebidas como el vodka, aunque su comportamiento en términos de orden de reacción necesita ser estudiado más a fondo, esto se debe a la falta de información.

Zeta (2018), resalta la importancia de determinar el orden de reacción en la fermentación, ya que esto permite predecir y controlar la velocidad de la reacción. Un orden de reacción incorrecto puede producir estimaciones incorrectas del tiempo de fermentación, afectando tanto la eficiencia del proceso como la calidad del producto final. Esta investigación se alinea con la necesidad de optimizar los procesos de producción de bebidas alcohólicas, garantizando que se cumplan los estándares de calidad.

Ordóñez (2022) llevó a cabo un estudio que se centró en la producción de una bebida alcohólica destilada tipo vodka a partir de la papa china y la oca, aplicando un diseño factorial completo para optimizar la fermentación realizada el uso de enzimas alfa amilasa y glucoamilasa. La evaluación sensorial realizada por catadores semi-entrenados permitió seleccionar la variante más aceptada, lo que demostraba que la bebida desarrollada no sólo era viable, sino que también podía competir con productos comerciales existentes. Este trabajo resalta el potencial de la papa china y la oca como materias primas en la producción de bebidas alcohólicas, promoviendo su valor agregado y contribuyendo al desarrollo económico de la región andina.

Por otro lado, la producción de vodka a partir de diferentes tipos de maíz ha sido objeto de investigaciones que destacan su potencial para generar productos alcohólicos de alta calidad. Vásquez y Vásquez (2011) investigan la obtención de vodka utilizando maíz amarillo amiláceo y maíz blanco de grano vítreo, enfocándose en la optimización de los procesos de fermentación y destilación para maximizar el rendimiento alcohólico y la pureza del producto final. Los resultados mostraron que ambos tipos de maíz son adecuados para la producción de vodka, ofreciendo perfiles organolépticos distintivos que podrían ser atractivos para el mercado. Estos hallazgos subrayan la importancia de seleccionar y procesar adecuadamente las materias primas para garantizar la calidad del vodka, lo cual es relevante para investigaciones actuales que exploran el uso de almidón de oca y maíz en la elaboración de bebidas alcohólicas.

La tesis "Efecto de la temperatura de fermentación y tratamiento ultrasónico en vino de lulo (*Solanum quitoense*)" de Rázuri (2012), resalta la influencia de la temperatura y el ultrasonido influyen en la cinética de fermentación del vino. Sus resultados muestran que estas variables afectan el orden de reacción durante el proceso fermentativo, impactando significativamente en la calidad final del producto. Estos hallazgos son cruciales para optimizar el orden de reacción en la elaboración de bebidas alcohólicas, como el vodka a partir de almidón de oca y maíz.

En cuanto al estudio de García et al. (2019) sobre el efecto de la adición de enzimas en la fermentación de almidones de tubérculos. Los resultados mostraron que el uso de enzimas como la alfa amilasa y la glucoamilasa mejoran la conversión de almidones en azúcares fermentables, lo cual es esencial para maximizar el rendimiento en la producción de bebidas alcohólicas.

Finalmente, Ramírez y Soto (2022) se centraron en la evaluación de la calidad sensorial de bebidas alcohólicas producidas a partir de diversas fuentes de almidón. Los autores concluyeron que la selección adecuada de materias primas y el control de las condiciones de fermentación son fundamentales para obtener un producto que no solo sea viable, sino que también cumpla con las expectativas del consumidor.

2.6.1.2. Materias Primas

La oca (*Oxalis tuberosa*) es una materia prima crucial en la agricultura andina, mientras que el maíz (*Zea mays*) juega un papel fundamental en la agricultura mesoamericana. El maíz es un cereal versátil que contiene altos niveles de almidón y proteínas, a diferencia de la oca que es un tubérculo rico en carbohidratos y antioxidantes. Tanto se emplea en la alimentación de seres humanos y animales, como tienen posibilidades en el ámbito de la industria alimentaria y las bebidas fermentadas. De acuerdo con investigaciones, se ha demostrado que estos cultivos tienen diversos usos en la elaboración de alimentos funcionales, bebidas tradicionales y como fuentes de almidón para distintas aplicaciones industriales (Torres et al., 2010).

a. Oca

La oca, un tubérculo con una historia que se remonta a más de 8000 años en los Andes, se cultiva principalmente a una altitud mínima de 3000 metros sobre el nivel del mar y pertenece a la familia de las Oxalidáceas. Considerado uno de los tubérculos más importantes después de la papa, su cultivo ha experimentado una disminución en los últimos años (Castro et al, 2022). El nombre "oca" proviene del idioma quechua y representa uno de los cultivos más antiguos en los Andes (Garcés, 2019).

Se dice que este tubérculo posiblemente tiene su origen entre Bolivia y Perú, se cultiva en pequeñas parcelas asociadas a la papa, el olluco o melloco, y la mashua, siendo fundamentales en la dieta de los agricultores y sus familias en la región. Además, la diversidad de la oca abarca ocho géneros, destacando el género *Oxalis* con más de 800 especies, la mayoría presentes en Sudamérica y caracterizadas por una amplia variedad de formas y colores (Castro et al, 2022).

FAO (2023) describe la oca (*Oxalis tuberosa*) como una planta herbácea perenne que inicialmente presenta un tallo erguido en las etapas iniciales de su desarrollo, pero que tiende a postrarse a medida que madura. Esta planta se produce principalmente por su raíz comestible y crujiente, donde almacena almidón durante los períodos fríos o invernales cuando su crecimiento es limitado. La propagación de la oca se realiza principalmente mediante esquejes o utilizando sus tubérculos. Estos tubérculos pueden tener formas elípticas o cilíndricas y presentar una variedad de colores que incluyen blanco, amarillo, rojo y púrpura. En cuanto a sus dimensiones, su longitud varía generalmente entre 5 y 7,5 cm, mientras que su diámetro oscila entre 2,5 y 3,75 cm.

La oca constituye una valiosa fuente de carbohidratos, hierro y calcio. Con una textura harinosa y un ligero dulzor, puede ser consumida de diversas maneras y empleada en la preparación de confituras, panes, y en la obtención de alcohol por medio de la fermentación, gracias a su elevado contenido de harina y azúcares (Castro et al, 2022).

Tabla 2. Taxonomía de la oca

Taxonomía	Nombre
Clase	Dicotiledónea
Reino	Vegetal
Orden	Geraniales
Familia	Oxalidácea
Género	<i>Oxalis</i>
Especie	<i>Oxalis tuberosa</i> molina
Nombre vulgar	Oca

Fuente: (Ferreira, 1986, citado en Garcés, 2019)

Tabla 3. Contenido nutricional por 100g de oca

Nombre	Oca fresca	Oca soleada
Humedad (g)	82,4	66,9
Calorías	67	128
Proteína (g)	0,7	1,1
Grasa (g)	0	0,1
Carbohidrato total (g)	16,1	30,8
Fibra (g)	0,5	1

Fuente: (Oré Reche, 2015)

Tabla 4. Contenido de energía, minerales y vitaminas por 100g de oca

Nombre	Oca fresca	Oca soleada
Energía (kcal)	61	325
Calcio (mg)	5	7
Fósforo (mg)	39	644
Hierro (mg)	0,9	1,3
Vitamina C (mg)	38,4	33
Niacina (mg)	0,42	1,03

Fuente: (Oré Reche, 2015)

b. Análisis fisicoquímicos

1) Humedad

El proceso de medir la humedad a través del método de secado es preciso y directo. Implica pesar una muestra del material tanto antes como después de su secado total. La base de este método es la diferencia de peso, que señala cuánta agua estaba presente en la muestra inicialmente. Determinar la humedad de materiales es una práctica habitual en laboratorios y varias industrias (García & Fernández, 2012).

El contenido de agua presente en la estructura interna de un tubérculo es lo que se entiende por humedad. Durante su almacenamiento y vida útil, es crucial mantener la frescura y calidad del tubérculo. Que el tubérculo se mantenga firme y no pierda sus propiedades nutricionales ni su sabor característico es asegurado por una humedad adecuada.

2) pH

El pH de una solución es esencial para numerosos procesos químicos y biológicos, ya que mide la acidez o alcalinidad. Se emplea para garantizar el equilibrio correcto en el cuerpo humano, en la agricultura para asegurar la salud del suelo y las plantas, y en numerosos campos más. El pH-metro es el dispositivo empleado para valorar el pH, y ofrece lecturas precisas y rápidas (Pineda et al., 2021).

El pH en el caso de bebidas como el vodka puede señalar la calidad y pureza del producto. El vodka suele tener un pH neutro o ligeramente ácido debido a la destilación que elimina impurezas y regula la acidez (López & Cerezo, 2008). Controlar el pH es crucial para los fabricantes con el fin de garantizar la consistencia y sabor deseado del vodka.

3) Sólidos Solubles

En la investigación Hervas (2011) señala la importancia y función que tiene los sólidos solubles a la hora su medición:

Para determinar los sólidos solubles en una solución, se utiliza comúnmente un refractómetro, que mide el índice de refracción de la luz a través de la solución. Este índice varía según la concentración de sólidos solubles presentes.

Comúnmente se emplea un refractómetro para medir el índice de refracción de la luz a través de la solución y determinar los sólidos solubles. La concentración de sólidos solubles presentes influye en este índice.

Los componentes solubles sólidos representan una categoría significativa en las bebidas. Entre estos se encuentran una diversidad de azúcares, ácidos, sales y otros compuestos que tienen la propiedad de disolverse en agua, aportando de manera significativa al sabor, aroma y valor nutricional del producto final (Hervas, 2011).

c. Maíz

Según la FAO (2001) el maíz es una de las primeras especies agrícolas domesticadas por los agricultores hace aproximadamente entre 7,000 y 10,000 años. La evidencia más antigua del consumo humano de maíz es originario de lugares arqueológicos en México, donde se han encontrado pequeñas mazorcas que se estima tienen más de 5,000 años de antigüedad, halladas en cuevas habitadas por antiguos pobladores.

El cultivo del maíz ha sido una práctica agrícola profundamente arraigada en muchas regiones de América Central y del Sur, desempeñando un rol central en la alimentación y la cultura de numerosas comunidades indígenas y campesinas. A lo largo de miles de años, el maíz se ha producido en estas regiones y se ha adaptado a diversas condiciones climáticas, tipos de suelo y altitudes (Vargas et al., 2023).

La trayectoria del maíz se remonta a épocas ancestrales, cuando los pueblos originarios de América lo cultivaban en sus territorios. Para estas civilizaciones antiguas, el maíz era considerado una planta sagrada, ya que creían que los dioses lo habían utilizado para crear al ser humano. Con el paso del tiempo el maíz se ha establecido como un alimento fundamental en la alimentación de diversas culturas precolombinas, incluyendo los mayas, aztecas e incas. Estas civilizaciones desarrollaron técnicas avanzadas de cultivo, como la selección de semillas y la rotación de cultivos, que les permitieron obtener variedades de maíz con diferentes colores, formas y tamaños (Vargas et al., 2023).

Tabla 5. Taxonomía del maíz

Taxonomía	Nombre
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae (Gramíneae)
Subfamilia	Panicoidee
Tribu	Andropogoneae
Género	Zea
Especie	Z. mays
Nombre científico	Zea mays L

Fuente: (Tovar, 2008)

Tabla 6. Composición química del grano de maíz

Componentes	%
Agua	12,5
Proteína	9,2
Lípidos	3,8
Almidón	62,6
Fibra cruda	8,4
Minerales	1,3
Agua	12,5

Fuente: (Tovar, 2008)

d. Análisis físicos

1) Impurezas, granos dañados

Las impurezas en el maíz son materiales extraños y no deseados presentes en el grano, como polvo, tierra, semillas de otras plantas, y restos de insectos. Estas impurezas pueden ser clasificadas en inorgánicas, como piedras y metales, y orgánicas, como fragmentos de cáscara y pajas. La presencia de impurezas no solo disminuye la calidad y el valor comercial del maíz, sino que también representa un riesgo para la salud, al favorecer el crecimiento de microorganismos y la producción de micotoxinas. Por ello, es crucial realizar procesos de limpieza y separación eficaces antes de cualquier uso industrial o consumo (Ruiz et al, 2018).

Los granos dañados en el maíz se refieren a aquellos que han sido afectados por factores físicos, químicos o biológicos, y que muestran signos de deterioro como grietas, decoloraciones, moho, o perforaciones por insectos. Este daño puede ocurrir durante la cosecha, el almacenamiento o el transporte, y reduce significativamente la calidad del grano. Los granos dañados no solo disminuyen el rendimiento en procesos industriales como la molienda, sino que también pueden

introducir impurezas y elevar el riesgo de contaminaciones microbiológicas, afectando la seguridad y la calidad del producto final (Ruiz et al, 2018).

2) Tamaño del grano

El tamaño del grano de maíz es una característica física importante que influye en su calidad, rendimiento y aplicaciones industriales. Los granos de mayor tamaño suelen ser preferidos para la producción de harina y sémola, ya que su contenido de almidón es mayor, mientras que los granos más pequeños pueden ser utilizados en la elaboración de alimentos balanceados para animales. Además, el tamaño del grano puede afectar la eficiencia en procesos de secado y molienda, así como la uniformidad del producto final. Por ello, es esencial seleccionar y agrupar los granos en función a su tamaño para optimizar los procesos industriales y garantizar la calidad del maíz procesado (Guacho, 2014).

2.6.1.3. Almidón

El almidón es un polisacárido vegetal compuesto por una gran cantidad de unidades de glucosa. Las plantas utilizan el almidón como un carbohidrato complejo para almacenar energía, y se encuentra en alimentos como las papas, arroz y maíz. Este compuesto tiene diversas aplicaciones, desde aportar textura y consistencia a los alimentos hasta la fabricación de papel y envases que se degradan fácilmente. Debido a la amplia utilización del almidón como ingrediente funcional en la industria alimentaria, donde actúa como espesante, estabilizante y gelificante, es esencial encontrar nuevas fuentes de extracción (FOOD TECH, 2023).

Los gránulos de almidón de oca se caracterizan principalmente por tener una forma ovalada, con superficies lisas y uniformes. Por lo tanto, la oca es una fuente clave de almidón que requiere poca energía para formar una pasta viscosa. Estas cualidades, junto con su capacidad de disolución y otras propiedades reológicas y morfológicas, convierten el almidón de oca en un material con un gran potencial para su uso en la elaboración de otros productos (Cruz et al., 2019). Además, utilizar almidón de oca en bebidas fermentadas puede fomentar la agricultura local y la biodiversidad, potenciando el cultivo de especies nativas y apoyando a las comunidades agrícolas donde se produce esta raíz.

El almidón de maíz se extrae del endospermo del maíz, y es un carbohidrato formado por polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina (Agama et al., 2012). El maíz tiene aproximadamente entre 70-80% de su peso seco en almidón, que se aplica en la industria alimentaria para espesar y estabilizar productos como sopas, salsas y postres. Debido a su capacidad de absorber la humedad, este almidón se usa a menudo en la industria farmacéutica y para fabricar cosméticos. Este polisacárido también se utiliza frecuentemente para suavizar la

textura y la viscosidad de las bebidas. En el proceso de producción del vodka, el almidón obtenido del maíz puede ser utilizado como fuente de fermentables azúcares. Durante la fermentación, las enzimas específicas descomponen el almidón en azúcares más simples, que luego son convertidos en alcohol por la acción de las levaduras. Es importante destacar que la calidad del almidón de maíz y su tratamiento durante la producción son cruciales para garantizar un producto final de alta calidad que cumpla con los estándares de la industria (Villarroel et al., 2018).

La amilosa es principalmente un polímero lineal, que normalmente representa del 15% al 20% del almidón y consiste en unidades de glucosa unidas en una cadena lineal (Villarroel et al., 2018). Tiene una importancia crítica en el ámbito alimentario a causa de su influencia en las propiedades de textura y digestibilidad de los alimentos con alto contenido de almidón. La amilosa tiene una función primordial en la nutrición humana, ya que su estructura lineal reduce su digestión rápida, lo que puede contribuir al control de los índices de glucosa en la sangre y a prevenir enfermedades como la diabetes tipo 2.

El almidón tiene como componente principal del polisacárido, y consiste en un polímero ramificado más grande con unidades de glucosa unidas en un 94-96% mediante enlaces α (1-4) y en un 4-6% con uniones α (1-6). Aproximadamente cada 15-25 unidades de glucosa se encuentran en estas ramificaciones (Hernández et al., 2008). Su papel crucial en la industria alimentaria se debe a sus propiedades de gelatinización y retrogradación, además de ser responsable de la estructura granular del almidón. La influencia del amilopectina en la textura y digestibilidad de los alimentos es importante para la distinción de los productos alimenticios y la nutrición humana.

2.6.1.4. Levaduras

Las levaduras son microorganismos de gran relevancia en el ámbito industrial, ya que diversas especies poseen la capacidad de convertir azúcares en alcohol etílico y dióxido de carbono. Su participación abarca la producción de una gran diversidad de productos, que incluyen cerveza, vino, alcohol industrial, glicerol y vinagre (Mackencie, 2019).

Además de su función en la fermentación, las células de levadura se utilizan en la industria de la panificación y como fuente de alimento tanto para animales como para humanos, dado a su significativo contenido proteico. Aunque algunas especies de levaduras pueden ser patógenas, en general son seguras para el consumo humano (Mackencie, 2019). Con una larga historia de uso en la elaboración de bebidas alcohólicas y pan, existen múltiples cepas de levaduras adaptadas a diferentes propósitos industriales, como la destilería y la panificación (Reyes,

2023). En resumen, el papel fundamental de las levaduras radica en su capacidad para llevar a cabo la fermentación, transformando los azúcares fermentables en etanol y dióxido de carbono.

Para llevar a cabo el proceso de fermentación, se emplean varios tipos de levaduras que contribuyen a este proceso, tales como las siguientes:

a. *Saccharomyces cerevisiae*

La cepa *Saccharomyces cerevisiae* pertenece a un grupo de levaduras conocidas como anaerobias facultativas. Estos microorganismos pueden fermentar hexosas como la glucosa y la fructosa tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas. En cultivos discontinuos bajo condiciones aeróbicas, esta levadura fermenta aproximadamente el 70% de la glucosa disponible en etanol y dióxido de carbono, mientras que un 20% se utiliza para el crecimiento de la biomasa y un 8% se destina a la producción de glicerol. Solo alrededor del 2% restante se emplea para la producción de dióxido de carbono y agua a través de la fosforilación oxidativa en la mitocondria (Mackencie, 2019).

b. *Saccharomyces bayanus*

La *Saccharomyces bayanus* se emplea frecuentemente en la fermentación de vinos, cervezas y otras bebidas alcohólicas (SOFRALAB, 2018). Esta cepa es reconocida por su capacidad de fermentar a bajas temperaturas y su resistencia al alcohol, lo que la hace ideal para condiciones de fermentación prolongada y en entornos que requieren mayor tolerancia al alcohol. Además, la levadura *bayanus* es apta para la elaboración de bebidas alcohólicas de alta graduación, como vinos de alta calidad y licores destilados. Su versatilidad y su capacidad para generar perfiles de sabor limpio la convierten en una opción popular entre los productores de bebidas alcohólicas (Vallejo, 2023).

2.6.1.5. Enzimas

Las enzimas son proteínas complejas que facilitan las reacciones químicas esenciales para el funcionamiento de los organismos vivos. Estas moléculas son polímeros formados por aminoácidos unidos covalentemente y catalizan una amplia variedad de reacciones químicas en los seres vivos. Su importancia radica en que incrementan la rapidez de las reacciones bioquímicas, las cuales, de otro modo, serían incapaces de mantener la vida. Cada enzima es específica para una reacción particular y actúa como un catalizador, lo que significa que facilita dicha reacción sin ser consumida en el proceso. Sin la acción de las enzimas, muchos procesos biológicos principales se detendrían o no ocurrirían con la eficiencia necesaria para mantener el equilibrio y el bienestar del organismo.

Las enzimas poseen cavidades que pueden que sustratos interactúen entre sí; estas cavidades forman parte del "sitio activo" de la enzima. En este sitio se encuentran residuos de aminoácidos específicos que facilitan la interacción con los sustratos, promoviendo la ruptura y formación de nuevos enlaces. Algunas enzimas también contienen metales (por ejemplo, iones de hierro, cobre y zinc, entre otros) que pueden participar en el proceso catalítico. Es esencial que la estructura tridimensional de la enzima se mantenga intacta, ya que esta estructura determina si la reacción puede llevarse a cabo, dependiendo de la posición y orientación de los residuos de aminoácidos y otros cofactores (Ramírez & Ayala, 2014).

a. Enzimas en la producción de bebidas alcohólicas

Las enzimas, son proteínas complejas, actúan como catalizadores en reacciones químicas, incluidas aquellas que ocurren durante la producción de bebidas alcohólicas. En la fermentación, las enzimas desempeñan un papel crucial al transformar los azúcares de las materias primas (como la cebada en la cerveza o las uvas en el vino) en alcohol etílico y dióxido de carbono. Este proceso no solo es fundamental para la creación del alcohol, sino también contribuye al sabor, aroma y otras características distintivas de la bebida. Además, en la industria de bebidas alcohólicas se utilizan enzimas adicionales para mejorar la claridad, estabilidad y filtrabilidad del producto final, descomponiendo componentes indeseados que pueden causar turbidez o sedimentos. En síntesis, las enzimas son esenciales para la elaboración de bebidas alcohólicas y tienen un impacto significativo en su calidad y uniformidad.

b. Clasificación de las enzimas

Las enzimas han sido tradicionalmente nombradas según el sustrato sobre el cual actúan, con la terminación "asa". Por ejemplo, la sacarasa es una enzima cuyo sustrato es la sacarosa, mientras que la peptidasa se refiere a una enzima que actúa sobre péptidos. Sin embargo, este método de nomenclatura puede resultar confuso, ya que pueden existir múltiples enzimas con el mismo sustrato y, por ende, el mismo nombre (Salazar et al, 2020).

A continuación, se presentan los principales grupos de enzimas:

- **Oxidoreductasas:** Involucradas en reacciones de oxidación y reducción, facilitando la transferencia de electrones entre moléculas.
- **Transferasas:** Facilitan la transferencia de grupos funcionales (como metilo o fosfato) entre sustratos.
- **Hidrolasas:** Realizan la hidrólisis, rompiendo enlaces mediante la adición de agua.
- **Liasas:** Causan la ruptura de enlaces en moléculas sin la participación de agua.

- **Ligasas:** Se encargan de la formación de enlaces entre moléculas.
- **Isomerasas:** Transforman una molécula en su isómero estructural al catalizar la isomerización (Salazar et al, 2020).

c. Alfa-amilasa

Según López (2022) afirma que la alfa amilasa es parte de las endoamilasas, que catalizan la hidrólisis del almidón mediante la ruptura de enlaces glucosídicos α -D-(1,4) para obtener oligosacáridos con configuración α . Esta enzima se encuentra en algunas plantas, hongos y bacterias, y desempeña distintas funciones según el pH. Por ejemplo, se requieren condiciones de pH bajo para la obtención de almidón en la industria alimentaria, mientras que un pH alto es necesario para su uso en la industria de detergentes.

La alfa-amilasa es crucial en la industria de destilados, como el vodka, al convertir los almidones en azúcares fermentables. Durante la molienda, la alfa-amilasa rompe las cadenas largas de almidón del grano, liberando maltosa y glucosa que pueden ser fermentadas por las levaduras para producir alcohol (Tabernilla et al., 2019). Una mayor producción de etanol es el resultado de una conversión más alta de almidón, lo que impacta directamente en la calidad y el rendimiento del vodka. La actividad de la alfa-amilasa también puede influir en la claridad y pureza del producto final, por lo que su uso se controla y optimiza cuidadosamente para garantizar un vodka de alta calidad.

d. Amiloglucosidasa

Según Sánchez et al. (2005) nos menciona que la amiloglucosidasa (AMG) también conocida como glucoamilasa o alfa-1,4 glucohidrolasa, es una enzima "GRAS" (Generalmente Reconocida Como Segura), producida extracelularmente por hongos de los géneros *Aspergillus* y *Rhizopus*, así como los géneros *Mucor*, *Candida*. Se utiliza a gran escala en la industria del procesado del almidón en tanques discontinuos a temperaturas de 55-60°C y pH de 4.5, con períodos de incubación de 48-92 horas para convertir las dextrinas formadas por la alfa-amilasa en glucosa. En las industrias de alimentos y bebidas, se ha aplicado de manera satisfactoria durante muchos años, siendo fundamental el controlar los costos.

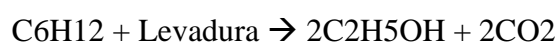
La amiloglucosidasa desempeña un papel esencial en la elaboración de bebidas alcohólicas, especialmente en la producción de vodka. La fermentación por las levaduras se facilita mediante la acción de esta enzima, que descompone los polisacáridos complejos en glucosa más simple.

Durante la etapa de hidrólisis en el proceso de elaboración del vodka, se incorpora amiloglucosidasa para transformar el almidón presente en granos o tubérculos en azúcares fermentables. La eficiencia y completitud de la fermentación son cruciales debido al alto nivel de alcohol requerido en el vodka. Varios factores, como la temperatura del proceso y el pH del medio, pueden influir en la eficacia de la amiloglucosidasa, por lo que su uso debe controlarse cuidadosamente para garantizar un producto final de alta calidad que cumpla con los estándares deseados de sabor y pureza (Amagua & Chancusig, 2020).

2.6.1.6. Fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica, también conocida como fermentación etílica, es una reacción biológica que descompone los azúcares en alcohol y dióxido de carbono. Este proceso anaeróbico se produce en un medio sin presencia de oxígeno e involucra levaduras y ciertas bacterias. Su principal objetivo principal es proporcionar energía a los microorganismos unicelulares, como las levaduras, mediante la división de moléculas de glucosa, generando alcohol y CO₂ como subproductos (Narváez, 2020).

Químicamente se expresa en la siguiente ecuación



La fermentación alcohólica se expresa mediante la degradación de la glucosa a ácido pirúvico, que luego se convierte en CO₂ y etanol. En la industria alimentaria, este proceso se utiliza para la producción de una variedad de productos fermentados, como pan, cerveza, vino, licores, entre otros (Ordóñez, 2022).

2.6.1.7. Destilación

Mulet (2013) menciona que la destilación se basa en calentar un líquido hasta que se evaporen sus componentes más volátiles, y luego condensar ese vapor para recuperarlo en forma líquida. Este proceso separa las mezclas de líquidos y se basa en el equilibrio líquido-vapor. El propósito principal es obtener el componente más volátil en estado puro.

La base de este método es la diferencia en los puntos de ebullición entre el alcohol y otros componentes, ya que el alcohol tiene un punto de ebullición más bajo, lo que le permite evaporarse primero al calentar la mezcla. El vapor de alcohol se condensa en un condensador, donde se reduce la temperatura y se transforma nuevamente en líquido. El líquido recolectado suele ser más concentrado en alcohol que la mezcla original, ya que se trata de alcohol destilado. La destilación puede realizarse de forma simple o fraccionada, dependiendo la pureza deseada

del producto final. Este proceso es ampliamente utilizado en la producción de bebidas alcohólicas, combustibles y solventes (Medina et al., 2011).

El proceso de separación mediante destilación en un destilador de tabique consiste en purificar una mezcla líquida al calentarla hasta que uno o más componentes se evaporan y luego se condensan en una fase separada. En el contexto de un destilador tabular, también conocido como columna de destilación con bandejas de burbujeo, este proceso se lleva a cabo en varias etapas, donde cada bandeja aumenta la eficiencia de la separación. Cada plato cuenta con cápsulas o "tabiques" que facilitan el paso del vapor hacia arriba a través del líquido descendente, promoviendo un intercambio intensivo de calor y masa. Este método se utiliza especialmente para separar líquidos con puntos de ebullición similares y tiene amplias aplicaciones en la industria química y petroquímica para obtener productos altamente puros (Méndez, 2020).

2.6.1.8. Bebidas alcohólicas

Las bebidas alcohólicas han sido parte de la vida civilizada durante milenios. En la sociedad humana, se consume tanto en ocasiones especiales como en la vida cotidiana, durante celebraciones, momentos de duelo, comidas y conversaciones (Muñoz, 2010).

Estas bebidas alcohólicas se caracterizan por ser mezclas aromatizadas de etanol obtenido a partir de diversos sustratos, que pueden incluir cereales, como la cebada en lo que respecta a la cerveza, uvas u otras frutas en la elaboración del vino, o cualquier tipo de carbohidrato utilizado en licores destilados (Ordóñez, 2022).

Según Muñoz (2010) nos menciona que las bebidas alcohólicas que pasan por el proceso de destilación durante su producción se pueden clasificar en tres categorías principales:

- **Aguardientes:** Se obtienen mediante la destilación de vino, orujo, cereales, caña u otras materias similares. Los ejemplos destacados incluyen whisky, coñac, ginebra, ron y vodka.
- **Licores:** Estas bebidas suelen tener un contenido de azúcar añadido y se aromatizan con una variedad de ingredientes que son destilados en alambique. Muchos de ellos tienen recetas antiguas y sus métodos de elaboración son cuidadosamente guardados. Los ejemplos incluyen Chartreuse, Benedictine, Gran Marnier, Curacao y Kümel.
- **Aperitivos:** Estas bebidas se producen mediante destilación o mezcla de alcohol con sustancias aromáticas y hierbas amargas, y suelen consumirse como estimulantes del apetito. Ejemplos son el vermú, los quinados, los bítters y los amargos.

2.6.1.9. Orden de reacción

Dentro del ámbito de la cinética, se encuentra el concepto de orden de reacción, que describe cómo la rapidez de una reacción está condicionada por la concentración de los reactivos. La conexión entre la velocidad de reacción y la concentración de los reactivos se expresa a través de una ecuación de velocidad, la cual es crucial para comprender y controlar los procesos de fermentación en la producción de bebidas alcohólicas (Rázuri, 2012).

a. Tipos de orden de reacción

Las reacciones de orden 0 y 1 son especialmente relevantes en el estudio de alimentos y bebidas alcohólicas. En el caso de bebidas alcohólicas como el vodka, las reacciones de orden 0 pueden analizarse en ciertos procesos de degradación que ocurren independientemente de la concentración de los reactivos, mientras que las reacciones de orden 1 son comunes en fenómenos como la oxidación de compuestos aromáticos o la degradación de ciertos nutrientes durante el almacenamiento. Comprender estas cinéticas es crucial para predecir y controlar la estabilidad y calidad del producto final, lo que permite optimizar los procesos de producción y conservación de la bebida alcohólica (Rázuri, 2012).

1) Orden cero

En una reacción de orden cero, la velocidad de reacción es constante y no está influenciada por la concentración de los reactivos, lo que significa que la reacción avanza a una velocidad constante hasta que uno de los reactivos se agota (Izquierdo y Torres, 2004).

2) Primer orden

En una reacción de primer orden, la velocidad de reacción se relaciona de manera directa con la concentración de un solo reactivo. Esto implica que un gráfico de $\ln [A]$ contra el tiempo generará una línea recta con una pendiente $-k$ (Izquierdo y Torres, 2004).

2.6.2. Marco Conceptual

Alcoholes superiores: Compuestos que se forman durante la fermentación y tienen un mayor peso molecular que el etanol.

Cinética: Estudio de la velocidad a la que ocurren las reacciones químicas y los factores que la afectan.

Enzimas: Proteínas que catalizan reacciones químicas específicas en los organismos vivos.

Hidrólisis: Se entiende por hidrólisis que las enzimas producen la ruptura de enlaces.

Inoculación: Proceso mediante el cual se introduce un organismo o sustancia en un medio para promover su crecimiento y reproducción.

Factor: Es un elemento o variable que contribuye a un resultado o influencia en un proceso, experimento o situación.

Furfural: Compuesto orgánico derivado de la descomposición de carbohidratos durante la fermentación.

Gráfica radar: Representación gráfica en forma de estrella que compara múltiples variables en un solo gráfico.

k: Constante de velocidad, parámetro que mide la rapidez de una reacción química.

Levaduras: Microorganismos unicelulares que se utilizan en la fermentación para convertir azúcares en alcohol y dióxido de carbono.

Metanol: Alcohol simple, altamente tóxico, que puede formarse durante la fermentación.

Orden de reacción: Relación matemática que describe cómo la velocidad de una reacción puede depender o no de la concentración de los reactivos, dependiendo del orden específico.

pH: Medida de la acidez o alcalinidad de una solución.

p-valor: Probabilidad que indica si un resultado es significativo o si podría ser debido al azar.

R²: Orden de determinación o correlación

Sólidos solubles: Compuestos disueltos en un líquido, medidos típicamente en grados Brix.

Trasvase: Transferencia de un líquido o sustancia de un recipiente a otro, a menudo con el objetivo de separar sedimentos o realizar un cambio de contenedor durante un proceso.

2.7. Metodología

2.7.1. Tipos de investigación

2.7.1.1. Experimental

La investigación experimental manipula y controla variables independientes para observar sus efectos en variables dependientes, en un ambiente controlado como un laboratorio. Permite establecer relaciones causales y obtener datos cuantitativos.

Se utiliza en los tratamientos para determinar cómo varía la velocidad de reacción con diferentes concentraciones de almidón de oca y maíz, con el fin de determinar el orden de reacción.

2.7.1.2. Explorativa

Se enfoca en investigar temas poco conocidos o nuevas áreas de estudio. Implica revisar literatura existente y realizar pruebas preliminares para evaluar la viabilidad de un tema.

Se encuentra en la investigación de los almidones de oca y maíz para la producción de una bebida tipo vodka, mediante revisión literaria y realizando pruebas para comprender mejor su potencial como materias primas alternativas.

2.7.1.3. Descriptiva

Describe características, propiedades específicas de un fenómeno o proceso. Permite comprender en detalle el objeto de estudio.

Se utiliza en el proceso de elaboración de vodka a partir del almidón de oca y maíz, incluyendo todo el proceso, equipos utilizados, etc. Con esta información se realizará el diseño y se determinará el orden reacción.

2.7.1.4. Bibliográfica

Consiste en recopilar y analizar información disponible en la literatura científica sobre un tema específico.

Se utiliza en la revisión de libros, artículos científicos, tesis y otras fuentes relevantes para obtener información sobre la cinética de reacciones en la elaboración de bebidas alcohólicas a partir de almidón de oca y maíz.

2.7.2. Métodos de investigación

2.7.2.1. Método científico

Esta forma de investigación se lleva a cabo cuando el tema en cuestión ha recibido escasa atención, no se ha reconocido adecuadamente y resulta difícil formular hipótesis claras. A menudo surgen cuando aparece un fenómeno nuevo que, debido a su novedad, aún no puede ser descrito sistemáticamente, o cuando los recursos disponibles para el investigador son insuficientes para llevar a cabo un análisis exhaustivo.

En el estudio propuesto, se utilizó el método científico para examinar el análisis físico-químico de la bebida, con el propósito de determinar si cumple con las normativas vigentes.

2.7.3. Técnicas e instrumentos de recolección

- **Observación:** Se verificó el comportamiento de los tratamientos a través de la observación.

- **Toma de datos:** Se establecen tiempos de ejecución para los sólidos solubles y el pH cada día, mientras que para el grado alcohólico los datos se tomaron cada 4 días, con una duración total de 14 días para su posterior análisis e interpretación de resultados.
- **Tabulación de datos:** Se utilizó el programa InfoStat para el análisis de los datos de cada indicador y conocer los resultados obtenidos.
- **Análisis sensorial:** Se analizaron los datos obtenidos a través de la ficha de cata y se interpretaron los resultados mediante el uso de la estadística descriptiva.

2.7.4. Metodológico

2.7.4.1. Análisis físico-químicos de las materias primas

a. Oca

1) Determinación de humedad

Para la determinación de humedad de la oca, se utiliza el método de secado. Primero, se pesó una muestra de oca fresca y pelada. Luego, se colocó en un horno a 105°C hasta que alcanzó un peso constante, lo que suele tomar alrededor de 6 a 8 horas. Una vez seca, la muestra se pesa nuevamente. El porcentaje de humedad de la oca se calculó utilizando las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ materia seca} = 100 - \text{humedad}$$

Este método sencillo y preciso permite medir la cantidad de agua presente, con el fin de controlar la calidad y seguridad de los productos.

2) Determinación de pH

En el siguiente trabajo se utilizó un pH-metro de laboratorio BOE 5190214 portátil. Para ello primero, se trituró la oca con ayuda de un mortero, luego se pasó por una tela lienzo a un vaso de precipitación y finalmente se tomó lectura al pH al zumo.

3) Sólidos Solubles

Para determinar los sólidos solubles, se tomó una muestra del zumo de la oca, se colocó de dos a tres gotas en el prisma del refractómetro digital MA87, registrando la medida de la concentración de °Brix que nos proporcionó.

b. Maíz:

1) Impurezas, granos dañados

Una vez obtenida la materia prima, se realizó una selección para retirar cualquier impureza, como piedras o basuras que se encuentren y se eliminaron los granos dañados.

2) Tamaño del grano

Para determinar el tamaño del grano, se utilizó un pie de rey, midiendo el largo ancho y espesor del grano. Este proceso se realizó para una muestra de 100 granos para obtener valores promedios.

2.7.4.2. Durante la fermentación

a. Determinación de sólidos solubles

Durante la fermentación, se midieron los sólidos solubles (°Brix) para evaluar la concentración de azúcares disueltos en un líquido. Para ello se tomaron muestras de los distintos tratamientos cada día durante 14 días, para ello se utilizó un refractómetro digital MA871 para medir la concentración de grados °Brix, y se anotaron los datos correspondientes.

b. Determinación de pH

En el siguiente trabajo se utilizó un pH-metro portátil, de tal manera que tomamos una muestra de 50 ml de cada tratamiento, seguidamente se introdujo el electrodo a las diferentes muestras de los tratamientos y se registraron las lecturas.

c. Determinación de grado alcohólico

Durante la fermentación, el grado alcohólico se define como la cantidad de alcohol etílico producido por las levaduras al convertir los azúcares del mosto (Suárez et al., 2016). La determinación del grado alcohólico se realizó siguiendo la normativa NTE INEN 340:2016, "Determinación de grado alcohólico para bebidas alcohólicas". Para esto, se utilizó un aparato de destilación simple y se tomó la lectura del alcohol etílico mediante un refractómetro portátil modelo SK-RF004, que mide de 0 a 80% de alcohol.

2.7.4.3. Materiales y métodos

a. Materia prima

- Oca
- Maíz

b. Insumos

- Enzima Alfa amilasa
- Enzima Amiloglucosidasa
- *Saccharomyces cerevisiae*
- *Saccharomyces bayanus*
- Metabisulfito

c. Reactivos

- Agua destilada
- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio 0,1N

d. Materiales

- Vasos de precipitación de 50, 100, 500 y 1000 ml
- Acidímetro
- Cernidores
- Cuchillos
- Ollas de acero inoxidable
- Papel aluminio
- Envases de fermentación
- Envases de vidrio (750 ml)
- Tela lienzo
- Jarras
- Baldes
- Tinajas

e. Equipos

- Balanza eléctrica
- Balanza analítica
- Refractómetro digital
- Refractómetro de alcohol
- pH-metro
- Licuadora
- Cocina
- Deshidratador
- Equipo de destilación
- Termómetro

2.7.4.4. Diagramas de flujos de los procesos

a. Diagrama de flujo de la extracción del almidón de oca

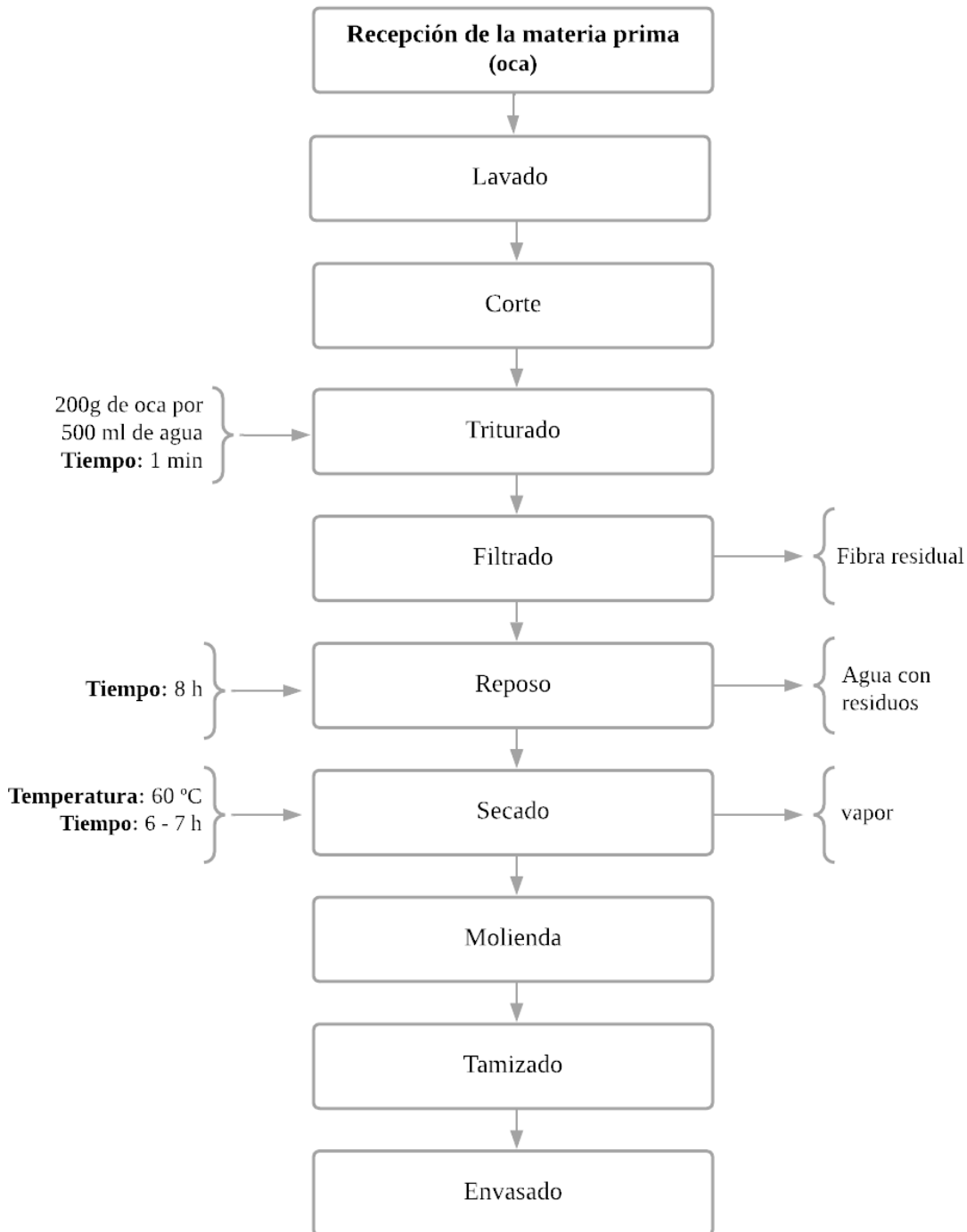


Diagrama 1. Proceso de obtención de almidón de oca.

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

1) Descripción del proceso de la extracción del almidón de oca

- **Recepción:** La materia prima fue adquirida en el mercado mayorista de la ciudad de Latacunga.
- **Lavado:** Se lavó bien las ocas para retirar la mayor parte de tierra o impurezas.
- **Corte:** Las ocas se cortaron en piezas de 2 cm y se las colocó en un recipiente con una solución de 0,015% de metabisulfito de sodio en una relación 1:1 p/v, donde se mantuvo en reposo alrededor de 20 minutos, esto se lo hizo con el fin de que los pedazos de oca no se oxiden.
- **Triturado:** Luego, estas partículas fueron trituradas durante 1 min en una licuadora hasta reducir su tamaño y quedar como un puré. Para ello se utilizó una cantidad de 200 gramos de materia prima junto con 300 ml de agua.
- **Filtrado:** El puré pasó por un cedazo, separando la fibra residual y filtrando la lechada de almidón, luego se filtró por una tela lienzo y se exprimió hasta separar el agua y el residuo sobrante, este residuo se lo colocó en otro recipiente y se le añadió agua.
- **Reposo:** El agua filtrada y el residuo con agua añadida se dejó reposar por 8 h, y se realizó dos lavadas cada 3 horas, es decir que primeramente se vació el agua que tenía, luego se colocó nuevamente agua y se dejó reposar hasta que sedimente el almidón, finalmente cumplida las 8 h se arrojó toda el agua y seguidamente se extrajo el almidón húmedo.
- **Secado:** El almidón húmedo se colocó en bandejas de aluminio con una capa de 1 cm para lograr que el almidón se seque rápido, para ello se utilizó un deshidratador con una temperatura de 60°C durante aproximadamente de 6 a 7 horas. Se revisó cada 2 horas el almidón.
- **Molienda:** Finalmente, el almidón seco se molió hasta obtener un polvo fino.
- **Tamizado:** Se lo realizó con un cedazo colador madera fino para evitar el paso de partículas grandes de almidón.
- **Envasado:** Finalmente, se empacó en bolsas herméticas y se almacenó hasta su futuro uso.

b. Diagrama de flujo de la extracción del almidón de maíz

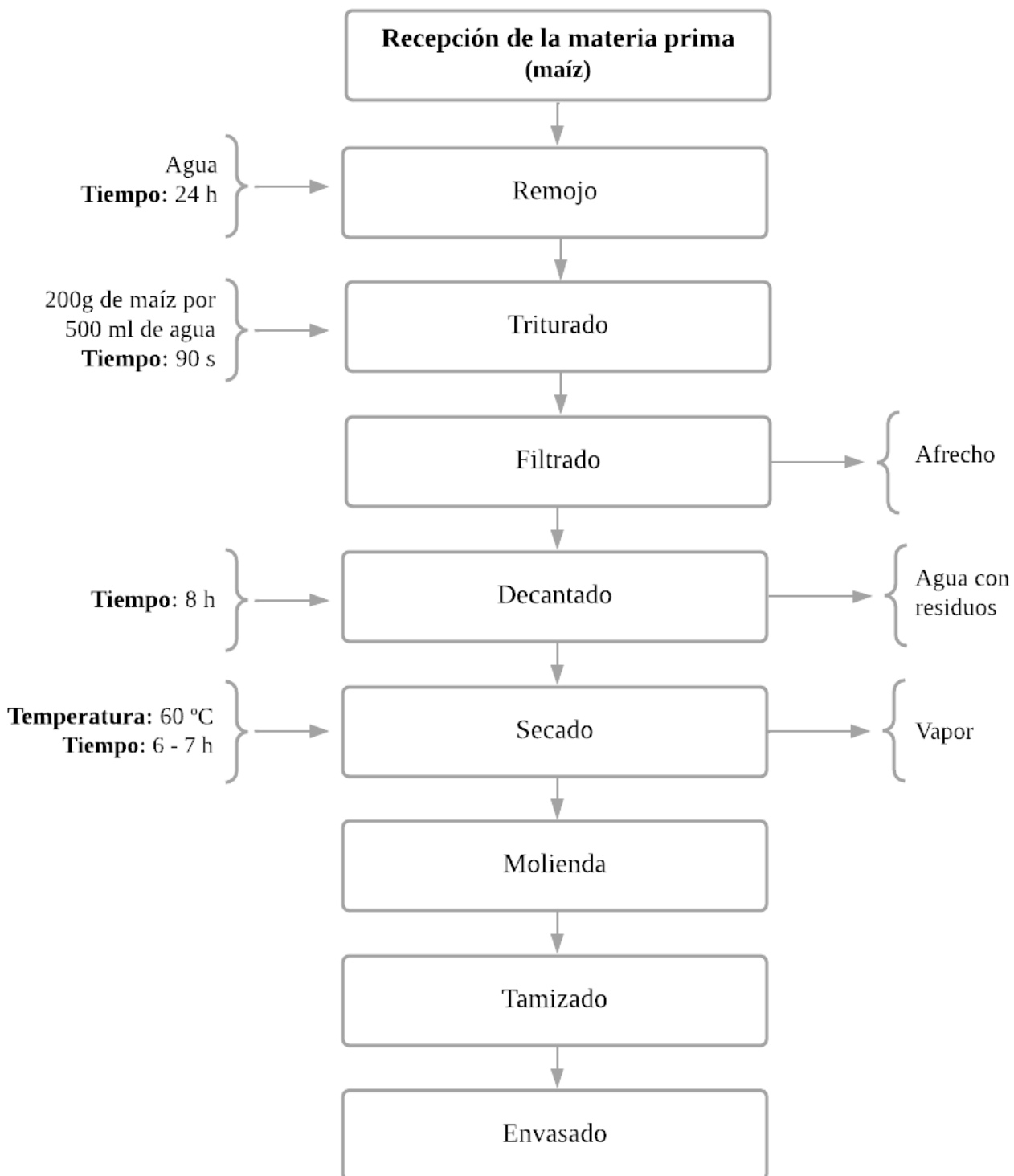


Diagrama 2. Proceso de obtención del almidón de maíz.

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

1) Descripción del proceso de la extracción del almidón de maíz

- **Recepción:** La materia prima fue adquirida en el mercado mayorista de la ciudad de Latacunga.
- **Remojo:** El proceso de remojo implicó dejar el grano en agua durante un período de 24 horas. Este procedimiento tiene como objetivo ablandar el grano para lograr la germinación al suavizar el endospermo. Se recomienda utilizar una proporción de 3 litros de agua por cada kilogramo de materia prima para garantizar el remojo adecuado.
- **Triturado:** El proceso de triturado se llevó a cabo utilizando una licuadora por 90 segundos. Esta operación tiene como objetivo reducir su tamaño y quedar como un puré. Para esta tarea, se utilizó una cantidad de 200 gramos de materia prima junto con 500 ml de agua en la licuadora de acuerdo con los autores Martínez et al. (2021) & Avellán et al. (2020).
- **Filtrado:** Se utilizó un cernidor con el propósito de separar el afrecho triturado de la lechada de almidón, luego la lechada se pasó por una tela lienzo y se exprimió hasta filtrar toda el agua posible, el residuo sobrante se lo colocó en otro recipiente y se le añadió agua.
- **Decantado:** Este se dejó en reposo durante 8 horas para lograr una separación del almidón y el agua, se arrojó toda el agua y seguidamente se extrajo el almidón húmedo.
- **Secado:** El almidón húmedo se colocó en bandejas de aluminio con una capa de 1 cm para lograr que el almidón se seque más rápido, para ello se utilizó un deshidratador con una temperatura de 60°C durante 6 a 7 horas aproximadamente. Se revisó cada 2 horas el almidón.
- **Molienda:** Se utilizó un molino eléctrico, donde el almidón pasó a ser triturado completamente para reducir su tamaño, ya que después de secarse, tiende a formarse grumos grandes.
- **Tamizado:** Se lo realizó con un cedazo colador madera fino para evitar el paso de partículas grandes de almidón.
- **Envasado:** Finalmente, se empacó en bolsas herméticas y se almacenó hasta su futuro uso.

c. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del vodka a partir de la mezcla de los almidones

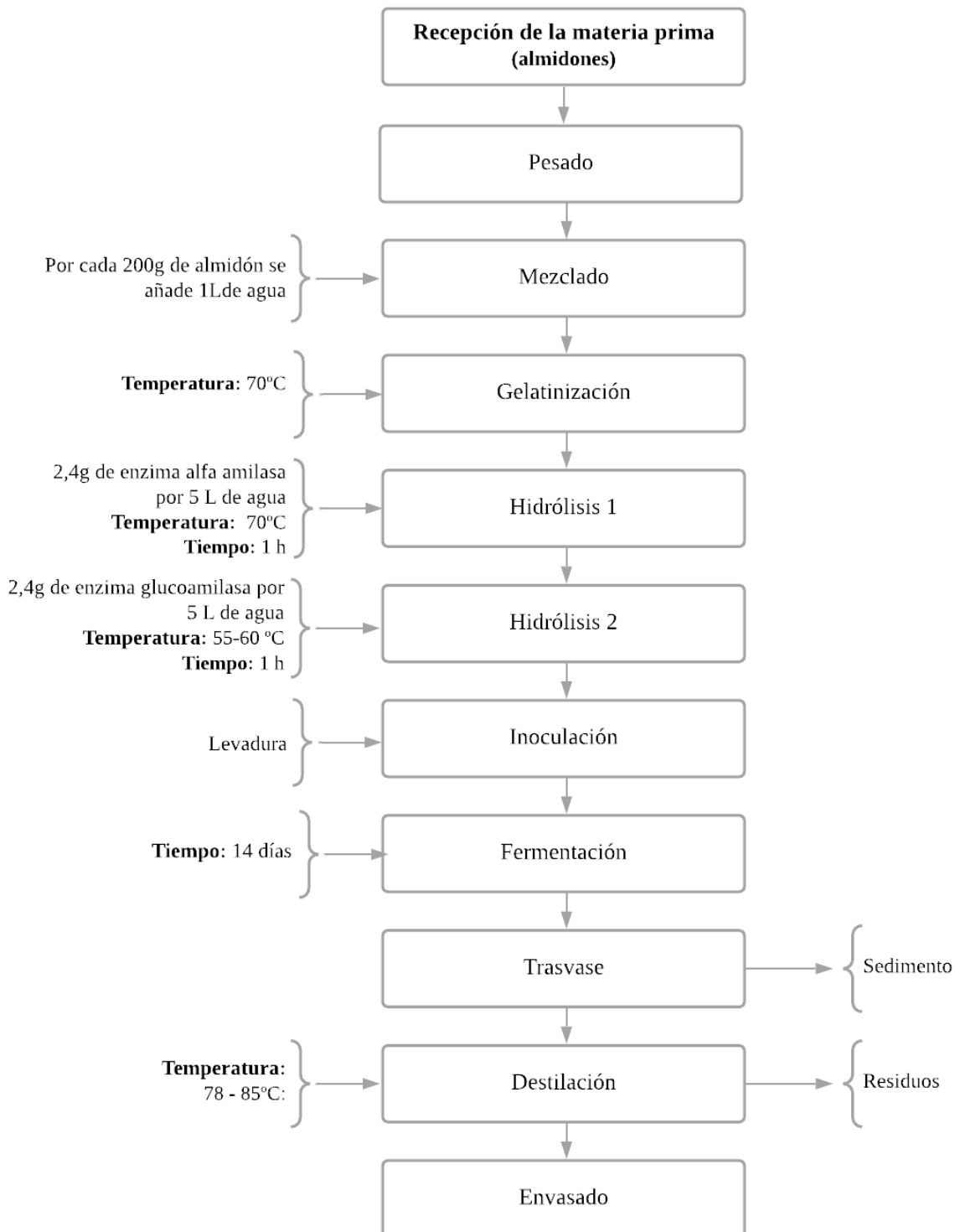


Diagrama 3. Proceso de elaboración del vodka.

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

1) Descripción del proceso de la elaboración de la bebida tipo vodka

- **Recepción:** Se adquirió los almidones de oca y maíz, previamente antes mencionados en el proceso anterior.
- **Pesado:** Se pesó los dos almidones de acuerdo a las concentraciones que se establecieron. Tener en cuenta que por cada 200 g de almidón se añade un litro de agua.
- **Mezclado:** Se mezcló bien, para evitar la formación de grumos.
- **Gelatinización:** La mezcla se llevó al fuego con una temperatura de 70°C, se lo realizó con el objetivo de gelatinizar el almidón.
- **Hidrólisis 1:** Inmediatamente se colocó la enzima alfa amilasa (2,4 g enzima * 5 L de agua) y se dejó reposar la mezcla durante una hora. El objetivo es permitir que la enzima se hidrolice con los enlaces glucosídicos, lo que resulta en la transformación de los almidones en dextrinas solubles y oligosacáridos. En cuanto a la inactivación de esta enzima, es necesario someterlas a temperaturas superiores a las recomendadas (90-100 °C) durante 10 a 15 minutos.
- **Hidrólisis 2:** Una vez finalizado el tiempo de hidrólisis 1. Posteriormente, se añadió la enzima glucoamilasa (2,4 g enzima * 5 L de agua) a una temperatura de 55 a 60°C y se dejó reposar durante una hora, para permitir que la enzima se hidrolice con los enlaces correspondientes. En cuanto a la inactivación de esta enzima, es necesario someterlas a temperaturas superiores a las recomendadas (90-100 °C) durante 10 a 15 minutos.
- **Inoculación:** Se realizó de acuerdo a las especificaciones que mencionan los empaques de las levaduras en el caso de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* se colocó 2,5 g levadura * 5 L de agua a una temperatura de 18 a 26°C y en caso de la *Saccharomyces bayanus* se colocó 1 g de levadura * 5 L de agua a una temperatura de 14 a 28°C para su posterior activación e inoculación.
- **Fermentación:** El mosto inoculado se transfirió a los recipientes designados, donde se llevó a cabo la fermentación alcohólica a temperatura ambiente, este proceso tuvo una duración de 14 días. Durante la fermentación se realizó la toma de datos cada día (sólidos solubles y pH), mientras que para grado alcohólico se tomó datos cada 4 días.
- **Trasvase:** Una vez finalizada la fermentación, se procedió a trasvasar el mosto con el fin de eliminar los sedimentos acumulados.
- **Destilación:** Para la destilación del mosto se utilizó un destilador de alambique a una temperatura de 78 a 85°C, obteniendo como resultado el alcohol etílico.

- **Envasado:** Finalmente, se envasó en botellas de vidrio de 750 ml y se almacenó a temperatura ambiente.

2.7.4.5. Orden de reacción

Para la determinación del orden de reacción lo primero que se realizó fue una tabla con valores promedios de las réplicas para cada una de las variables respuestas (sólidos solubles, pH y % grado alcohólico). Con el uso de la herramienta estadística Excel se logró determinar las gráficas de orden 0 y 1, ecuaciones, constantes de velocidad (k) y el coeficiente de determinación (R²).

Para las gráficas de orden 0, se colocó los datos promedios de cada variable respuesta en el Excel, seguidamente se insertó un gráfico de dispersión donde en el eje de las abscisas (x) se colocó los días y en el eje de las ordenadas (y) se colocó la variable respuesta, luego se procede a añadir las líneas de tendencia mostrando las ecuaciones de la gráfica y los coeficientes de determinación (R²). Esto se realizó para cada uno de los tratamientos.

Por otro lado, se aplicó logaritmo natural (LN) a todos los datos de la tabla de promedios con el propósito de obtener gráficas de orden 1, con esos valores se insertó la gráfica de dispersión, donde se colocó los días en el eje de las abscisas (x) y la variable respuesta en el eje de las ordenadas (y), añadiendo así las líneas de tendencias para presentar las ecuaciones de las gráficas, y los coeficientes de determinación (R²). Esto se realizó para cada uno de los tratamientos.

Por último, al identificar el mejor tratamiento se comparó los valores obtenidos del coeficiente de determinación (R²) y orden de reacción (0 y 1) en cada tratamiento. Señalando así el valor más cercano a uno.

2.7.4.6. Análisis de calidad

Para el análisis de calidad, se recogió una muestra del mejor tratamiento y se envió a un laboratorio certificado, determinando así los parámetros establecidos en la NTE - INEN 369 (alcohol, fracción volumétrica, metanol, furfural y alcoholes superiores).

2.7.4.7. Análisis sensorial

Después de completar el análisis de calidad, se llevó a cabo la evaluación sensorial, que se aplicó únicamente al mejor tratamiento. Consistió en estudiar la aceptabilidad del mejor tratamiento para ello se aplicó un panel de cata a 40 degustadores seleccionados al azar, mayores de edad. A cada panelista se le otorgó una muestra junto con una ficha de cata en la que calificaron aspectos como sabor, olor y global (aceptabilidad).

Tabla 7. Composición de los tratamientos.

Tratamientos	Almidón de oca (kg)	Almidón de maíz (kg)	Agua (1 L x 200g almidón) (L)	Enzimas		Levaduras	
				Alfa amilasa (12 g x 25 L de agua) (g)	Glucoamilasa (12 g x 25 L de agua) (g)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (50 g x 100 L de agua) (g)	<i>Saccharomyces bayanus</i> (20 g x 100 L de agua) (g)
t ₁	0,2	0,8	5	2,4	2,4	2,5	
t ₂	0,2	0,8	5	2,4	2,4		1
t ₃	0,5	0,5	5	2,4	2,4	2,5	
t ₄	0,5	0,5	5	2,4	2,4		1
t ₅	0,8	0,2	5	2,4	2,4	2,5	
t ₆	0,8	0,2	5	2,4	2,4		1
Total	3	3	30	14,4	14,4	7,5	3

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

2.8. Hipótesis

2.8.1. Hipótesis nula (H_0):

Las diferentes concentraciones de almidones de oca y maíz y el tipo de levaduras si influyen significativamente en las características físico-químicos de la bebida.

2.8.2. Hipótesis alternativa (H_a):

Las diferentes concentraciones de almidones de oca y maíz y el tipo de levaduras si influyen significativamente en las características físico-químicos de la bebida.

2.9. Diseño experimental

Para la siguiente investigación sobre la determinación del orden de reacción cinética en la elaboración de una bebida tipo vodka a partir del almidón de oca y maíz, el tipo de diseño experimental adecuado está enfocado en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) en arreglo factorial de A x B (3×2) para el posterior análisis estadístico con dos réplicas. Se detallan los factores y niveles de un total de 12 tratamientos.

En este diseño, el FACTOR A representarán las diferentes concentraciones de almidón de oca y maíz, mientras que el FACTOR B son los tipos de levadura (*Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*).

2.9.1. Factores en estudio

Factor A: Concentraciones de almidón de oca y maíz

a₁: 20 % de oca; 80% de maíz

a₂: 50 % oca; 50% maíz

a₃: 80% oca; 20% maíz

Factor B: Tipos de levaduras

b₁: *Saccharomyces cerevisiae*

b₂: *Saccharomyces bayanus*

2.9.2. Tratamientos

Tabla 8. Tratamientos

Réplica	Tratamiento	Código	Combinaciones
I	t ₁	a ₁ b ₁	20% de almidón de oca y 80% de almidón de maíz + <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .
	t ₂	a ₁ b ₂	20% de almidón de oca y 80% de almidón de maíz + <i>Saccharomyces bayanus</i> .
	t ₃	a ₂ b ₁	50% de almidón de oca y 50% de almidón de maíz + <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .
	t ₄	a ₂ b ₂	50% de almidón de oca y 50% de almidón de maíz + <i>Saccharomyces bayanus</i> .
	t ₅	a ₃ b ₁	80% de almidón de oca y 20% de almidón de maíz + <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .
	t ₆	a ₃ b ₂	80% de almidón de oca y 20% de almidón de maíz + <i>Saccharomyces bayanus</i> .
II	t ₅	a ₃ b ₁	80% de almidón de oca y 20% de almidón de maíz + <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .
	t ₃	a ₂ b ₁	50% de almidón de oca y 50% de almidón de maíz + <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .
	t ₆	a ₃ b ₂	80% de almidón de oca y 20% de almidón de maíz + <i>Saccharomyces bayanus</i> .
	t ₁	a ₁ b ₁	20% de almidón de oca y 80% de almidón de maíz + <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .
	t ₄	a ₂ b ₂	50% de almidón de oca y 50% de almidón de maíz + <i>Saccharomyces bayanus</i> .
	t ₂	a ₁ b ₂	20% de almidón de oca y 80% de almidón de maíz + <i>Saccharomyces bayanus</i> .

Fuente: (Amán & Yangua,2024)

Tabla 9. Esquema ANOVA en la elaboración de una bebida tipo vodka.

Fuente de variación	Grados de libertad
Repeticiones	1
Factor A	2
Factor B	1
Interacción	2
A*B	5
Error	5
Total	11

Fuente: (Amán & Yangua,2024)

Tabla 10. Operacionalización de las variables.

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores	Mediciones
Orden de reacción durante la fermentación	<p>Concentraciones de almidón de oca y maíz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 20 % de oca; 80% de maíz • 50 % oca; 50% maíz • 80% oca; 20% maíz <p>Tipos de levaduras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Saccharomyces cerevisiae</i> • <i>Saccharomyces bayanus</i> 	<p>Físico-químicos:</p> <p>Determinación de alcoholes al mejor tratamiento:</p> <p>Características organolépticas al mejor tratamiento:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos solubles • pH • Grado alcohólico • Alcoholes superiores • Metanol • Furfural • Olor • Sabor • Global

Fuente: (Amán & Yangua,2024)

2.10. Análisis y discusión de resultados

2.10.1. Materias primas

2.10.1.1. Oca

a. Determinación de la humedad

Datos:

% Humedad: 81%

% Materia seca: 19%

En el estudio de Castañeta et al. (2022), se reporta un contenido de humedad del $83.1 \pm 0.7\%$ para la oca blanca en estado fresco. En comparación, resultados obtenidos en esta investigación indican un porcentaje de humedad del 81%, esta diferencia puede deberse a diversas razones, como diferencias en el origen de las muestras y el tiempo transcurrido desde la cosecha hasta el análisis.

b. Determinación de sólidos solubles

Para la determinación de sólidos solubles se requiere de un refractómetro digital MA871. Los datos se toman tres veces para poder trabajar con el promedio. Se presenta la Tabla 11, que muestra el promedio de los sólidos solubles obtenidos.

Tabla 11. Promedio de los sólidos solubles

Muestras	Datos
Muestra 1	5,3
Muestra 2	5,6
Muestra 3	5,6
Promedio	5,5

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

El resultado de la investigación tiene un valor de 5,5 °Brix. De acuerdo al estudio realizado por Castañeta et al. (2022) reporta un contenido de sólidos solubles en la oca blanca fresca de 5.6 ± 0.6 °Brix. Esta ligera diferencia puede deberse a variaciones naturales en la composición de la oca, también a diferencias en las técnicas de medición y condiciones de análisis. A pesar de esta pequeña variación, ambos estudios indican un contenido similar de sólidos solubles, lo cual refuerza la confiabilidad de los datos obtenidos.

c. Determinación de pH

Como resultado de la determinación del pH se obtuvo un valor de 5,83 en la oca fresca. En la investigación de Castañeda et al (2022) el pH en la oca fresca es de 6,46. Por otro lado, el

estudio llevado a cabo por Nauca (2015) encontró un pH es de 6. Estos resultados sugirieron que el valor de pH obtenido en la presente investigación era similar a los análisis previos. La variación en los resultados podría atribuirse al nivel de frescura de la oca en el momento de la medición del pH.

2.10.1.2. Maíz

a. Determinación de impurezas

En el grano de maíz no se encontró materiales extraños, ni tampoco granos dañados. La materia prima se encontraba en buen estado y no fue necesario seleccionar los granos.

b. Determinación del tamaño del grano:

En la tabla 12 se presentó el promedio del tamaño del grano del maíz en milímetros. Para la determinación de este análisis se tomaron las medias de 100 granos con la herramienta pie de rey.

Tabla 12. Promedio del tamaño del grano

Promedio del tamaño del grano (mm)	
Largo	19,47
Ancho	9,34
Grosor	6,28

Fuente: (Amán & Yangua)

Del grano de maíz se tomaron 100 muestras, los cuales se midieron longitud, ancho y grosor, obteniendo un promedio de 19,47 mm; 9,34 mm y 6,28 mm. Los datos obtenidos en el estudio realizado de Guacho (2014) indicó un promedio de 16 mm de longitud, 13 mm de ancho y 6,1 mm de grosor. Conforme a estos datos, no se encontró diferencias en el grosor del grano, mientras que en el largo y ancho si tenemos diferencia en los valores. Esto pudo deberse al tipo de grano que estuvo estudiando.

2.10.2. Balance de materia

2.10.2.1. Balance de materia del almidón de oca

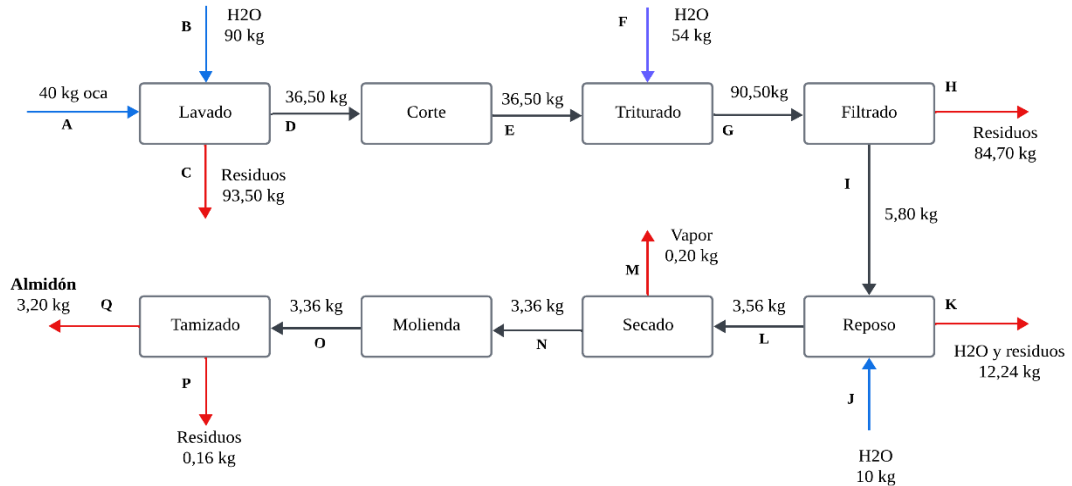


Figura 1. Balance de materia del almidón de oca.

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

a. Ecuaciones del balance de materia en la extracción del almidón de oca

- BALANCE GLOBAL

$$A + B + F + J = C + H + K + M + P + Q$$

$$40 \text{ kg} + 90 \text{ kg} + 54 \text{ kg} + 10 \text{ kg} = 93,50 \text{ kg} + 84,70 \text{ kg} + 12,24 \text{ kg} + 0,20 \text{ kg} + 0,16 \text{ kg} + 3,20 \text{ kg}$$

$$194 \text{ kg} = 194 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN EL LAVADO

$$A + B = C + D$$

$$40 \text{ kg} + 90 \text{ kg} = 93,50 \text{ kg} + 36,50 \text{ kg}$$

$$130 \text{ kg} = 130 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN EL CORTE

$$D = E$$

$$36,50 \text{ kg} = 36,50 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN EL TRITURADO

$$\mathbf{E + F = G}$$

$$36,50 \text{ kg} + 54 \text{ kg} = 90,50 \text{ kg}$$

$$90,50 \text{ kg} = 90,50 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN EL FILTRADO

$$\mathbf{G = H + I}$$

$$90,5 \text{ kg} = 84,70 + 5,80 \text{ kg}$$

$$90,5 \text{ kg} = 90,5 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN EL REPOSO

$$\mathbf{I + J = K + L}$$

$$5,8 \text{ kg} + 10 \text{ kg} = 12,24 \text{ kg} + 3,56 \text{ kg}$$

$$15,8 \text{ kg} = 15,8 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN EL SECADO

$$\mathbf{L = M + N}$$

$$3,56 \text{ kg} = 0,20 \text{ kg} + 3,36 \text{ kg}$$

$$3,56 \text{ kg} = 3,56 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN EL MOLIENDA

$$\mathbf{N = O}$$

$$3,36 \text{ kg} = 3,36 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN EL TAMIZADO

$$\mathbf{O = P + Q}$$

$$3,36 \text{ kg} = 0,16 \text{ kg} + 3,20$$

$$3,26 \text{ kg} = 3,26 \text{ kg}$$

La oca, debido a su alta concentración de humedad, facilita la extracción del almidón, lo que se refleja en un rendimiento adecuado al obtener 3,2 kg de almidón a partir de 40 kg de materia prima. Este rendimiento es significativo, considerando la cantidad baja de materia prima utilizada. No obstante, el proceso genera una considerable cantidad de residuos, los cuales

presentan un alto potencial de aprovechamiento, ya sea en la producción de compost o como alimento para animales, promoviendo así un enfoque sostenible y de economía circular en el proceso productivo.

2.10.2.2. Balance de materia del almidón de maíz

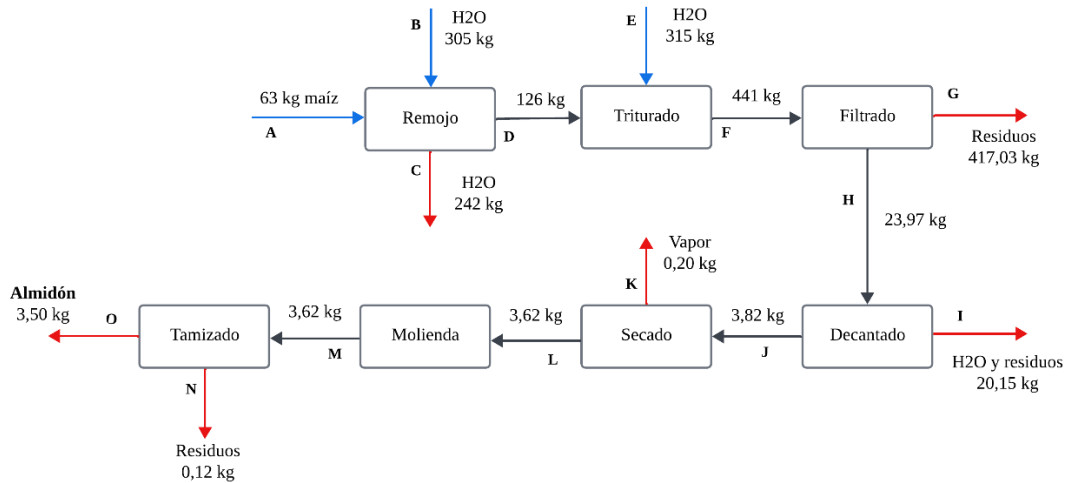


Figura 2. Balance de materia del almidón de maíz.

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

a. Ecuaciones del balance de materia en la extracción del almidón del maíz

- BALANCE GLOBAL

$$A + B + E = C + G + I + K + N + O$$

$$63 \text{ kg} + 305 \text{ kg} + 315 \text{ kg} = 242 \text{ kg} + 417,03 \text{ kg} + 20,15 \text{ kg} + 0,20 \text{ kg} + 0,12 \text{ kg} + 3,5 \text{ kg}$$

$$683 \text{ kg} = 683 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN EL REMOJO

$$A + B = C + D$$

$$63 \text{ kg} + 305 \text{ kg} = 242 \text{ kg} + 126 \text{ kg}$$

$$368 \text{ kg} = 368 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN EL TRITURADO

$$D + E = F$$

$$126 \text{ kg} + 315 \text{ kg} = 441 \text{ kg}$$

$$441 \text{ kg} = 441 \text{ kg}$$

BALANCE PARCIAL EN EL FILTRADO

$F = G + H$

$$441 \text{ kg} = 417,03 \text{ kg} + 23,97 \text{ kg}$$

$$441 \text{ kg} = 441 \text{ kg}$$

- **BALANCE PARCIAL EN EL DECANTADO**

$H = I + J$

$$23,97 \text{ kg} = 20,15 \text{ kg} + 3,82 \text{ kg}$$

$$23,97 \text{ kg} = 23,97 \text{ kg}$$

- **BALANCE PARCIAL EN EL SECADO**

$J = K + L$

$$3,82 \text{ kg} = 0,20 \text{ kg} + 3,62 \text{ kg}$$

$$3,82 \text{ kg} = 3,82 \text{ kg}$$

- **BALANCE PARCIAL EN LA MOLIENDA**

$L = M$

$$3,62 \text{ kg} = 3,62 \text{ kg}$$

- **BALANCE PARCIAL EN EL TAMIZADO**

$M = N + O$

$$3,62 \text{ kg} = 0,12 \text{ kg} + 3,50 \text{ kg}$$

$$3,62 \text{ kg} = 3,62 \text{ kg}$$

El maíz, con su bajo porcentaje de humedad, presenta un mayor desafío para la extracción de almidón. Es necesario someter el grano a un proceso de remojo previo para aumentar su contenido de humedad y facilitar la liberación del almidón. A pesar de la complejidad del proceso, la cantidad de almidón obtenida es relativamente baja, con 3,5 kg de almidón extraídos de 63 kg de maíz. Esto refleja una eficiencia de extracción menor en comparación con la oca. Sin embargo, los residuos generados, como el afrecho y el agua residual, pueden ser aprovechados en otros procesos, como la alimentación animal o incluso para el riego, contribuyendo a una gestión integral y sostenible de los subproductos.

2.10.2.3. Balance de materia de la bebida tipo vodka (ts)

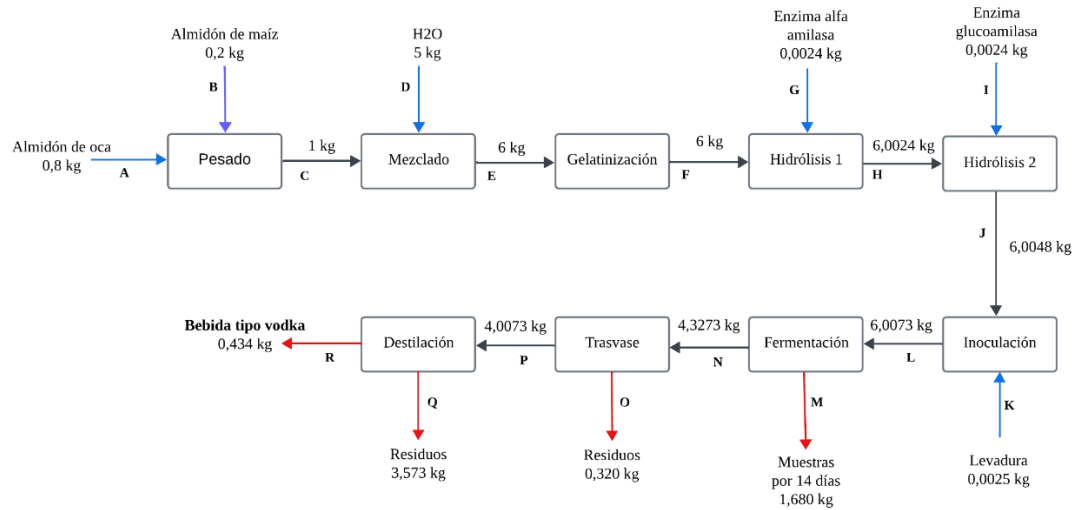


Figura 3. Balance de materia de la bebida tipo vodka.

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

a. Ecuaciones del balance en la elaboración de una bebida tipo vodka

- BALANCE GLOBAL

$$A + B + D + G + I + K = M + O + Q + R$$

$$0,8 \text{ kg} + 0,20 \text{ kg} + 5 \text{ kg} + 0,0024 \text{ kg} + 0,0024 \text{ kg} + 0,0025 \text{ kg} = 1,680 \text{ kg} + 0,320 \text{ kg} + 3,573 \text{ kg}$$

$$6,0073 \text{ kg} = 6,007 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN EL PESADO

$$A + B = C$$

$$0,8 \text{ kg} + 0,2 \text{ kg} = 1 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN EL MEZCLADO

$$C + D = E$$

$$1 \text{ kg} + 5 \text{ kg} = 6 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN LA GELATINIZACIÓN

$$E = F$$

$$6 \text{ kg} = 6 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN LA HIDRÓLISIS 1

$$\mathbf{F + G = H}$$

$$6 \text{ kg} + 0,0024 \text{ kg} = 6,0024 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN LA HIDRÓLISIS 2

$$\mathbf{H + I = J}$$

$$6,0024 \text{ kg} + 0,0024 \text{ kg} = 6,0048 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN LA INOCULACIÓN

$$\mathbf{J + K = L}$$

$$6,0048 \text{ kg} + 0,0025 \text{ kg} = 6,0073 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN LA FERMENTACIÓN

$$\mathbf{L = M + N}$$

$$6,0073 \text{ kg} = 1,680 \text{ kg} + 4,3273 \text{ kg}$$

$$6,0073 \text{ kg} = 6,0073 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN EL TRASVASE

$$\mathbf{N = O + P}$$

$$4,3273 \text{ kg} = 0,320 \text{ kg} + 4,0073 \text{ kg}$$

$$4,3273 \text{ kg} = 4,3273 \text{ kg}$$

- BALANCE PARCIAL EN LA DESTILACIÓN

$$\mathbf{P = Q + R}$$

$$4,0073 \text{ kg} = 3,573 \text{ kg} + 0,434 \text{ kg}$$

$$4,0073 \text{ kg} = 4,007 \text{ kg}$$

A partir de 5 litros de mosto, el proceso de fermentación y destilación dio como resultado aproximadamente 400 ml de una bebida tipo vodka. Este rendimiento refleja la eficiencia del proceso de destilación, considerando las condiciones de producción. La cantidad obtenida es un indicador de la calidad del almidón fermentable presente en la mezcla inicial de oca y maíz, así como de la efectividad de las etapas de fermentación y destilación. Además, los subproductos del proceso, como los residuos de destilación, pueden ser aprovechados para

generar energía o ser utilizados en la producción de otros derivados, maximizando el valor de la materia prima utilizada.

2.10.3. Orden de reacción

2.10.3.1. Sólidos solubles

En la tabla 13 presenta ecuaciones, constantes de velocidad y el valor de R^2 para cada tratamiento respecto a los datos de los sólidos solubles durante los 14 días.

Tabla 13. Ecuaciones, constantes de velocidad y el valor de R de los sólidos solubles

Tratamientos	Ecuaciones		k= constante de velocidad		R ²	
	ORDEN 0	ORDEN 1	ORDEN 0	ORDEN 1	ORDEN 0	ORDEN 1
t ₁	$y = -0,7302x + 15,549$	$y = -0,0743x + 2,8155$	-0,7302	-0,0743	0,9979	0,9769
t ₂	$y = -0,7261x + 15,54$	$y = -0,0734x + 2,812$	-0,7261	-0,0734	0,9984	0,982
t ₃	$y = -0,748x + 15,309$	$y = -0,0789x + 2,8057$	-0,748	-0,0789	0,998	0,9827
t ₄	$y = -0,6635x + 14,488$	$y = -0,0708x + 2,7369$	-0,6635	-0,0708	0,9981	0,985
t ₅	$y = -0,7505x + 14,845$	$y = -0,0846x + 2,789$	-0,7505	-0,0846	0,999	0,97
t ₆	$y = -0,7254x + 14,842$	$y = -0,0778x + 2,768$	-0,7254	-0,0778	0,9931	0,9907

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

Los resultados de los sólidos solubles muestran que el modelo de orden cero presenta un ajuste significativamente mejor en comparación con el modelo de primer orden, como lo indican los valores de R^2 muy cercanos a 1 en todos los tratamientos.

El tratamiento t₅ destaca con un valor de R^2 de (0.999) en el modelo de orden cero y una constante de velocidad de (-0.7505), lo que sugiere que este tratamiento tiene una alta predictibilidad y precisión en la cinética de disminución de sólidos solubles. Este comportamiento implica que la reducción de sólidos solubles en el tratamiento t₅ sigue de manera más efectiva un modelo de orden cero, donde la velocidad de cambio es constante y no se ve afectada por la concentración de los reactivos.

Comparando con los otros tratamientos, t₁, t₂, t₃, y t₄ también muestran valores altos de R^2 en el modelo de orden cero (todos superiores a 0.997), lo que indica un ajuste muy preciso, aunque ligeramente inferior al de t₅. El tratamiento t₆, aunque tiene un R^2 de (0.9931) en el modelo de orden cero.

Se concluye que t_5 se destaca como el más efectivo en términos de predictibilidad y consistencia para la reducción de sólidos solubles, lo que podría ser crucial para procesos industriales donde se requiere un control preciso y constante de este parámetro.

La investigación de Rázuri (2012) respecto al orden de reacción en el comportamiento de los sólidos solubles durante la fermentación, destaca el primer orden donde R^2 (0,99) es el que más se acerca a 1, durante la fermentación detalla la reducción de los sólidos solubles, logrando establecer que mientras menor sea la cantidad de sólidos solubles, mejor va a ser el rendimiento del alcohol, ya que las levaduras necesitan de sustratos para poder producir alcohol. De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación el t_5 es el que menor concentración de sólidos solubles tiene en el último día, así mismo el R^2 es el que mejor se acerca a uno.

Por otro lado, la investigación de Benavides y Pozo (2008) tienen como resultado que durante la fermentación de una bebida alcohólica destilada los sólidos solubles más bajos al final de la fermentación es el que mejor representa el comportamiento de este parámetro.

En consideración, los resultados obtenidos en la tabla 13 del orden de reacción 0 y 1 en los sólidos solubles se presenta es el t_5 como el mejor tratamiento en el orden 0 reflejado en el gráfico 1.

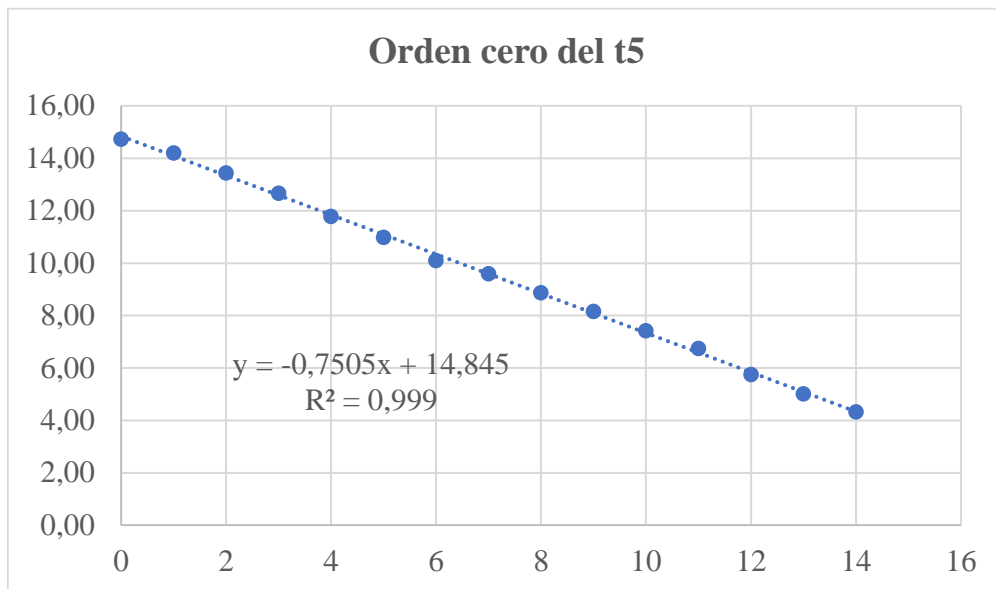


Gráfico 1. Orden 0 del mejor tratamiento (t_5)

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

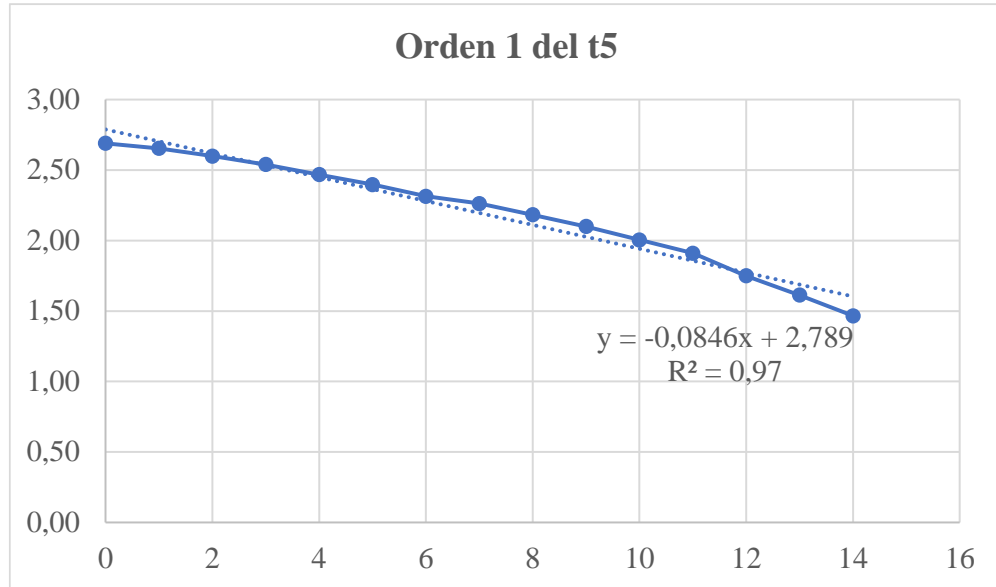


Gráfico 2. Orden 1 del mejor tratamiento (t_5)

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

2.10.3.2. Potencial hidrógeno pH

En la tabla 14 se muestra las ecuaciones, constante de velocidad y valores de R^2 para cada uno de los tratamientos respecto a los datos del pH durante los 14 días.

Tabla 14. Ecuaciones, constantes de velocidad y el valor de R del pH

Tratamientos	Ecuaciones		k= constante de velocidad		R ²	
	ORDEN 0	ORDEN 1	ORDEN 0	ORDEN 1	ORDEN 0	ORDEN 1
t_1	$y = -0,097x + 4,7175$	$y = -0,0231x + 1,5484$	-0,097	-0,0231	0,6277	0,7023
t_2	$y = -0,1181x + 4,9387$	$y = -0,0294x + 1,6113$	-0,1181	-0,0294	0,8981	0,9267
t_3	$y = -0,0971x + 4,6472$	$y = -0,0234x + 1,5331$	-0,0971	-0,0234	0,635	0,7063
t_4	$y = -0,0984x + 4,5273$	$y = -0,0248x + 1,5089$	-0,0984	-0,0248	0,6477	0,7308
t_5	$y = -0,0927x + 4,9912$	$y = -0,0214x + 1,6137$	-0,0927	-0,0214	0,9044	0,9306
t_6	$y = -0,0938x + 4,6468$	$y = -0,0228x + 1,5355$	-0,0938	-0,0228	0,6807	0,7501

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

El análisis de los resultados del modelo de orden 1 muestra el ajuste más preciso para los tratamientos en comparación con el modelo de orden 0. Particularmente, el tratamiento t_5 destaca por su constante de velocidad de ($k = 0,0214$) y el mejor ajuste del modelo obteniendo R^2 de (0,9306). Esto indica que el comportamiento de la fermentación en este tratamiento sigue

de manera más cercana un modelo de primer orden; donde la tasa de cambio del pH es proporcional a la concentración del sustrato o reactivo.

El valor que más se acerca a 1 es el modelo de primer orden, describe la cinética de la fermentación para el t₅; este se destaca con los valores más altos de R² tanto para el modelo de orden 1 (0,9306), lo que sugiere que el tratamiento con un 80% de almidón de oca y un 20% de almidón de maíz, junto con la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), tiene un mejor comportamiento en el pH.

El ajuste más sólido en el modelo de primer orden implica que el tratamiento t₅ ofrece un proceso de fermentación más predecible y controlable, lo que demuestra ser fundamental para la producción de una bebida consistente y de alta calidad. Dentro de este análisis también se puede identificar que los tratamientos t₂ y t₆ muestran buenos ajustes en el modelo de orden 1, con valores de R² de (0,9267) y (0,9225), respectivamente, indicando que también siguen un patrón cinético de primer orden, aunque con menos precisión que t₅.

Por otro lado, los tratamientos t₁, t₃ y t₄ muestran valores de R² más bajos para ambos órdenes, indicando un ajuste menos adecuado por lo que en términos de estabilidad del pH durante la fermentación no tienen los parámetros deseados; según este análisis se demuestra que el modelo del primer orden en t₅ muestra mayor eficiencia y predictibilidad en el proceso de fermentación pudiendo tener un mejor control para la producción de la bebida alcohólica.

Según los resultados expuestos en la tabla 14 del orden de reacción 0 y 1 para el pH, el tratamiento t₅ se destaca como el mejor tratamiento en un orden de reacción 1, como se ilustra en el gráfico 4.

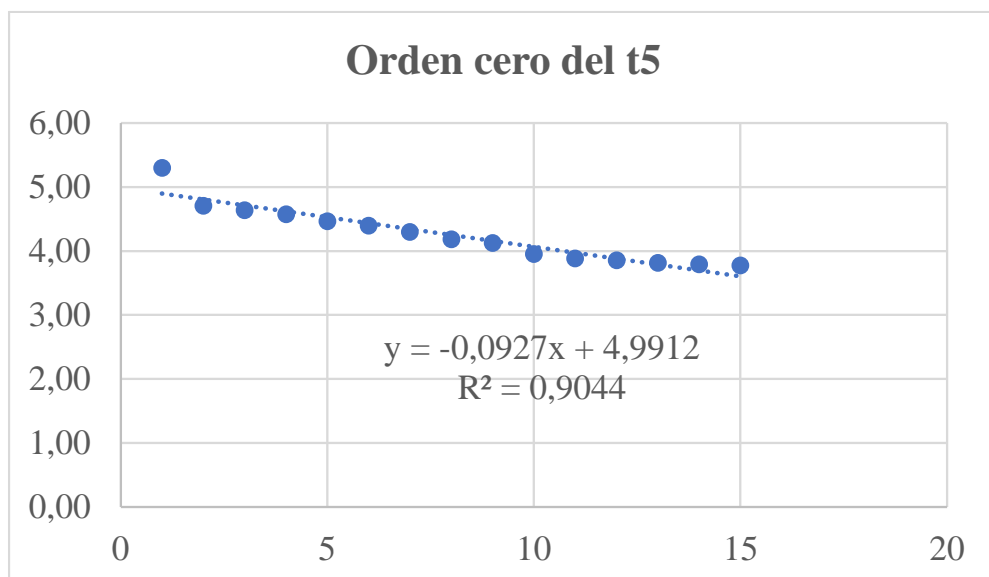
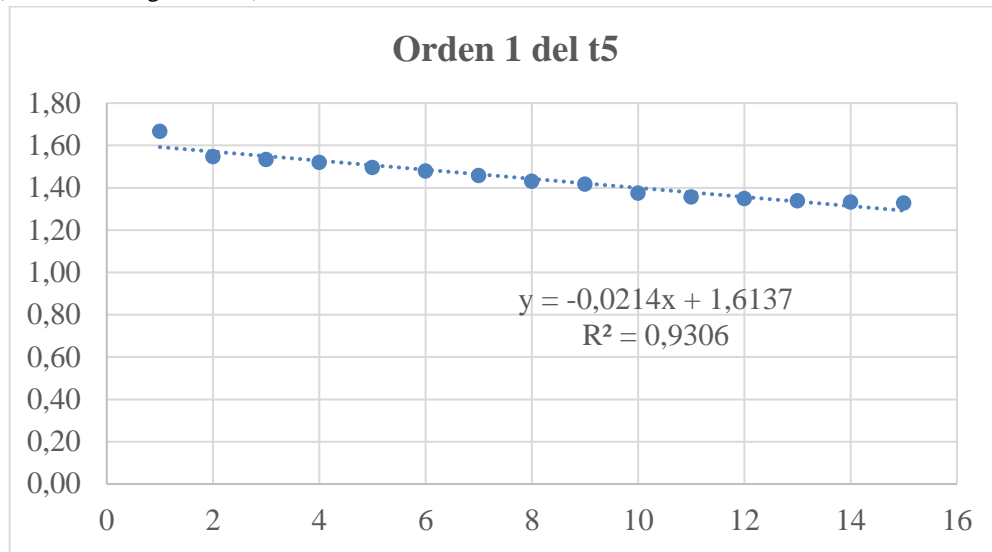


Gráfico 3. Orden 0 del mejor tratamiento (t₅)

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

**Gráfico 4.** Orden 1 del mejor tratamiento (t₅)

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

Según Ibarz (2005), determinar el orden de reacción fue crucial para comprender la cinética del proceso, lo que resultó esencial para optimizar y controlar la fermentación en la producción de bebidas alcohólicas. El orden de reacción demuestra si la velocidad de cambio del pH es constante (orden cero) o depende de la concentración de los reactivos (orden uno), permitiendo predecir y ajustar el proceso para asegurar la calidad del producto final (POLIFENÓLICA, 2021).

2.10.3.3. Grado alcohólico

Tabla 15. Ecuaciones, constantes de velocidad y el valor de R del grado alcohólico

Tratamientos	Ecuaciones		k= constante de velocidad		R ²	
	ORDEN 0	ORDEN 1	ORDEN 0	ORDEN 1	ORDEN 0	ORDEN 1
t ₁	$y = 1,7378x + 1,2927$	$y = 0,0955x + 1,9264$	1,7378	0,0955	0,9868	0,9713
t ₂	$y = 1,5686x + 0,4787$	$y = 0,1174x + 1,5309$	1,5686	0,1174	0,9896	0,9202
t ₃	$y = 2,5762x + 0,4207$	$y = 0,1267x + 1,9051$	2,5762	0,1267	0,9856	0,8968
t ₄	$y = 1,7057x + 0,9368$	$y = 0,1063x + 1,767$	1,7057	0,1063	0,9859	0,9261
t ₅	$y = 2,8034x + 1,0939$	$y = 0,1119x + 2,1829$	2,8034	0,1119	0,9912	0,9384
t ₆	$y = 1,7607x + 0,6189$	$y = 0,1149x + 1,68$	1,7607	0,1149	0,9896	0,9225

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

El análisis de los datos sobre el porcentaje de alcohol en función del orden de reacción revela que el modelo de orden cero presenta un mejor ajuste en comparación con el modelo de orden uno para todos los tratamientos, como se evidencia en los altos valores de R², todos superiores a 0,98.

Entre los tratamientos, el tratamiento t_5 destaca con un R^2 de (0,9912) en el modelo de orden cero y una constante de velocidad de (2,8034); esto sugiere que tiene la mayor predictibilidad y precisión en la cinética de aumento del porcentaje de alcohol. Esto implica que la producción de alcohol en este tratamiento sigue de manera más efectiva un modelo de orden cero, donde la velocidad de producción es constante y no depende de la concentración de los reactivos.

Comparativamente, los tratamientos t_1 , t_2 , t_3 , t_4 y t_6 también muestran un buen ajuste en el modelo de orden cero, con valores de R^2 superiores a 0,985; aunque ninguno alcanza la precisión del tratamiento t_5 . En el modelo de orden uno, los valores de R^2 son consistentemente más bajos, indicando que este modelo es menos adecuado para describir la cinética de producción de alcohol en estos tratamientos.

Se determina que la consistencia y calidad del producto final, como se observa en el tratamiento t_5 , son esenciales para optimizar la producción de bebidas alcohólicas, proporcionando un proceso más controlable y predecible.

Los resultados de la tabla 15, que analizan el % grado alcohólico en los órdenes de reacción 0 y 1, indican que el tratamiento t_5 es el mejor tratamiento destacado en un orden de reacción 0, tal como se representa en el gráfico 5.

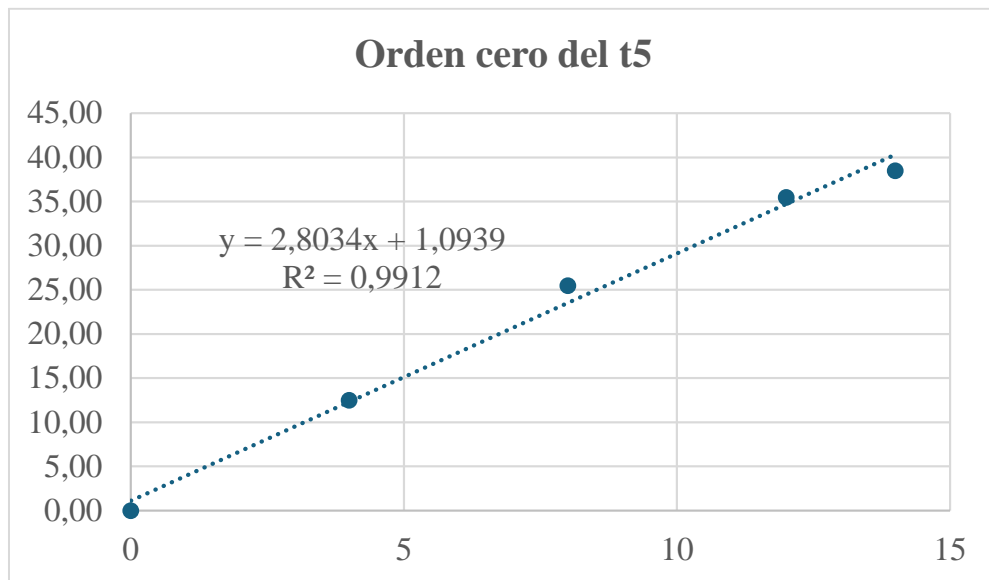


Gráfico 5. Orden 0 del mejor tratamiento (t_5).

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

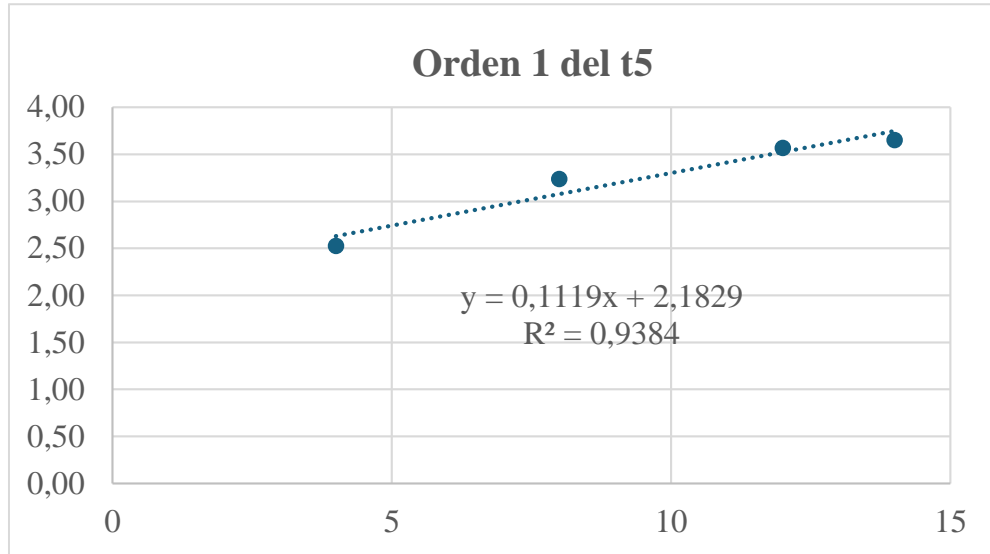


Gráfico 6. Orden 1 del mejor tratamiento (t_5)

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

La tabla 15 muestra las ecuaciones, las constantes de velocidad y los valores de R^2 correspondientes a cada tratamiento, en relación con los datos recopilados cada 4 días sobre el comportamiento del porcentaje de grado alcohólico.

2.10.4. Análisis de las variables

2.10.4.1. Variable sólidos solubles

En la tabla 16 se presenta la varianza para los sólidos solubles.

Tabla 16. ANOVA de los sólidos solubles

Fuente de variación	GL	DÍA 0		DÍA 4		DÍA 8		DÍA 12		DÍA 14	
		CM	p - valor	CM	P - valor	CM	p - valor	CM	p - valor	CM	p - valor
Repeticiones	1	0,002	0,8525	0,33	0,1568	1,62	0,0276*	0,70	0,0155*	0,30	0,0759
Concentraciones de almidones	2	0,455	0,0206*	0,36	0,1364	0,63	0,1044	0,28	0,0614	0,50	0,0267*
Tipos de levaduras	1	0,057	0,3282	0,12	0,352	0,05	0,6231	0,19	0,1176	0,57	0,0284*
Concentraciones de almidones * Tipo de levaduras	2	0,279	0,0515	0,34	0,1495	0,02	0,8827	0,06	0,4101	0,21	0,1123
ERROR	5	0,049		0,12		0,17		0,05		0,06	
TOTAL	11										
C. V %		1,466		2,81		4,57		3,7		4,77	

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

C.A. = Concentraciones de almidones

T.L. = Tipos de levaduras

C.A. * T.L. = Concentraciones de almidones * Tipos de levaduras

C. V % = Coeficiente de variación

* = Significativo

** = Altamente significativo

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 16, el análisis de varianza (ANOVA) para los sólidos solubles en los días (0, 4, 8, 12 y 14) se observó que existe diferencia significativa en el FACTOR A (Concentración de almidones) en los días 0 y 14; en el FACTOR B (Tipos de levaduras) en el día 14, es decir que el p-valor es menor al 0,05%; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Para comprobar la diferencia significativa en el FACTOR A (Concentración de almidones) y en el FACTOR B (Tipos de levaduras) evaluados en los sólidos solubles se realiza la prueba de Tukey al 5%, como se anuncia en las tablas 17 y 18.

Los coeficientes de variación del día 0, 4, 8, 12 y 14, son confiable lo que significa que, de cada 100 observaciones, el 1,466%; 2,81%; 4,57%; 3,7% y 4,77% son diferentes y el 98,534%; 97,19%; 95,43%; 96,3% y 95,23% de observaciones son confiables, dando como resultado la exactitud el análisis de sólidos solubles.

Tabla 17. Prueba Tukey al 5 % de los sólidos solubles en el día 0 y 14 del FACTOR A

FACTOR A	n	DÍA 0		Día 14			
		Medias	E.E	Medias	E.E		
3	4	14,843	0,111	A	4,80	0,12	A
2	4	14,963	0,111	A	5,22	0,12	A B
1	4	15,478	0,111	B	5,50	0,12	B

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

En la tabla 17, en el FACTOR A (Concentraciones de almidones) se determinó que la media más alta es de 15,478 °Brix en el día 0 perteneciente a la concentración de 20% oca y 80% maíz, mientras que para el día 14 la media más baja es de 4,80 °Brix a la concentración de almidón 80% oca y 20%, por lo tanto, existe una diferencia significativa. Estos resultados son relevantes para entender cómo las concentraciones de almidón pueden influir en la obtención de azúcares.

Tabla 18. Prueba Tukey al 5% de los sólidos solubles del día 14 del FACTOR B

FACTOR B	n	DÍA 14		
		Medias	E.E	
1	6	4,96	0,10	A
2	6	5,39	0,10	B

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

En la Tabla 18, se presenta la prueba Tukey del FACTOR B (Tipos de levaduras) utilizadas en el experimento, donde se destaca que la media de sólidos solubles más baja correspondiente a la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, con un valor de 4,96 registrado en el día 14. Lo que

significa que tiene diferencia significativa en el comportamiento de las levaduras en el proceso analizado.

No existen investigaciones previas específicamente sobre la mezcla de almidones para el Factor A. Sin embargo, Benavides y Pozo (2011), en su estudio titulado “Elaboración de una bebida alcohólica destilada (vodka) a partir de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) utilizando dos tipos de enzimas”, reportaron que al principio de la fermentación (día 0), los sólidos solubles están en un rango de 11,67 a 13 °Brix, y al finalizar la fermentación (día 14), estos valores disminuyeron a un rango de 3,2 a 3,93 °Brix.

En contraste, los resultados de la presente investigación muestran que, al inicio de la fermentación, el promedio de sólidos solubles es de 15,48 °Brix. Este valor más alto podría atribuirse a la mezcla de almidones y al tipo de enzimas utilizadas para la conversión de azúcares. Al final del proceso de fermentación (día 14), se obtuvo un promedio de 4,80 °Brix. En este punto, es importante considerar la influencia del tipo de levadura, ya que esta es la que consume los sólidos solubles para la producción de alcohol.

En cuanto al FACTOR B (Tipos de levadura), al utilizar *Saccharomyces cerevisiae*, se obtiene una concentración baja de sólidos solubles al finalizar la etapa de fermentación. Este resultado es favorable, ya que, según la investigación de Vallejo (2023), *Saccharomyces cerevisiae* es la levadura que mejor consume los sólidos solubles, resultando en una menor concentración de estos al final de la fermentación, en comparación con *Saccharomyces bayanus*. Tener un bajo contenido de sólidos solubles se asocia con una mejor conservación y estabilidad del producto, lo que es crucial en procesos industriales donde se requiere un control preciso.

En el Anexo 2 se presenta la disminución de los sólidos solubles a lo largo de los días de fermentación para cada tratamiento. A medida que los azúcares se consumen con el paso del tiempo, se facilita la producción de etanol y la generación de nueva biomasa. En el gráfico 7, se evidencia que todos los tratamientos muestran una tendencia decreciente similar en cuanto al consumo de azúcares desde el día 0. Al llegar al día 14, que marca en la fase culminante de la fermentación, el tratamiento t₅ redujo los sólidos solubles a 4,33 °Brix, un valor inferior al registrado en los demás tratamientos, los cuales oscilaron entre 5,05 y 5,51 °Brix. El Tratamiento t₅ muestra un rendimiento favorable, dado que un valor más bajo de sólidos solubles al término de la fermentación indica una mejor producción de alcohol. Los resultados obtenidos durante la fermentación en la investigación de Benavides y Pozo (2011) muestran una tendencia similar en cuanto a la disminución de los sólidos solubles en sus tratamientos.

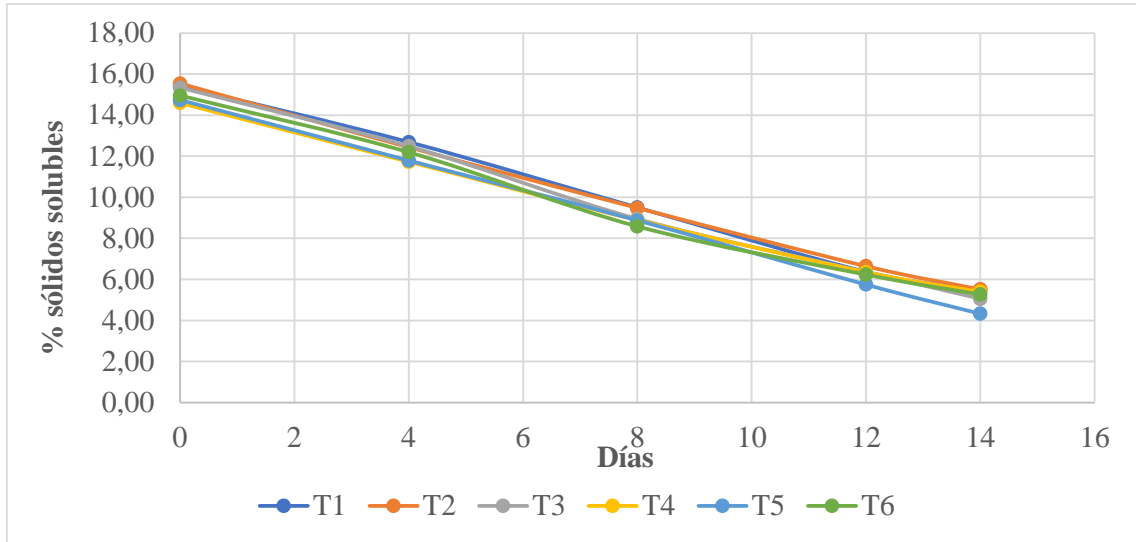


Gráfico 7. Comportamiento de los sólidos solubles respecto al tiempo de los tratamientos

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

2.10.4.2. Variable pH

En la tabla 19 se presenta la varianza para el pH.

Tabla 19. ANOVA del pH

Fuente de variación	GL	DÍA 0		DÍA 4		DÍA 8		DÍA 12		DÍA 14	
		CM	p - valor	CM	p - valor	CM	p - valor	CM	p - valor	CM	p - valor
Repeticiones	1	0,04	0,0724	0,00001	0,975	0,01	0,2488	0,004	0,4047	0,0114	<0,0001**
Concentraciones de almidones	2	0,03	0,0876	0,14	0,0054*	0,08	0,0155*	0,07	0,0084*	0,1066	<0,0001**
Tipos de levaduras	1	0,02	0,1233	0,06	0,0382*	0,02	0,1782	0,141	0,003*	0,2552	<0,0001**
Concentraciones de almidones * Tipo de levaduras	2	0,06	0,0229*	0,14	0,0053*	0,09	0,0141*	0,004	0,5228	0,0088	<0,0001**
ERROR	5	0,01		0,01		0,01		0,005		0,0001	
TOTAL	11										
C. V %			1,51		2,18		2,33		1,975		0,2431

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para examinar las variaciones en el pH a lo largo de un periodo de 0, 4, 8, 12 y 14 días, considerando como FACTOR A (Concentraciones de almidones) y FACTOR B (Tipos de levaduras). Los resultados revelaron que, si hay diferencias significativas en el FACTOR A en los días 4, 8 y 14, así como en el FACTOR B en los días 4, 12 y 14. Además, se observó que la interacción entre ambos factores (FACTOR A * FACTOR B) también mostró diferencias significativas en los días 0, 4, 8 y 14 pH en los tratamientos. En los resultados se mostró que el p – valor es menor al 0,05; lo que indica que hay una diferencia significativa. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, lo que confirma que hay variaciones significativas entre los tratamientos y la variable respuesta del pH. Esto sugiere que tanto las concentraciones de almidón como los tipos de levaduras tienen un impacto considerable en el pH durante la fermentación.

Para la evaluación de las diferencias significativas entre las concentraciones de almidón y los tipos de levaduras en relación al pH, se aplicó la prueba de Tukey al 5%. Los resultados de esta prueba se presentan en las tablas 20, 21 y 22, donde se observa cómo cada factor influye en el pH.

Los coeficientes de variación obtenidos para los días 0, 4, 8, 12 y 14 fueron del 1,51%, 2,18%, 2,33%, 1,975% y 0,2431%, lo que representa que son diferentes, mientras el 98,49%; 97,82%; 97,33%; 98,025% y 99,7569% de las observaciones muestran confiabilidad.

Tabla 20. Prueba Tukey al 5 % del pH en el día 4, 8, 12 y 14 del FACTOR A

F A	n	DÍA 4			Día 8			Día 12			Día 14			
		Medias	E.E		Medias	E.E		Medias	E.E		F A	Medias	E.E	
2	4	3,84	0,04	A	3,64	0,04	A	3,415	0,035	A	1	3,285	0,00	A
1	4	4,07	0,04	B	3,82	0,04	A B	3,513	0,035	A	2	3,330	0,00	B
3	4	4,20	0,04	B	3,93	0,04	B	3,678	0,035	B	3	3,588	0,00	C

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

En la tabla 20, se presentan los resultados correspondientes al FACTOR A (Concentraciones de almidones), donde se observó que el pH alcanzó una media de 3,84 en el día 4, por otro lado, el día 8 la media más baja del pH fue de 3,64; en cuanto al día 12, se registró una media de 3,415; teniendo la misma proporción de 50% de oca y 50% de maíz. Finalmente, en el día 14, el pH más bajo se registró en la mezcla de 20% de almidón de oca y 80% de almidón de maíz, alcanzando un valor de 3,285. Estos resultados indican que las variaciones del FACTOR A, tienen un efecto significativo en el pH a lo largo del tiempo y la disminución de esta en diferentes días sugiere que la combinación de almidones de oca y maíz influye en el proceso de fermentación.

Tabla 21. Prueba Tukey al 5% del pH en el día 4, 12 y 14 FACTOR B

		DÍA 4			DÍA 12			DÍA 14			
F B	n	Medias	E.E		F B	Medias	E.E		Medias	E.E	
2	6	12,12	0,14	A	1	6,16	0,09	A	4,96	0,10	A
1	6	12,32	0,14	A	2	6,41	0,09	A	5,39	0,10	B

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

En la Tabla 21 se presenta el resultado de la prueba de Tukey correspondiente al FACTOR B (Tipos de levaduras) utilizadas en la investigación. Se observa que la media de pH en el día 4 alcanza un valor de 12,12 con la levadura *bayanus*. Sin embargo, en el día 12, el pH desciende notablemente teniendo una media de 6,16, lo que sugiere un cambio en el ambiente de fermentación. Finalmente, para el día 14, la media de pH se reduce aún más a 4,96; correspondiente a la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, lo que indica que existe diferencia significativa en las medias del pH de las diferentes levaduras en los días analizados.

Tabla 22. Prueba Tukey al 5% del pH en el día 0, 4, 8, 14 de la interacción del FACTOR A * FACTOR B

DÍA 0						DÍA 4						DÍA 8						DÍA 14					
F A	F B	n	Medias	E.E		F A	F B	Medias	E.E		F A	F B	Medias	E.E		F A	F B	Medias	E.E				
3	1	2	5,30	0,06	A	2	2	3,78	0,06	A	2	2	3,62	0,06	A	1	2	3,130	0,006	A			
1	2	2	5,36	0,06	A B	2	1	3,9	0,06	A B	2	1	3,66	0,06	A	2	2	3,235	0,006	B			
3	2	2	5,47	0,06	A B	3	2	3,94	0,06	A B	1	1	3,72	0,06	A	3	2	3,400	0,006	C			
2	2	2	5,48	0,06	A B	1	1	3,96	0,06	A B	3	2	3,73	0,06	A	2	1	3,425	0,006	C D			
2	1	2	5,59	0,06	A B	1	2	4,18	0,06	B C	1	2	3,92	0,06	A B	1	1	3,440	0,006	D			
1	1	2	5,69	0,06	B	3	1	4,47	0,06	C	3	1	4,13	0,06	B	3	1	3,775	0,006	E			

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

En la Tabla 22 se presentan los resultados de la prueba Tukey, aplicada a la interacción entre el FACTOR A (concentraciones de almidón) y el FACTOR B (tipos de levaduras). Los datos revelan que, en el día 0, el pH promedio es de 5,30, correspondiente a la combinación de 80% de almidón de oca y 20% de maíz, junto con *Saccharomyces cerevisiae*. Este resultado sugiere un entorno relativamente neutro al inicio del proceso de fermentación

Sin embargo, se observó una disminución significativa en el pH para el día 4, donde el promedio alcanzó 3,78, asociado a una mezcla de 50% de almidón de oca y 50% de almidón de maíz, utilizando *Saccharomyces bayanus*. Esta tendencia de disminución continuó hasta el día 8, cuando el pH se situó en 3,62, manteniendo la misma concentración de almidón y levadura. Finalmente, en el día 14, el pH alcanzó su nivel más bajo, con un promedio de 3,13, correspondiente a una mezcla de 20% de almidón de oca y 80% de maíz, con *Saccharomyces bayanus*.

El control del pH es crucial en la fermentación alcohólica, ya que influye directamente en el crecimiento de las levaduras y otros microorganismos involucrados en el proceso. En el caso del FACTOR A (concentraciones de almidón), no se dispone de investigaciones previas que aborden este aspecto en profundidad. Por otro lado, en relación al FACTOR B (tipos de levaduras), se ha observado que la utilización de *Saccharomyces bayanus* resulta en un pH final más bajo al concluir la fermentación. Según el estudio de Vallejo (2023) menciona el uso de *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus* en la concentración de zumos, al realizar el análisis de las variables en el cuadrado medio se obtuvo un valor (CM) de 0,653 y un p-valor de 0,698, lo que indica que no es significativo. En contraste, la presente investigación reporta un CM de 0,0114 y un p-valor de <0,0001, lo que demuestra que los resultados son estadísticamente significativos.

En lo que respecta a la interacción entre el FACTOR A y el FACTOR B en el día 14, se observó un pH bajo de 3,130. Este nivel de pH es adecuado para optimizar la fermentación, mejorando tanto la eficiencia como la calidad del alcohol producido. Según los estudios de Vázquez y Vázquez (2011), la producción de una bebida tipo vodka a partir de almidón de maíz inicia con un pH de 4,47 y finaliza en 3,05 tras 14 días de fermentación. Por su parte, la investigación de Bustillos y Cochero (2022) sobre la elaboración de una bebida destilada (vodka) a partir de almidón de oca reporta un pH inicial de 4,5, que desciende a aproximadamente 3,16 al final de un proceso de fermentación de 10 días.

Estos antecedentes sugieren que los datos obtenidos en la presente investigación respecto al pH son coherentes con los resultados reportados por los autores mencionados.

En el Anexo 3 se muestra que el pH de cada tratamiento comienza en un rango de 5,30 a 5,69 en el día 0. Conforme avanza la fermentación, se observa una ligera disminución del pH en comparación con los valores iniciales. Como se evidencia en el gráfico 8, el pH promedio de los seis tratamientos presenta leves cambios a lo largo de los 14 días de fermentación, con una tendencia a la baja. De manera similar, Benavides y Pozo (2011) reportan en su investigación que el pH de sus tratamientos sigue patrones comparables, obteniendo valores similares a los de esta investigación.

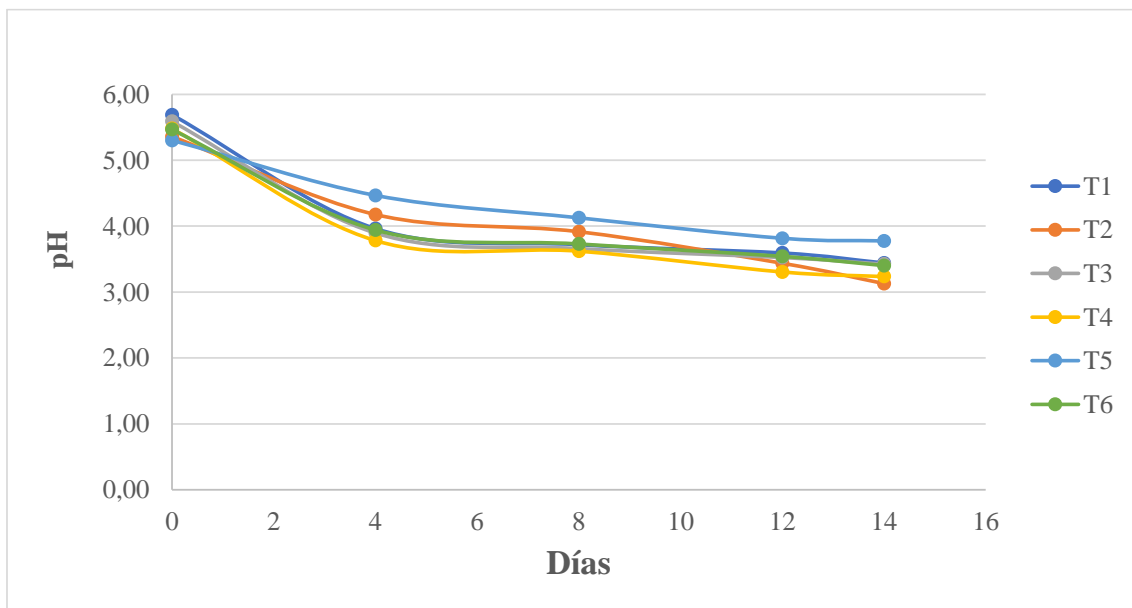


Gráfico 8. Comportamiento del pH respecto al tiempo de los tratamientos

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

2.10.4.3. Variable grado alcohólico

En la tabla 23 se presentan los resultados del análisis de varianza del grado alcohólico.

Tabla 23. ANOVA del grado alcohólico

Fuente de variación	GL	DÍA 4		DÍA 8		DÍA 12		DÍA 14	
		CM	p - valor	CM	p - valor	CM	p - valor	CM	p - valor
Repeticiones	1	0,08	0,6952	0,00	> 0,9999	0,08	0,8618	0,33	0,6952
Concentraciones de almidones	2	4,08	0,0249*	39,08	0,0014*	59,25	0,0028*	79,00	0,0008*
Tipos de levaduras	1	30,08	0,0005*	108,00	0,0002*	252,08	0,0002*	261,33	0,0001**
Concentraciones de almidones * Tipo de levaduras	2	3,08	0,0421*	15,75	0,0102*	31,58	0,0109*	32,33	0,0061*
ERROR	5	0,48		1,20		2,48		1,93	
TOTAL	11								
C. V %			7,80		5,82		6,24		4,97

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

Según los resultados presentados en la tabla 23, el análisis de varianza (ANOVA) para examinar el grado alcohólico durante los días 0, 4, 8, 12 y 14, donde existe diferencia significativa en el FACTOR A, FACTOR B y la Interacción del FACTOR A * B, es decir que el p-valor es menor al 0,05 %. Como resultado, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, confirmando así que hay variaciones notables entre los tratamientos y la respuesta relacionada con el grado alcohólico.

Para comprobar la diferencia significativa en el FACTOR A (Concentración de almidones), en el FACTOR B (Tipos de levaduras) y en la interacción del FACTOR A * B (Concentración de almidones * Tipos de levaduras) evaluados en el grado alcohólico se realiza la prueba de Tukey al 5%, como se anuncia en las tablas 24, 25 y 26.

Los coeficientes de variación del día 0, 4, 8, 12 y 14, son confiable lo que significa que, de cada 100 observaciones, el 7,80%; 5,82%; 6,24% y 4,97% son diferentes y el 92,2%; 94,18%; 93,76% y 95,03% de observaciones son confiables, dando como resultado la exactitud el análisis de sólidos solubles.

El coeficiente de variación es confiable, ya que el 2,88% es diferente, mientras que el 97,12% de observaciones son confiables. Esto sugiere que los valores del pH son similares para todos los tratamientos evaluados.

Tabla 24. Prueba Tukey al 5% del grado alcohólico 4, 8, 12 y 14 del FACTOR A

F A	n	DÍA 4		Día 8		Día 12		Día 14	
		Medias	E.E	Medias	E.E	Medias	E.E	Medias	E.E
3	4	10,00	0,35	21,00	0,55	28,50	0,79	31,50	0,7
2	4	8,75	0,35	20,25	0,55	26,25	0,79	29,50	0,7
1	4	8,00	0,35	15,25	0,55	21,00	0,79	23,00	0,7

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

En la Tabla 24 se presentan los resultados del FACTOR A (Concentraciones de almidón), donde se observa que el grado alcohólico más elevado, de 0,35%, se registró en el día 4, correspondiente a la mezcla de 80% de almidón de oca y 20% de maíz. En el día 8, esta misma combinación de almidón mostró un aumento considerable, alcanzando un grado alcohólico promedio de 21%. Posteriormente, en el día 12, el grado alcohólico se incrementó aún más, llegando a 28,50% con la misma proporción de 80% de oca y 20% de maíz. Finalmente, en el día 14, se alcanzó un grado alcohólico promedio de 31,50%, manteniendo la misma concentración. Estos resultados indican una diferencia significativa en los niveles de alcohol a lo largo del tiempo, lo que subraya la importancia de las concentraciones de almidón en la producción de alcohol.

Tabla 25. Prueba Tukey al 5% del grado alcohólico 4, 8,12 y 14 del FACTOR B

F	B	n	DÍA 4			DÍA 8			DÍA 12			DÍA 14		
			Medias	E.E		Medias	E.E		Medias	E.E		Medias	E.E	
1	6	6	10,5	0,28	A	21,83	0,45	A	29,83	0,64	A	23,67	0,57	A
2	6	6	7,33	0,28	B	15,83	0,45	B	20,67	0,64	B	23,33	0,57	B

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

En la Tabla 25 se presentan los resultados de la prueba Tukey correspondiente al FACTOR B (Tipos de levaduras) utilizadas en el experimento. Se observa que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* muestra un notable aumento en el grado alcohólico a través del tiempo. En el día 4, se registró un grado alcohólico promedio de 10,65%. Este valor se incrementó a 21,83% en el día 8, alcanzó 29,83% en el día 12 y, finalmente, llegó a 32,67% en el día 14. Estos resultados indican una diferencia significativa en el comportamiento del grado alcohólico asociado a esta levadura, lo que resalta su eficacia en la producción de alcohol durante el proceso de fermentación. La progresión continua del grado alcohólico sugiere que *Saccharomyces cerevisiae* es una opción favorable para optimizar la producción de alcohol.

Tabla 26. Prueba Tukey del 5% del grado alcohólico en los días 4,8,12 y 14 de la interacción del FACTOR A * FACTOR B

DÍA 4						DÍA 8					DÍA 12					DÍA 14				
F A	F B	n	Medias	E.E		F A	F B	Medias	E.E		F A	F B	Medias	E.E		F A	F B	Medias	E.E	
3	1	2	12,50	0,49	A	3	1	25,50	0,8	A	3	1	35,50	1,11	A	3	1	38,50	0,980	A
2	1	2	9,50	0,49	B	2	1	24,00	0,8	A	2	1	31,50	1,11	A	2	1	35,00	0,980	A
1	1	2	9,50	0,49	B	3	2	16,50	0,8	B	1	1	22,50	1,11	B	3	2	24,50	0,980	B
2	2	2	8,00	0,49	C	2	2	16,50	0,8	B	3	2	21,50	1,11	B	1	1	24,50	0,980	B
3	2	2	7,50	0,49	C	1	1	16,00	0,8	B	2	2	21,00	1,11	B	2	2	24,00	0,980	B
1	2	2	6,50	0,49	C	1	2	14,50	0,8	B	1	2	19,50	1,11	B	1	2	21,50	0,980	B

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

En la Tabla 26 se presentan los resultados de la prueba Tukey, que analiza la interacción entre el FACTOR A (Concentraciones de almidón) y el FACTOR B (Tipos de levaduras). Los datos indican que, en el día 4, el grado alcohólico promedio es de 5,30%, correspondiente a la mezcla de 80% de almidón de oca y 20% de maíz, utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. En el día 8, este grado alcohólico aumenta significativamente, alcanzando un promedio de 25,50% con la misma combinación de almidón. Posteriormente, en el día 12, el promedio se eleva a 35,50%, y finalmente, en el día 14, se registra un grado alcohólico promedio de 38,59%, manteniendo la misma proporción de almidón.

Estos resultados subrayan la influencia positiva de la combinación de almidón de oca y maíz en la producción de alcohol a lo largo del tiempo. La progresión constante del grado alcohólico sugiere que esta mezcla, en combinación con *Saccharomyces cerevisiae*, es altamente efectiva para optimizar el proceso de fermentación. Estos hallazgos son coherentes con los resultados de Vásquez y Vásquez (2022), quienes también notaron diferencias significativas en el contenido de alcohol en sus investigaciones sobre la producción de vodka a partir de diversas variedades de maíz, concluyendo que ciertos tratamientos exhiben una eficiencia notablemente superior en la producción de alcohol. Por su parte, Bustillos y Cochero (2022) señalaron que la variedad de almidón y la concentración de ácido son factores determinantes en la efectividad del proceso de fermentación y destilación.

La gráfica 9 ilustra el comportamiento del porcentaje de grado alcohólico durante la fermentación para cada tratamiento. Al inicio del proceso, todos los tratamientos comenzaron con un 0 % de grado alcohólico. Sin embargo, los tratamientos t₅ y t₃ destacan por mostrar un aumento más pronunciado en comparación al resto de los tratamientos. Estos tratamientos emplean la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, lo que sugiere que esta levadura es más eficaz en la conversión de los sólidos solubles del mosto en alcohol, en comparación con *Saccharomyces bayanus*. Al concluir la fermentación en el día 14, el tratamiento t₅ alcanzó el mayor porcentaje de grado alcohólico, con un promedio de 38,5 %. Por otro lado, el tratamiento t₂ registró el menor porcentaje, con un valor promedio de 21,5 %, como se observa en la gráfica y en el Anexo 4.

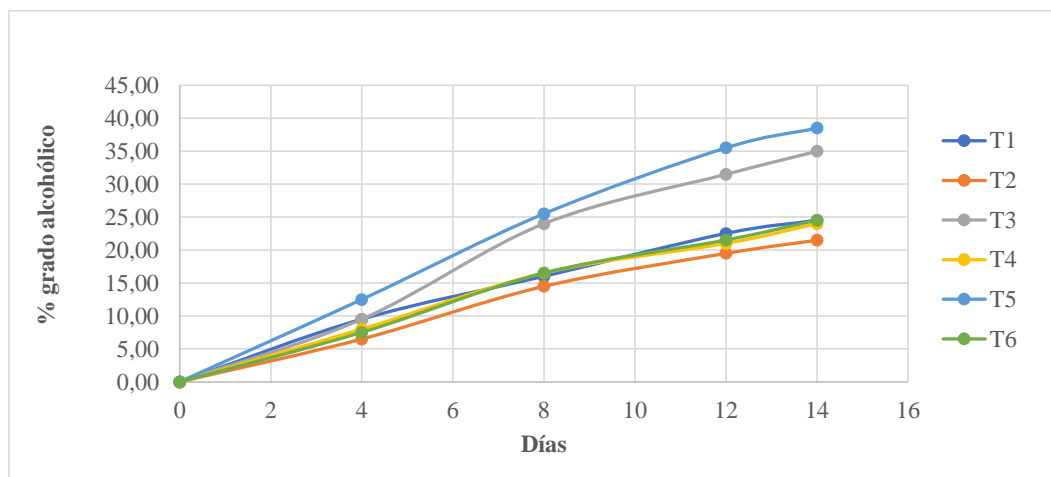


Gráfico 9. Comportamiento del % grado alcohólico con respecto al tiempo de los tratamientos

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

2.10.5. Análisis de calidad

Una vez que se identificó el mejor tratamiento, que consistió en un 80% de almidón de oca y un 20% de maíz más *Saccharomyces cerevisiae* perteneciente al t₅, la muestra fue enviada a un laboratorio acreditado para evaluar sus características físicas y químicas, conforme a la normativa INEN 369. En la tabla 23 se presenta los resultados obtenidos del análisis de calidad de la bebida tipo vodka.

Tabla 27. Análisis de calidad del mejor tratamiento.

Parámetros	Unidad	Método	Resultado
Alcohol, fracción volumétrica	% v/v	INEN 360	38,14
Metanol	mg/100 ml	INEN 347	< 0,02
Furfural	mg/100 ml	INEN 344	< 0,02
Alcoholes superiores	mg/100 ml	INEN 347	< 0,02

Fuente: (LABOLAB, 2024)

El análisis fisicoquímico de calidad realizado del mejor tratamiento en un laboratorio certificado da como resultado grado alcohólico 38,14 % v/v, en cambio metanol, furfural y alcoholes superiores resultaron menores a 0,02 mg/100ml; es decir que estos resultados no exceden el límite máximo permitido por la norma INEN 369.

Este análisis fue fundamental para asegurar que el producto final cumpliera con los estándares requeridos, garantizando así su idoneidad para el consumo, con estos resultados se realiza el análisis de sensorial para lograr determinar el nivel de aceptabilidad que tiene la bebida.

2.10.6. Análisis sensorial

El análisis sensorial del mejor tratamiento se llevó a cabo con un grupo de 40 catadores no entrenados, quienes evaluaron las características organolépticas de la bebida tipo vodka

elaborada a partir de almidón de oca y maíz. En la tabla se muestra los resultados de dicho análisis.

Tabla 28. Resultados de los 40 catadores no entrenados.

Valoración	Características evaluadas		
	Sabor	Olor	Global (Aceptabilidad)
1. Me gusta mucho	9	4	7
2. Me gusta	14	12	16
3. Ni me gusta ni me disgusta	12	21	14
4. Me disgusta	5	3	3
5. Me disgusta mucho	0	0	0
Total de catadores	40	40	40

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

2.10.6.1. Evaluación del sabor

El gráfico 10 de radar muestra la distribución de las preferencias de los evaluadores respecto al sabor del producto. La mayoría de los evaluadores se inclina por una opinión positiva, ya que un grupo considerable calificó el sabor como "Me gusta". Sin embargo, una proporción significativa de evaluadores adoptó una postura neutral, indicando que el sabor "ni les gusta ni les disgusta". Solo una pequeña cantidad de personas consideró que el sabor es desagradable, y ninguno lo encontró extremadamente desagradable. En conjunto, esto sugiere que el sabor del producto es aceptable para la mayoría, aunque existe margen para mejorar su atractivo general.



Gráfico 10. Resultados de las características del sabor

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

2.10.6.2. Evaluación del olor

En cuanto al olor, en el gráfico 11 del radar muestra que la mayoría de los evaluadores tienen una opinión neutral o ligeramente positiva. La mayor concentración de respuestas se encuentra

en "Ni me gusta ni me disgusta", lo que indica que el olor no genera una reacción fuerte en la mayoría de los evaluadores. Un grupo pequeño se inclinó por la categoría "Me gusta", mostrando una percepción positiva, aunque no dominante. No se observan respuestas en las categorías "Me gusta mucho", "Me disgusta", o "Me disgusta mucho", lo que sugiere que el olor del producto no provoca reacciones extremas, ni positivas ni negativas, en los evaluadores. En resumen, el olor del producto es percibido como aceptable, sin generar fuertes opiniones a favor o en contra, lo que podría interpretarse como un punto neutral que podría beneficiarse de ajustes para generar una mayor atracción sensorial.

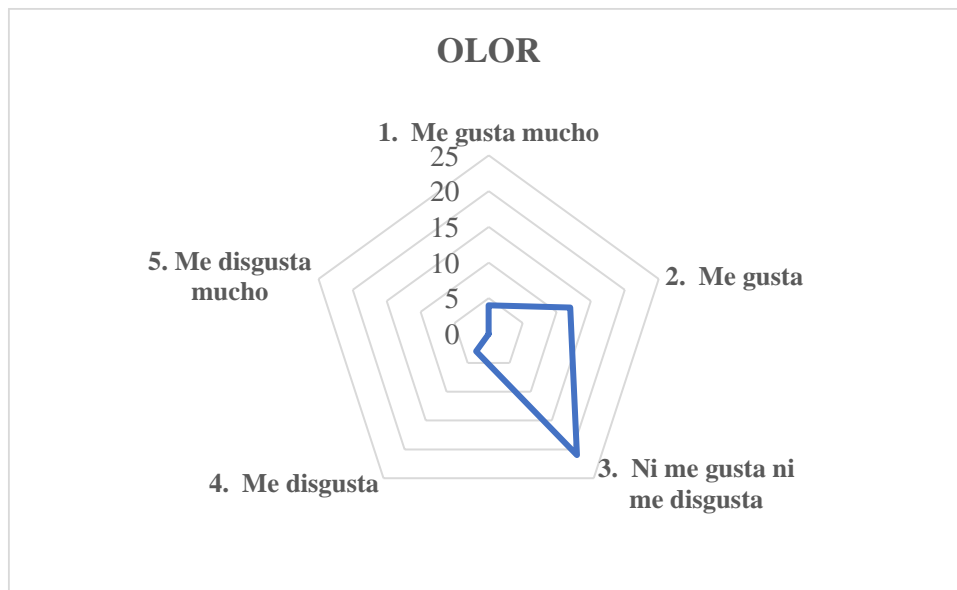


Gráfico 11. Resultados de la característica del olor

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

2.10.6.3. Evaluación de la Aceptabilidad Global

La gráfica 12 de radar sobre la aceptabilidad global del producto muestra una tendencia mayoritariamente positiva. La mayoría de los evaluadores se ubican en las categorías de "Me gusta" y "Ni me gusta ni me disgusta", lo que indica que el producto en general es aceptable para la mayoría, aunque no genera un entusiasmo destacado. Un número considerable de personas ha mostrado una actitud neutra hacia el producto, sugiriendo que, si bien no presenta defectos importantes, tampoco sobresale en aspectos que podrían hacer que les encante. Es relevante destacar que no hay evaluadores que hayan expresado una opinión extremadamente negativa, ya que no se registraron respuestas en las categorías "Me disgusta" o "Me disgusta mucho". Esto sugiere que el producto tiene una buena base de aceptabilidad, pero podría beneficiarse de mejoras para elevar la percepción general y mover a más evaluadores hacia las categorías de mayor agrado, especialmente "Me gusta mucho".

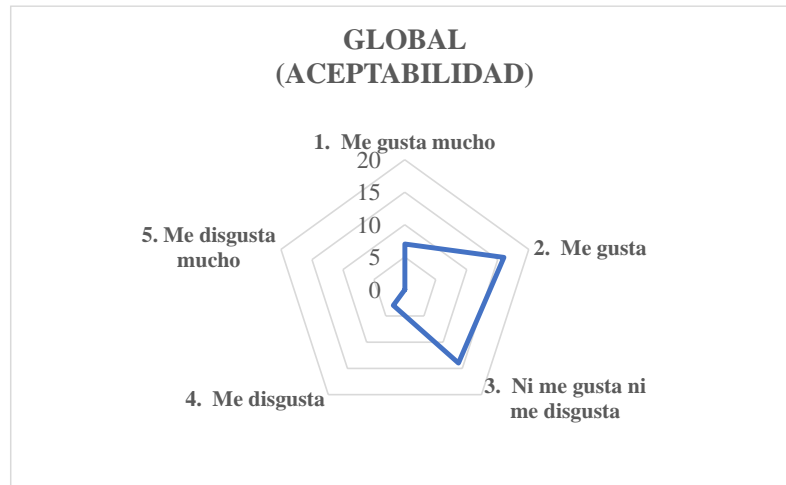


Gráfico 12. Resultados de la característica de global (aceptabilidad)

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

3. IMPACTOS DEL PROYECTO

3.1. Técnicos

Para determinar los impactos técnicos del proyecto de elaboración de una bebida tipo vodka a partir del almidón de oca y maíz, es fundamental considerar la eficiencia del proceso de fermentación y destilación, así como la calidad del producto final. Es crucial evaluar si el proceso permite obtener un vodka de alta calidad que cumpla con los estándares establecidos.

3.2. Sociales

En el ámbito social, este proyecto podría influir en las prácticas culturales relacionadas con el consumo de bebidas alcohólicas. Además, la producción de vodka a partir de materias primas locales podría generar oportunidades de empleo en las comunidades donde se desarrolla el proyecto, contribuyendo al bienestar social.

3.3. Económicos

Desde una perspectiva económica, la producción de vodka a partir de cultivos autóctonos como la oca y el maíz puede ofrecer una alternativa rentable para los agricultores. El uso de recursos renovables y locales en la producción de alimentos y bebidas puede promover el desarrollo económico en comunidades agrícolas. La generación de ingresos adicionales para los productores y la creación de nuevos mercados pueden contribuir al crecimiento económico regional.

3.4. Ambientales

Finalmente, los impactos ambientales deben evaluarse en términos de uso sostenible de recursos, manejo de residuos y emisiones durante el proceso fermentativo. Es crucial implementar prácticas que minimicen la huella ecológica y promuevan la sostenibilidad. Esto puede incluir el uso eficiente del agua, la gestión adecuada de los residuos generados y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. La adopción de tecnologías y procesos respetuosos con el medio ambiente puede contribuir a la preservación de los recursos naturales y a la mitigación del impacto ambiental del proyecto.

4. RECURSOS Y PRESUPUESTO

Tabla 29. Presupuesto del proyecto de investigación.

Detalle	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
Materia prima				
Oca	80	kg	0,33	26
Maíz	126	kg	2,5	315
Insumos				
Enzima Alfa-amilasa	28,8	g	75	150
Enzima Amiloglucosidasa	28,8	g	75	225
Metabisulfito	6	g	0,31	0,31
<i>Saccharomyces bayanus</i>	6	g	15	30
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	15	g	15	30
Materiales				
Papel aluminio	2	unidad	1,12	2,24
Envases de fermentación	11	unidad	1,8	19,8
Respiradores	12	unidad	6	72
Envases de vidrio (90 ml)	4	unidad	1	4
Bandejas de aluminio	12	unidad	0,65	7,8
Tela lienzo	4	m	2,5	10
Equipos				
Refractómetro de alcohol	1	unidad	33,75	33,75
Análisis del laboratorio				
Análisis físicos y químicos	1	unidad	120,75	120,75
Otros gastos				
Transporte	-	-	10	10
Internet	45	días	15	45
TOTAL				1101,65

Fuente: (Amán & Yangua, 2024)

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación se concluye que:

- Para la elaboración de la bebida tipo vodka se establecieron tres concentraciones en la mezcla de los almidones siendo 20 % de almidón de oca 80 % almidón de maíz, 50 % de almidón de oca y 50 % de almidón maíz; y 80 % almidón de oca y 20 % almidón de maíz. Además, en el estudio se trabajó en cada concentración con dos tipos de levadura como son la *Saccharomyces cerevisiae* y *bayanus*.
- Los resultados obtenidos de los análisis físicos-químicos de cada tratamiento confirmaron que el modelo de orden cero fue el más adecuado para describir la cinética de producción de alcohol en sólidos solubles y grado alcohólico logrando identificar el t_5 (80% de almidón de oca y un 20% de maíz, con *Saccharomyces cerevisiae*) como el mejor tratamiento, para el caso de los sólidos solubles R^2 de (0,999) en el modelo de orden cero y una constante de velocidad de (-0.7505); mientras que en el grado alcohólico, el tratamiento t_5 destaca con un R^2 de (0,9912) en el modelo de orden cero y una constante de velocidad de (2,8034); por último el resultado del pH en el modelo de orden 1 muestra el ajuste más preciso con su constante de velocidad de (0,0214) y R^2 de (0,9306). El t_5 demostró una alta predictibilidad y precisión, lo que sugiere que la producción de alcohol puede ser controlada de manera efectiva bajo condiciones específicas.
- Los resultados del análisis de calidad realizado al mejor tratamiento (t_5) cumplieron con los requisitos establecidos por la normativa INEN 369. El t_5 dio un Alcohol, fracción volumétrica de 38 %, mientras que metanol furfural y alcoholes superiores arrojaron valores < 0,02 mg/100ml de muestra. En el análisis sensorial se concluye que la bebida tiene aceptabilidad entre los catadores.

6. RECOMENDACIONES

- Para evitar la contaminación y alteración del pH en la bebida tipo vodka, se recomienda tomar muestras de sólidos solubles en intervalos específicos de tiempo, en lugar de hacerlo diariamente. Esto permitirá un monitoreo adecuado sin exponer el producto a una contaminación frecuente.
- Es fundamental tener en cuenta las temperaturas adecuadas para activar las enzimas en el proceso de permutación. La alfa amilasa se activa a 70°C; por otro lado, la glucoamilasa se activa a temperaturas que oscilan entre 55 y 60°C. En cuanto a la inactivación de estas enzimas, es necesario someterlas a temperaturas superiores a las recomendadas para su activación. Esto asegura que las enzimas se inactiven de manera efectiva, evitando que continúen actuando y potencialmente alteren la calidad del producto final.
- Se debe utilizar un cernidor para filtrar la mezcla, eliminando partículas más grandes, seguidamente la mezcla debe ser filtrada utilizando una tela de lienzo que permite separar el almidón de la fase líquida, asegurando que se recoja la mayor cantidad de partículas de almidón posible.
- Durante la destilación tener en cuenta el control de la temperatura en conjunto con el punto de ebullición del alcohol, para evitar la mezcla indeseada de agua y alcohol, lo que podría afectar negativamente el grado alcohólico del producto final.

7. BIBLIOGRAFÍAS

- Agama-Acevedo, E., Juárez-García, E., Evangelista-Lozano, S., Rosales-Reynoso, O. L., & Bello-Pérez, L. A. (2012). Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis. *Agrociencia*, 47(1), 01-12.
- Aguirre, Z., Aguirre, L. A., Jaramillo, N., & Peña, J. (2019). Diversidad e Importancia de los Tubérculos Andinos en la Soberanía Alimentaria de Ecuador. *CRIALZCH*, 2, 135. https://www.researchgate.net/publication/360116592_Tuberculos_andinos_de_Ecuador
- Amagua González, G. S., & Chancusig Casa, A. P. (2020). *Estudio del comportamiento de un preparado enzimático (α -amilasa, β -amilasa y amiloglucosidasa) sobre masato semi-sólido de yuca (*manihot esculenta crantz*) para la obtención de una bebida* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).)
- Arévalo Minchola, A. (2017). Caracterización de las propiedades fisicoquímicas y térmicas de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*).
- Arteaga, I. H., Pérez, J. C. A., & Luna, S. M. (2015). Creatividad e innovación: competencias genéricas o transversales en la formación profesional. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (44), 135-151.
- Avellán, A., Díaz, D., Mendoza, A., Zambrano, M., Zamora, Y., & Riera, M. A. (2020). Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 7(1), 1-11.
- Benavides Arteaga, I. M., & Pozo López, M. M. (2011). *Elaboración de una Bebida Alcohólica Destilada (Vodka) a partir de tres variedades de Papa (*Solanum Tuberosum*) utilizando dos tipos de Enzimas* (Bachelor's thesis).
- Bustillos Sánchez, D. L., & Cochero Murillo, B. L. (2022). Obtención de una bebida alcohólica destilada (vodka) mediante hidrólisis ácida a partir de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*). UPEC.
- Cabezas, N. M., Cuadrado, A. Z., Maigua, I. S., & Hernández, P. A. (2021). COMPOSICIÓN QUÍMICA, MORFOLOGÍA Y PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LOS ALMIDONES NATIVOS DE ORIGEN ANDINO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA. *RECIENA*, 1(2), 45-57.

- Castro, F. S., Cabezas, N. M., & Flores, M. R. (2022). POTENCIALIDAD DEL USO DE OCA (OXALIS TUBEROSA) COMO INGREDIENTE PRINCIPAL PARA MERMELADA. *RECIENA*, 2(2), 59-64.
- Castañeta, G., Castañeta, R., & Peñarrieta, J. M. (2022). Cambios fisicoquímicos por exposición a la radiación solar en tubérculos de oxalis tuberosa, "oca" cultivados en Bolivia. *Revista Boliviana de Química*, 39(2), 18-29.
- Cruz, N., Gomez, K. Y. V., & Delgado, G. T. C. (2019). Extracción y caracterización fisicoquímica y reológica del almidón de Oca (*Oxalis tuberosa*).
- Díaz, H. A. G., & Salamanca, G. (2020). Cinética del proceso de fermentación de mostos en la producción de cerveza. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(2), 9-21. Guacho Abarca, E. F. (2014). Caracterización agro-morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José de Chazo (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Espinosa Cajas, F. J. (2013). Obtención de etanol mediante hidrólisis alcalina, enzimática y fermentación a partir del excedente orgánico del banano variedad *Musa paradisiaca*.
- Espinosa, J. (2013). *Cinética química: conceptos fundamentales y aplicaciones*. Editorial Reverté.
- LOS TRÓPICOS, E. N. (2001). EL MAÍZ. *El Maíz en Los Tropicos: Mejoramiento Y Produccion (Coleccion FAO: Produccion Y Proteccion Vegetal)*, (28).
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y Agricultura. (2023). *Acederilla*. <https://www.fao.org/traditional-crops/oca/es/>
- Fernández, R., & Morales, T. (2021). Impacto de las condiciones de fermentación en el rendimiento alcohólico del maíz. *Revista de ciencia y tecnología de los alimentos*, 58(4), 234-240.
- FOOD TECH. (2023). *Conoce los usos del almidón en la industria alimentaria*. <https://thefoodtech.com/ingredientes-y-aditivos-alimentarios/el-almidon-en-la-industria-alimentaria-un-ingrediente-funcional-y-versatil/>
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Science and Technology*, 28, 718-726.

- Garcés Hernández, B. F. (2019). *Obtención de harina de mashua (Tropaeolum Tuberosum) y oca (Oxalis Tuberosa) mediante deshidratación para la elaboración de pastas artesanales* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- García Martínez, E. M., & Fernández Segovia, I. (2012). Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación.
- García, L., Martínez, R., & Soto, J. (2019). Influencia de enzimas en la fermentación de almidones de tubérculos. *Revista de Biotecnología y Bioquímica*, 8(2), 78-85.
- Gómez Romero, E. P., & Santa Maria Evaristo, L. (2018). Evaluación de diferentes porcentajes de la harina de oca (*Oxalis tuberosa*) y pulpa de fresa (*Fragaria vesca*) en el rendimiento del manjar blanco.
- Gordillo, G., Narváez-García, A., Carrera, J. O. A., & Sánchez, F. F. (2022). Desarrollo, producción y análisis de bebidas alcohólicas destiladas empleando diez tipos de frutas autóctonas ecuatorianas. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(6), 267-280.
- Guacho Abarca, E. F. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays L.) de la localidad San José de Chazo* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Science and Technology*, 28, 718-726.
- Hervas Paredes, P. M. (2011). *Estudio de la influencia de los grados brix del chaguar mishque para la obtención de una bebida carbonatada tipo champagne* (Bachelor's thesis).
- Ibarz, A., & Ribas, A. I. (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Mundi-Prensa Libros.
- Izquierdo, J. F., & Torres, J. F. I. (2004). *Cinética de las reacciones químicas* (Vol. 16). Edicions Universitat Barcelona.
- Lema Muñoz, S. Y. (2022). El consumo de oca en la soberanía alimentaria en el Cantón Otavalo en la comunidad de Agato, durante el periodo 2021.

- López Andújar, E. M., Álvarez-Dardet, C., & Gil-González, D. (2012). Evidencia científica y recomendaciones sobre cribado de agudeza visual: revisión bibliográfica. *Revista Española de Salud Pública*, 86, 575-588.
- López Espinosa, J. A. (2007). Referencias para una bibliografía de José López Sánchez. *ACIMED*, 16(1), 0-0.
- López, M., Pérez, J., & Martínez, A. (2020). Potencial de la oca y el maíz en la producción de bebidas alcohólicas. *Revista de Ciencias Agrarias*, 12(3), 45-60.
- López González, S. (2022). α -amilasa.
- Mackencie Marcillo, D. F. (2019). Evaluación de tres métodos de destilación en el proceso de obtención de una bebida alcohólica tipo vodka empenado Colocasia esculenta (MALAGANGA).
- Maigualca Pilatasig, J. A. (2021). *Elaboración de una bebida alcohólica destilada (vodka) a partir de dos variedades de papa chaucha (solanum phureja) y súper chola (solanum tuberosum l.) con alfa amilasa* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga (Universidad Técnica de Cotopaxi)).
- Martínez, J., Santiana, C., Flores, L., & Bonilla, M. (2021). Obtención de almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*). *Dialnet*.
- Méndez Hernández, L. (2020). *Determinación De Los Parámetros De Etanol En El Proceso De Fermentación Y Destilación Para La Producción Artesanal De Pox Con Sabor* (Doctoral dissertation).
- Méndez, J., Molina, E., Valdiviezo, R., Armendáriz, C., & Portilla, A. (2022). Study of the oenological properties of naranjilla for gastronomy uses, Pacto-Pichincha province. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 35(1), 124-136.
- Medina-Leaños, R., Segovia-Hernández, J.G., & Félix-Flores, M.G.. (2011). Desempeño dinámico de secuencias de destilación reactivas térmicamente acopladas en diferentes condiciones de operación. *Revista mexicana de ingeniería química*, 10(1), 147-160. Recuperado en 14 de agosto de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382011000100015&lng=es&tlng=es.

- Molina Córdor, D. P. (2024). *Análisis de las unidades de producción agropecuarias de comunidades de Cotopaxi y Chimborazo* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Mulet-Hing, Mónica. (2013). Automatización de la destilación de alcohol de la UEB destilería de la ronera Santiago de Cuba. *Tecnología Química*, 33(1), 1-9. Recuperado en 14 de agosto de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852013000100001&lng=es&tlng=es.
- Muñoz, J. (2010). Las bebidas alcohólicas en la historia de la humanidad. Medigraphic. <https://www.medigraphic.com/pdfs/aapaunam/pa-2010/pae101i.pdf>
- Narváez Guerrero, B. A. (2020). Estudio comparativo del rendimiento de la producción de bioetanol mediante métodos de extracción de primera y segunda generación a partir de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).
- Nauca Edquen, R. R. (2015). Determinación de parámetros tecnológicos la conservación en almíbar de tubérculos de oca (*Oxalis Tuberosa*).
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2016). *Bebidas alcohólicas. Vodka. Requisitos*. (INEN 369: 2016).
- Ordóñez Girón, L. D. (2022). *Desarrollo de una bebida alcohólica destilada tipo (vodka) a partir de dos variedades de tubérculos, Papa China (Colacasia Esculenta) y Oca (Oxalis Tuberosa)* (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Oré Areche, F. (2015). Determinación de los parámetros adecuados de la deshidratación de oca (*oxalis tuberosa mol.*) mediante lecho fluidizado para la obtención de harina.
- Patricia López Soto, O., & Cerezo Correa, M. D. P. (2008). Potencial erosivo de las bebidas industriales sobre el esmalte dental. *Revista Cubana de Salud Pública*, 34(4), 0-0.
- Pérez Mendoza, C., Hernández Livera, A., González Cossio, F. V., García de los Santos, G., Carballo Carballo, A., Vásquez Rojas, T. R., & Tovar Gómez, M. D. R. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura técnica en México*, 32(3), 341-352.
- Pineda-Caro, D. Y., Medina-Vargas, Ó. J., & Falla-Rocha, G. (2021). Enseñanza del concepto de pH desde la perspectiva del pensamiento científico: una revisión sistemática exploratoria. *Pensamiento y Acción*, (30), 37-51.

- POLIFENÓLICA, V. S. S. L. C. (2021). *FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN).
- Puerta, G. I. (2015). Cinética química de la fermentación del mucílago de café a temperatura ambiente.
- Ramírez, A., & Soto, F. (2022). Evaluación sensorial de bebidas alcohólicas a partir de almidones. *Revista de Tecnología Alimentaria*, 15(1), 12-20.
- Ramírez, J., & Ayala, M. (2014). Enzimas: ¿qué son y cómo funcionan? *Revista.unam.mx*. <https://www.revista.unam.mx/vol.15/num12/art91/art91.pdf>
- Rázuri Ysla, L. E. (2012). Efecto de la temperatura de fermentación y tratamiento ultrasonico en vino de lulo (*Solanum quitoense*).
- Regional Norte. (2016). En Urcuquí se impulsa la siembra de oca para rescatar la diversidad genética del tubérculo. *EL TELÉGRAFO*. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/en-urcuqui-se-impulsa-la-siembra-de-oca-para-rescatar-la-diversidad-genetica-del-tuberculo>
- Reyes Moya, K. A. (2023). Diseño de un proceso industrial usando la papa Cecilia (*Solanum Tuberosum*) como materia prima mediante vía seca para la obtención de vodka en la empresa primicia de la ciudad de Riobamba.
- Ron Peñafiel, I. X. (2022). *Determinación del ciclo de cultivo del maíz (Zea mays) VAR. blanco harinoso tipo chazo* (Bachelor's thesis).
- Ruiz-Silvera, C., Ávila-Ramírez, M., Alezones-Gómez, J., Romero-Hernández, M., & Tona-Hernández, H. (2018). Efecto de la cosecha mecanizada sobre la calidad del grano de maíz para la recepción y el procesamiento agroindustrial. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(3), 98-109.
- Salazar Carranza, L. A., Hinojoza Guerrero, M. M., Acosta Gaibor, M. P., Escobar Torres, A. F., & Scrich Vázquez, A. J. (2020). Caracterización, clasificación y usos de las enzimas lipasas en la producción industrial. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 39(4).
- SÁNCHEZ, C. P., MEJÍA, C. E., Figueroa, C., Esquivia, M., AGUDELO, L. M., Zapata, N., & Gómez, M. (2005). Estudio de cepas nativas amilolíticas. *Vitae*, 12(2), 21-28.

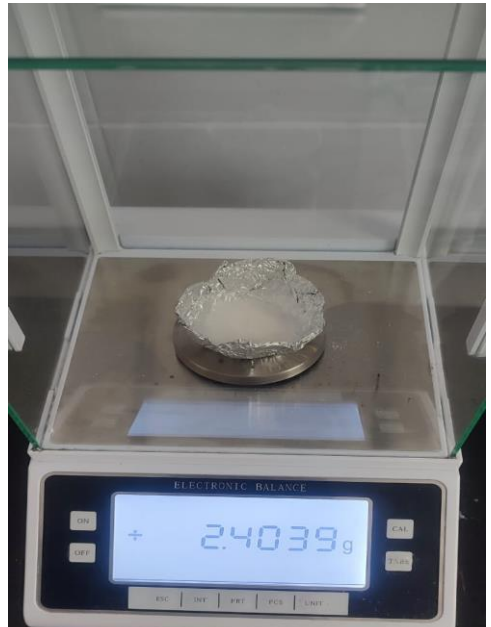
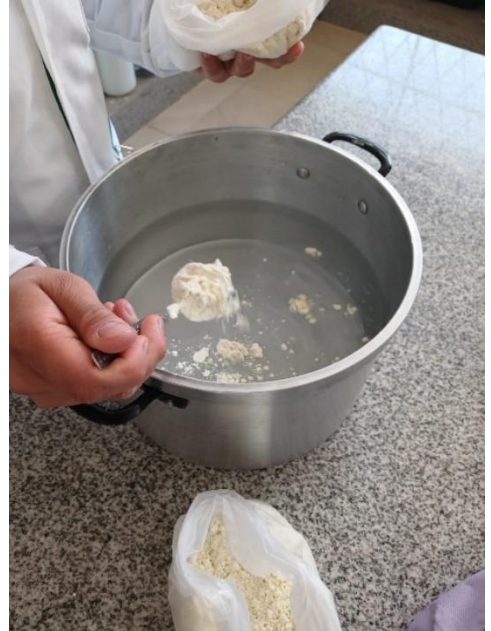
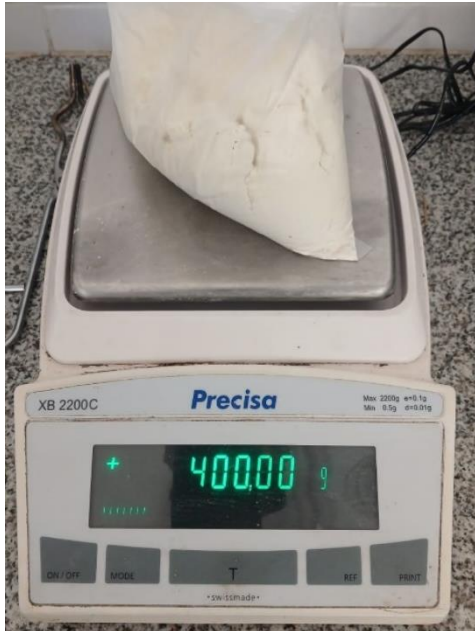
- Santivañez Esquivel, C. I. (2019). Análisis del sector productivo en el cultivo de oca (*Oxalis tuberosa* Mol) y el manejo comercial para el incremento de oferta en el mercado local bajo las condiciones de marketing–mix en el Distrito de Comas-Concepción.
- SOFRALAB. (2018). *Selectys la bayanus. Oenofrance*.
https://www.oenofrance.com/DOCS/FT_OF_SELECTYSLABAYANUS_ES.pdf
- Suárez-Machín, C., Garrido-Carralero, N. A., & Guevara-Rodríguez, C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(1), 20-28.
- Tabernilla, D. P., Tabernilla, R. P., Guerra, O. T., & Díaz, Y. G. (2019). Importancia del diagnóstico de la enzima alfa amilasa salival. *Revista científica estudiantil 2 de Diciembre*, 2(1 (2019)), 73-81.
- Torres, P., Pérez, A., Marmolejo, L. F., Ordóñez, J. A., & García, R. E. (2010). Una mirada a la agroindustria de extracción de almidón de yuca, desde la estandarización de procesos. *Revista EIA*, (14), 23-38.
- Tovar Benítez, T. (2008). Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (*Zea mays* L) obtenido por diferentes métodos de aislamiento.
- Vargas, W. C., Flores, P. M., Mora, F. C., & Villalva, J. G. (2023). Historia del maíz desde tiempos ancestrales hasta la actualidad. *Journal of Science and Research*, 8(4), 115-130.
- Vallejo Orozco, Y. A. (2023). *Evaluación fisicoquímica y cinética de producción de biomasa de dos tipos de levaduras Saccharomyces cerevisiae y Saccharomyces bayanus en la fermentación alcohólica de una bebida a base de mandarina (Citrus reticulata) y cidra (Sechium edule)* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Alimentos).
- Vasquez Valdez, M. (2016). Efecto de la temperatura y tiempo de fritura en el porcentaje de retención de aceite, determinación de color y aceptabilidad sensorial de rodajas fritas de plátano (*musa paradisiaca* l.) variedad cavendish.
- Vásquez Galárraga, M. G., & Vásquez Villarreal, L. E. (2011). *Obtención de Vodka a partir de dos tipos de maíz (zea mays): Maíz amarillo amiláceo y maíz blanco de grano vitrio* (Bachelor's thesis).
- Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*, 45(3), 271-278.

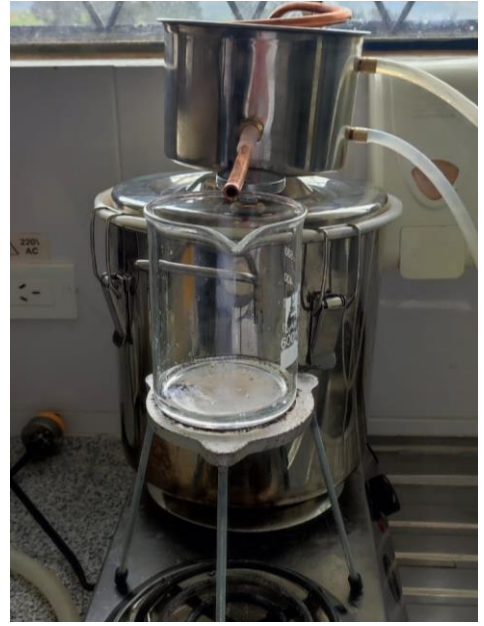
YARA. (2014). *Producción mundial del maíz*. Yara Ecuador.
<https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/maiz/produccion-mundial/>

Zeta, P., & Geraldine, M. (2018). Efecto de la cinética de hidrólisis ácida de almidón de maíz (zea mays l.) en el rendimiento para la obtención de etanol.

8. ANEXOS

Anexo 1. Proceso de elaboración del vodka





Anexo 2. Datos de los sólidos solubles durante la fermentación

Réplica 1 del comportamiento de sólido solubles (°Brix)

Días	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
0	15,57	15,67	15,5	14,43	14,57	14,9
1	14,99	15,01	14,8	13,47	14,12	13,73
2	14,25	14,26	13,78	13,21	13,29	13,31
3	13,51	13,51	13,16	12,51	12,45	12,55
4	12,8	12,38	12,57	11,38	11,38	11,81
5	12,04	12	11,53	11,04	10,48	10,67
6	11,31	11,27	10,71	10,31	9,6	9,53
7	10,57	10,52	9,89	9,57	9,11	8,88
8	9,5	9,48	8,48	8,29	8,35	7,95
9	8,9	9,03	8,11	8,1	7,63	7,65
10	8,36	8,28	7,53	7,67	6,85	6,86
11	7,63	7,53	6,71	6,74	6,21	6,31
12	6,37	6,27	6,1	6,24	5,3	5,97
13	6,05	6,04	5,12	5,57	4,78	5,49
14	5,4	5,35	4,7	5,01	4,36	5,26

Réplica 2 del comportamiento de sólido solubles (°Brix)

Días	t ₅	t ₃	t ₆	t ₁	t ₄	t ₂
0	14,9	15,17	15	15,27	14,75	15,4
1	14,3	14,5	14,72	14,67	14,03	14,77
2	13,6	13,6	13,58	13,97	13,38	14,07
3	12,9	13,1	12,96	13,27	12,43	13,37
4	12,2	12,4	12,57	12,57	12,08	12,48
5	11,5	11,7	11,71	11,87	11,43	11,67
6	10,62	11	11,22	11,17	10,78	11,27
7	10,1	10,3	10,78	10,47	10,23	10,57
8	9,4	9,4	9,21	9,5	9,48	9,47
9	8,7	8,59	8,13	9,07	8,78	9,17
10	8	8,13	7,69	8,37	8,25	8,47
11	7,3	7,5	6,99	7,67	7,63	7,37
12	6,2	6,6	6,5	6,37	6,47	7,01
13	5,25	6,1	5,72	6,07	6,26	6,37
14	4,3	5,4	5,27	5,57	5,78	5,67

Promedio del comportamiento de sólido solubles (°Brix)

Días	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
0	15,42	15,54	15,34	14,59	14,74	14,95
1	14,83	14,89	14,65	13,75	14,21	14,23
2	14,11	14,17	13,69	13,30	13,45	13,45
3	13,39	13,44	13,13	12,47	12,68	12,76
4	12,69	12,43	12,49	11,73	11,79	12,19
5	11,96	11,84	11,62	11,24	10,99	11,19
6	11,24	11,27	10,86	10,55	10,11	10,38
7	10,52	10,55	10,10	9,90	9,61	9,83
8	9,50	9,48	8,94	8,89	8,88	8,58
9	8,99	9,10	8,35	8,44	8,17	7,89
10	8,37	8,38	7,83	7,96	7,43	7,28
11	7,65	7,45	7,11	7,19	6,76	6,65
12	6,37	6,64	6,35	6,36	5,75	6,24
13	6,06	6,21	5,61	5,92	5,02	5,61
14	5,49	5,51	5,05	5,40	4,33	5,27

Anexo 3. Datos del pH durante la fermentación

Réplica 1 del comportamiento del pH

Días	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
0	5,80	5,50	5,60	5,50	5,30	5,50
1	4,41	4,42	4,36	4,17	4,68	4,41
2	4,31	4,33	4,25	3,98	4,59	4,23
3	4,11	4,10	4,06	3,87	4,60	4,07
4	4,04	4,08	3,91	3,82	4,42	3,94
5	4,06	4,08	3,80	3,77	4,31	3,91
6	4,02	3,99	3,78	3,71	4,22	3,82
7	3,93	3,95	3,72	3,68	4,13	3,78
8	3,87	3,90	3,69	3,66	4,10	3,75
9	3,74	3,82	3,61	3,55	3,95	3,72
10	3,77	3,79	3,58	3,53	3,86	3,68
11	3,69	3,49	3,55	3,40	3,84	3,60
12	3,68	3,37	3,55	3,33	3,83	3,56
13	3,59	3,26	3,48	3,30	3,80	3,50
14	3,48	3,16	3,45	3,27	3,80	3,43

Réplica 2 del comportamiento del pH

Días	t ₅	t ₃	t ₆	t ₁	t ₄	t ₂
0	5,30	5,57	5,43	5,57	5,46	5,22
1	4,73	4,33	4,32	4,33	4,10	4,66
2	4,69	4,15	4,17	4,15	3,91	4,58
3	4,55	3,97	3,99	3,97	3,86	4,49
4	4,51	3,88	3,94	3,88	3,74	4,27
5	4,47	3,83	3,83	3,83	3,77	4,20
6	4,37	3,74	3,79	3,74	3,66	4,06
7	4,23	3,64	3,70	3,64	3,59	4,00
8	4,15	3,63	3,71	3,57	3,58	3,93
9	3,95	3,57	3,65	3,52	3,49	3,85
10	3,90	3,57	3,60	3,63	3,48	3,77
11	3,87	3,52	3,58	3,57	3,35	3,71
12	3,80	3,50	3,52	3,50	3,28	3,50
13	3,78	3,45	3,42	3,45	3,20	3,26
14	3,75	3,40	3,37	3,40	3,20	3,10

Promedio del comportamiento del pH

Días	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
0	5,69	5,36	5,59	5,48	5,30	5,46
1	4,37	4,54	4,34	4,13	4,70	4,36
2	4,23	4,46	4,20	3,94	4,64	4,20
3	4,04	4,30	4,01	3,87	4,58	4,03
4	3,96	4,18	3,90	3,78	4,47	3,94
5	3,94	4,14	3,81	3,77	4,39	3,87
6	3,88	4,03	3,76	3,68	4,30	3,80
7	3,78	3,98	3,68	3,63	4,18	3,74
8	3,72	3,92	3,66	3,62	4,13	3,73
9	3,63	3,83	3,59	3,52	3,95	3,68
10	3,70	3,78	3,58	3,50	3,88	3,64
11	3,63	3,60	3,54	3,38	3,86	3,59
12	3,59	3,44	3,53	3,31	3,82	3,54
13	3,52	3,26	3,47	3,25	3,79	3,46
14	3,44	3,13	3,43	3,24	3,78	3,40

Anexo 4. Datos % grado alcohólico durante la fermentación

Réplica 1 del % grado alcohólico

Días	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	9,00	7,00	9,00	8,00	13,00	7,00
8	17,00	15,00	23,00	16,00	26,00	16,00
12	24,00	19,00	32,00	20,00	36,00	20,00
14	26,00	21,00	36,00	23,00	39,00	24,00

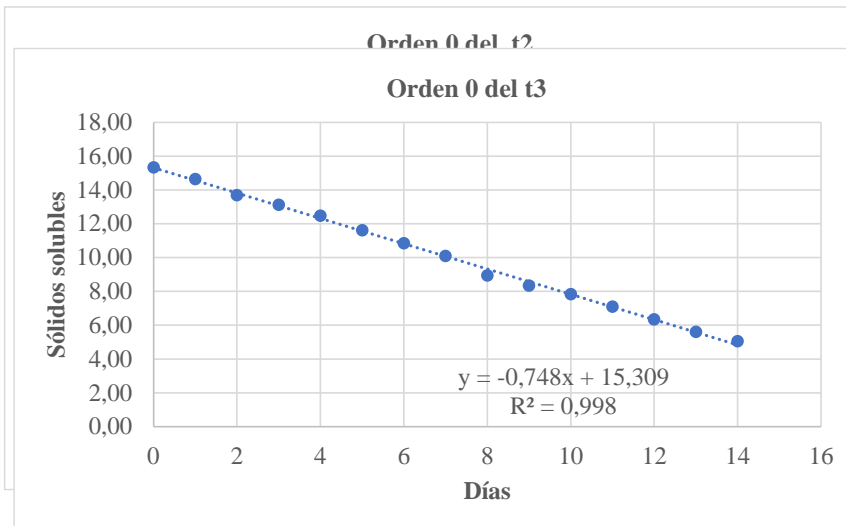
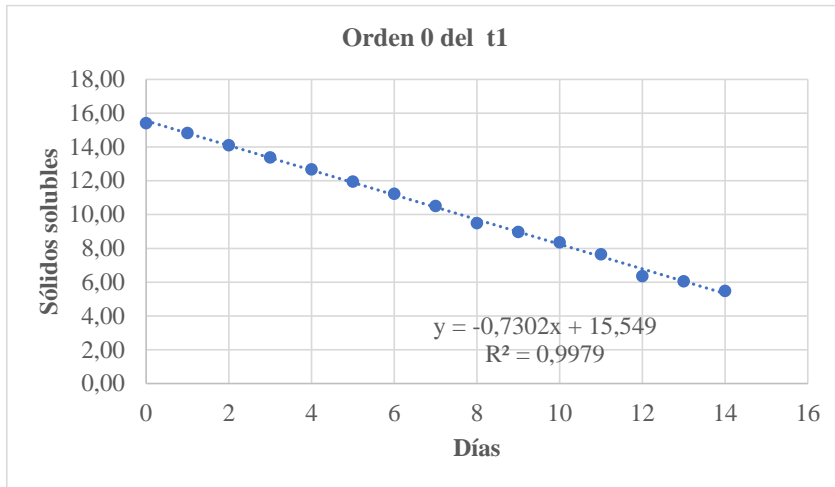
Réplica 2 del % grado alcohólico

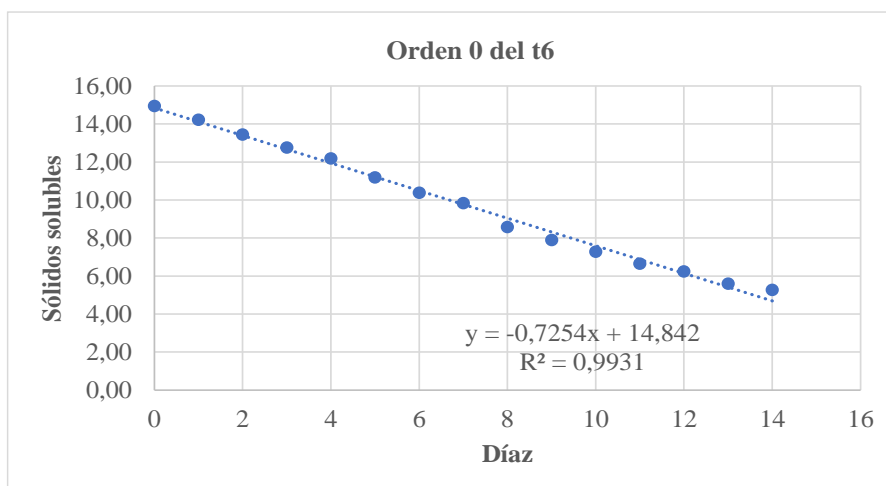
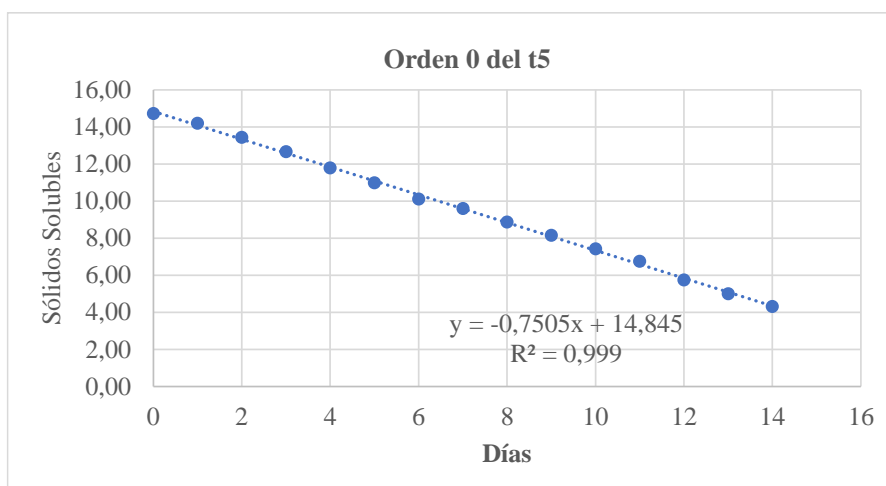
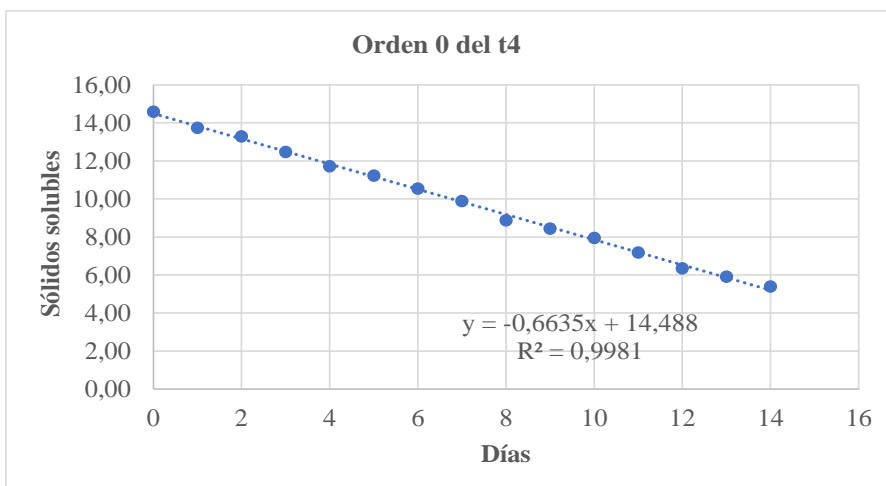
Días	t ₅	t ₃	t ₆	t ₁	t ₄	t ₂
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	12,00	10,00	8,00	10,00	8,00	6,00
8	25,00	25,00	17,00	15,00	17,00	14,00
12	35,00	31,00	23,00	21,00	22,00	20,00
14	38,00	34,00	25,00	23,00	25,00	22,00

Promedio del % grado alcohólico

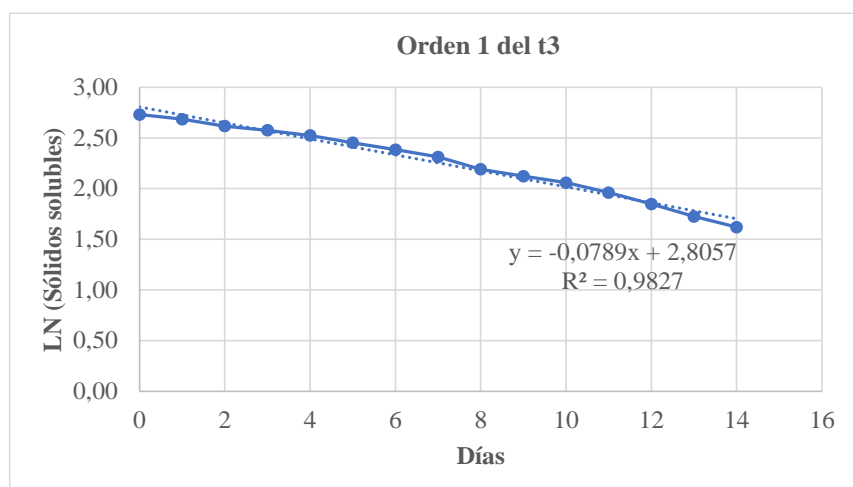
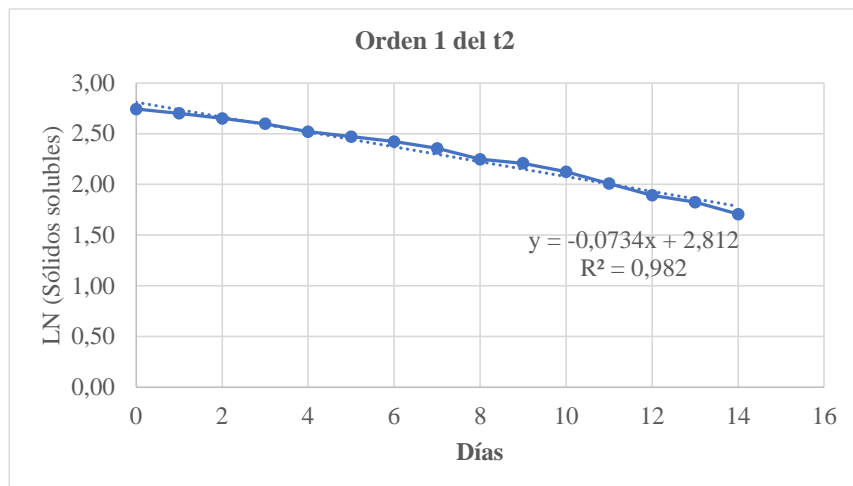
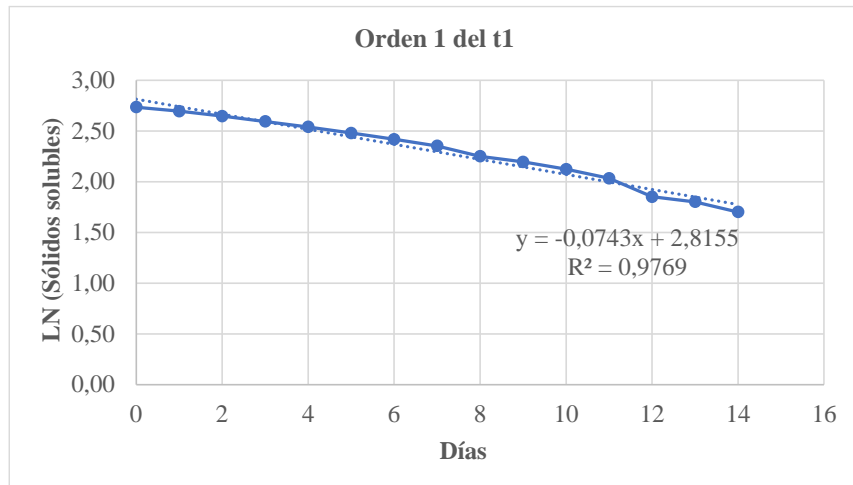
Días	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	9,50	6,50	9,50	8,00	12,50	7,50
8	16,00	14,50	24,00	16,50	25,50	16,50
12	22,50	19,50	31,50	21,00	35,50	21,50
14	24,50	21,50	35,00	24,00	38,50	24,50

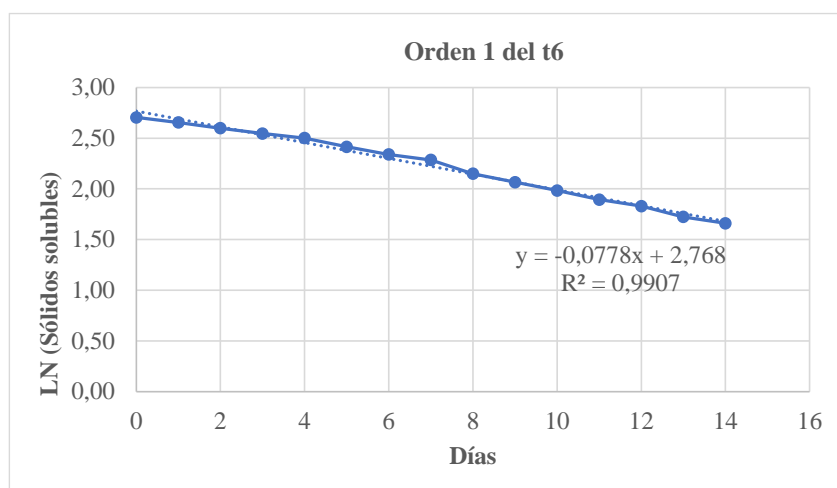
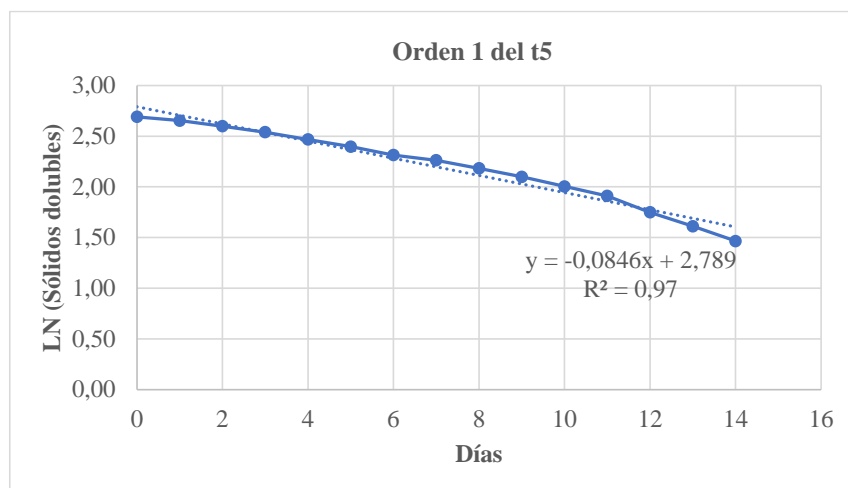
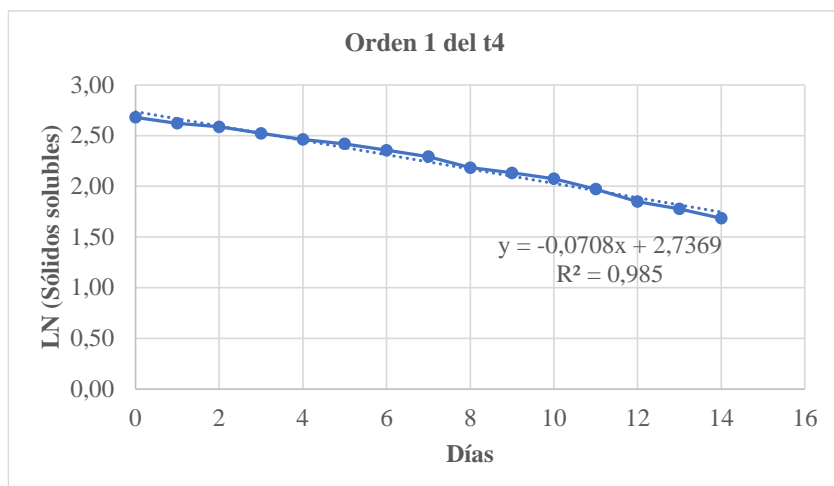
Anexo 5. Gráficas del orden de reacción 0 para los sólidos solubles de cada tratamiento



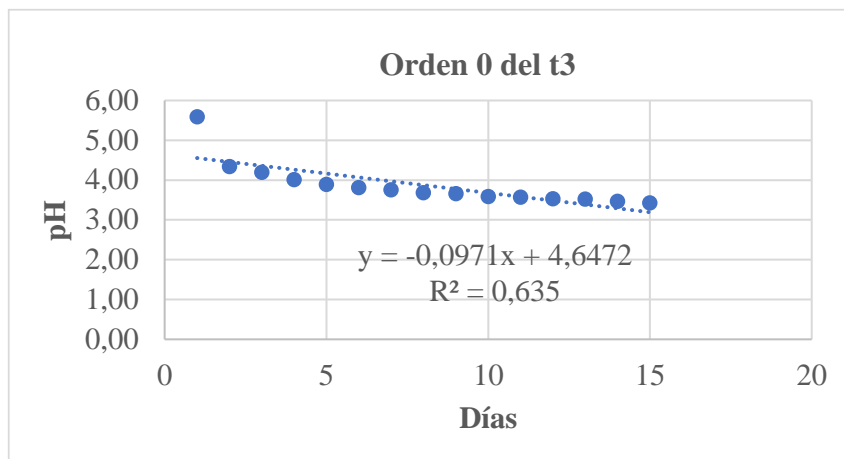
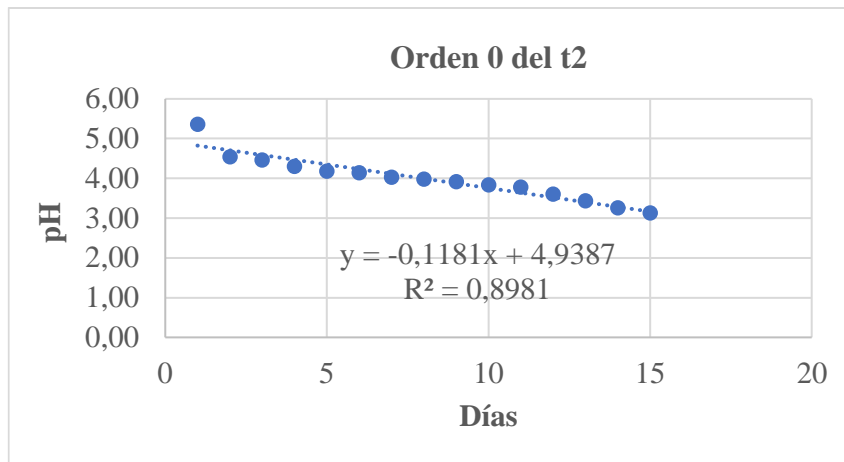
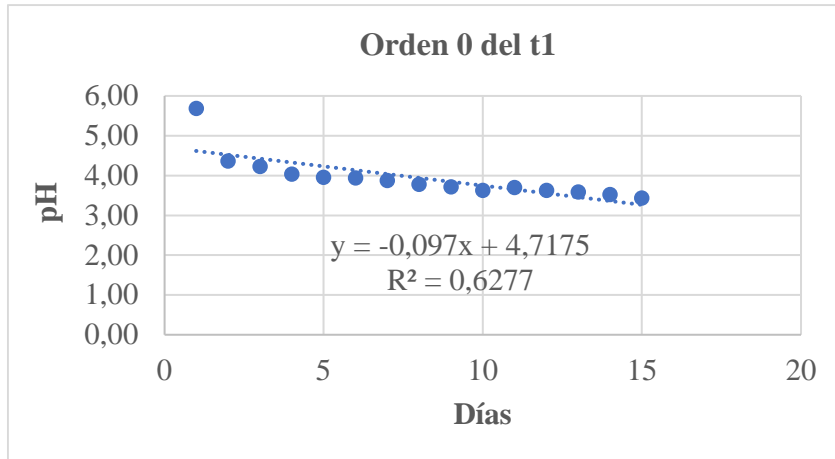


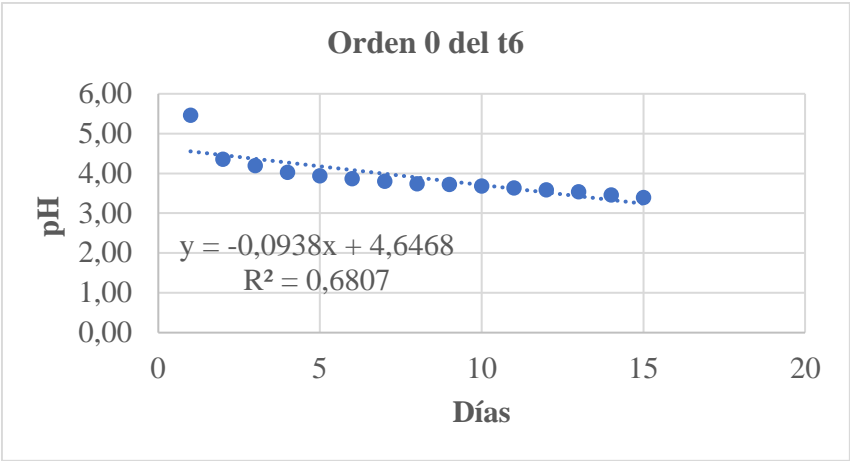
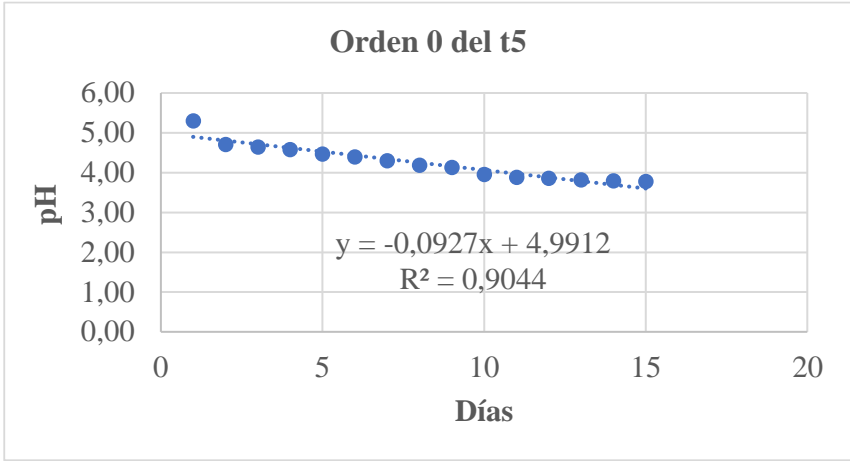
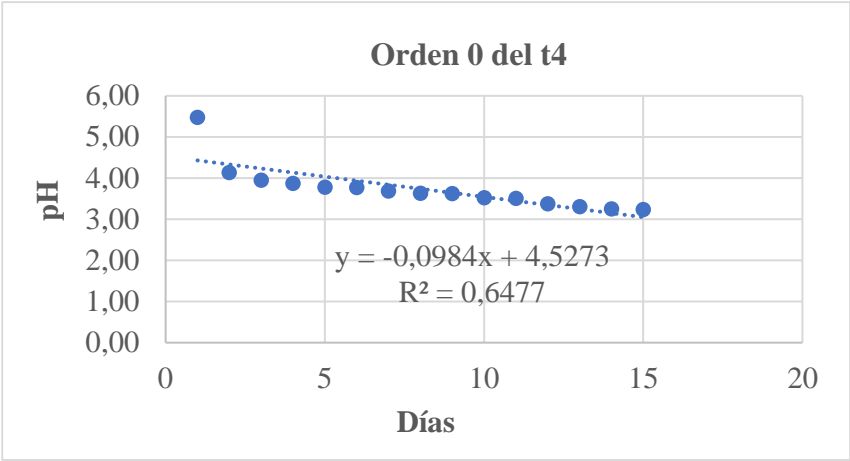
Anexo 6. Gráficas del orden de reacción 1 para los sólidos solubles de cada tratamiento



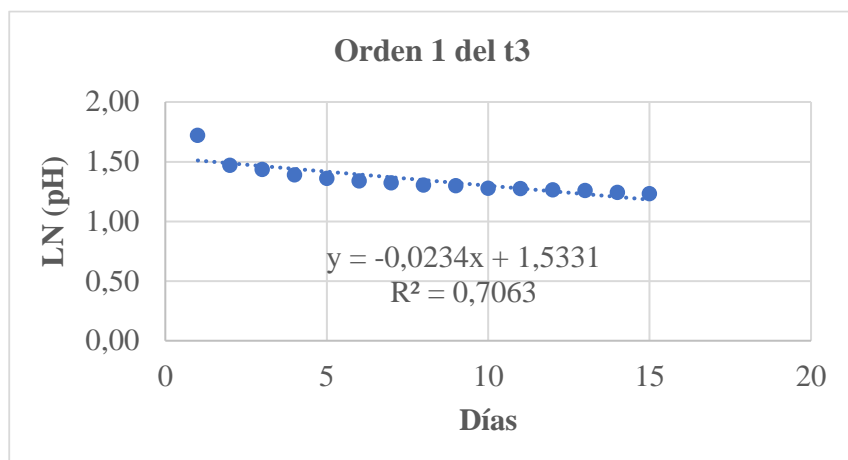
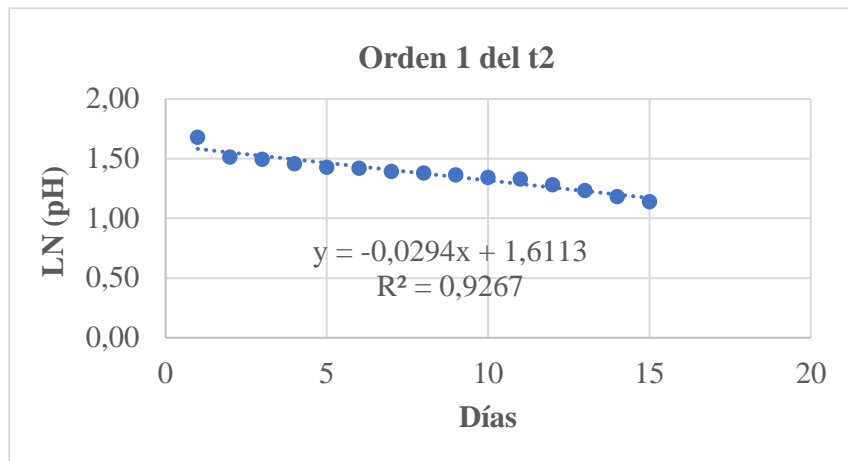
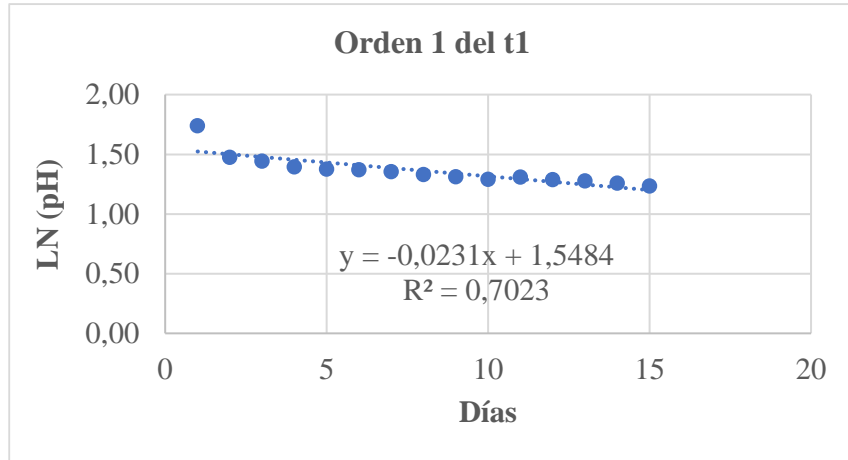


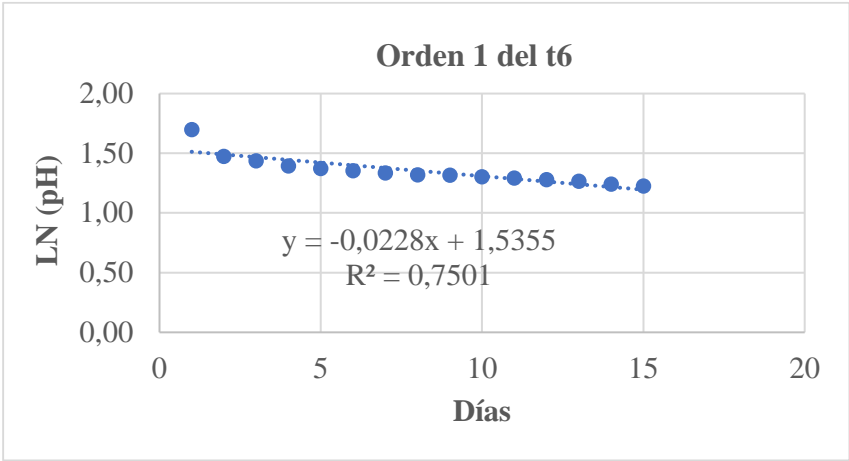
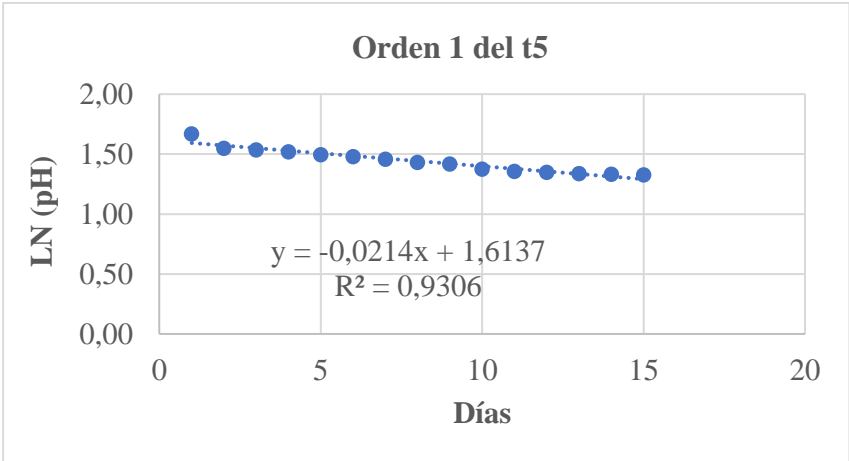
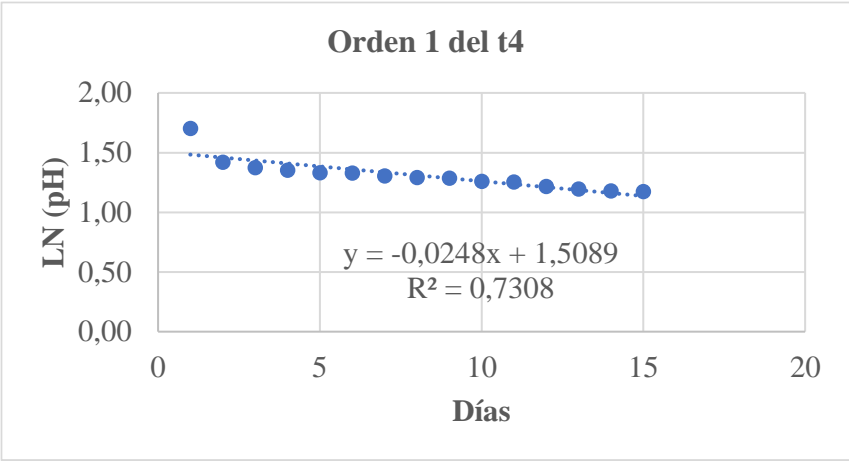
Anexo 7. Gráficas del orden de reacción 0 del pH de cada tratamiento



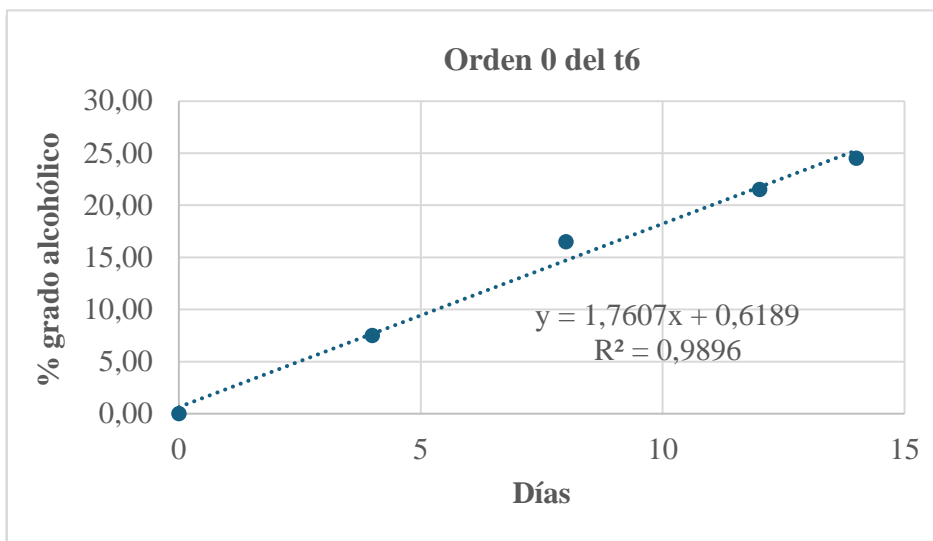
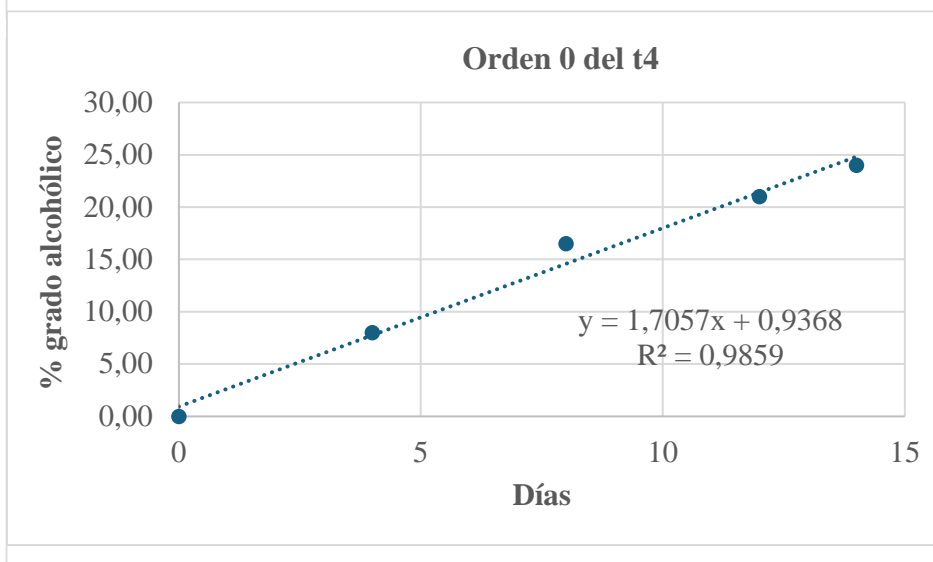
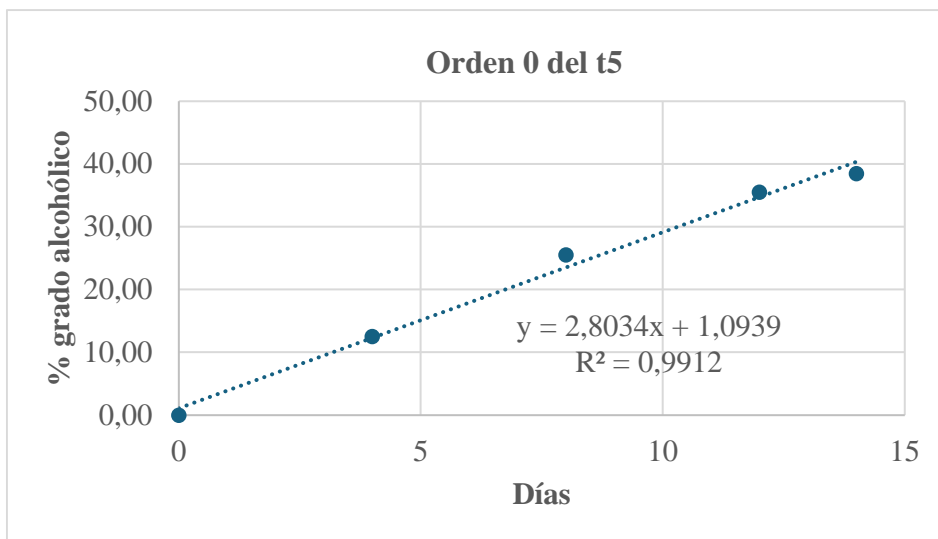


Anexo 8. Gráficas del orden de reacción 1 del pH de cada tratamiento

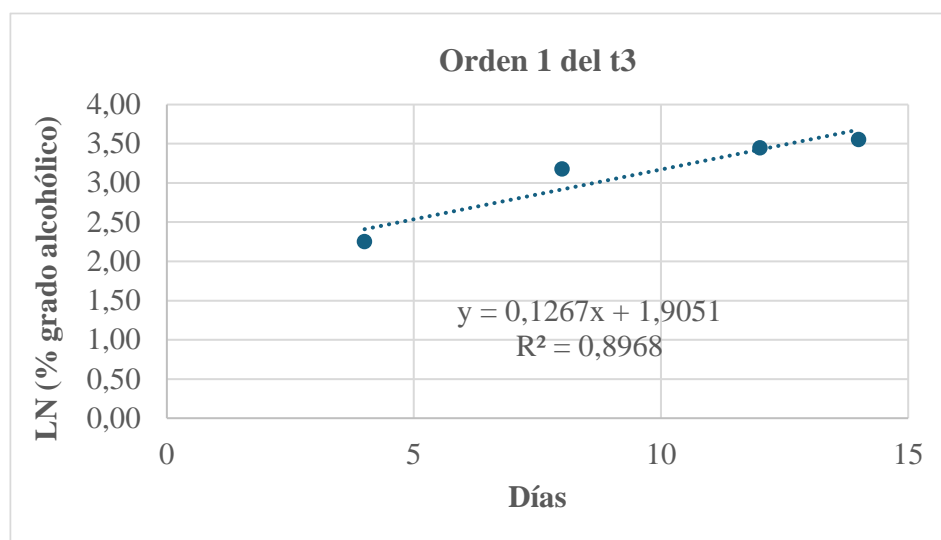
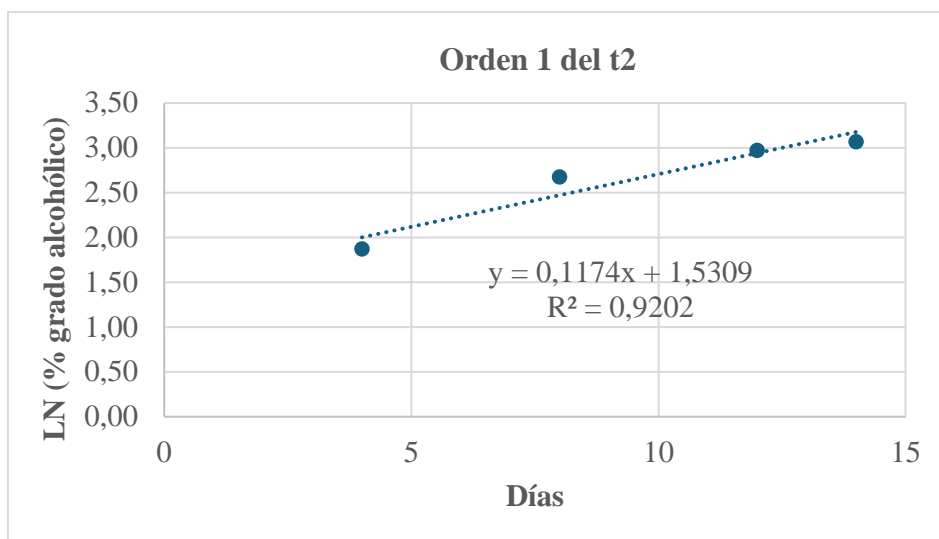
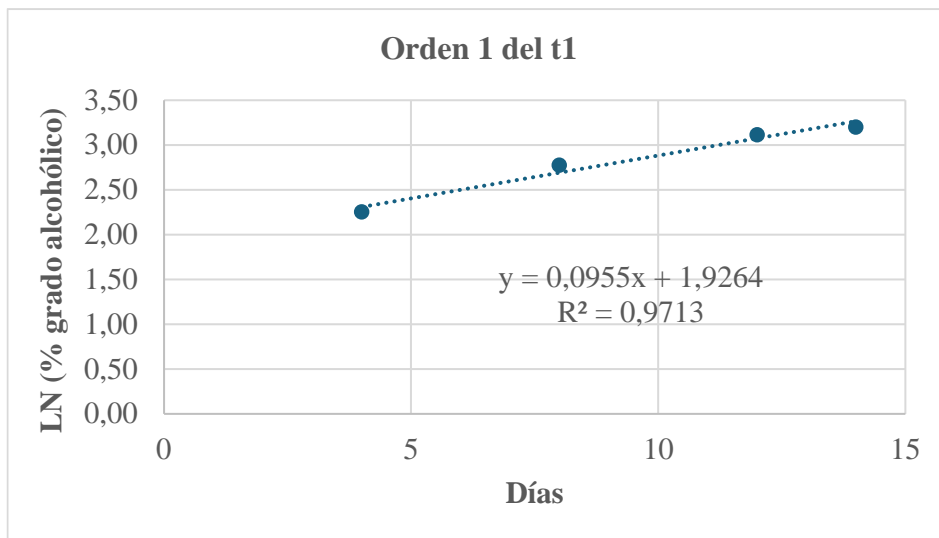


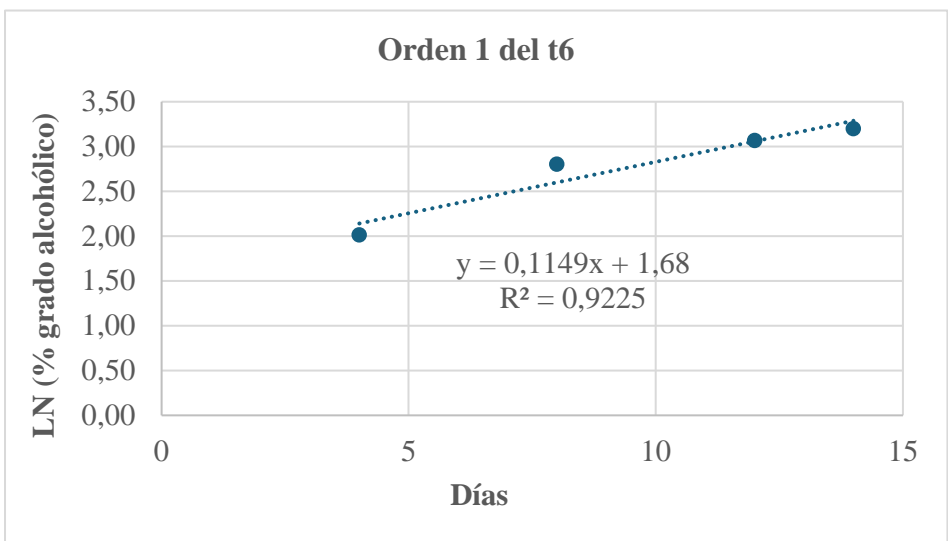
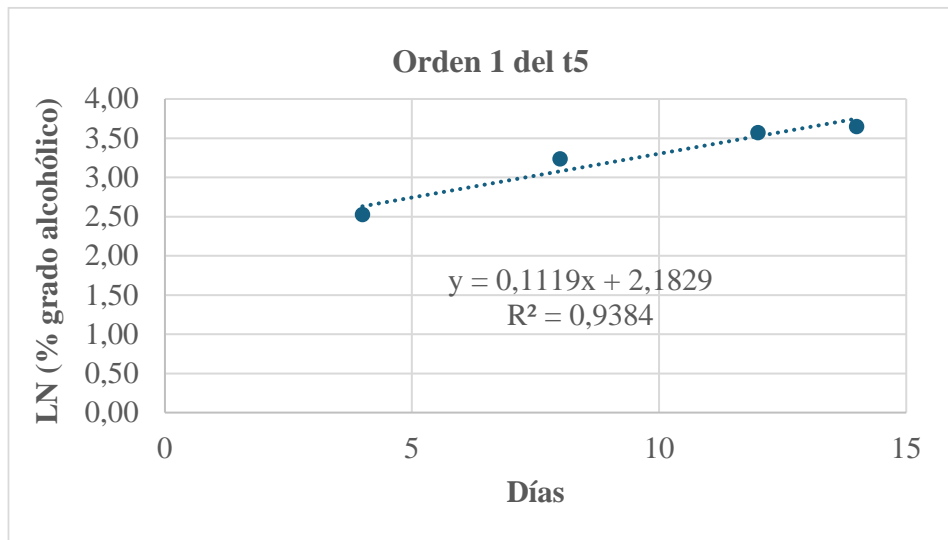
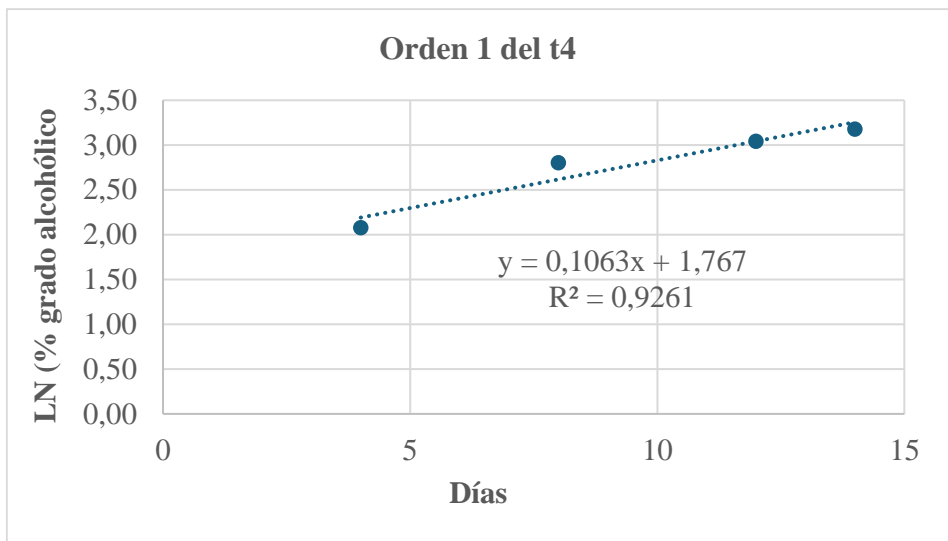


Anexo 9. Gráficas del orden de reacción 0 del % grado alcohólico de cada tratamiento



Anexo 10. Gráficas del orden de reacción 1 del % grado alcohólico de cada tratamiento





Anexo 11. Tablas de análisis de la varianza de los sólidos solubles de los días 0, 4, 8, 12 y 14

DÍA 0					
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	0,002	1	0,002	0,038	0,8525
C.A.	0,910	2	0,455	9,303	0,0206
T.L.	0,057	1	0,057	1,173	0,3282
C.A. * T.L.	0,557	2	0,279	5,692	0,0515
ERROR	0,245	5	0,049		
TOTAL	1,771	11			
C. V %			1,466		

DÍA 4					
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	0,33	1	0,33	2,77	0,1568
C.A.	0,72	2	0,36	3,05	0,1364
T.L.	0,12	1	0,12	1,05	0,352
C.A. * T.L.	0,67	2	0,34	2,85	0,1495
ERROR	0,59	5	0,12		
TOTAL	2,43	11			
C. V %			2,81		

DÍA 8					
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	1,62	1	1,62	9,47	0,0276
C.A.	1,26	2	0,63	3,67	0,1044
T.L.	0,05	1	0,05	0,27	0,6231
C.A. * T.L.	0,04	2	0,02	0,13	0,8827
ERROR	0,86	5	0,17		
TOTAL	3,82	11			
C. V %			4,57		

DÍA 12					
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	0,70	1	0,70	12,98	0,0155
C.A.	0,55	2	0,28	5,13	0,0614
T.L.	0,19	1	0,19	3,57	0,1176
C.A. * T.L.	0,12	2	0,06	1,07	0,4101
ERROR	0,27	5	0,05		
TOTAL	1,83	11			
C. V %				3,70	

DÍA 14					
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	0,30	1	0,30	4,98	0,0759
C.A.	1,00	2	0,50	8,16	0,0267
T.L.	0,57	1	0,57	9,31	0,0284
C.A. * T.L.	0,43	2	0,21	3,49	0,1123
ERROR	0,10	5	0,06		
TOTAL	2,60	11			
C. V %				4,77	

Anexo 12. Tablas de análisis de la varianza del pH de los días 0, 4, 8, 12 y 14

DÍA 0					
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	0,04	1	0,04	5,16	0,0724
C.A.	0,06	2	0,04	4,12	0,0876
T.L.	0,02	1	0,03	3,43	0,1233
C.A. * T.L.	0,12	2	0,02	8,82	0,0229
ERROR	0,03	5	0,06		
TOTAL	0,27	11	0,01		
C. V %				1,51	

DÍA 4					
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	0,000008	1	0,101258	13,136216	0,9750
C.A.	0,272467	2	0,000008	0,001081	0,0054
T.L.	0,0600208	1	0,136233	17,673514	0,0382
C.A. * T.L.	0,274867	2	0,060208	7,810811	0,0053
ERROR	0,038542	5	0,007708	17,829189	
TOTAL	0,646092	11			
C. V %				2,18	

DÍA 8					
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	0,01	1	0,01	1,700	0,2488
C.A.	0,17	2	0,08	10,750	0,0155
T.L.	0,02	1	0,02	2,450	0,1782
C.A. * T.L.	0,18	2	0,09	11,260	0,0141
ERROR	0,04	5	0,01		
TOTAL	0,42	11			
C. V %				2,33	

DÍA 12					
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	0,004	1	0,004	0,828	0,4047
C.A.	0,141	2	0,07	14,451	0,0084
T.L.	0,141	1	0,141	28,899	0,0030
C.A. * T.L.	0,007	2	0,004	0,740	0,5228
ERROR	0,024	5	0,005		
TOTAL	0,317	11			
C. V %				1,975	

DÍA 14					
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	0,0114	1	0,0114	166,951	<0,0001
C.A.	0,2131	2	0,1066	1559,390	<0,0001
T.L.	0,2552	1	0,2552	3734,756	<0,0001
C.A. * T.L.	0,0176	2	0,0088	128,902	<0,0001
ERROR	0,0003	5	0,0001		
TOTAL	0,4977	11			
C. V %				0,24	

Anexo 13. Tablas de análisis de la varianza del % grado alcohólico de los días 4, 8, 12 y 14

DÍA 4					
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	0,08	1	0,08	0,170	0,6952
C.A.	8,17	2	4,08	8,450	0,0249
T.L.	30,08	1	30,08	62,240	0,0005
C.A. * T.L.	6,17	2	3,08	6,380	0,0421
ERROR	2,42	5	0,48		
TOTAL	46,92	11			
C. V %				7,80	

DÍA 8					
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	0,00	1	0,00	0,00	0,0009
C.A.	78,17	2	39,08	32,57	>0,9999
T.L.	108,00	1	108,00	90,00	0,0014
C.A. * T.L.	31,50	2	15,75	13,13	0,0002
ERROR	6,00	5	1,20		0,0102
TOTAL	223,67	11			
C. V %				5,82	

DÍA 12					
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	0,08	1	0,08	0,030	0,8618
C.A.	118,50	2	59,25	23,860	0,0028
T.L.	252,08	1	252,08	101,510	0,0002
C.A. * T.L.	63,17	2	31,58	12,720	0,0109
ERROR	12,42	5	2,48		
TOTAL	446,25	11			
C. V %				6,24	

DÍA 14					
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	0,33	1	0,33	0,17	0,0004
C.A.	158,00	2	79,00	40,86	0,6952
T.L.	261,33	1	261,33	135,17	0,0008
C.A. * T.L.	64,67	2	32,33	16,72	0,0001
ERROR	9,67	5	1,93		0,0061
TOTAL	494,00	11			
C. V %				4,97	

DÍA 14

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p - valor
Repeticiones	0,33	1	0,33	0,17	0,0004
C.A.	158,00	2	79,00	40,86	0,6952
T.L.	261,33	1	261,33	135,17	0,0008
C.A. * T.L.	64,67	2	32,33	16,72	0,0001
ERROR	9,67	5	1,93		0,0061
TOTAL	494,00	11			
C. V %				4,97	

Anexo 14. Resultados de laboratorio LABOLAB



Orden de trabajo N°243401
Informe N° 243401
Hoja 1 de 1

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: RODRIGO SAUL AMAN CASTRO /
KATHERYN ALEJANDRA YANGUA CORONEL
Dirección: Latacunga
Muestra: Bebida tipo vodka
Descripción de la muestra: Líquido
Fecha Elaboración: 19 de julio del 2024
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 01 de agosto del 2024
Lote: ---
Localización: ---
Envase: PET
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 02 de agosto del 2024
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 02 - 07 de agosto del 2024
Fecha de emisión del informe: 07 de agosto del 2024
Condiciones ambientales: 22,2°C 35%HR

ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADOS
Grado alcohólico (20°C)	% v/v	INEN 360	38,14
Alcoholes superiores	mg/100 ml	INEN 347	< 0,02
Furfural	mg/100 ml	INEN 344	< 0,02
Metanol	mg/100ml	INEN 347	< 0,02

Cecilia Luzuriaga S

Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada, tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.



INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2563-225 / 2561-350 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / ceciliacruzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

www.labolab.com.ec

Quito - Ecuador

Anexo 15. Hoja de análisis sensorial

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES		
CARRERA DE AGROINDUSTRIA		
EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA BEBIDA TIPO VODKA		
Sexo:	Edad:	Fecha:
Indicaciones: Por favor, pruebe la muestra e indique cuanto a usted le gusta o le disgusta.		
Test Sensorial		
Características	Valoración	Muestra
Sabor	1. Me gusta mucho	
	2. Me gusta	
	3. Ni me gusta ni me disgusta	
	4. Me disgusta	
	5. Me disgusta mucho	
Olor	1. Me gusta mucho	
	2. Me gusta	
	3. Ni me gusta ni me disgusta	
	4. Me disgusta	
	5. Me disgusta mucho	
Global (Aceptabilidad)	1. Me gusta mucho	
	2. Me gusta	
	3. Ni me gusta ni me disgusta	
	4. Me disgusta	
	5. Me disgusta mucho	

Observaciones.....

Anexo 16. NTE INEN 369 – VODKA



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 369
Quinta revisión
2016-11

BEBIDAS ALCOHÓLICAS. VODKA. REQUISITOS

ALCOHOLIC BEVERAGES.VODKA. REQUIREMENTS

BEBIDAS ALCOHÓLICAS VODKA REQUISITOS

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los requisitos para el vodka.

2. REFERENCIA NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 338, *Bebidas alcohólicas. Definiciones*

NTE INEN 1108, *Agua potable. Requisitos*

NTE INEN 340, *Bebidas alcohólicas. Determinación del grado alcohólico.*

NTE INEN 2014, *Bebidas alcohólicas. Determinación de productos congéneres por cromatografía de gases.*

NTE INEN 339, *Bebidas alcohólicas. Muestreo*

NTE INEN 1933, *Bebidas alcohólicas. Rotulado*

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en NTE INEN 338 y la que a continuación se detalla:

3.1

vodka

Bebida alcohólica obtenida mediante la hidratación del alcohol etílico rectificado extraneutro, proveniente de productos naturales y tratado por un método conveniente, de manera que quede sin carácter, aroma o gusto distintivo.

4. REQUISITOS

4.1 El vodka debe presentar un aspecto transparente e incoloro.

4.2 No se permite la adición de edulcorantes, colorantes, ni saborizantes.

4.3 El agua utilizada para la hidratación debe ser potable conforme a NTE INEN 1108, la misma que puede ser sometida a un proceso de tratamiento posterior.

4.4 El vodka debe cumplir los requisitos físicos y químicos establecidos en la Tabla 1.

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos para el vodka

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Alcohol, fracción volumétrica	%	37,5	-	NTE INEN 340
Metanol	mg/100 cm ³ *	-	1,5	NTE INEN 2014
Furfural	mg/100 cm ³ *	-	0,0	NTE INEN 2014
Alcoholes superiores **	mg/100 cm ³ *	-	0,7	NTE INEN 2014

* El volumen de 100 cm³ corresponde al alcohol absoluto

** Alcoholes superiores comprenden: isopropanol, propanol, isobutanol, isoamílico, amílico.

5. MUESTREO

El muestreo debe realizarse de acuerdo con NTE INEN 339.

6. ROTULADO

El rotulado debe realizarse de acuerdo con NTE INEN 1933.

ANEXO A
(informativo)

MÉTODOS DE ENSAYO PARA CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

NTE INEN-ISO 11037, *Análisis sensorial. Guía general para la evaluación sensorial del color de los productos.*

NTE INEN-ISO 13301, *Análisis sensorial. Metodología. Guía general para la medición del color de los productos.*
NTE INEN-ISO 13302, *Análisis sensorial. Metodología. Procedimiento de elección forzada entre tres alternativas (EFA-3).*

ANEXO B
(informativo)

MÉTODOS DE RUTINA PARA LA DETERMINACIÓN DE CONGÉNERES

NTE INEN 344, *Bebidas alcohólicas. Determinación de furfural*

NTE INEN 345, *Bebidas alcohólicas. Determinación de alcoholes superiores*

NTE INEN 347, *Bebidas alcohólicas. Determinación del metanol*

BIBLIOGRAFÍA

Reglamento (CE) no 110/2008, *Relativo a la definición, designación, presentación, etiquetado y protección de la indicación geográfica de bebidas espirituosas y por el que se deroga el Reglamento (CEE) no 1576/89 del Consejo*. Parlamento Europeo y del Consejo, 2008.

The beverage alcohol manual (BAM) a practical guide, basic mandatory labeling information for distilled spirits. Alcohol and Tobacco Tax and Trade Bureau (TTB), U.S. Department of the Treasury, 2007.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TÍTULO: BEBIDAS ALCOHÓLICAS. VODKA. REQUISITOS Código ICS:
NTE INEN 369 67.160.10
Quinta revisión

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de por Resolución No. 13407 de 2013-10-31 publicado en el Registro Oficial No. 127 de 2013-11-20 Fecha de iniciación del estudio: 2015-10-16
--	--

Fechas de consulta pública: 2016-01-12 al 2016-03-11

Comité Técnico de Normalización: **Bebidas alcohólicas**

Fecha de iniciación: 2016-08-19

Fecha de aprobación: 2016-08-19

Integrantes del Comité:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Alberto Salvador (Presidente)

ALCOPESA/DESTILEC

Ximena Matheu

ILSA S.A.

Belén Simbaña

ILSA S.A.

Elena Martinod

ILEPSA

Carlos Morán

LICOANDES

Catalina Andrade

CÓSMICA

María Cristina Moreno

EMBOTELLADORA AZUAYA (EASA)

Adriana Soriano

AGENCIA NACIONAL DE REGULACIÓN,

CONTROL Y VIGILANCIA SANITARIA

(ARCSA)

Victoria Mayorga

INEN – DIRECCIÓN TÉCNICA,

CERTIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

Margoth Casco (Secretaría Técnica)

INEN – DIRECCIÓN TÉCNICA DE

NORMALIZACIÓN

Otros trámites: Esta NTE INEN 369:2016 (Quinta revisión) reemplaza a la NTE INEN 369:2013 (Cuarta revisión).

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 16406 de 2016-10-05

Registro Oficial No. 887 de 2016-11-22

Anexo 17. Hoja de vida del tutor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DATOS INFORMATIVOS PERSONAL DOCENTE

DATOS PERSONALES

APELLIDOS: FERNANDEZ PAREDES

NOMBRES: MANUEL FERNÁNDEZ

ESTADO CIVIL: CASADO

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 501511604

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: SALCEDO, 01 /01/1966

DIRECCION DOMICILIARIA: AVENIDA JAIME MATA/BARRIO

CHIPOALO TELÉFONO CONVENCIONAL: 03-2598704

TELÉFONO CELULAR: 0999921339



CORREO ELECTRONICO: fernandezme1966@gmail.com
manuel.fernandez@utc.edu.ec

ESTUDIOS REALIZADOS Y TITULOS OBTENIDOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO EN EL SENESCYT	CODIGO DEL REGISTRO SENESCYT
TERCER	INGENIERO EN ALIMENTOS	20/02/2006	1010-06-665530
CUARTO	MASTER EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN. MENSION PLANEAMIENTO DE INSTITUCIONES DE EDUCACION SUPERIOR	03/06/2003	1020-03-399388
CUARTO	MAGISTER EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS.	2019-07-19	1010-2019-2097904

EXPERIENCIA PROFESIONAL

- Director/Decano de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales periodo 2000 – 2005
- Ayudante de Laboratorio en la Universidad Técnica de Ambato Facultad Ingeniería en Alimentos 1993
- Docente en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Ingeniería Agroindustrial dese 1994 hasta la presente fecha



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DATOS INFORMATIVOS PERSONAL DOCENTE

- Presidente del Consejo Nacional de Facultades Agropecuarias del Ecuador CONFCA septiembre 2002 – septiembre 2005
- Presidente del Sexto Foro Regional Andino Agropecuario y Rural Sede Bolivia

ARTICULOS CIENTIFICOS

- Consideraciones generales sobre el proceso de elaboración de silos
- Evaluación de la calidad nutritiva de un ensilado para la alimentación de ganado lechero a partir de los residuos provenientes del trillado de quinua (CHEMO-PODIUM) Y Sangorache (AMARANTHUS HYBRIDUS. L)
- aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal para la conservación de guayaba
- Efecto de bioproductos en la producción de Phaseolus vulgaris L. y Arachis hipogea L.

EXPERIENCIA ACADEMICA

- Coordinador General del XII seminario de Sanidad Vegetal
- Presidente del Sexto Foro Regional Andino Agropecuario y Rural Sede Bolivia
- Certificado de Implementación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en la Industria Alimentaria

FECHA DE INGRESO A LA UTC: ENERO 1995

cc. 0501511604

FIRMA

Anexo 18. Hoja de vida del postulante



CONTACTO

☎ 0960713969

✉ rodrigo.aman6473@utc.edu.ec

📍 Calle Río Tigre y Río Cenepa

PERFIL

Estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, actualmente cursando el octavo semestre de la carrera de Ingeniería en Agroindustria.

Datos Personales

Apellidos y Nombres: Amán Castro Rodrigo Saul

Lugar y Fecha de Nacimiento: San Cristóbal, Galápagos, 23 de noviembre de 2001

Cédula: 2050006473

Tipo de Sangre: O+

Estado Civil: Soltero

EN CASO DE EMERGENCIA CONTACTARSE CON:

Representante: Amán Castro Nancy Ines

Cédula: 2000068169

Celular: 0991086479

Dirección: Galápagos - San Cristóbal

FORMACIÓN ACADÉMICA

Bachiller en Ciencias (Unidad educativa San Cristóbal).

EXPERIENCIA LABORAL

Prácticas Pre-Profesionales en Productos Cárnicos Maribo "LA MADRILEÑA".

Prácticas Pre-Profesionales en Industria láctea de Cotopaxi "INLADEC"

Anexo 19. Hoja de vida del postulante



CONTACTO

☎ 0979019696

✉ katheryn.yangua6885@utc.edu.ec

📍 Av. Simón Rodríguez y Paraguay

PERFIL

Estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, actualmente cursando el octavo semestre de la carrera de Ingeniería en Agroindustria.

Datos Personales

Apellidos y Nombres: Yangua Coronel Katheryn Alejandra

Lugar y Fecha de Nacimiento: Calvas, Cariamanga, 31 de agosto de 2001

Cédula: 1105256885

Tipo de Sangre: O+

Estado Civil: Soltera

EN CASO DE EMERGENCIAS CONTACTARSE CON

Representante: Coronel Ullauri Tatiana Janina

Cédula: 1105258071

Celular: 0982776879

Dirección: Av. Simón Rodríguez y Paraguay

Representante: Yangua Coronel Christopher Eduardo

Cédula: 1105256919

Celular: 0980129652

Dirección: Av. Simón Rodríguez y Paraguay

FORMACIÓN ACADÉMICA

Bachiller Técnico - Agropecuario (Unidad Educativa "Edmundo Cevallos Aguirre").

EXPERIENCIA LABORAL

Prácticas Pre-Profesionales en Productos Cárnicos Maribo "LA MADRILEÑA".

Prácticas Pre-Profesionales en Industria láctea de Cotopaxi "INLADEC"

Anexo 20. Aval del Traducción

Yo MARTINEZ VELIZ MARIA EUGENIA, con cédula de identidad número: 1305283416, Magister en Pedagogía de los Idiomas Nacionales y Extranjeros mención Enseñanza de Inglés con número de registro de la SENESCYT No. 1009-2023-2628057; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE REACCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA TIPO VODKA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*) Y MAÍZ (*Zea mays*)”** de: Amán Castro Rodrigo Saul y Yangua Coronel Katheryn Alejandra, de la carrera de **Agroindustria**, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, 14 de agosto del 2024



MARIA EUGENIA
MARTINEZ VELIZ

MSc. María Eugenia Martínez Véliz

C.I: 1305283416

Email: eugemarvel@gmail.com

maria.martinez@istgal.edu.ec

Contacto: 0967804087