

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**CINÉTICA DE FERMENTACIÓN DE LA CHICHA DE
QUINUA EVALUADO EN TRES VARIEDADES DE QUINUA**
(Chenopodium quinoa Willd.)

TESIS

PRESENTADA POR:

JOSÉ DIEGO LLACSA MAMANI
AMILCAR LUCIO CUCHO ARAPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

CINÉTICA DE FERMENTACIÓN DE LA CHICHA DE QUINUA EVALUADO EN TRES
VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium Quinoa* Willd.)

TESIS PRESENTADA POR:

JOSÉ DIEGO LLACSA MAMANI

AMILCAR LUCIO CUCHO ARAPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL



APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :
Dr. LUIS ALBERTO JIMENEZ MONROY

PRIMER MIEMBRO :
M.Sc. PABLO PARI HUARCAYA

SEGUNDO MIEMBRO :
Dr. ULISES ALVARADO MAMANI

DIRECTOR / ASESOR :
Dr. ALEJANDRO COLOMA PAXI

TEMA: Desarrollo de Procesos y Productos Agroindustriales Sostenibles y Eficientes

AREA: Ingeniería y Tecnología

FECHA DE SUSTENTACIÓN 30 DE DICIEMBRE DEL 2019

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a mi familia y de manera muy especial a mis padres José y Nicasia,

A mi padre José. Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo necesario para lograr mis más grandes anhelos.

A mi madre Nicasia. Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

José Diego Llacsá Mamani

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mis padres Andrés y Raymunda y mi abuelita Salomé que desde el cielo me guía, quienes por ellos soy lo que soy, por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por apoyarme con los recursos necesarios para estudiar quienes siempre me enseñaron buenos valores, principios, carácter, empeño, perseverancia y coraje. Gracias a mis queridos hermanos Edgard, Rudy, Brayan y Cristhian, también a mi sobrina Emile por su incondicional apoyo en la ejecución de la presente tesis.

Amilcar Lucio Cucho Arapa.

AGRADECIMIENTOS

A nuestra Alma Mater la Universidad Nacional del Altiplano, por ser la casa donde recibimos nuestra formación profesional.

A los catedráticos de la Facultad de Ciencias Agrarias, en particular a la plana docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por habernos impartido sus valiosas enseñanzas y compartido experiencias durante nuestra formación profesional.

Nuestro sincero agradecimiento al director de la presente tesis Dr. Alejandro Coloma Paxi, por sus consejos, aliento, sugerencias y directriz durante todo el desarrollo del proyecto.

Al Dr. Luis Alberto Jiménez Monroy, M.Sc. Pablo Pari Huarcaya y Dr. Ulises Alvarado Mamani por su guía, acertadas sugerencias, recomendaciones, consejos, correcciones y apoyo desde el inicio hasta la culminación del presente trabajo de investigación.

Finalmente, un especial agradecimiento a nuestros compañeros de estudios que compartieron las aulas universitarias durante nuestra formación profesional y de manera especial a nuestros amigos: Erich, Miryam, Mieker, Jesús, Luz, Gladys, Suny, Mario, Boris y Arquimides quienes siempre nos brindaron su apoyo y fuerza para seguir adelante.

ÍNDICE GENERAL

	Págs.
RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
I. INTRODUCCIÓN.....	15
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
2.1 BEBIDA ALCOHÓLICA FERMENTADA.....	17
2.1.1 Concepto.....	17
2.1.2 Tipos de bebidas alcohólicas fermentadas.....	17
2.1.3 Bebidas alcohólicas fermentadas a base de cereales y pseudocereales.....	18
2.2 GENERALIDADES DE LA CHICHA	18
2.2.1 Definición	18
2.2.2 Historia	19
2.2.3 Características de la chicha.....	19
2.2.4 Importancia nutricional de la chicha	20
2.2.5 La chicha como alimento.....	20
2.2.6 Propiedades medicinales de las chichas	21
2.2.7 Características organolépticas.....	21
2.3 CHICHA DE QUINUA.....	22
2.3.1 Definición de chicha de quinua.....	22
2.3.2 Origen de chicha de quinua	22
2.4 BIOQUÍMICA DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA.....	23
2.4.1 Bioquímica de la fermentación alcohólica	23
2.4.2 Fermentación alcohólica.....	24
2.4.3 Crecimiento de las levaduras durante la fermentación alcohólica	26
2.4.4 Factores que afectan al desarrollo de la fermentación alcohólica.....	27
2.4.5 Condiciones necesarias para la fermentación alcohólica	29

2.4.6 Levaduras.....	30
2.5 CINÉTICA DE FERMENTACIÓN	38
2.5.1 Cinética de crecimiento microbiano.....	39
2.6 MODELAMIENTO MATEMÁTICO.....	41
2.6.1 Modelos cinéticos	41
2.7 QUINUA (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	42
2.7.1 Definición	42
2.7.2 Origen y distribución.....	44
2.7.3 Clasificación taxonómica	45
2.7.4 Variedades	47
2.7.5 Composición química de la quinua	50
2.7.6 Formas de consumo de la quinua (<i>Chenopodium Quinoa</i> Willd.).....	56
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN	58
3.2 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.....	58
3.2.1 Materia prima	58
3.2.2 Material biológico	58
3.2.3 Materiales	58
3.2.4 Equipos.....	59
3.2.5 Reactivos.....	59
3.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	60
3.3.1 Proceso de elaboración de la chicha de quinua.....	60
3.3.2 Recepción de materia prima	61
3.3.3 Pesado.....	61
3.3.4 Lavado	61
3.3.5 Desinfección	61
3.3.6 Remojo	61

3.3.7 Germinación.....	61
3.3.8 Secado	62
3.3.9 Molienda.....	62
3.3.10 Cocción.....	62
3.3.11 Filtrado	62
3.3.12 Fermentación.....	63
3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS	63
3.4.1 Métodos de análisis para la evaluación de la cinética de fermentación de chicha de quinua en función a los parámetros (pH, ° Brix, acidez y CO ₂)....	63
3.4.1.1 Determinación de pH método potenciométrico	63
3.4.1.2 Determinación de °Brix método refractométrico.....	64
3.4.1.3 Determinación de acidez método titulación ácido base	65
3.4.1.4 Determinación de dióxido de carbono.....	65
3.4.2 Métodos de análisis para la determinación del efecto del tiempo, concentración de levadura y variedad de quinua en la producción de alcohol	66
3.4.2.1 Determinación del grado alcohólico método de destilación simple.....	66
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	67
3.5.1 Diseño experimental para la evaluación de la cinética de fermentación de chicha de quinua en función a los parámetros (pH, ° Brix, acidez y CO ₂)....	67
3.5.2 Diseño experimental para la determinación del efecto del tiempo, concentración de levadura y variedad de quinua en la producción de alcohol	69
3.5.3 Diseño experimental para la aplicación del modelo cinético de Monod en función al parámetro de °Brix en la fermentación de chicha de quinua evaluado en tres variedades (INIA 420 Negra Collana, INIA 415 Pasankalla y Blanca de juli).	70
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72

4.1. EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE FERMENTACIÓN DE CHICHA DE QUINUA EN FUNCIÓN A LOS PARAMETROS (pH, ° Brix, acidez y CO ₂)..	72
4.1.1 Comportamiento del pH en el proceso de fermentación de chicha de quinua evaluado en tres variedades.	72
4.1.2 Comportamiento de los sólidos solubles (°Brix) en el proceso de fermentación de chicha de quinua evaluado en tres variedades de quinua. ..	75
4.1.3 Comportamiento de la acidez (% ácido láctico) en el proceso de fermentación de chicha de quinua en tres variedades (INIA 420 Negra Collana, INIA 415 Pasankalla y Blanca de Juli).....	80
4.1.4 Comportamiento del CO ₂ (mg/l) en el proceso de fermentación de chicha de quinua en tres variedades de quinua.....	84
4.2 EFECTO DEL TIEMPO, LEVADURA Y VARIEDAD DE QUINUA EN LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL.	87
4.3 APLICACIÓN DEL MODELO CINÉTICO DE MONOD EN FUNCIÓN AL PARÁMETRO DE °BRIX EN LA FERMENTACIÓN DE CHICHA DE QUINUA.	90
V. CONCLUSIONES	93
VI. RECOMENDACIONES	94
VII. REFERENCIAS	95
ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1: Glucólisis, fermentación alcohólica respiración.....	24
Figura 2: Fermentación alcohólica y gliceropirúvica	25
Figura 3: Formación de los compuestos aromáticos en las levaduras	26
Figura 4: Crecimiento de las levaduras durante la fermentación alcohólica.	27
Figura 5: Ciclo vegetativo de <i>S. cerevisiae</i>	37
Figura 6: Curva de crecimiento microbiano.....	39
Figura 7: Plantas de quinua de la variedad Blanca de Juli.....	46
Figura 8: Plantas de quinua de la variedad INIA 415 Pasankalla.	46
Figura 9: Plantas de quinua de la variedad INIA 420 Negra Collana.	46
Figura 10: Granos de quinua de la variedad Blanca de Juli.....	47
Figura 11: Granos de quinua de la variedad 415 INIA Pasankalla	48
Figura 12: Granos de quinua de la variedad INIA 420 Negra Collana	49
Figura 13: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de chicha de quinua.....	60
Figura 14: Diseño experimental del proceso.....	71
Figura 15: Variación del pH durante la fermentación a 30°C.....	73
Figura 16: Variación de los sólidos solubles (°Brix) durante la fermentación a 30°C.	77
Figura 17: Variación de la acidez (%) durante la fermentación a 30°C	81
Figura 18: Variación del CO ₂ durante la fermentación a 30°C	84

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1: Características morfológicas y fisiológicas de la especie <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	34
Tabla 2: Características del grano de quinua de la variedad Blanca de Juli	47
Tabla 3: Características del grano de quinua de la variedad INIA 415 Pasankalla	48
Tabla 4: Características del grano de quinua de la variedad INIA 420 Negra Collana.	49
Tabla 5: Composición química proximal de semillas de quinua (g/100 g peso seco)...	50
Tabla 6: Comparación de la composición química proximal de semilla de quinua con algunos cereales.....	51
Tabla 7: Contenido de proteínas en variedades de quinua en el Perú.....	52
Tabla 8: Comparación de la composición de aminoácidos esenciales de semilla de quinua con algunos cereales.....	53
Tabla 9: Contenido de fibra y Extracto Libre de Nitrógeno en variedades de quinua en el Perú	54
Tabla 10: Contenido de grasa en variedades de quinua en el Perú.....	55
Tabla 11: Valores comparativos del contenido de algunas vitaminas del grano de quinua y otras fuentes vegetales (ppm en base de materia seca).....	55
Tabla 12: Comparación de la composición de minerales de semilla de quinua con algunos cereales.....	56
Tabla 13: Prueba de DUNCAN para la cantidad de levadura	74
Tabla 14: Prueba de DUNCAN para el factor tiempo	75
Tabla 15: Prueba de DUNCAN para el factor variedad.....	78
Tabla 16: Prueba de DUNCAN para la cantidad de levadura.....	79

Tabla 17: Prueba de DUNCAN para el tiempo	80
Tabla 18: Prueba de DUNCAN para el factor variedad.....	82
Tabla 19: Prueba de DUNCAN para la cantidad de levadura	83
Tabla 20: Prueba de DUNCAN para el tiempo	83
Tabla 21: Prueba de DUNCAN para el factor variedad.....	85
Tabla 22: Prueba de DUNCAN para la cantidad de levadura	86
Tabla 23: Prueba de DUNCAN para el tiempo	87
Tabla 24: Resumen de coeficientes de regresión para el alcohol.	89
Tabla 25: Análisis de varianza de regresión para el alcohol.	89
Tabla 26: Resumen de parámetros cinéticos de la fermentación de chicha de quinua. .	92
Tabla 27: Análisis de varianza para la variable dependiente pH.....	114
Tabla 28: Análisis de varianza para la variable dependiente °Brix.	116
Tabla 29: Análisis de varianza para la acidez (%).	118
Tabla 30: Análisis de varianza para el CO ₂ (mg/l)	120

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la cinética de fermentación de la chicha de quinua evaluado en tres variedades de quinua (*Chenopodium quinua* Willd.). Las variables experimentales son: Variedad INIA 420 Negra Collana (Negra), INIA 415 Pasankalla (Roja) y Blanca de Juli (Blanca), concentración de levadura (0 g/100ml, 0.05 g/100ml y 0.10 g/100ml) y tiempo de fermentación (0, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas). Se evaluaron los parámetros de pH, °Brix, acidez, CO₂ y contenido de alcohol en la fermentación de chicha de quinua, para el análisis de estas variables se realizó mediante un diseño experimental completamente aleatorio con arreglo factorial (3x3x7). Los resultados muestran que la fermentación de chicha de quinua evaluado en las tres variedades mencionadas anteriormente respondieron de igual manera en el comportamiento de pH mientras que en la variable de respuesta °Brix, acidez y CO₂ existe diferencia significativa. La chicha de quinua elaborada a partir de la variedad blanca presenta mayor contenido de sólidos solubles (°Brix), menor acidez y CO₂ en comparación con las variedades roja y negra. Las características fisicoquímicas de la chicha de quinua de la variedad INIA 420 Negra Collana fueron: pH 4.21; 13.72 °Brix; acidez titulable 0.1968 % ácido láctico, CO₂ 962.3 mg/l y contenido de alcohol 0.77% (v/v); en la variedad INIA 415 Pasankalla fueron: pH 4.21; 13.69 °Brix; acidez titulable 0.1967 % ácido láctico, CO₂ 961.5 mg/l y contenido de alcohol 0.76% (v/v); y para la variedad Blanca de Juli fueron: pH 4.23; 13.76 °Brix; acidez titulable 0.1900 % ácido láctico, CO₂ 928.9 mg/l y contenido de alcohol 0.76% (v/v). Los parámetros cinéticos de constante de Monod para las tres variedades son: velocidad de crecimiento máximo ($\mu_{max}= 0.002 \text{ h}^{-1}$, $\mu_{max}= 0.003 \text{ h}^{-1}$, 0.004 h^{-1}) y constante de saturación ($K_s = 20.286 \text{ g/l}$, 27.620 g/l , 24.596 g/l) respectivamente. La fermentación de chicha de quinua a partir de semillas de quinua más oscuras tienen menor velocidad de crecimiento celular.

Palabras Clave: Quinua, levadura, fermentación, chicha de quinua, modelo cinético.

ABSTRACT

This research work aimed to determine the fermentation kinetics of quinoa chicha evaluated in three varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). The experimental variables are: INIA 420 variety Black Collana (Black), INIA 415 Pasankalla (Red) and Juli White (White), yeast concentration (0 g / 100ml, 0.05 g / 100ml and 0.10 g / 100ml) and time of fermentation (0, 12, 24, 36, 48, 60 and 72 hours). The parameters of pH, ° Brix, acidity, CO₂ and alcohol content were evaluated in the quinoa chicha fermentation, for the analysis of these variables it was carried out by means of a completely randomized experimental design with factorial arrangement (3x3x7). The results show that the fermentation of quinoa chicha evaluated in the three varieties mentioned above responded in the same way in the pH behavior while in the response variable ° Brix, acidity and CO₂ there is a significant difference. Quinoa chicha made from the white variety has a higher content of soluble solids (° Brix), lower acidity and CO₂ compared to the red and black varieties. The physicochemical characteristics of the quinoa chicha of the INIA 420 Negra Collana variety were: pH 4.21; 13.72 ° Brix; titratable acidity 0.1968% lactic acid, CO₂ 962.3 mg / l and alcohol content 0.77% (v / v); in the INIA 415 Pasankalla variety they were: pH 4.21; 13.69 ° Brix; titratable acidity 0.1967% lactic acid, CO₂ 961.5 mg/l and alcohol content 0.76% (v / v); and for the Blanca de Juli variety they were: pH 4.23; 13.76 ° Brix; Titratable acidity 0.1900% lactic acid, CO₂ 928.9 mg / l and alcohol content 0.76% (v/v). The kinetic parameters of the Monod constant for the three varieties are: maximum growth rate ($\mu_{max} = 0.002 \text{ h}^{-1}$, $\mu_{max} = 0.003 \text{ h}^{-1}$, 0.004 h^{-1}) and saturation constant ($K_s = 20,286 \text{ g/l}$, $27,620 \text{ g/l}$, $24,596 \text{ g/l}$) respectively. The fermentation of quinoa chicha from darker quinoa seeds has a lower cell growth rate.

Keywords: Quinoa, yeast, fermentation, quinoa chicha, kinetic model.

I. INTRODUCCIÓN

En nuestro territorio peruano se cuenta con alimentos como la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de alto valor nutricional, que por tradición es utilizado en bebidas fermentadas conocidos como "chicha" (Valencia, 2015). Esta bebida se denomina: aqha (quechua), khusa (aymara) y chicha (castellano), cabe destacar que en un principio esta palabra fue empleada para designar a una bebida fermentada a base de maíz, pero con el pasar del tiempo ha sido utilizada para nombrar a bebidas fermentadas obtenidas de cualquier cereal (Camacho, 2006), es una bebida obtenida mediante la fermentación de una materia azucarada contenida en el mosto de la malta de quinua que por intermedio de la fermentación se activa la microflora la cual es responsable de la misma. La chicha se elabora de quinua germinada molida, agua y saborizantes naturales (clavo de olor, canela), el uso de granos germinados y molidos aumentan la calidad de la bebida (Mujica et al., 2006).

La producción de esta bebida fermentada a base de quinua, está destinado al público en general; que en los últimos tiempos su consumo está disminuyendo debido a los problemas que ocasiona una mal manejo en la elaboración por falta de conocimiento en la aplicación de tecnologías lo que produce a los consumidores de chicha de jora problemas relacionados con el sistema digestivo (Valencia, 2015).

Actualmente, la elaboración de la chicha de quinua es de carácter artesanal, observándose variaciones en el uso de insumos, métodos de elaboración y productos obtenidos. La elaboración tradicional es deficiente en cuanto a higiene y sanidad y bajo estas condiciones la fermentación natural puede presentar características toxicológicas, por lo que existe una alta probabilidad de que el producto final no sea apto para el consumo humano, por lo que, éste es un proceso bioquímico muy complejo, en su realización y se debe considerarse muchos factores y variables que pueden afectar al producto de interés, tales como pH, °Brix, acidez, CO₂ y concentración de levadura que al relacionarse entre sí adecuadamente pueden llegar a producir una bebida fermentada estandarizada.

Por lo que, en el presente trabajo de investigación, se observa el comportamiento de la cinética de fermentación de chicha de quinua evaluado en tres variedades de quinua

(INIA 420 Negra Collana, INIA 415 Pasankalla y Blanca de Juli) y obtener los parámetros de un producto de calidad, para el cual se planteó los siguientes objetivos:

Objetivos General

- Determinar la cinética de fermentación de la chicha de quinua evaluado en tres variedades de quinua (*Chenopodium quinua* Willd.)

Objetivos Específico

- Evaluar la cinética de fermentación de chicha de quinua en función a los parámetros (pH, ° Brix, acidez y CO₂).
- Determinar el efecto del tiempo, concentración de levadura y variedad de quinua en la producción de alcohol.
- Aplicar el modelo cinético de Monod en función al parámetro de ° Brix en la fermentación de chicha de quinua evaluado en tres variedades (INIA 420 Negra Collana, INIA 415 Pasankalla y Blanca de Juli).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 BEBIDA ALCOHÓLICA FERMENTADA

2.1.1 Concepto

Es el producto resultante de la fermentación principalmente alcohólica de materias primas de origen vegetal, este proceso tiene como finalidad lograr la transformación de un mosto azucarado, hasta un producto alcohólico, en medio anaerobio y por la acción de levadura, con la presencia de nutrientes, temperatura, pH y acidez optima de manera que la levadura pueda actuar correctamente (Coronel, 2015). La levadura tiene la capacidad de modificar su metabolismo en condiciones anaerobias mientras que aeróbicamente respiran glucosa en forma de dióxido de carbono y agua, en modificaciones anaerobias liberan alcohol etílico y dióxido de carbono (Baltes, 2007).

2.1.2 Tipos de bebidas alcohólicas fermentadas

Las bebidas alcohólicas fermentadas son líquidos cuyo proceso involucra el crecimiento de microorganismos; existe una gran diversidad de bebidas en el mundo, como el vino, la sidra, la cerveza, entre otros (Chicha de jora y quinua). Ciertos productos han sido estudiados detalladamente de tal manera que se ha llegado aislar los microorganismos presentes como sustratos fermentadores para luego utilizarlos en la producción industrial (Garibay et al., 2004).

Estas bebidas son parte de la dieta y tradición de muchos grupos étnicos, su consumo en estas poblaciones es generalizado y se ha sostenido a lo largo del tiempo. Estas bebidas fermentadas se producen de forma sencilla y barata; la materia prima para la elaboración de los productos fermentados se encuentra disponible todo el año. Además este proceso es un método de conservación para los productos, destruyendo microorganismos no favorables y subiendo el valor nutricional (Barbado, 2005).

La forma artesanal de producción en muchas ocasiones no se realiza bajo condiciones higiénicas y se obtienen productos con calidad variable; el estudio de estas fermentaciones permite mejorar y estandarizar su proceso de elaboración (Barbado, 2005).

2.1.3 Bebidas alcohólicas fermentadas a base de cereales y pseudocereales

La preparación de bebidas alcohólicas a partir de cereales y pseudocereales se ha practicado durante miles de años. Evidencias históricas como el vino se produjo en el Cáucaso y Mesopotamia ya en el año 6000 a. C. (Tamang, 2010) dependiendo de la materia prima, métodos de producción, tipo y composición de cultivo de microorganismos de fermentación, y técnicas y condiciones de fermentación; una gran diversidad de bebidas alcohólicas tradicionales y comerciales ahora se producen y consumen en todo el mundo (Blandino et al., 2003; Tamang, 2010). Estas bebidas se utilizan para diversos fines, como aliviar la sed, refrescarse, entretenimiento social, celebraciones y ceremonias religiosas y que paralelamente mejora la salud el bienestar (Tamang, 2010). La cerveza como muchos es la bebida alcohólica más producida, que inicialmente se preparó a partir de cebada, pero hoy en día, todos los tipos de cereales y pseudocereales se utilizan como materias primas para su producción utilizando productos modernos y tradicionales tecnologías, otras bebidas alcohólicas preparadas a partir de uno o más cereales o pseudocereales se producen y consumen tradicionalmente en muchos países (Blandino et al., 2003; Tamang, 2010).

Los granos utilizados para fermentación podrían clasificarse como cereales (trigo, arroz, maíz, sorgo, mijo, apenas, centeno, avena, teff y triticale), pseudocereales (amaranto, trigo sarraceno y quinua) (Graybosch, 2016).

El estudio de esta tesis está basada en la aplicación de la tecnología de elaboración de chicha.

2.2 GENERALIDADES DE LA CHICHA

2.2.1 Definición

El término chicha es usado por muchos países de Sudamérica, para referirse a un refresco elaborado de frutas exóticas o uno a base de arroz. Aunque, la mayoría de estos países elaboran la chicha a base de maíz debido que es uno de los alimentos predominantes en estas zonas. Así mismo, existen muchas variedades de chichas, esto dependerá de la manera de su elaboración y la materia prima para su producción que es muy diferente según la región geográfica (Robles et al., 2012).

Algunos autores, también, hacen referencia que Chicha es que el apelativo que reciben las variedades de bebidas, derivado de la fermentación alcohólica de zumos de

uvas, jora, cereales entre otros, de caracteres particulares dependiendo su origen. Por lo general, es una bebida suave de baja concentración alcohólica y elaborada de manera artesanal y teniendo como grano principal al maíz germinado (jora), el cual es fermentado de manera natural sin la adición de levadura (León y Zapata, 2008; Pomasqui, 2012).

Por otro lado, el termino chicha fue una denominación utilizada por los españoles para esta bebida, proviene de dos vocablos quechuas: “chil; con” y “chal; gargajo”, esto quiere decir: con gargajo. Debido a que en un principio para la preparación de esta bebida se estilaba a masticar el maíz para ayudar en su fermentación (García y Mamani, 2008).

2.2.2 Historia

La chicha de jora es caracterizada por ser la más antigua bebida sagrada de los Incas, es conocida en el centro de la cosmovisión andina en todas las regiones y ciudades del Perú a través del tiempo, posee extraordinarias propiedades curativas y de gran valor energético con un sabor delicioso, preparadas con maíz, quinua, uva, piña, molle, manzana, cebada y otros tubérculos o cereales endulzada con chancaca, de sabor agradable y dulce (Chavarrea, 2011; Vargas, 2014).

La chicha es una bebida fermentada de maíz de los países andinos utilizado tradicionalmente por los incas en varios eventos, como religiosos y ritos de fertilidad y grandes fiestas. Esta bebida se llamaba aqha o asiva en Perú es la palabra chicha introducida en América del Sur y se puede preparar usando varios cereales (Jennings, 2005).

2.2.3 Características de la chicha

La chicha que está elaborada generalmente de maíz (jora) tiene un color de aspecto marrón claro, la cual esto va a variar de acuerdo al color del maíz. En cuanto al sabor puede ser agridulce, respecto a la sedimentación del maíz; la que se forma al fondo del recipiente. Al momento de elaborar esta bebida, que tiene como base al maíz, las formas de elaborar y los ingredientes van a ser distintos, según sea su procedencia, lo cual hace que en cuanto al sabor y color sean particulares (Vargas, 2014).

El color de la chicha varía desde un amarillo claro hasta un rojo púrpura, dependiendo del tipo y color de maíz que se utilice como materia prima. La chicha se

obtiene de la fermentación del maíz previamente germinado como aportador de enzimas amilolíticas. El proceso comienza hidratando los granos de maíz por 12 a 18 horas. Luego son drenados y germinados en un medio húmedo por aproximadamente tres días o más hasta que las plúmulas tenga un largo de 0.5 cm. El proceso de germinación termina cuando la malta se seca al sol, luego el grano de maíz germinado de maíz denominado jora, es molido para formar una pasta que es mezclada con agua y sujeta a un tratamiento térmico por una hora aproximadamente, luego se deja reposar y enfriar, para luego someterlo a una fermentación natural para producir la chicha con un contenido alcohólico de 5 a 9% (Alcázar, 2002).

2.2.4 Importancia nutricional de la chicha

La chicha es rica en nutrientes, con proteínas de un alto valor biológico, carbohidratos, minerales como calcio, hierro, fósforo y otros de gran importancia para la formación y conservación de los huesos y dientes. La chicha es una bebida energizante y reguladora del metabolismo. La chicha de maíz era la más apetecible por el pueblo indígena cuando no era el tiempo del maíz se preparaba la chicha de quinua por su valor nutritivo y su excelente sabor (García y Mamani, 2008). El consumo de chicha se ha ido perdiendo en la dieta diaria poco a poco, debido a la inclusión de otras bebidas como gaseosas, energizantes, jugos naturales y otros; a pesar de que la misma es una de las bebidas tradiciones más valiosas de los incas, y lo más importante que su elaboración es de forma natural según (Chavarrea, 2011).

2.2.5 La chicha como alimento

Desde el punto de vista nutricional la chicha cumple un rol importante en la alimentación, por las calorías que aportaba a la dieta y otros nutrientes como (Vitaminas, sales minerales, aminoácidos), considerando la globalidad del consumo estimaba que los indígenas incaicos consumían diariamente más de un litro y medio de chicha. Beber la chicha era una práctica muy arraigada refiere que los indígenas consideraban una ofensa verse obligados a beber agua. Es más, un ciclo después de la conquista, obligar a beber agua fue una forma de castigo según Chavarrea (2011). Componentes de la chicha de jora son: Agua, proteínas, grasa, carbohidratos, fibra y cenizas según Rojas (2013).

2.2.6 Propiedades medicinales de las chichas

La chicha de quinua cumple un rol muy importante, por su aporte en aminoácidos esenciales (glicina, metionina y fenilalanina) (Chavarrea, 2011). En la cultura preincaica, incaica, precolombina no existía separación entre alimento y medicina. Con los alimentos se consumía gran variedad de plantas cuyas propiedades medicinales hoy son ampliamente reconocidas. La cultura peruana adopta a la chicha para proteger las funciones renales y hepáticas, entre otras. La chicha contribuye a la asimilación de las vitaminas y aporta gran cantidad de vitamina E, necesaria para la formación de tejido epitelial y que bajo su forma de tocoferol influye en una saludable vida sexual, impidiendo los procesos de oxidación que pueden degenerar en cáncer (Chavarrea, 2011). Los cronistas señalan que la chicha de maíz (*Zea mays*) tiene propiedades preventivas o curativas de aparato urogenital. También las poblaciones nativas no tuvieron cálculos, ni enfermedades renales, sorprendió enormemente a los españoles, porque estos eran males frecuentes entre ellos. Según Chavarrea (2011) a la chicha se le atribuyen propiedades medicinales, especialmente curativas para combatir afecciones pulmonares. En algunas zonas del Perú, se toma para calmar o curar el resfrío y la tos. Según el mismo autor, en el Perú las mujeres parturientas toman chicha con huevo batido para recuperarse de las debilidades del parto.

2.2.7 Características organolépticas

La chicha es una bebida tradicional y oriunda del Perú que es consumida por la mayoría de los peruanos. Es una bebida obtenida de la fermentación de la materia azucarada contenida en el mosto de la malta de quinua y maíz. Por intermedio de la fermentación se activa la microflora láctica nativa la cual es responsable de la fermentación láctica y/o maltoláctica (Ayma y Cacsire, 2012).

Según Ayma y Cacsire (2012) la chicha de jora tiene los siguientes atributos:

- **Color:** El color predominante es pardo claro.
- **Aroma:** El aroma no varía a lo largo del tiempo de fermentación. Debe mantenerse en el tiempo.
- **Sabor:** El sabor es fuertemente influenciado durante la fermentación que se inicia como a quinua y maíz dulce pasando por el agridulce y terminando con agrío, poco dulce y ácido. Este se incrementa con el tiempo de elaboración de chicha. El sabor agridulce debe mantenerse en el tiempo.

- **Grado de claridad:** El grado de claridad de la chicha de quinua es turbia.
- **Sedimento:** Es el resultado de la precipitación de los sólidos insolubles: proteínas, levaduras y gomas cuando la fermentación ha terminado. Este se incrementa con el tiempo de elaboración de chicha.
- **Textura:** ligeramente viscoso y trazas de sólidos suspendidos.

2.3 CHICHA DE QUINUA

2.3.1 Definición de chicha de quinua

La chicha de quinua se define como una bebida fermentada de bajo grado alcohólico, generalmente de 1 a 3 grados, y se obtiene de la fermentación de azúcares y almidones que se transforman en alcohol gracias a la acción de las levaduras del género *Saccharomyces*. El grado alcohólico varía según la mezcla de base, las levaduras presentes y el tiempo de fermentación. En los almidones se produce primero su desdoblamiento en azúcares simples por la acción de las enzimas a través del proceso de malteado, necesario para la obtención de las sustancias fermentadas (Chavarrea, 2011).

La chicha de quinua un producto tradicional y oriundo del Perú, es una bebida fermentada ancestral que se elabora artesanalmente. En el pasado su consumo era masivo en todo el imperio incaico, principalmente en las ceremonias y festividades. Durante el Inti Raymi el Inca brindaba con chicha de jora en honor al sol; hoy se consume en todo el Perú se sirve como bebida reconfortante durante las faenas agrarias, en trabajos de techamiento, mercados y en el futuro se consumirá la chicha de quinua por sus potentes sustancias bioactivas como son los flavonoides para prevenir el cáncer de colon y aprovechar sus propiedades nutricionales y medicinales (Rojas, 2013).

2.3.2 Origen de chicha de quinua

El origen de la chicha de quinua que es una bebida nativa y ancestral cuya tradición ha sido difundida de generación en generación como parte fundamental de la alimentación, fiestas y ceremonias andinas, su consumo antes, durante y después el imperio incaico. Se considera que el primer gobernante de las tribus preincaicas del Cuzco fue Manco Cápac, alrededor del año 1200 D.C. aproximadamente (Chavarrea, 2011).

Históricamente, la quinua ha sido utilizada en una amplia gama de productos por los prehispánicos. El procesamiento de la quinua se realizó principalmente por cocción de las semillas enteras, que luego se consumieron en sopas, ensaladas, varios guisos, e incluso postres dulces, o moliéndolos en harina, que se agregó a varios productos tradicionales (por ejemplo, gachas o pan plano) o fermentados a un tipo de cerveza, llamado chicha (Schoenlechner, 2019).

2.4 BIOQUÍMICA DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

2.4.1 Bioquímica de la fermentación alcohólica

Todos los heterótrofos obtienen fundamentalmente su energía de las reacciones de oxidación - reducción, es decir, aquellas en las que los electrones son transferidos desde un compuesto, el dador electrónico, o agente reductor, a un aceptor electrónico, el agente oxidante (García y Mamani, 2008).

La fermentación es una de las diversas rutas catabólicas mediante las cuales muchos organismos obtienen energía química de varios combustibles orgánicos en ausencia de oxígeno molecular o, de una manera más general, cualquier compuesto inorgánico oxidado (Poma, 2016).

Las levaduras pueden obtener la energía que les es necesaria para vivir, siguiendo dos vías en la transformación de los azúcares del mosto, la respiración y la fermentación (Epifanio, 2005).

La Respiración es la vía oxidativa de los combustibles orgánicos por el oxígeno molecular; el oxígeno actúa, por tanto, como el aceptor electrónico final en la respiración (García y Mamani, 2008).



En la Fermentación ocurre una degradación incompleta de los azúcares hasta CO_2 y etanol. Los electrones pasan desde un intermediario orgánico producido en la degradación del azúcar, el dador electrónico, hasta otro intermediario orgánico, que actúa como aceptor electrónico (Poma, 2016).

Este proceso libera muy poca energía; por ello, las levaduras al utilizar esta vía deben transformar mucho azúcar en alcohol para cubrir sus necesidades energéticas (Epifanio, 2005).



Independientemente de la vía utilizada, la principal ruta bioquímica en la degradación de los azúcares es la glucólisis, a través de la cual la glucosa se transforma en ácido pirúvico, figura 1 (Mathews y Van Holde, 2004).

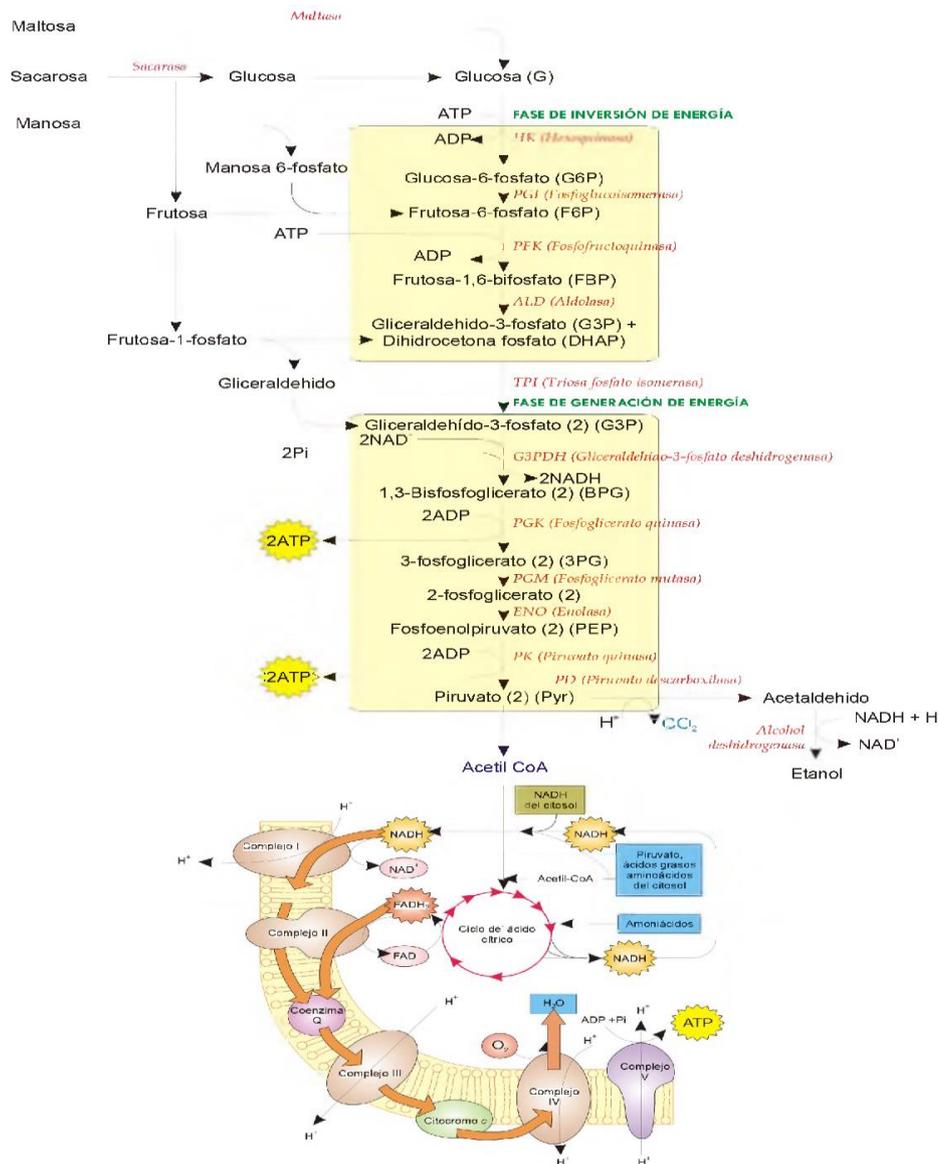


Figura 1: Glucólisis, fermentación alcohólica y respiración (Lehninger, 1999; Mathews y Van Holde, 2004)

2.4.2 Fermentación alcohólica

En la fermentación alcohólica se pueden distinguir dos etapas. En una primera etapa las levaduras degradan algunas moléculas de azúcar, por vía respiratoria: el

metabolismo sigue la ruta de la glicólisis, pasando el ácido pirúvico formado al ciclo de Krebs con una elevada producción de energía, que permite una rápida multiplicación de las levaduras alcanzando una gran biomasa. Esta etapa se mantiene hasta agotar el oxígeno disuelto en el mosto. Una vez agotado el oxígeno, las levaduras comienzan a seguir la vía fermentativa. En la ruta fermentativa, el ácido pirúvico formado en la glicólisis se descarboxila a acetaldehído y éste a su vez, se reduce posteriormente, a etanol (Vasquez y Dacosta, 2007).

Pero no todas las moléculas de azúcares del mosto van a seguir la ruta de la glucólisis hasta la obtención de etanol y anhídrido carbónico, sino que dependiendo del propio metabolismo de las levaduras, una parte de los azúcares son degradados mediante la fermentación gliceropirúvica (figura 2), en la que además de glicerina se forma ácido pirúvico: este compuesto será el origen de los diferentes productos secundarios de la fermentación alcohólica tales como: ácido succínico, ácido acético, ácido láctico, los metabolitos del ciclo diacetilo - acetoínico, etc. En la fase tumultuosa no existe fermentación alcohólica pura, estando los mecanismos bioquímicos de la fermentación alcohólica y la fermentación gliceropirúvica estrechamente relacionados (Epifanio, 2005).

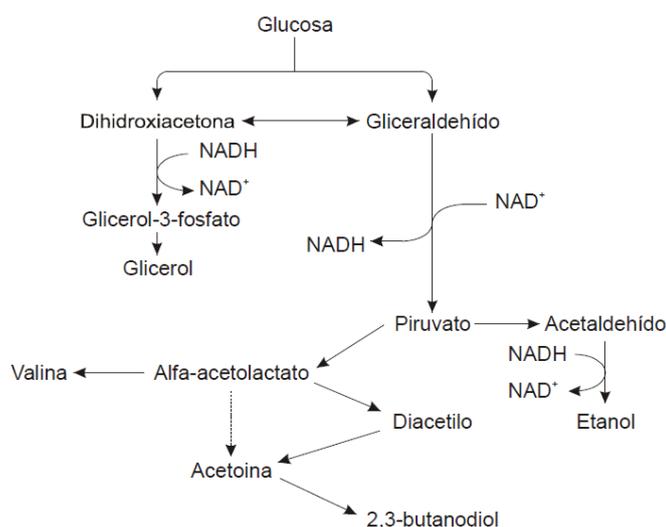


Figura 2: Fermentación alcohólica y gliceropirúvica (Epifanio, 2005).

Simultáneamente y de forma asociada a esta degradación de los azúcares se produce la transformación de otros compuestos, fundamentalmente materia nitrogenada y compuestos azufrados, necesarios para el mantenimiento de las estructuras celulares y la multiplicación de las levaduras. Los principales productos del metabolismo nitrogenado de las levaduras en los productos fermentados son los alcoholes superiores

como el isobutanol, los alcoholes amílicos o el 2-feniletanol, que junto con sus ésteres contribuyen a la calidad organoléptica de los productos fermentados como el vino (figura 3), aunque alguno de estos alcoholes superiores provenga como el caso del n-propanol del metabolismo glucídico (Lambrechts y Pretorius, 2000).

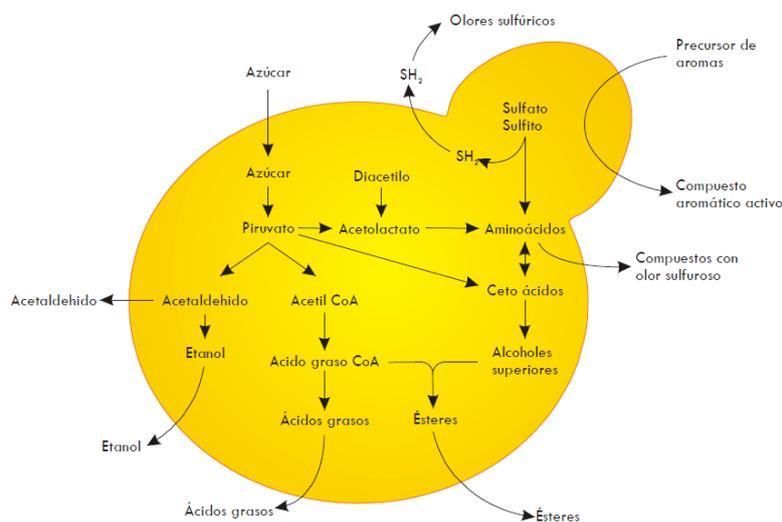


Figura 3: Formación de los compuestos aromáticos en las levaduras (Lambrechts y Pretorius, 2000).

Los compuestos azufrados se utilizan en los procesos de biosíntesis de aminoácidos, proteínas y vitaminas necesarios para la multiplicación de las levaduras. Este metabolismo azufrado puede producir compuestos como el ácido sulfhídrico o los mercaptanos que afectan negativamente a las características organolépticas de los productos fermentados, y cuya formación va ligada a la necesidad de la levadura de sintetizar aminoácidos azufrados. Todos estos procesos bioquímicos quedarían englobados en lo que denominamos fermentación alcohólica (Epifanio, 2005).

2.4.3 Crecimiento de las levaduras durante la fermentación alcohólica

Crecimiento y fermentación alcohólica están íntimamente relacionados, ya que durante la fermentación se da un paralelismo entre la desaparición del azúcar y la evolución de la población de levaduras en el tiempo. La pauta de crecimiento de las levaduras durante la fermentación alcohólica es similar al ciclo de crecimiento clásico de microorganismos, pero prácticamente se reduce a tres fases (figura 4): fase de crecimiento con multiplicación activa de las levaduras, fase estacionaria, donde se mantiene la viabilidad de las levaduras presentes pero no hay multiplicación y fase de

declive, donde comienza la mortandad celular y avanza paulatinamente. Las poblaciones pasan de niveles iniciales en torno a 10^4 ufc/mL, a poblaciones máximas de aproximadamente 10^8 ufc/mL, durante la fermentación tumultuosa (Vasquez y Dacosta, 2007).

2.4.4 Factores que afectan al desarrollo de la fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica del mosto es el resultado de un conjunto de variables que pueden integrarse en tres categorías: composición del mosto, microflora asociada al proceso y tecnología de procesamiento (Epifanio, 2005).

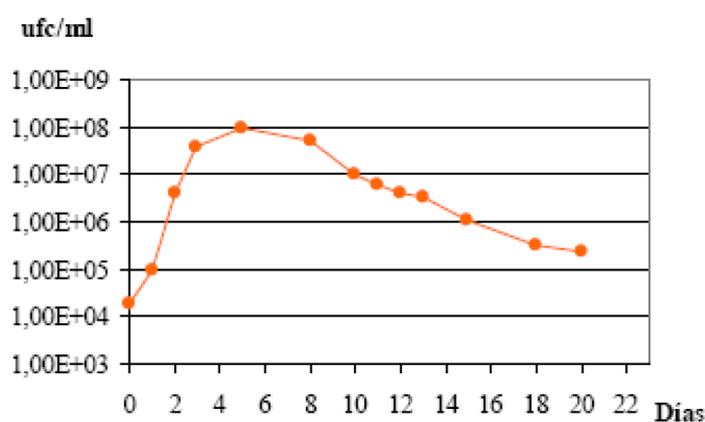


Figura 4: Crecimiento de las levaduras durante la fermentación alcohólica (Epifanio, 2005).

2.4.4.1 Composición del mosto

La composición química del mosto influye en el desarrollo de la fermentación alcohólica de distintas maneras:

A. Concentración de azúcares

La concentración de azúcar va a ser la que determine fundamentalmente la duración de la fase de multiplicación celular, de la fase estacionaria y de la fase de declive. Para que las fermentaciones se desarrollen en las mejores condiciones, y así se adquiriera un grado alcohólico deseado, es conveniente que los azúcares sean degradados durante las fases de multiplicación y estacionaria, en las cuales la casi totalidad de la población es viable y muy activa, lo que suele ocurrir sin dificultad cuando la concentración de azúcares no sobrepasa los 200 g/l. Concentraciones más elevadas obligan a las levaduras a metabolizar los azúcares durante la fase de declive, con poblaciones en situación de supervivencia y una actividad metabólica

reducida, lo que puede dar lugar a fermentaciones largas y en muchos casos, incompletas (García y Mamani, 2008).

B. Contenido en materia nitrogenada

Como la inmensa mayoría de los organismos vivos, las levaduras necesitan cierta cantidad de materia nitrogenada para formar sus estructuradas celulares y reproducirse. Por orden de preferencia están: el nitrógeno amoniacal (ión amonio), los aminoácidos, entre los que existe también un orden de preferencia: los polipéptidos y proteínas, que deben ser hidrolizados hasta aminoácidos consumiendo mucha energía (García y Mamani, 2008; Vasquez y Dacosta, 2007).

A la suma del ión amonio y los aminoácidos, a excepción de la prolina, se le denomina nitrógeno fácilmente asimilable (NFA), y constituye la principal fuente de materia nitrogenada utilizada por las levaduras. Los péptidos y las proteínas sólo son metabolizados excepcionalmente. La desaparición del ión amonio y la mayor parte del NFA se produce rápidamente, durante los primeros días de la fermentación (Vasquez y Dacosta, 2007; Epifanio, 2005).

Este rápido agotamiento no se debe sólo a su metabolización por parte de las levaduras, sino a que además las levaduras almacenan el NFA en vacuolas para su utilización posterior, cuando las alteraciones en la membrana plasmática debidas al incremento de la concentración de etanol, impidan su captación. Las necesidades de nitrógeno fácilmente asimilable se incrementan con el aumento de la concentración de azúcares en el mosto y puede variar significativamente en función de la cepa de levadura. La deficiencia en NFA puede conducir a la disminución de la velocidad de la fermentación y paradas precoces de la misma, ya que el nitrógeno se utiliza en la biosíntesis de las proteínas que participan en el sistema de transporte de los azúcares. La falta de NFA también se relaciona con la producción de ácido sulfhídrico (SH_2) incidiendo negativamente en la composición aromática del producto final (Vasquez y Dacosta, 2007; Epifanio, 2005).

C. Factores de crecimiento

Los factores de crecimiento son sustancias requeridas en pequeñísimas cantidades y que desempeñan el papel de metabolitos esenciales, siendo indispensables para la multiplicación y la actividad celular de los microorganismos. Para las levaduras, los principales factores de crecimiento se encuentran entre las vitaminas, principalmente: biotina (vitamina H), piridoxina (vitamina B6), ácido pantoténico, mesoinositol, nicotinamida, ácido p-aminobenzoico, riboflavina

(vitamina B2 o lactoflavina) y tiamina (vitamina B1 o aneurina). Destaca la vitamina B1 o tiamina, requerida para muchas de las descarboxilaciones, siendo un factor determinante en el metabolismo de los glúcidos (paso de ácido pirúvico a etanol, formación de butanodiol-2,3). Las levaduras consumen gran cantidad de esta vitamina en la fase de multiplicación celular y su adición puede aumentar las poblaciones hasta en un 30%, mejorando el rendimiento de la transformación de azúcares, y reduciendo la producción de ácidos cetónicos que se pueden combinar con el anhídrido sulfuroso haciendo que pierda su eficacia (Vasquez y Dacosta, 2007).

2.4.5 Condiciones necesarias para la fermentación alcohólica

A. Concentración de azúcares.

Determina el tiempo de la fase de multiplicación celular (crecimiento exponencial), de la fase estacionaria y de la fase de muerte. La concentración de azúcares debe mantenerse en niveles bajos para la multiplicación inicial de la levadura. De 10 °Brix a 18 °Brix de concentración de azúcar es satisfactoria, en ocasiones se emplean concentraciones demasiado altas que inhiben el crecimiento de las levaduras (Betancourt, 2003).

Fajardo y Sarmiento (2008). Estudiaron el efecto de la adición del azúcar en la producción de alcohol para la obtención de licor en un proceso artesanal, las concentraciones de azúcares en el mosto se evaluaron por refractómetro, y el contenido de alcohol del licor por hidrometría. Los resultados in situ evidenciaron un efecto favorable de la elevación del contenido de azúcar (18 a 20 °Brix) para la fermentación.

B. pH

La producción de ácidos orgánicos en alimentos fermentados comúnmente reduce el pH a valores inferiores a 4.0, lo que garantiza la seguridad microbiológica del producto porque algunos patógenos no sobreviven a este pH. Los alimentos fermentados comúnmente reducen el pH a valores inferiores a 4.0. (Blandino et al., 2003; Puerari et al., 2014)

Es un factor importante en la fermentación, debido a su importancia en el control de la contaminación bacteriana como también el efecto en el crecimiento de las levaduras, en la velocidad de la fermentación y en el rendimiento de etanol con

Sacharomyces cerevisiae. La reacción óptima para un proceso fermentativo con levaduras se debe realizar a un pH de 4,5 y 5,0 (Blandino et al., 2003).

C. Temperatura.

Otro de los parámetros que habitualmente se mide en la fermentación alcohólica, es el control de temperatura siendo una determinación muy fácil de realizar, y que de manera indirecta determina la actividad de las levaduras, sirviendo además para predecir la posible parada de la fermentación por exceso de temperatura (Hidalgo, 2011). La temperatura puede tener lugar en un rango desde los 13°C- 35°C. Las levaduras son microorganismos mesófilos. Cuanto mayor sea la temperatura dentro del rango establecido mayor será la velocidad del proceso fermentativo siendo también mayor la proporción de productos secundarios. Sin embargo, a menor temperatura es más fácil conseguir un mayor grado alcohólico, ya que a altas temperaturas hacen fermentar más rápido a las levaduras llegando a agotarlas antes (Puerari et al., 2014).

Las levaduras son menos resistentes a los cambios de temperatura que las bacterias ya que no aguantan temperaturas por debajo del punto de congelación. Siendo 20 - 30 °C el intervalo óptimo para su crecimiento. A los 45 - 47°C mueren, por lo que si las quiere eliminar de cualquier alimento o bebida basta calentarla a 50 – 60 ° C por 5 minutos (Blandino et al., 2003; Puerari et al., 2014).

2.4.6 Levaduras

2.4.6.1 Aspectos generales

El término levadura no tiene significado taxonómico y sólo es utilizado para describir el estado morfológico de un hongo. Así el término de levadura se emplea para denominar a los hongos unicelulares (Cabronero, 1993), cuyo crecimiento vegetativo se produce en su mayoría a partir de la gemación o fisión binaria y cuyas esporas sexuales no se forman en el interior de cuerpos fructíferos (Martorell, 2006).

Por lo que respecta a la morfología, pueden presentar forma redondeada, ovoidea o elongada los que varían de 3 a 15 µm de diámetro, siendo relativamente constante para la misma especie. Macroscópicamente, las levaduras producen colonias pastosas y opacas en medios sólidos y que generalmente llegan a 0,5 a 3 mm de

diámetro. Unas pocas especies son característicamente pigmentadas, pero muchas son de color crema (García y Mamani, 2008).

2.4.6.2 Clasificación

Las levaduras pertenecen al reino Fungi y dentro de él a la división Eumicota que agrupa a los denominados hongos verdaderos. Dentro de esta división las levaduras se incluyen en 2 de las 5 subdivisiones de los Eumicetos. La Ascomycota representada por las levaduras capaces de producir ascosporas, llamadas por ello esporógenas, y la Deuteromycotina representada por las levaduras incapaces de formar esporas llamadas por ello asporógenas o no esporógenas. Los géneros de levaduras esporógenas, englobados todos ellos en la familia Saccharomycetaceae se distribuyen en 3 subfamilias. Las levaduras no esporógenas constituyen la familia Cryptococcaceae (Mesas, 1999).

2.4.6.3 Necesidades nutricionales

Las levaduras utilizan los compuestos carbonados como fuente de energía y como fuente de carbono. Solo unos pocos glúcidos, principalmente hexosas, los disacáridos y trisacáridos pueden ser fermentados por estos microorganismos, pero el rango de compuestos que pueden asimilar es mucho más amplio incluyendo pentosas, alcoholes, ácidos orgánicos, aminoácidos y glucósidos (Carrillo, 2007). Las fuentes comunes de nitrógeno utilizadas por las levaduras son amonio, urea y aminoácidos. Muchas especies sintetizan todas las vitaminas necesarias pero otras requieren biotina y otros compuestos como tiamina y adenina (Carrillo, 2007).

También requieren fósforo, azufre, potasio, magnesio, zinc, calcio entre otros componentes. El fósforo en forma de iones fosfato regula la síntesis de los lípidos y los glúcidos. El potasio estimula la fermentación y la respiración a pH ácido consumiendo dos veces más de potasio en la fermentación que en la respiración. El magnesio y zinc actúan como cofactor de enzimas. El calcio mantiene la integridad celular a nivel de las membranas en entornos hostiles (Leveau, 2000).

2.4.6.4 Reproducción

Las levaduras pueden reproducirse asexualmente y sexualmente, en la primera lo hacen mediante gemación que es el proceso de división celular acoplado a la mitosis y en la segunda ocurre por conjugación entre dos células de tipo sexual opuesto (a , α) con formación de un cigoto diploide. En condiciones carenciales de

nutrientes tales como nitrógeno, las levaduras pueden sufrir un proceso de esporulación con una división reduccional (meiosis) que conduce a la formación de ascas o basioesporas (Leveau, 2000).

Las levaduras retienen una cicatriz característica en el sitio de la pared celular donde alguna vez estuvo unido un brote. La formación de estas yemas está en función a la fase de crecimiento, encontrando que en la fase estacionaria la formación de yemas es baja y en la fase de crecimiento, donde las condiciones son favorables para el crecimiento, pueden formar hasta 43 yemas (Lagos, 1999).

2.4.6.5 La especie *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae, levadura perteneciente a la clase Ascomycetes, orden Endomycetales y familia Saccharomycetaceae es quizás la levadura más importante para la humanidad, ya sea por su utilización desde hace miles de años en la producción de pan y bebidas alcohólicas por fermentación, o por ser uno de los organismos eucarióticos modelo más intensamente estudiados a nivel de su biología celular y molecular para el desarrollo de la biología molecular y genética. Esto condujo a que fuera el primer genoma eucariota completamente secuenciado cuyo análisis del mismo reveló un tamaño de unas 13 000 kb y unos 6 275 genes. El 72% de las secuencias corresponden a secuencias codificantes siendo el tamaño promedio de los genes de 1,45 kb y solamente el 3,8% de los ORFs (marcos de lectura abiertos) contienen intrones además estudios comparativos de las secuencias permitieron estimar que el 23% de su genoma era similar al de nosotros (Adrio, 2008).

La taxonomía clásica de las levaduras que se basa en características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas ha dado lugar a que el género *Saccharomyces* se divida en diferentes especies con relación a fermentaciones alcohólicas, dentro de las que destacan: *S. cerevisiae*, *S. diastaticus*, *S. carlsbergensis*, *S. bayanus*, *S. ellipsoideus*, *S. chevalieri*, *S. oviformis*, *S. italicus*, *S. capensis*, *S. vini*, *S. sake*, etc. Pero la biología molecular ha permitido percatarse de que a pesar de la gran diversidad de formas, funciones y características bioquímicas, todas estas especies mencionadas no son sino diferentes cepas de una sola especie: *Saccharomyces cerevisiae*. Todas estas cepas presentan diferencias funcionales de gran importancia tecnológica para los procesos de producción de bebidas alcohólicas; estas diferencias, aunque aparentemente son muy significativas, no son

sino el resultado de pequeñas mutaciones en el material genético, incluso muchas veces fácilmente inducibles, que no contribuyen en forma importante al grado de diferencia en la homología del ADN, es decir, si comparamos el material genético de estas cepas entre ellas y con las cepas plenamente identificadas encontraremos que es similar en proporciones cercanas al 100% (García, 1993).

Además la biología molecular ha permitido establecer que *S. bayanus* y *S. pastorianus* (sin. *S. carlsbergensis*, *S. uvarum*) son especies distintas (García, 1993).

La forma de las células de *S. cerevisiae* puede ser esférica, elipsoidal, cilíndrica o sumamente alargada, en agrupaciones de dos cadenas cortas de racimos o bien sin agruparse; pueden formar o no pseudomicelio. La apariencia de las colonias es muy diversa: de color crema a ligeramente café, de lisas a rugosas, en ocasiones sectorizadas, brillantes u opacas. Esporulan formando de una a cuatro ascosporas de forma redonda a ligeramente elipsoidal. Fermentan y asimilan la glucosa y normalmente también la sacarosa, maltosa y galactosa, no así la lactosa, (tabla 1) son incapaces de utilizar las pentosas y no fermenta las dextrinas liberadas en el mosto de cerveza por la acción de la malta a excepción de *S. diastaticus* quien posee una amiloglucosidasa capaz de hidrolizar totalmente las dextrinas lo cual ha despertado el interés de clonar el gen de la amiloglucosidasa en cepas de cervecería (Leveau, 2000).

La capacidad de crecer en medios libres de vitaminas es variable, lo cual implica que algunas cepas presentan auxotrofias y otras no; sin embargo, aun cuando no existan requerimientos absolutos por ellas, las vitaminas en el medio estimulan el crecimiento e incrementan la productividad. La auxotrofia más común es por biotina, y algunas cepas presentan también por ácido pantoténico, ácido nicotínico, tiamina, inositol, etc. Existen un requerimiento absoluto por ergosterol y otros esteroides, ácidos grasos insaturados y ácido nicotínico en *S. cerevisiae* cuando se crece en condiciones estrictamente anaerobias; estos requerimientos no se manifiestan cuando la levadura crece en condiciones aerobias o microaerófilas, ya que con la presencia de oxígeno en concentraciones de por lo menos 1 ppm el microorganismo es capaz de sintetizar estos nutrimentos. La anaerobiosis absoluta en ausencia de estos compuestos se manifiesta en baja productividad de alcohol, pobre viabilidad, y finalmente en imposibilidad de seguir creciendo (García, 1993).

Tabla 1: Características morfológicas y fisiológicas de la especie *Saccharomyces cerevisiae*.

----- Características morfológicas y fisiológicas -----	
Crecimiento a 37°C	+
Seudohifas verdaderas	-*
Clamidiosporas	-
Tubos germinales	-
Asimilaciones	
Glucosa	+
Maltosa	+
Sacarosa	+
Lactosa	-
Galactosa	+
Melibiosa	-
Celobiosa	-
Xilosa	-
Rafinosa	+
Trehalosa	+*
Fermentaciones	
Glucosa	F
Maltosa	F
Sacarosa	F
Lactosa	-
Galactosa	F

* : Variación de cepa

+: Crecimiento o presencia de estructura.

-: Ni crecimiento en el control ni fermentación.

F: Fermentación con producción de gas

Fuente: García y Mamani (2008).

Al crecer en medio líquidos algunas flocculan y otra no; el sedimento puede irse al fondo del fermentador o a la superficie, y la tendencia de floccular puede presentarse al final de la fermentación o en etapas tempranas. Esta variedad de comportamientos tienen un gran significado práctico, ya que la tendencia a floccular facilita la operación de separación de la levadura, pero es muy importante que la sedimentación se presente hasta el final de la fermentación, ya que de otra manera se dificulta mantener el cultivo homogéneo y la asimilación de nutrientes por la levadura puede fácilmente dejar de ser completa y por, lo tanto, disminuir los rendimientos de la fermentación. Este fenómeno de flocculación se debe a un cambio en la composición de la pared celular de la levadura, donde tienen particular relevancia las proteínas y carbohidratos de la superficie, provocando la agregación

de las células mediante la formación de puentes de calcio o de magnesio (García y Mamani, 2008).

La capacidad de producción de alcohol y la tolerancia al mismo son dos características relacionadas desde el punto de vista funcional ya que la segunda puede limitar a la primera; sin embargo, son independientes en su origen fisiológico, es decir, la habilidad de una levadura de producir alcohol a partir de un carbohidrato no necesariamente implica que ésta tenga alta tolerancia y viceversa. La producción de alcohol es un fenómeno complejo cuyo rendimiento depende de diversos factores, por ejemplo las características intrínsecas de la cepa, las condiciones de aeración, las concentración del inóculo, la composición del medio, las condiciones de fermentación, etc. (Epifanio, 2005).

La concentración de oxígeno en el medio tiene una relación inversamente proporcional a la productividad específica de etanol, lo cual se conoce como efecto Pasteur. No obstante concentraciones muy bajas de oxígeno son indispensables para la síntesis de los lípidos, los cuales son componentes fundamentales de la membrana celular. Por otra parte, en medios muy bien oxigenados pero con altas concentraciones de azúcares fermentables se reprime la síntesis y actividad de las enzimas respiratorias y se produce etanol; a este fenómeno se le conoce como efecto Crabtree (García y Mamani, 2008).

Por otra parte, la tolerancia al alcohol es una resultante compleja que involucra fenómenos bioquímicos, fisicoquímicos y metabólicos; de hecho no existe una definición universal de tolerancia al alcohol; este término puede referirse a la concentración de alcohol que inhibe el crecimiento (la cual es la definición más común) o bien a la inhibición sobre la velocidad específica de fermentación o al efecto sobre las viabilidad. La tolerancia al alcohol depende, además de las características genéticas de la cepa, de diversos factores ambientales como: concentración de azúcares en el medio desde el inicio de la fermentación y en fases posteriores, estado metabólico de las células, temperatura, pH, y de manera importante la concentración del etanol en las diferentes etapas de la fermentación. El efecto inhibitorio del etanol tiene de hecho dos modos de acción: uno no específico, que se debe a la reducción de la actividad de agua en el medio, y el otro específico, donde el solvente actúa en contra de algunos componentes celulares; por ejemplo algunas enzimas. Los esteroides y ácidos grasos insaturados sintetizados en presencia de oxígeno, tienen también un papel fundamental en el incremento de la

tolerancia al etanol. La suplementación del medio con vitaminas y proteínas también mejora la tolerancia al alcohol (Epifanio, 2005).

El efecto de inhibición por alcohol y el de inhibición por una alta osmolaridad en el medio son sinérgicos, por lo tanto, altas concentraciones de azúcares reducen la capacidad de tolerar alcohol (Madigan, 2001).

Los términos “levadura alta” o “fermentación alta” y “levadura baja” o “fermentación baja” se refieren a la propiedad de muchas de las cepas de levaduras utilizadas en cervecería a flocular y flotar formando una nata hacia el final de la fermentación en el primer caso a flocular y hundirse en el fermentador en el segundo, una vez terminada la fermentación. Tradicionalmente las cervezas tipo *ale* se han elaborado con la levadura alta, compuesta de cepas que siempre se han considerado de la especie *S. carlbergensis* considerada ahora *S. pastorianus* (Sinónimos *S. carlbergensis*, *S. uvarum*), mientras que las cervezas tipo *lager* se han elaborado con levaduras bajas, pertenecientes a la especie *S. cerevisiae* (García, 1993; Madigan, 2001).

El uso de *S. cerevisiae* no solo está limitado a la producción de bebidas alcohólicas sino que actualmente esta especie es utilizada en la industria biotecnológica esta especie es utilizada como agente para la obtención de proteínas, vitaminas del complejo B, pigmentos, cofactores, proteínas de organismos unicelulares, biomasa y otros productos con valor añadido (González y Valenzuela, 2004).

2.4.6.6 Ciclo biológico

El ciclo celular es una sucesión ordenada de procesos mediante los cuales una célula crece y se divide en dos. Históricamente el ciclo celular se le ha dividido en cuatro fases: la fase S (síntesis) durante la cual se replica el DNA, la fase M (mitosis) en la que se segregan los cromosomas y se dividen las células, y dos fases G1 y G2 (gap) que separan el final de la mitosis del inicio de la replicación (G1) y el final de la replicación del inicio de la mitosis (G2) (Martínez, 2006).

Durante el ciclo vegetativo, *S. cerevisiae* se divide por gemación. A partir de una célula madre se desarrolla una célula hija o yema que crece hasta un tamaño similar al de la madre, teniendo lugar en este momento la citoquinesis, septación y separación de las células. Este ciclo se puede dividir en dos grandes etapas: la primera de ellas es la mitosis, en la que tiene lugar la separación del material

Cuando una célula de *S. cerevisiae*, tipo sexual **a** o **α** , detecta la presencia de la feromona secretada por el tipo sexual opuesto (factor **a** o factor **α**), el ciclo vegetativo se detiene en G1 antes de llegar a START, y comienza el ciclo sexual: la célula sufre una serie de modificaciones morfológicas que la llevan a formar una proyección dirigida hacia la fuente de feromona (la morfología de estas células se denomina “shmoo”). La célula de tipo sexual opuesto sufre los mismos cambios, y todo ello conduce a la conjugación de ambas células (Rodríguez, 2001).

El ciclo biológico de la especie *S. cerevisiae* consta de dos fases: haploide y diploide. Las células haploides presentan dos posibilidades en su ciclo biológico: un ciclo de reproducción vegetativo, por el que la célula se divide para dar dos células iguales; y un ciclo sexual, en el que dos células de tipo sexual opuesto se fusionan para dar lugar a una célula diploide, que entra de nuevo en un ciclo de división vegetativo. En condiciones determinadas, como la limitación en la fuente de carbono, la célula diploide sufre una meiosis que genera cuatro esporas haploides, las cuales, al germinar, iniciarán un nuevo ciclo vegetativo. Además se ha observado en algunas cepas diploides, bajo condiciones de ayuno de nitrógeno en medio sólido pueden desarrollar una transición dimórfica y mostrar un patrón de crecimiento pseudohifal. En cepas haploides, el fenómeno paralelo se manifiesta como crecimiento invasivo con penetración en el agar (Martínez, 2006).

2.5 CINÉTICA DE FERMENTACIÓN

Impacto de la fermentación en la calidad general de los productos a base de granos. La fermentación es un proceso increíble que mejora significativamente la diversidad, la capacidad de almacenamiento, nutricional, sensorial, tecnológica, potenciales de seguridad y salud de los granos alimenticios y productos a base de granos. (Taylor, 2016).

La fermentación de granos es el método más fácil y económico para preservar los alimentos a base de granos de los microorganismos de descomposición ya que se cree que los microorganismos fermentadores como las bacterias ácido lácticas producen metabolitos como ácidos, etanol, peróxido de hidrógeno, dióxido de carbono y bacteriocinas que inhibieron el crecimiento de microorganismos patógenos y de descomposición en los alimentos (Nout, 2009). La fermentación podría degradar y eliminar los compuestos tóxicos y alérgicos de los granos y mejorar así la seguridad de estos productos. Fermentación También mejora las propiedades funcionales de las

proteínas y el almidón de los granos alimenticios y aumenta las capacidades de retención de gas, agua y aceite de alimentos fermentados y, por lo tanto, mejora las propiedades sensoriales y la aceptabilidad general de los productos finales (Taylor, 2016).

Nutricionalmente, se cree que la fermentación de granos reduce los antinutricionales factores (taninos, fitatos e inhibidores de proteasas) y carbohidratos complejos, aumentan minerales esenciales, aminoácidos, ácidos grasos, y el contenido de vitaminas y su biodisponibilidad como resultado de mejorar la digestibilidad de las proteínas y el almidón. Además, fermentación Mejora el rendimiento y el perfil de los productos polifenólicos de granos fermentados por la acción de las actividades metabólicas microbianas a través de fosforilación, glicosilación, desglicosilación, metilación y glucuronidación y, en consecuencia, conduce a la formación de nuevos metabolitos con propiedades funcionales y farmacéuticas específicas (Emerald et al., 2016). Promoción terapéutica y de salud. El potencial de los granos fermentados es diverso e incluye, pero no se limita a, antioxidante, anticancerígeno, antihipertensión, anti inflamación, anticolesterol, antidiabéticos y prevención de enfermedades cardiovasculares, trastornos gastrointestinales, enfermedad hepática, obesidad y reacciones alérgicas (Emerald et al., 2016)

2.5.1 Cinética de crecimiento microbiano

Cuando una pequeña cantidad de células vivas (inoculo) se añade a una solución de sustrato, en unas condiciones óptimas de temperatura y pH, se produce un proceso de crecimiento microbiano. Una curva típica de crecimiento microbiano en un reactor Batch y en un medio definido (Levenspiel, 2004). Se ilustra en la Figura 6.

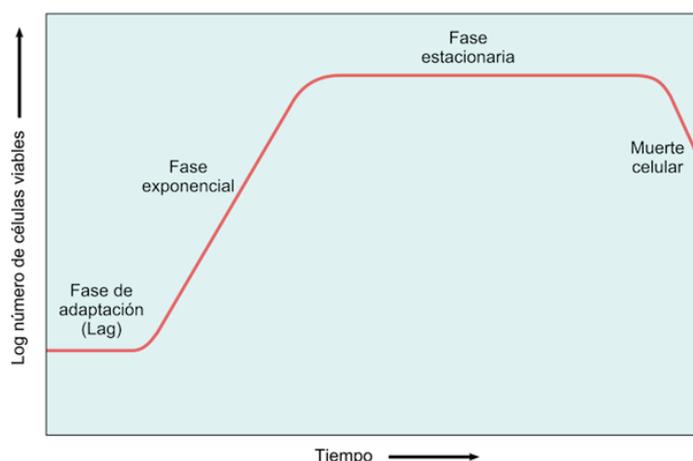


Figura 6: Curva de crecimiento microbiano

A. Fase de adaptación

Inicialmente se produce un proceso de adaptación celular o fase de retraso en el que no hay crecimiento. Este periodo es tanto más largo cuanto más dispares son las nuevas condiciones en las que las células deben crecer respecto a las que tenían originalmente (Levenspiel, 2004; Izquierdo, 2004).

B. Fase de crecimiento exponencial

Se produce una aceleración hasta producirse un crecimiento exponencial del número de células. Es una fase de crecimiento balanceado, debido a que todos los constituyentes celulares experimentan un incremento proporcional durante un mismo periodo de tiempo (Izquierdo, 2004).

C. Fase estacionaria

La fase estacionaria ocurre cuando las células han dejado de dividirse, o cuando las variables han alcanzado equilibrio con las células muertas. El crecimiento es nulo debido al agotamiento del sustrato o de algún otro componente necesario para el crecimiento o debido a la acumulación de productos inhibidores tóxicos para las células. Si la presencia de la fase estacionaria se debe a la extinción del sustrato, la dilución no altera la situación (Levenspiel, 2004). Debido al agotamiento de los nutrientes y a la concentración de productos tóxicos, como resultados metabólicos la población no puede sustentarse por sí misma y la fase de muerte empieza (Levenspiel, 2004; Izquierdo, 2004).

D. Fase de muerte

Cuando la población microbiana haya alcanzado un tamaño determinado, el medio de cultivo será alterado ya sea por el agotamiento de alguno de los nutrientes, por la escasa disponibilidad de oxígeno en el caso de microorganismos aeróbicos, o por acumulación de productos tóxicos. El número de células es probable que decaiga. Alternativamente, como la viabilidad decrece la lisis celular puede ocurrir, consecuentemente la masa celular caerá (Levenspiel, 2004; Izquierdo, 2004).

2.6 MODELAMIENTO MATEMÁTICO

2.6.1 Modelos cinéticos

El modelo cinético es usado para describir la relación entre las principales variables de estado y para explicar el comportamiento de una fermentación. Es necesario el estudio cinético, que consiste en la medición o estimación de las velocidades de síntesis celular, formación de productos y de los efectos del medio ambiente sobre las velocidades. Los modelos a nivel celular abarcan mayormente proceso de lote o batch, que son los de mayor importancia comercial (Quinteros, 1993).

Palomino (2003) en su artículo de cinéticas de reacciones bioquímicas presenta algunos modelos cinéticos para la determinación de la velocidad de crecimiento celular. Aquí alguna de ellas:

2.6.1.1 Modelo de Monod

Cuando un nutriente ejerce una acción limitante sobre el crecimiento de la biomasa, por ejemplo, el sustrato que actúa como fuente de carbono o nitrógeno, o la concentración de oxígeno u otro oxidante en el medio, la velocidad específica de crecimiento puede expresarse mediante la ecuación de Monod, la velocidad de utilización del sustrato depende de la concentración del mismo (Gonzales, 2005).

Varios tipos de ecuaciones han sido propuestas para describir esta relación. Sin embargo, el modelo de Monod es simple y puede ser aplicado en la práctica. Este modelo expresa que la tasa de crecimiento (μ) de un microorganismo es función de la concentración de un sustrato limitante (por lo general la fuente de carbono) cuando los demás se encuentran en concentraciones en exceso o por arriba de las necesidades del microorganismo, como se muestra en la siguiente ecuación (Hoyos y Quinchía, 2005).

$$\mu = \mu_{max} \frac{S}{K_s + S}$$

Donde:

μ : velocidad específica de crecimiento h^{-1}

μ_{max} : velocidad máxima de crecimiento h^{-1}

Ks: constante de saturación g/L

S: Concentración de sustrato limitante g/L

2.6.1.2 Modelo de Michaelis - Menten

La cinética de Michaelis - Menten describe la velocidad de reacción de muchas reacciones enzimáticas. Su nombre es en honor a Leonor Michaelis y Maud Menten. Este modelo sólo es válido cuando la concentración del sustrato es mayor que la concentración de la enzima, y para condiciones de estado estacionario, o sea que la concentración del complejo enzima-sustrato es constante. (Erazo y Palomino, 1999), en su artículo de cinética de reacciones bioquímicas presenta el modelo cinético de Michaelis - Menten para la determinación de la velocidad de crecimiento celular, el cual se define como:

$$\mu = \frac{\mu_{max} S}{K_m + S}$$

Donde:

μ : velocidad de reacción del sustrato.

S: Constante de saturación.

μ_{max} : velocidad máxima.

K_m : constante de Michaelis Menten.

2.7 QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)

2.7.1 Definición

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), que se conoce como un pseudocereal o pseudograin porque, aunque no pertenece a la familia gramineae, produce semillas que se pueden moler en harina y se usa como cultivo de cereal (Encina et al., 2017; Vilcacundo y Hernández, 2017). Ha sido catalogado como un alimento único, un superalimento, por organizaciones internacionales como la FAO y la OMS, por su alto contenido nutricional (Fairlie, 2016). El contenido de proteína de la quinoa varía entre 13.81 y 21.9 % dependiendo de la variedad. Debido al elevado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quinoa es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales. Es una fuente

importante de minerales y vitaminas, y también se ha encontrado que contienen compuestos como polifenoles, fitoesteroles y flavonoides con beneficios nutraceuticos (Abugoch, 2009; FAO, 2011).

Las semillas de quinua revelan la ausencia total de gluten, altos niveles de ácidos grasos, vitaminas, minerales, fibras dietéticas y proteínas con más aminoácidos (Gómez et al., 2014; Abderrahim et al., 2015; Tang et al., 2015; Aziz et al., 2018; Pellegrini et al., 2018) Además de este rico en su composición nutricional, se ha encontrado que estas semillas contienen una gran cantidad variedad de compuestos bioactivos, como carotenoides, vitamina C y compuestos fenólicos, que son evidentes en muchos estudios como protectores contra una variedad de enfermedades, particularmente cáncer, alergia, inflamatorio y puede reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Gómez et al., 2014; Nowak et al., 2016).

La quinua es un nutriente funcional ya que contiene muchos componentes que son importantes en términos de salud. Por este motivo, además de sus propiedades nutricionales y compuestas, sus efectos sobre la salud también han sido estudiados. Porque tiene un alto valor nutricional y propiedades terapéuticas y es sin gluten, se ha informado que la quinua es beneficiosa para grupos sensibles como los niños, personas mayores, atletas de alta actividad, personas con intolerancia a la lactosa, mujeres con tendencia a osteoporosis y personas con diabetes, dislipidemia, obesidad, anemia y enfermedad celíaca. También se informa que estas propiedades provienen de fibra dietética, sustancias minerales, vitaminas, grasas ácidos, antioxidantes y especialmente fitoquímicos. Estas propiedades hacen que la quinua sea superior a los otros granos en términos de nutrición y salud humana (Navruz y Sanlier, 2016). Otro de los componentes bioactivos disponibles en la estructura de la quinua son polifenoles, saponina, fitosis, ácido, escualeno y fitosterol que pueden mostrar efectos antibacterianos, antivirales y antialérgicos y ayudar a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y diabetes (Gawlik et al., 2013; Demir, 2014; Keskin y Kaplan, 2015).

Ruales et al. (2002), informaron que la comida para bebés con quinua se les dio a los niños en dos comidas por día durante 15 días y como resultado del estudio, alimentos para bebés con quinua suministrada suficientes proteínas y grupos de nutrientes esenciales y proporcionaron una solución a la desnutrición en infantes.

Farinazzi et al. (2012), afirmaron que la quinua contiene proteínas con alto contenido valor biológico, los carbohidratos de bajo índice glucémico, los fitoesteroides y los grasas ácidos de omega 3 y omega 6.

Para determinar el efecto de la quinua en el riesgo de enfermedades cardiovasculares Kaur y Tanvar (2016) examinaron las propiedades antioxidantes, antidiabéticas y antihipertensivas de bebidas de quinua producidas a partir de harina de quinua que pretrataron con diferentes técnicas (crudo, empapado, germinado y malteado). Determinaron que las bebidas que preparaban el uso de harina de malta tuvieron mayor actividad antidiabética con sustancia fenólica total y antioxidante actividad.

2.7.2 Origen y distribución

Uno de los cultivos que han llamado mucho la atención en los últimos tiempos es el *Chenopodium quinua* Willd. (quinua) (Navruz y Sanlier, 2016). Esta especie se ha cultivado para siglos en los países andinos de Perú y Bolivia (Encina et al., 2017); Sin embargo, hoy en día su cultivo se ha extendido a varios países, como Australia, Canadá, China, Inglaterra y otros (Hu et al., 2017; Aziz et al., 2018). Esto podría suceder porque la quinua tiene una alta resistencia al estrés abiótico, ya que estas plantas tienen gran variabilidad genética que permite su adaptación y crecimiento en el condiciones ambientales más adversas (Abderrahim et al., 2015; Navruz y Sanlier, 2016; Aziz et al., 2018; Li y Zhu, 2018).

La quinua (*Chenopodium quiona* Willd.) crece a muchas altitudes diferentes desde el nivel del mar hasta la altura del altiplano boliviano, meseta y bajo diversas condiciones climáticas. La quinua tiene una amplia diversidad genética que le permite adaptarse a diversos entornos difíciles, como las tierras altas y las heladas (Jacobsen, 2003). Es uno de los pocos cultivos que crece en suelos de alto nivel de salinidad en el sur de Bolivia y Norte de Chile (Jacobsen et al., 2000). La historia de su consumo humano se remonta a 5000 años (Ando et al., 2002; Oelke et al., 2012). Las semillas comestibles de quinua son pequeñas, redondas y planas, los colores de las semillas pueden variar de blanco a gris y negro, o puede ser amarillo y rojo. Se consume como alimento para el desayuno y como alimento básico. Similar al maíz y la papa, la quinua era un alimento básico común en la región andina en el pasado, pero tiende a ser reemplazado por alimentos importados más baratos como el arroz y la pasta (Repo - Carrasco, Espinoza y Jacobsen, 2003).

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una planta andina, cuyo centro de origen se encuentra en algún valle de la zona Andina que muestra la mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y de progenitores silvestres en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, encontrándose la mayor diversidad entre Potosí (Bolivia) y Sicuani (Perú). En su historia se reconoce que fue utilizada como alimento desde hace 5000 años, su mejor producción el cual se consigue en el rango de 2.500-3.800 m.s.n.m., Además, la especie fue adaptada a diferentes condiciones agroclimáticas, edáficas (relativas al suelo) y culturales, haciendo que la planta presente una amplia adaptación desde el nivel del mar hasta los 4.000 m.s.n.m. y se adapta a climas desde el desértico hasta climas calurosos y secos, puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88%, y soporta temperaturas desde -8°C hasta 38°C. Es una planta eficiente al uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo y permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm. El cultivo de la quinua en el mundo se está expandiendo. Países como Estados Unidos, Canadá, Francia, Holanda, Dinamarca, Italia, India, Kenia, Marruecos, China y otros están produciendo o realizando ensayos agronómicos para la producción comercial (Koziol, 1992; Mujica y Jacobsen, 2006; Apaza et al., 2013).

2.7.3 Clasificación taxonómica

La quinua está ubicada dentro de la sección *Chenopodia* y tiene la siguiente posición taxonómica, según (Mujica, 1993; Apaza et al., 2013):

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógamas
Clase	: Dicotiledóneas
Sub clase	: Angiospermas
Orden	: Centrospermales
Familia	: Chenopodiaceae
Género	: <i>Chenopodium</i>
Sección	: <i>Chenopodia</i>
Subsección	: <i>Cellulata</i>
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.



Fuente: Apaza et al. (2013)

Figura 7: Plantas de quinua de la variedad Blanca de Juli.



Fuente: Apaza et al. (2013)

Figura 8: Plantas de quinua de la variedad INIA 415 Pasankalla.



Fuente: Apaza et al. (2013)

Figura 9: Plantas de quinua de la variedad INIA 420 Negra Collana.

2.7.4 Variedades

2.7.4.1 Blanca de Juli

Adaptación

Zona agroecológica circunlacustre y suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 450 a 600 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco, franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0 (Apaza et al., 2013).

Principales usos

- Consumo tradicional: Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas.
- Agroindustria: Perlada, laminada, molienda, fideos.

Tabla 2: Características del grano de quinua de la variedad Blanca de Juli

Características del grano	
Aspecto del grano	: Opaco
Color del perigonio	: Verde
Color del pericarpio	: Blanco opaco
Color del episperma	: Blanco
Color del perisperma	: Blanco
Forma del borde del grano	: Afilado
Forma del grano	: Cilíndrico
Uniformidad del color del grano	: Bastante uniforme
Diámetro del grano	: 1.60 mm
Contenido de saponina	: 0.04 %

Fuente: Apaza et al. (2013)



Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Granos de quinua de la variedad Blanca de Juli

2.7.4.2 INIA 415 Pasankalla

Adaptación

Zona agroecológica suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. También se adapta a valles interandinos entre los 2750 a 3750 msnm y en costa entre los 640 y 1314 msnm, temperatura máxima de 24 a 25°C en suelos de textura franco arenoso (Apaza et al., 2013).

Principales usos

- Consumo: Sopas, ensaladas, guisos, postres, panecillos (K'ispiño) y bebidas.
- Agroindustria: Expandida, perlada, laminada, molienda, extruida.

Tabla 3: Características del grano de quinua de la variedad INIA 415 Pasankalla

Características del grano	
Aspecto del grano	: Opaco
Color del perigonio	: Púrpura
Color del pericarpio	: Plomo claro
Color del episperma	: Vino oscuro
Color del perisperma	: Blanco
Forma del borde del grano	: Afilado
Forma del grano	: Cilíndrico
Uniformidad del color del grano	: Bastante uniforme
Diámetro del grano	: 2.10 mm
Contenido de saponina	: 0.00 %

Fuente: Apaza et al. (2013)



Fuente: Elaboración propia

Figura 11: Granos de quinua de la variedad 415 INIA Pasankalla

2.7.4.3 INIA 420 Negra Collana

Adaptación

Zona agroecológica Suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. También se adapta a valles interandinos y a la costa peruana (Apaza et al., 2013).

Principales usos

- Consumo tradicional: Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas.
- Agroindustria: Perlada, laminada, molienda, expandida, extruida, tostada.

Tabla 4: Características del grano de quinua de la variedad INIA 420 Negra Collana.

Características del grano	
Aspecto del grano	: Opaco
Color del perigonio	: Verde
Color del pericarpio	: Gris
Color del episperma	: Negro brillante
Color del perisperma	: Blanco
Forma del borde del grano	: Afilado
Forma del grano	: Cilíndrico
Uniformidad del color del grano	: Uniforme
Diámetro del grano	: 1.60 mm
Contenido de saponina	: 0.00 %

Fuente: Apaza et al. (2013)



Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Granos de quinua de la variedad INIA 420 Negra Collana

2.7.5 Composición química de la quinua

Varios autores concuerdan que la quinua es el alimento más completo para la nutrición humana. En la Tabla 5 se presentan resultados sobre la composición química proximal de semillas de quinua determinados por diversos autores, los valores de esta tabla pueden abarcar variaciones por resultados de: diversos cultivares y genotipos de distintas regiones, ecotipos cultivados en diferentes regiones, un mismo genotipo cosechado en años distintos, un mismo cultivar cosechado bajo diferentes condiciones para su desarrollo, semillas no tratadas o con tratamiento previo a la determinación de su composición química y la metodología de análisis, entre otras causas de variación (Padrón et al.,2015).

Tabla 5: Composición química proximal de semillas de quinua (g/100 g peso seco).

Humedad	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Ceniza	Carbohidratos	Referencias
-	12.9 - 13.3	6.5 - 6.7	-	2.7 - 3.0	-	Ando et al. (2002)
-	12.55 - 21.02	-	-	-	-	Bhargava et al. (2007)
13.25	11.14	5.80	3.88	2.29	63.65	Cerezal-Mezquita et al.(2012)
12.53	15.23	5.23	5.87	1.96	-	Demin et al. (2013)
10.96	11.95	7.19	-	2.15	-	Dogan y Karwe (2003)
11.5 - 11.7	17.4 - 18.8	6.49 - 5.80	2.4 - 2.6	3.5 - 3.7	69.3 - 70.4	Fischer et al. (2013)
14.7	11.7	12.4	2.2	3.0	55.3	Gallego-Villa et al.(2014)
-	9.15 - 15.53	-	-	-	-	González et al. (2012)
-	16.0 - 20.2	4.4 - 7.5	1.8 - 3.1	-	-	González-Martín et al. (2013)
-	13.50	-	-	2.20	-	Hofmanová et al. (2014)
-	-	-	-	0.55 - 5.38	-	Koyro y Elisa (2008)
-	14.6	5.6	-	-	-	Kozioł (1992)
11.52	12.60	6.02	3.03	1.53	-	Milovanovic et al. (2014)
7.74 - 15.18	11.32 - 16.10	5.88 - 7.15	1.33 - 2.81	3.15 - 3.65	56.73 - 68.36	Miranda et al. (2011)
7.77 - 15.17	11.13 - 16.18	5.57 - 7.06	1.21 - 2.85	3.18 - 3.70	56.54 - 68.12	Miranda et al. (2012)
6.56 - 12.26	18.18 - 19.68	2.97 - 5.65	2.11 - 5.70	3.31 - 4.89	56.08 - 62.47	Miranda et al. (2013)
-	16.3	4.7	4.5	2.8	76.2	Mujica y Jacobsen (2001)
12	3.5	5.6	-	3	-	Pachauri et al. (2012)
-	16.41	9.71	1.92	3.03	68.92	Palombini et al. (2013)
7.8	15.6	4.6	-	2.3	-	Ranhotra et al. (1993)
8.26 - 11.51	11.32 - 14.72	3.95 - 6.85	1.81 - 7.04	2.27 - 3.12	59.4 - 70.8	Repo-Carrasco et al. (2010)
10.78 - 12.62	13.96 - 15.47	4.69 - 6.85	1.92 - 3.38	3.04 - 5.46	68.84 - 75.82	Repo-Carrasco y Serna (2011)
10.08 - 11.43	15.16 - 17.41	4.79 - 5.79	5.69 - 10.32	2.22 - 7.06	-	Stikic et al. (2012)
11.8	13.1	-	-	2.2	-	Sundarrajan (2014)
8.3 - 10.8	14.5 - 18.2	4.7 - 7.1	-	3.6 - 6.5	-	Vidueiros et al. (2015)

En la Tabla 6 se establece una comparación de la composición química proximal de semilla de quinua con algunos cereales. Las semillas de quinua son una excelente fuente de proteínas, lípidos y carbohidratos, el embrión ocupa una mayor proporción de la semilla que en los cereales comunes, por lo que el contenido de proteína y aceite son relativamente altos (Repo-Carrasco y Serna, 2011), y comparado con otros granos es bajo en carbohidratos, aunque su mayor componente son los carbohidratos representando entre el 60 y 74 % de la materia seca, donde el almidón ocupa entre el 58,1 y 64,2 %, del cual 10-21 % (dependiendo de la variedad) es amilosa; el contenido de proteína de la quinua se encuentra estrechamente cercano entre los del trigo y la avena, mientras que los de arroz, maíz y cebada son menores (Arendt y Zannini, 2013), como se aprecia en el cuadro.

Tabla 6: Comparación de la composición química proximal de semilla de quinua con algunos cereales.

Proximales (g/100g)	Quinua	Trigo	Arroz	Maíz	Cebada	Avena
Humedad	13.28	10.94	11.62	10.37	10.09	8.22
Proteína	14.12	13.68	7.13	9.42	9.91	16.89
Grasa	6.07	2.47	0.66	4.74	1.16	6.90
Carbohidratos	64.16	71.13	79.95	74.26	77.72	66.27
Cenizas	2.38	1.78	0.64	1.2	1.11	1.72

Fuente: USDA/ARS (2014).

2.7.5.1 Proteína

En la nutrición humana sólo cuatro aminoácidos esenciales limitan la calidad de las dietas humanas. Estos aminoácidos son la lisina, la metionina, la treonina y el triptófano. Se compara el contenido de aminoácidos esenciales de la quinua con el trigo y arroz, que tiene gran ventaja nutritiva. Los aminoácidos en la proteína de los granos de quinua cubren los requerimientos de aminoácidos recomendados para niños en edad preescolar, escolar y adultos. La importancia de las proteínas de la quinua radica en la calidad. Las proteínas de quinua son principalmente albúmina y globulina. La lisina de la quinua es el que mejora la función inmunitaria al colaborar en la formación de anticuerpos, favorece la función gástrica, colabora en la reparación celular, participa en el metabolismo de los ácidos grasos, ayuda al

transporte y absorción del calcio incluso retardar o impedir junto con la vitamina C las metástasis cancerosas (Fischer et al., 2013). La FAO señala que una proteína es biológicamente completa cuando contiene todos los aminoácidos esenciales en una cantidad igual o superior a la establecida para cada aminoácido en una proteína de referencia o patrón. Las proteínas que poseen uno o más aminoácidos limitantes, es decir que se encuentran en menor proporción que la establecida para la proteína patrón, se consideran biológicamente incompletas, debido a que no puede utilizarse totalmente. Se estima que la digestibilidad de la quinua es aproximadamente 80%. Las proteínas están formadas por albuminas y globulinas, principalmente. El bajo contenido en prolamina y glutelinas hace que la quinua no tenga gluten. La carencia de gluten limita a la harina de quinua en la panificación, pero es de gran utilidad en la dieta de personas sensibles a la presencia de gluten que ocasiona afecciones y lesiones intestinales.

Tabla 7: Contenido de proteínas en variedades de quinua en el Perú

Nombre de la variedad	Proteína (%)
INIA 415 Pasankalla	17.83
INIA 420 Negra Collana	17.62
INIA 427 Amarilla Sacaca	14.58
INIA 431 Altiplano	16.19
ILLPA INIA	16.14
Salcedo INIA	16.23
Quillahuaman INIA	13.58
Amarilla Maranganí	13.85
Blanca de Juli	16.15
Kankolla	16.11

Fuente: Apaza et al. (2013)

En la Tabla 8 se compara la composición de aminoácidos esenciales de semilla de quinua con algunos cereales. La quinua es proveedora de todos los aminoácidos esenciales (Quiroga et al., 2014). Los granos de quinua poseen todos los aminoácidos esenciales (Bazile et. al., 2014).

Acorde a los valores sobre composición de aminoácidos en quinua indicados por el USDA/ARS (2014) para un adulto, la proteína de quinua suple 192 % de la histidina, 119 % de la isoleucina, 101 % de la leucina, 120 % de la lisina, 137 % de la metionina, 130 % de la treonina, 197 % del triptófano y 108 % de la valina.

El contenido de lisina para quinua es alrededor de 2 veces mayor que el del trigo y el maíz, es particularmente alto relacionado a los granos de los cereales donde es el aminoácido limitante en la mayoría (Valcárcel-Yamani y Lannes, 2012). La quinua presenta altos niveles de histidina, isoleucina, fenilalanina (también tirosina) y similarmente leucina y triptófano (Valcárcel-Yamani y Lannes, 2012). Abugoch (2009) señaló que el contenido de histidina en la proteína de la semilla de quinua es mayor al de las proteínas del trigo y la cebada.

Tabla 8: Comparación de la composición de aminoácidos esenciales de semilla de quinua con algunos cereales.

Aminoácido (mg/g de proteína)	Quinua	Trigo	Arroz	Maíz	Cebada	Avena
Fenilalanina	42.0	49.8	53.4	49.2	56.1	53.0
Histidina	28.8	23.5	23.6	30.5	22.5	24.0
Isoleucina	35.7	39.0	43.2	35.8	36.5	41.1
Leucina	59.5	68.3	82.6	122.6	67.9	76.0
Lisina	54.2	22.1	36.2	28.1	37.2	41.5
Metionina	21.9	16.2	23.6	20.9	19.2	18.5
Treonina	29.8	26.2	35.8	37.6	34.0	34.0
Triptófano	11.8	12.9	11.6	7.1	16.6	13.9
Valina	42.1	43.4	61.0	50.6	49.0	55.5

Fuente: USDA/ARS (2014).

2.7.5.2. Carbohidratos

Los carbohidratos de las semillas de quinua contienen entre un 58 y 68% de almidón y un 5% de azúcares, lo que la convierte en una fuente óptima de energía que se libera en el organismo de forma lenta por su importante cantidad de fibra. El almidón de quinua se encuentra almacenada en el perisperma del grano se presenta de forma granular de color blanco, cuenta con aproximadamente 20% de amilasa, azúcares libres llegan a 6,2% y un contenido de fibra insoluble de 5,31%, fibra soluble 2,49%, y fibra dietética 7,80% (Tapia et al., 1979; FAO, 2011).

Almidón de quinua tiene un porcentaje de amilasa que oscila entre 7- 27% del granulo según la variedad y las condiciones del medio en el que se desarrolle. Esta

característica es determinante para definir las propiedades y las estructuras cristalinas del granulo (Bernal y Garzon, 2011).

Tabla 9: Contenido de fibra y Extracto Libre de Nitrógeno en variedades de quinua en el Perú

Nombre de la variedad	Fibra (%)	ELN (%)
INIA 415 Pasankalla	3.00	60.43
INIA 420 Negra Collana	2.10	62.33
INIA 427 Amarilla Sacaca	2.56	68.40
INIA 431 Altiplano	1.84	66.33
ILLPA INIA	1.66	66.91
Salcedo INIA	1.84	66.07
Quillahuaman INIA	2.56	68.40
Amarilla Maranganí	2.56	68.40
Blanca de Juli	2.10	64.80
Kankolla	2.09	71.64

Fuente: Apaza et al. (2013)

2.7.5.3. Grasas

La quinua es una semilla con un contenido de aceite (7% en base seca) más alto que el maíz (4,9% en base seca) y más baja que la soja (20,9% en base seca) (Koziol,1992) y con rendimientos que incluso han llegado al 9.5% en variedades. La diferencia notable entre el aceite de quinua y los otros es el nivel de ácido linoléico existente en el mismo. Es importante recalcar la cantidad relativamente alta de aceite en la quinua, aspecto que ha sido muy poco estudiado, que la convierte en una fuente potencial para la extracción de aceite (Repo-Carrasco et al., 2003). La quinua ayuda a reducir el colesterol LDL (o colesterol malo) del organismo y elevar el colesterol HDL (o colesterol bueno) gracias a su contenido en ácidos grasos omega 3 y omega 6. En algunos casos el 82,71% de ácidos grasos en el aceite de quinua pertenece a ácidos grasos insaturados (FAO, 2011).

Los ácidos linoléico y a-linolénico, presentes en el aceite de quinua, son considerados ácidos grasos esenciales de suma importancia en el cumplimiento de funciones fisiológicas en el cuerpo humano. Por ello su deficiencia, exceso o desproporción entre ellos, está involucrada en la aparición de

problemas metabólicos relacionados con alteraciones de la piel, arterosclerosis, exacerbaciones de las complicaciones diabéticas (Simopoulos, 2011).

Tabla 10: Contenido de grasa en variedades de quinua en el Perú

Nombre de la variedad	Grasa (%)
INIA 415 Pasankalla	6.29
INIA 420 Negra Collana	5.94
INIA 427 Amarilla Sacaca	8.65
INIA 431 Altiplano	5.20
Salcedo INIA	5.20
Blanca de Juli	5.94

Fuente: Apaza et al. (2013)

2.7.5.4. Vitaminas

La vitamina A, que es importante para la visión, la diferenciación celular, el desarrollo embrionario, la respuesta inmunitaria, el gusto, la audición, el apetito y el desarrollo, está presente en la quinua en rango de 0.12 a 0.53 mg/100 g de materia seca (FAO, 2011).

La vitamina E tiene propiedades antioxidantes e impide la peroxidación de los lípidos, contribuyendo de esta forma a mantener estable la estructura de las membranas celulares y proteger al sistema nervioso, el músculo y la retina de la oxidación. Las necesidades diarias son del orden de 2,7 mg/día y para niños de 7 a 12 meses es de 10 mg/día de alfa-tocoferol o equivalentes (FAO, 2011).

Tabla 11: Valores comparativos del contenido de algunas vitaminas del grano de quinua y otras fuentes vegetales (ppm en base de materia seca).

Vitamina	Quinua	Arroz	Cebada
Niacina	10.7	57.3	58.3
Tiamina (B1)	3.1	3.5	3.3
Riboflavina (B2)	3.9	0.6	1.3
Ácido ascórbico(C)	49.0	0.0	0.0

Fuente: Repo - Carrasco et al. (2003)

2.7.5.5. Minerales

La comparación de la composición de minerales de semilla de quinua con algunos cereales se tabula en la Tabla 6. El potasio es el mineral más abundante en semillas de quinua (Miranda et al., 2013; Palombini et al., 2013), y a criterio de Nascimento et al. (2014), la quinua, el amaranto, el maíz morado andino y el arroz son fuentes pobres de potasio; y además la quinua, el amaranto y el maíz morado andino son fuentes ricas en hierro, cobre, manganeso y zinc, mejores que el arroz (Stikic *et al.*, 2012) en la comparación de sus resultados con los informados por otros autores en diferentes cereales, concluyeron que el contenido de potasio en semilla integral de quinua fue mayor que en arroz, maíz y cebada; el hierro también mayor que en trigo, arroz, maíz y cebada; los valores de sodio, magnesio, cobre y manganeso similares a otros cereales y la concentración de zinc fue ligeramente menor; la información coincide con valores expuestos en el Cuadro

Tabla 12: Comparación de la composición de minerales de semilla de quinua con algunos cereales.

Minerales (mg/100 g)	Quinua	Trigo	Arroz	Maíz	Cebada	Avena
Calcio, Ca	47.00	34.00	28.00	7.00	29.00	54.00
Cobre, Cu	0.59	0.55	0.22	0.31	0.42	0.63
Hierro, Fe	4.57	3.52	0.80	2.71	2.50	4.72
Potasio, K	563.00	431.00	115.00	287.00	280.00	429.00
Magnesio, Mg	197.00	144.00	25.00	127.00	79.00	177.00
Manganeso, Mn	2.03	3.01	1.09	0.49	1.32	4.92
Selenio, Se ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	8.50	89.40	15.10	15.50	37.70	-
Sodio, Na	5.00	2.00	5.00	35.00	9.00	2.00
Fósforo, P	457.00	508.00	115.00	210.00	221.00	523.00
Zinc, Zn	3.10	4.16	1.09	2.21	2.13	3.97

Fuente: USDA/ARS (2014).

2.7.6 Formas de consumo de la quinua (*Chenopodium Quinoa Willd.*)

La quinua es una de las principales fuentes de proteínas en la alimentación del poblador andino desde épocas ancestrales. Su valor nutritivo está dado por el balance de los aminoácidos esenciales que integran la proteína, y cuyo valor proteico en

promedio es de 13.5%, cifra por encima de los demás cereales que conforma la canasta familiar teniendo significativo de los carbohidratos y vitaminas. Las proteínas de quinua tienen una composición balanceada de aminoácidos esenciales parecida a la composición aminoacídica de la caseína, la proteína de la leche. En pruebas biológicas se ha encontrado valores mayores para la quinua que para la caseína (Repo-Carrasco et al., 2010).

En función a ello, la quinua es usada directamente en la alimentación humana y animal y como insumo en la industria alimenticia.

Según Mujica y Jacobsen (2001) recomiendan que la quinua, pueda ser consumida en el desayuno de los niños como producto balanceado con otros granos, en sopas, guisos, pesque, quispíña, api, chicha blanca, galletas, panes, tortillas y postres.

Otro beneficio nutricional, de importancia de la quinua es que no contiene gluten, lo que indica que su harina puede incluirse perfectamente en la dieta de personas intolerantes a éste (celiacos), que sufren la enfermedad denominada celiaca, que es una alteración del intestino delgado por la intolerancia al gluten de los cereales. La misma que ocasiona la mala absorción de nutrientes: lípidos, glúcidos, prótidos, vitaminas y minerales. Los estudios de las propiedades nutraceuticas de estos granos, continúan en especial en los contenidos de minerales, vitaminas, grasas, antocianinas, fibra, antioxidantes, etc (Repo-carrasco et al., 2010).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, en el laboratorio de Pastos y Forrajes LA – 115 de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica donde se realizó la germinación de la quinua y en el laboratorio de Control de Calidad y Saneamiento de la Facultad de Ingeniería Química se realizó la fermentación de la chicha de quinua y determinación de pH, °Brix, Acidez, CO₂ y contenido de alcohol.

3.2 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

3.2.1 Materia prima

Para esta investigación se utilizó granos de quinua de la variedad INIA 420 Negra Collana, INIA 415 Pasankalla y Blanca de Juli, provenientes del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Puno. Considerando la necesidad de trabajar con materia prima uniforme se adquirió semilla Certificada y Autorizada: INIA 420 Negra Collana (pureza varietal 99.5 %), INIA 415 Pasankalla (pureza varietal 99.9 %) y Blanca de Juli (pureza varietal de 99.6 %).

3.2.2 Material biológico

La levadura que se utilizó para este trabajo de investigación fue *Saccharomyces cerevisiae* (levadura marca Windsor).

3.2.3 Materiales

- Algodón
- Azúcar blanca refinada
- Bandejas de plástico
- Baguetas de vidrio
- Barbijos
- Coladores medianos
- Embudo de plástico
- Fiolas de 500 y 1000 ml
- Gorros estériles

- Guantes estériles
- Jarra de plástico 1 L
- Matraz Erlenmeyer de 100, 250, 500 y 1000 ml.
- Papel de aluminio
- Papel filtro
- Picetas (500 ml).
- Pipetas (5 y 10 ml. de capacidad, de vidrio Pirex).
- Probeta de 100 y 250 ml.
- Tubos de ensayo (vidrio Pirex)
- Vaso de precipitados (100, 250, 500 y 1000 ml. de capacidad, Pirex).

3.2.4 Equipos

- Germinador automatizado: Achieva Model A3920 Germinator.
- Potenciómetro digital: METROHM SWISS MADE 827 PH LAB.
- Balanza analítica digital: SARTORIUS CP323S, CAP. 320 G EXACTITED 0.001g.
- Refractómetro digital: ABBE, BLEEKER, 0-100% DE SACAROSA, HOLANDA.
- Termómetro, IR FLUKE MINI 62.
- Estufa, MARCA MEMMET.
- Reactor de vidrio para la fermentación de 2L DE CAPACIDAD.

3.2.5 Reactivos

- Agua destilada
- Alcohol etílico de 70%
- Alcohol etílico de 95%
- Buffer (pH de 4 y 7)
- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio al 0.1 N

3.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.3.1 Proceso de elaboración de la chicha de quinua

El flujo tecnológico de elaboración de chicha de quinua se presenta en la Figura 13.

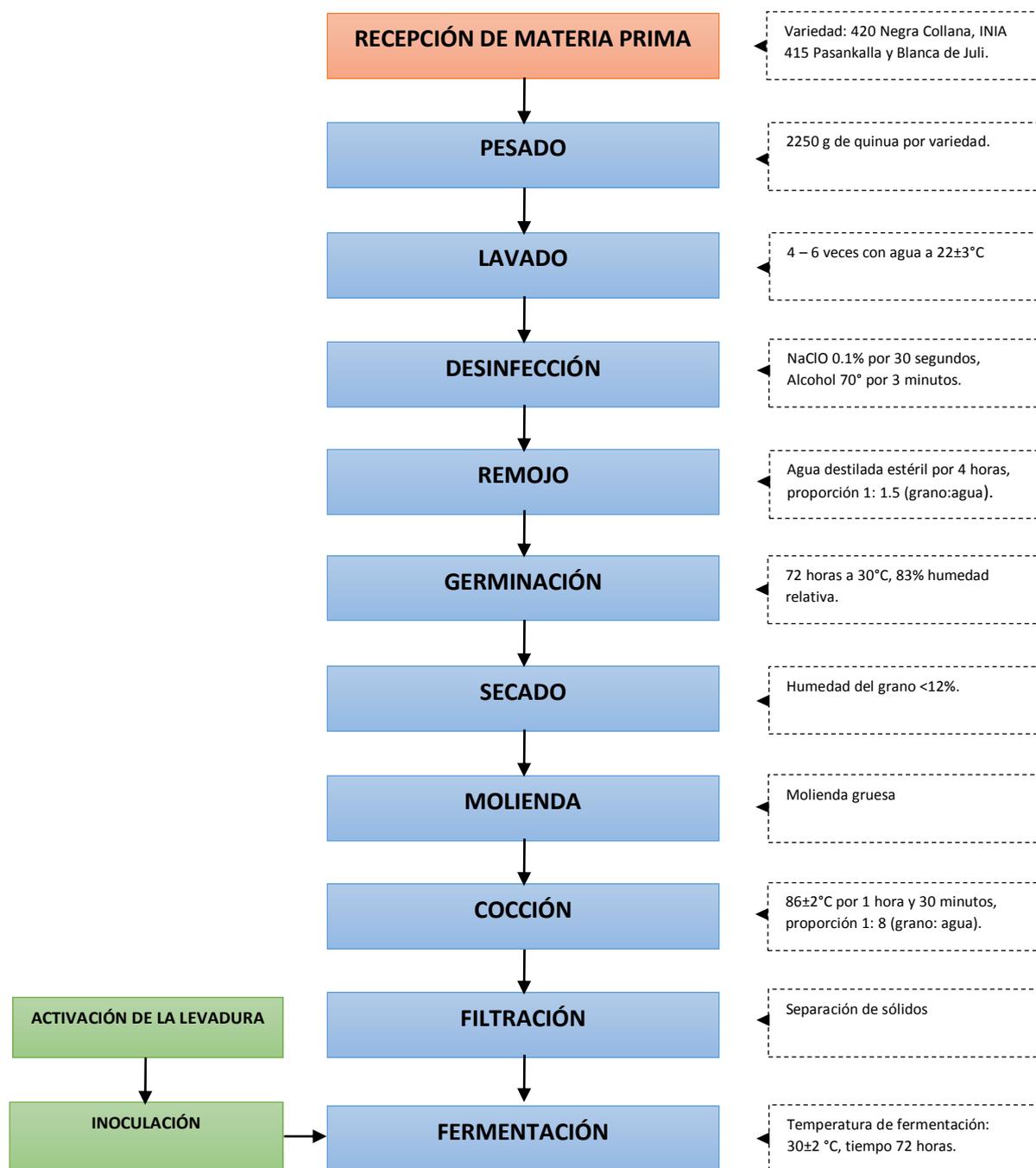


Figura 13: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de chicha de quinua.

3.3.2 Recepción de materia prima

La quinua que se utilizó fue de la variedad INIA 420 Negra Collana, INIA 415 Pasankalla y Blanca de Juli, obtenido del INIA - Puno, con la finalidad de garantizar la germinación debido a que los granos almacenados mucho tiempo, limitan el brote.

3.3.3 Pesado

Se pesaron 250 g de semillas de quinua para cada unidad experimental, se realizó 9 unidades experimentales con la variedad INIA 420 Negra Collana, 9 unidades experimentales de INIA 415 Pasankalla y 9 de la variedad Blanca de Juli.

3.3.4 Lavado

Por contener saponina el grano de quinua se procedió a lavar en abundante agua de 4 a 6 veces. Es la forma de eliminar el sabor amargo, se logra friccionando los granos entre las manos y lavándolo hasta que no forme espuma, se empleó agua para los enjuagues, ligeramente tibia máximo 22 ± 3 °C (Onofre, 2018).

3.3.5 Desinfección

Se realizó un tratamiento con hipoclorito de sodio (NaClO) al 0.1% durante 30 segundos y lavar 3 veces con abundante agua destilada, posteriormente añadir alcohol de 70° por un tiempo de 3 minutos, escurrir el alcohol y lavar con abundante agua destilada estéril por 3 veces. Con el objetivo de evitar el ataque de hongos, quedando listo para su germinación (Onofre, 2018; Valencia, 2015).

3.3.6 Remojo

Para facilitar la germinación de las semillas, se sumergieron en agua estéril por 4 horas, y la proporción 1:1.5 (grano: agua), se trabajó a temperatura ambiente. La humedad final requerida para que se active el proceso de crecimiento y desarrollo está entre 40 - 60% (Onofre, 2018).

3.3.7 Germinación

Esta fase se realiza con los granos húmedos, colocando papeles estériles húmedos en bandejas, procurando que la capa de semillas no tenga mucha altura, porque impide

la respiración de los granos. Sobre los granos extendidos se colocaron papeles húmedos, lo que permite mantener la humedad superficial y facilitar una germinación más uniforme, se colocó en la incubadora a 30°C por 72 horas a 83% de humedad relativa. Crecimiento de la radícula hasta uno o dos centímetros (Onofre, 2018; Valencia, 2015). Capacidad de Germinación: Consiste en someter los granos a condiciones favorables para su crecimiento y desarrollo, para lo cual se cuentan 100 granos y se verifica el porcentaje de germinación.

3.3.8 Secado

Consiste en la desecación lenta bajo condiciones controladas hasta que el contenido de humedad llegue a <12% de los granos, con lo cual se detienen las reacciones (Onofre, 2018; Valencia, 2015).

3.3.9 Molienda

La molienda tiene por objeto triturar la quinua germinada para que las partículas del mismo se hidraten de modo que liberen fácilmente sus sustratos y así producir el mosto de quinua. El tamaño de la partícula deberá sopesar entre la facilidad de liberación del extracto y la facilidad de recuperar el mosto (García y Mamani, 2008).

3.3.10 Cocción

La función de esta etapa es convertir el almidón, la proteína, los materiales de la pared celular, etc., en un líquido fermentable, el mosto. La quinua molida fue mezclada con agua a una proporción de 250 g de quinua con 2 L de agua a una temperatura de 88±2 °C durante 45 min en agitación constante, con el fin de que los azúcares y proteínas se solubilicen y el resto del almidón continúe degradándose. Se añadió canela (6 g), clavo (5 g) y piña (100 g). Inmediatamente después de terminado la cocción se baja la temperatura a 30°C. (Onofre, 2018; Valencia, 2015). Finalmente, se realiza la corrección de °Brix, el mosto de quinua que posee inicialmente 1.2 °Brix se corrige a 15.3 °Brix agregando sacarosa como fuente de carbono suplementario.

3.3.11 Filtrado

La filtración es una operación la cual consiste en separar del producto las partículas que pueden ser sólidos insolubles que se encuentran en suspensión o en sedimentación

utilizando papel filtro. En esta etapa se separó el líquido de los componentes sólidos (granos). Para asegurar que la bebida resulte libre de partículas suspendidas.

3.3.12 Fermentación

Para llevar a cabo este proceso son necesarias dos fases:

- Activación de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Para la fermentación alcohólica se utilizó levadura seca, que primero debe ser activada. Se disuelve 2 g de levadura en 100 ml del mosto para el primer bloque, 2.4 g de levadura en 100 ml del mosto para el segundo bloque tanto para cada variedad con tres repeticiones. Luego es dejado en reposo en un lugar para que estas se activen a una temperatura de $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ por un espacio de 10 - 15 minutos. La activación se notará por la formación de burbujas en la superficie.
- Inoculación de microorganismos, una vez activada la levadura se inocula al fermentador que contiene el mosto de quinua (2000 ml).

Una vez que el mosto alcohólico se encuentra como el producto a controlar a temperatura constante de 30°C por un tiempo de 72 horas, se hace un control de los siguientes parámetros pH, °Brix, acidez, CO_2 y contenido de etanol, se toman los datos para analizar la cinética de fermentación. Para esta fermentación se utilizó biorreactores de 2L con los puertos necesarios para la toma de muestras (Onofre, 2018; Valencia, 2015).

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1. Métodos de análisis para la evaluación de la cinética de fermentación de chicha de quinua en función a los parámetros (pH, ° Brix, acidez y CO_2).

3.4.1.1 Determinación de pH método potenciométrico (AOAC, 2016; NTP 213.036:2016).

El potencial hidrógeno (pH) se define como el logaritmo negativo de la concentración molar (más exactamente de la actividad molar) de los iones hidrógeno. Como la escala es logarítmica, la caída en una unidad de pH es equivalente a un aumento de 10 veces en la concentración de H^+ . El pH es una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala

que varía entre 0 y 14. La acidez aumenta cuando el pH disminuye. Una solución con un pH menor a 7 se dice que es ácida, mientras que si es mayor a 7 se clasifica como básica. Una solución con pH 7 será neutra.

Preparación de la muestra.

Si la muestra es líquida homogenizarla convenientemente mediante agitación si a muestra corresponde a productos densos o heterogéneos, homogenizarla con ayuda de una pequeña cantidad de agua (recientemente hervida y enfriada) con agitación.

Procedimiento

- Colocar en el vaso de precipitación 10 g de la muestra preparada añadir 100 ml de agua destilada (recientemente hervida y enfriada) y agitarla suavemente, si existen partículas en suspensión, dejar en reposo el recipiente para que el líquido se decante.
- Determinar el pH introduciendo los electrodos del potenciómetro en el vaso de precipitación con la muestra, cuidando que estos no toquen las paredes del recipiente, ni las partículas sólidas

3.4.1.2 Determinación de °Brix método refractométrico (AOAC, 2016).

La determinación consiste en determinar la concentración de sacarosa (en porcentaje de masa) en una solución acuosa, que tiene el mismo índice de refracción que el producto analizado, en condiciones de concentración y temperatura especificada.

Procedimiento

- La determinación debe hacerse por duplicado sobre la misma muestra del laboratorio.
- Ajustar la circulación del agua del refractómetro para operar a la temperatura requerida (entre 15 a 25 grados)
- Colocar 2 o 3 gotas de la muestra preparada en el prisma fijo del refractómetro y ajustar inmediatamente el prisma móvil. Continuar la circulación de agua durante el tiempo necesario para que tanto los prismas como la solución del ensayo alcancen la temperatura requerida, que debe permanecer constante, dentro de un rango 20 ± 0.5 durante toda la determinación.
- Leer el valor del índice de refracción o en porcentaje en masa de sacarosa, según

el instrumento que se haya usado.

- Se recomienda el uso de una lámpara de vapor de sodio, que permite la obtención de resultados más precisos, especialmente en el caso de productos coloreados u oscuros.

3.4.1.3 Determinación de acidez método titulación ácido base (AOAC, 2016; NTP 211.027:2014)

La determinación se basa en una reacción ácido base para lo cual la muestra se coloca en una solución acuosa y se titula con una solución de NaOH 0.1 N en presencia del indicador fenolftaleína.

Determinación la acidez total

Colocar 250 ml de agua destilada recientemente hervida y neutralizada, en un matraz Erlenmeyer de 500 ml y añadir 25 ml de muestra y 5 gotas de la solución de fenolftaleína, proceder a titular, utilizando la bureta, con la solución 0,1 N de hidróxido de sodio.

Cálculos

La acidez se determina utilizando la ecuación siguiente:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{G_{\text{Gastado (Na OH)}} * N_{\text{NaOH}} * \text{meq}}{V_{\text{muestra}}} * 100$$

Donde:

G: Volumen en ml, gastado por la base (NaOH)

N: Normalidad de la base (0.1 N)

meq: Miliequivalente del ácido (meq. del ácido láctico = 0.090)

V: mililitros de muestra.

3.4.1.4 Determinación de dióxido de carbono (AOAC, 2016)

Colocar 250 ml de agua destilada recientemente hervida y neutralizada, en un matraz Erlenmeyer de 500 ml y añadir 25 ml de muestra y 5 gotas de la solución de fenolftaleína, proceder a titular, utilizando la bureta, con la solución 0,1 N de hidróxido de sodio.

Cálculos

El dióxido de carbono se determina utilizando la ecuación siguiente

$$\text{CO}_2 = \frac{G_{\text{Gastado (Na OH)}} * N_{\text{NaOH}} * \text{meq} * 10^6}{V_{\text{muestra}}}$$

Donde:

G: Volumen en ml, gastado por la base (NaOH)

N: Normalidad de la base (0.1 N)

meq: Miliequivalente del CO_2 (meq. de $\text{CO}_2 = 0.044$)

V: mililitros de muestra.

3.4.2 Métodos de análisis para la determinación del efecto del tiempo, concentración de levadura y variedad de quinua en la producción de alcohol.

3.4.2.1. Determinación del grado alcohólico método de destilación simple (AOAC, 2016; NTP 319.229:2014)

Gay Lussac, grados ($^{\circ}\text{GL}$): Cantidad de alcohol existente en una bebida. Escala del alcoholímetro, que se utiliza para medir la concentración del alcohol etílico, representa el porcentaje en volumen de etanol.

Método de alcoholímetro:

El alcoholímetro es un densímetro (ampolla de vidrio con lastre, un termómetro en su interior y terminado en un vástago graduado), graduado en grados Gay Lussac $^{\circ}\text{GL}$ y sirve para determinar grado alcohólico por flotación.

Se tomó la muestra problema y se llenó una probeta de 250 mL hasta $\frac{3}{4}$ partes de su volumen, tomar el alcoholímetro por el vástago y colocar suavemente en la probeta, darle un ligero movimiento de rotación y esperar que se estabilice; luego tomar el grado alcohólico en la escala del vástago en el punto que señala el nivel del líquido (el ras) y tomar la temperatura en el termómetro incrustado.

Si la temperatura es muy diferente a 15.6°C , será necesario hacer la corrección del grado alcohólico de acuerdo a las instrucciones que viene incluidas en el interior del alcoholímetro (restar o sumar un número por cada grado en exceso o deficiencia con respecto a 15.6°C).

Las muestra fueron llevadas a un proceso de destilación simple, este proceso se llevó a cabo por medio de una sola etapa, es decir, que se evapora el líquido de punto de ebullición más bajo (mayor presión de vapor) y se condensa por medio de un refrigerante.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Los diseños experimentales empleados en el presente trabajo de investigación se detallan a continuación:

3.5.1 Diseño experimental para la evaluación de la cinética de fermentación de chicha de quinua en función a los parámetros (pH, ° Brix, acidez y CO_2).

FACTORES DE ESTUDIO:

VARIEDAD DE QUINUA

- ❖ V1= INIA 420 Negra Collana
- ❖ V2= INIA 415 Pasankalla
- ❖ V3= Blanca de Juli

CONCENTRACIÓN DE LEVADURA

- ❖ C1=0.00 g/100 ml
- ❖ C2=0.05 g/100ml
- ❖ C3=0.10 g/100ml

TIEMPO: (horas)

- ❖ T0 = 0 horas
- ❖ T1 = 12 horas
- ❖ T2 = 24 horas
- ❖ T3 = 36 horas
- ❖ T4 = 48 horas
- ❖ T5 = 60 horas
- ❖ T6 = 72 horas

VARIABLE RESPUESTA:

- ❖ pH
- ❖ ° Brix
- ❖ Acidez : (% Ácido láctico)
- ❖ CO_2 : (mg/l)

Para lo cual el diseño estadístico para evaluar la cinética de fermentación de la chicha de quinua en función de los parámetros (pH, ° Brix, acidez y CO₂) es el siguiente:

Diseño estadístico: El modelo estadístico Lineal aditivo con 3 factores es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$$i = 1, 2 \text{ (Variedad)}$$

$$j = 1, 2, 3 \text{ (Concentración de levadura)}$$

$$k = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ (Tiempo)}$$

$$l = 1, 2, 3 \text{ (Repeticiones)}$$

Donde:

Y_{ijkl} : Es la variable respuesta de la l-ésimo observación en el k-ésimo tiempo bajo la j-ésimo cantidad de levadura/zumo de piña, sujeto a la i-ésimo variedad de quinua.

μ : Constante, media de las observaciones analizadas en el tiempo, cantidad de levadura/zumo de piña y variedad de quinua.

α_i : Efecto del i-ésimo nivel de variedad de quinua.

β_j : Efecto del j-ésimo nivel de cantidad de levadura/zumo de quinua

γ_k : Efecto del k-ésimo nivel de tiempo.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de variedad de quinua, con el j-ésimo nivel de cantidad de levadura/zumo de quinua.

$(\alpha\gamma)_{ik}$: Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de variedad de quinua, con el k-ésimo nivel de tiempo.

$(\beta\gamma)_{jk}$: Efecto de la interacción del j-ésimo nivel de cantidad de levadura/zumo de quinua con el k-ésimo nivel de tipo de tiempo.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$: Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de variedad de quinua, en el j-ésimo nivel de levadura/zumo de piña sujeto al k-ésimo nivel de tiempo

ε_{ijkl} : Efecto del error experimental.

3.5.2 Diseño experimental para la determinación del efecto del tiempo, concentración de levadura y variedad de quinua en la producción de alcohol.

Donde los factores de estudio fueron los siguientes:

FACTORES DE ESTUDIO:

VARIEDAD DE QUINUA

- ❖ V1= INIA 420 Negra Collana
- ❖ V2= INIA 415 Pasankalla
- ❖ V3= Blanca de Juli

CONCENTRACIÓN DE LEVADURA (g/ml)

- ❖ C1=0.00 g/100 ml
- ❖ C2=0.05 g/100ml
- ❖ C3=0.10 g/100ml

TIEMPO: (horas)

- ❖ T0 = 0 horas
- ❖ T1 = 12 horas
- ❖ T2 = 24 horas
- ❖ T3 = 36 horas
- ❖ T4 = 48 horas
- ❖ T5 = 60 horas
- ❖ T6 = 72 horas

VARIABLE RESPUESTA:

- ❖ Alcohol : % (v/v)

En donde el diseño estadístico utilizado para la determinación del efecto del tiempo, concentración de levadura y variedad de quinua en la producción de alcohol fue el modelo de regresión múltiple.

Para hacer el Cálculo del modelo de regresión múltiple el objetivo de este es relacionar la variable de respuesta y que es la producción de alcohol con un conjunto de variables predictores, utilizando un modelo de regresión múltiple. Según el siguiente modelo teórico:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \beta_4 x_{4i} + \beta_5 x_{5i} + \beta_6 x_{6i} + \beta_7 x_{7i} + \beta_8 x_{8i} + \varepsilon$$

Resumiendo:

$$y_i = \sum_{h=0}^p \sum_{i=0}^k \beta_h X_{hi} + \varepsilon$$

Donde:

y_i : Representa el % de producción de alcohol en el proceso de la fermentación de chicha de quinua.

β_h : Representa los diversos factores que intervienen en el proceso de fermentación de chicha de quinua.

X_{hi} : Es el dato para el h-ésimo factor del i-ésimo factor.

3.5.3 Diseño experimental para la aplicación del modelo cinético de Monod en función al parámetro de °Brix en la fermentación de chicha de quinua evaluado en tres variedades (INIA 420 Negra Collana, INIA 415 Pasankalla y Blanca de juli).

Este modelo expresa que la tasa de crecimiento (μ) de un microorganismo es función de la concentración de un sustrato limitante (por lo general la fuente de carbono) cuando los demás se encuentran en concentraciones en exceso o por arriba de las necesidades del microorganismo, como se muestra en la siguiente ecuación (Hoyos y Quinchía, 2005):

$$\mu = \mu_{max} \frac{S}{K_s + S}$$

Donde:

μ : velocidad específica de crecimiento h^{-1}

μ_{max} : velocidad máxima de crecimiento h^{-1}

K_s : constante de saturación g/L

S : Concentración de sustrato limitante g/L

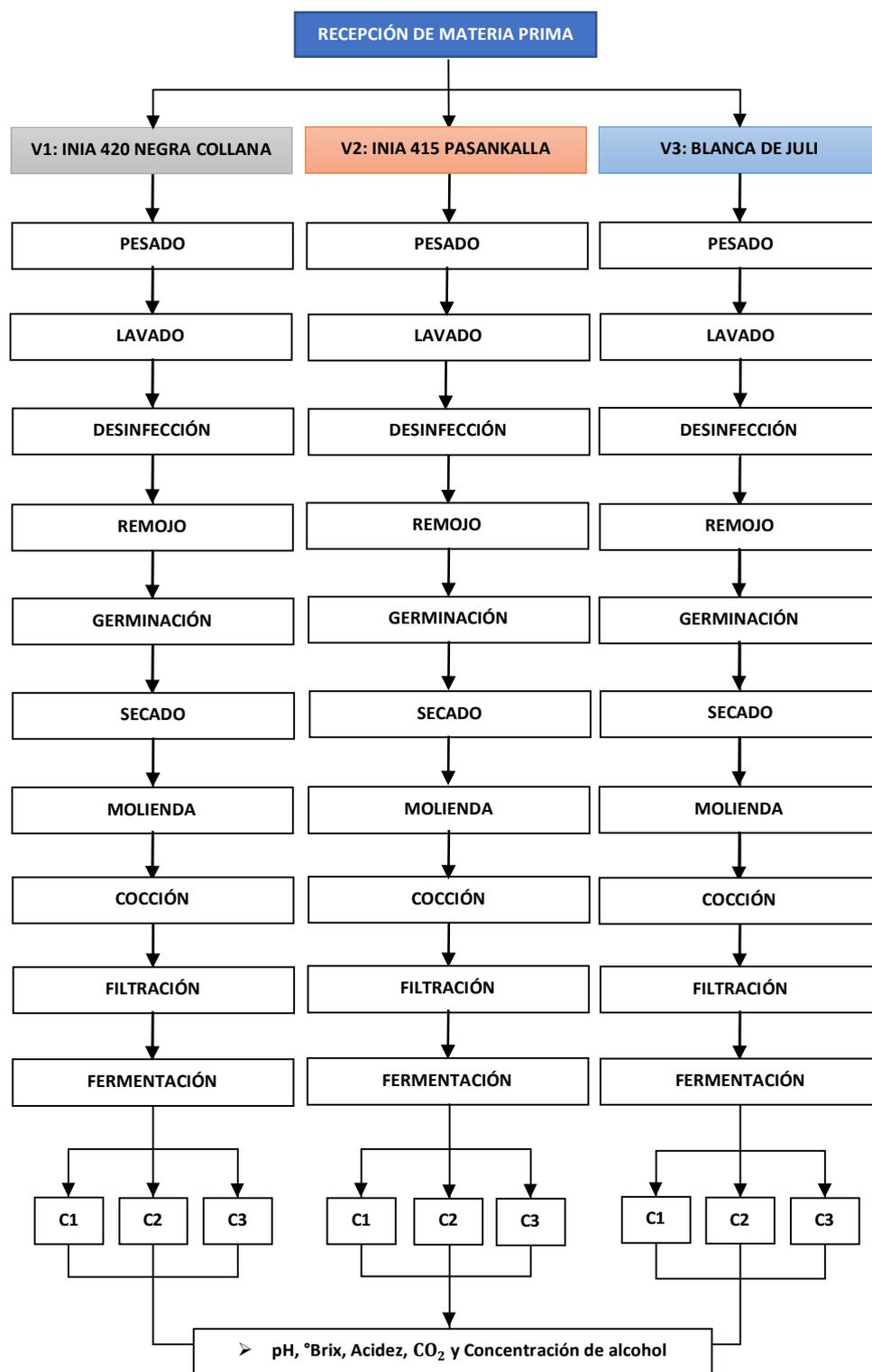


Figura 14: Diseño experimental del proceso.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE FERMENTACIÓN DE CHICHA DE QUINUA EN FUNCIÓN A LOS PARAMETROS (pH, ° Brix, acidez y CO₂).

4.1.1 Comportamiento del pH en el proceso de fermentación de chicha de quinua evaluado en tres variedades.

En la Figura 15 se presenta la variación del pH en función del tiempo de fermentación, concentración de levadura y variedad de quinua a una temperatura constante de 30°C. En el Anexo 1 se presenta la tabla de resultados del comportamiento del pH. Se observa que a medida que aumenta el tiempo de fermentación el pH va disminuyendo, la tendencia de todas las curvas es similar y decreciente en todos los puntos, descendiendo rápidamente en las primeras 48 horas de un pH inicial de 5.27 (INIA 420 Negra Collana), 5.37 (INIA 415 Pasankalla) y 5.16 (Blanca de Juli) a un pH 3.69 (INIA 420 Negra Collana), 3.70 (INIA 415 Pasankalla) y 3.67 (Blanca de Juli), esto indica el correcto desarrollo de la fermentación, ya que a medida que el proceso transcurre se produce la formación de diferentes ácidos (ácido láctico, ácido succínico, ácido acético) (García y Mamani, 2008), llegando a las 72 horas a un pH final de 3.50 (INIA 420 Negra Collana), 3.56 (INIA 415 Pasankalla) y 3.44 (Blanca de Juli). La fermentación de chicha de quinua tiene una tendencia a disminuir su valor de pH, de acuerdo a la ecuación de regresión lineal tiene una pendiente negativa, el pH bajo de la chicha se debe principalmente al metabolismo de las levaduras y bacterias lácticas ya que en el metabolismo de estas últimas se produce ácido láctico a partir de los azúcares en este caso de la glucosa, maltosa y sacarosa presente en el mosto de la quinua (Torija, 2002). El pH bajo favorece el mantenimiento de los microorganismos que participan en la fermentación de la chicha de quinua, como son las levaduras y las bacterias lácticas cuyo rango de pH óptimo de crecimiento para las primeras es de 4,5 a 6,5, pero pueden crecer como es el caso de las *S. cerevisiae* a rangos comprendidos entre 2,3 a 8,6 y en el caso de las bacterias lácticas este rango de pH es de 3,8 a 7,2 (García y Mamani, 2008). Además, a este pH bajo se evita el desarrollo de las bacterias patógenas como son las *E. coli*, *Salmonella sp.* entre otros, cuyo pH de desarrollo óptimo se encuentra en el rango de 4,4 a 9,0 (Jay,

2009) de esta manera se afirma que estas muestras no representan potenciales problemas para la salud.

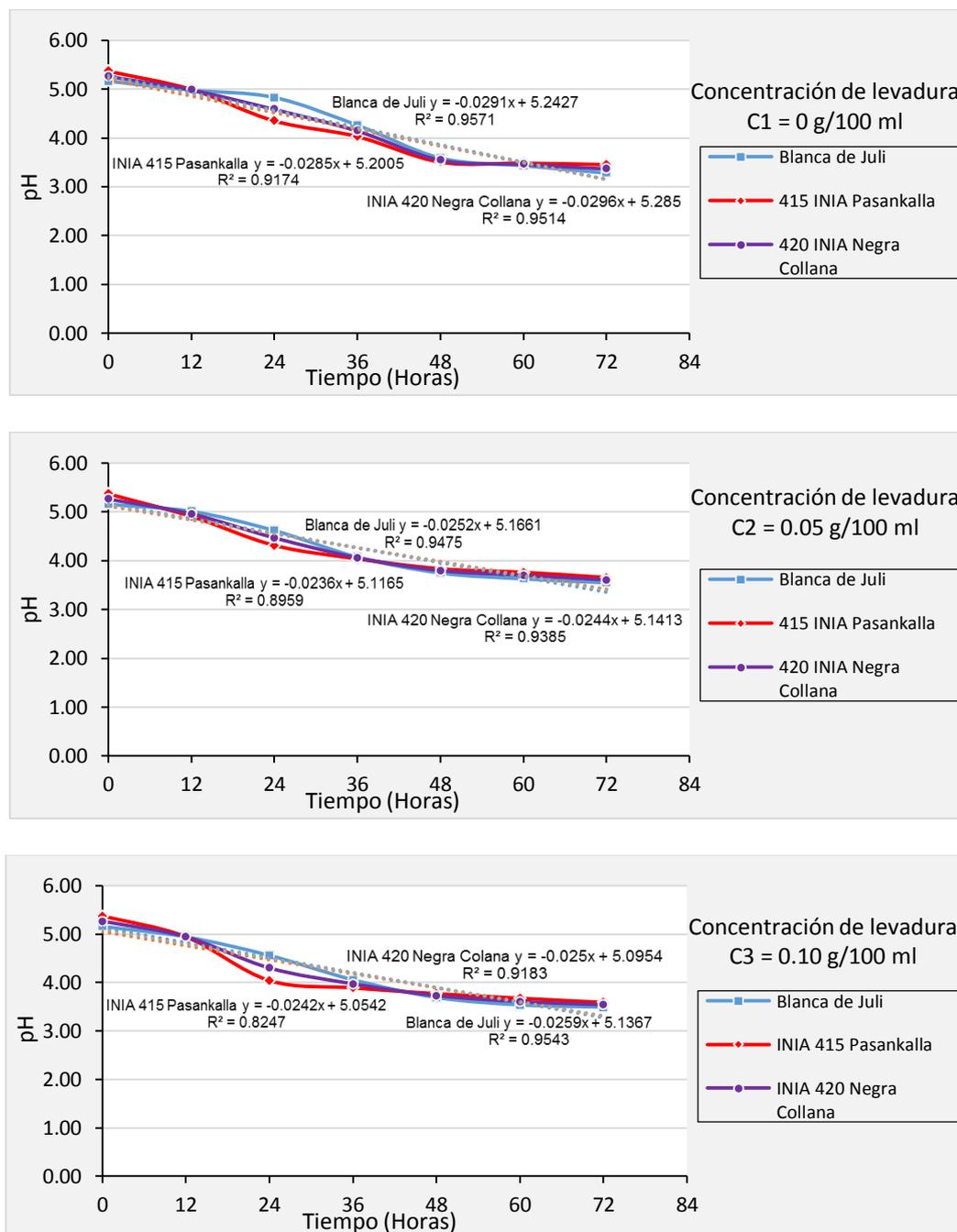


Figura 15: Variación del pH en diferentes concentraciones de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) durante la fermentación a 30°C de la chicha de quinua en tres variedades.

El ANOVA en el Anexo 6, indica que el factor variedad no es significativo ya que el valor probabilístico $p (0.677) > 0.050$, con este resultado concluimos que las 3 variedades de quinua utilizados para este estudio respondieron de igual manera en el pH. El factor levadura es significativo con un $p (0.003) < 0.05$, existen diferencias de pH en las variedades de quinua INIA 415 Pasankalla, INIA 420 Negra Collana y Blanca de Juli a diferentes concentraciones de levadura. De igual forma, se observa que el factor tiempo es altamente significativo con un valor probabilístico $p (0.000) < 0.05$, es decir que el pH fue diferente en cada tiempo.

La prueba DUNCAN ($P < 0.05$) para determinar las medias que son significativamente diferentes unos de otros, la Tabla 13 indica que el pH con inoculación de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* de 0.05 y 0.10 g/100 ml de chicha de quinua respondieron de igual manera. Sin embargo, el tratamiento sin inoculación de levadura consiguió tener un promedio de pH alto, esto se debe a la presencia de levaduras nativas presentes en la chicha de quinua, debido a que en la preparación de la chicha se utilizó piña, canela y clavo. Según López et al. (2009), identificaron y aislaron una diversidad de levaduras asociadas a las chichas de maíz, piña y arracacha, que son bebidas fermentadas de manera artesanal en Colombia, las fermentaciones espontáneas a partir de diversos sustratos representan hábitats de gran importancia para el estudio de la dinámica de las poblaciones de levaduras nativas, utilizaron piña (variedad Cayena lisa), 90 g de cascara, 1 litro de agua, 60 g de panela, fermentación de 25 a 35°C por 3 – 6 días. Finalmente, concluyeron que las chichas de piña y arracacha presentaron gran cantidad de especies diferentes de levaduras con pocos aislados representativos, y la dominancia casi completa por parte de *S. cerevisiae* al final de la fermentación.

Tabla 13: Prueba de DUNCAN para la concentración de levadura

Variable dependiente:	pH		
LEVADURA	Media	N	
0.10 g/100ml	4.194	63	a
0.05 g/100ml	4.196	63	a
0.00 g/100ml	4.264	63	b

1. N = Número de observaciones.

2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

La prueba DUNCAN ($P < 0.05$) para determinar las medias que son significativamente diferentes unos de otros, la Tabla 14 indica que el nivel de pH tiende a disminuir en los diferentes tiempos, esto indica el correcto desarrollo de la fermentación alcanzando un valor promedio de pH 4.0. Estos resultados son mayores al encontrado por Onofre (2018) con valores de pH durante la fermentación a 30°C estuvo comprendida entre 2.50 y 4.33 (INIA 415 Pasankalla); 2.60 y 4.30 (INIA 420 Negra Collana) llegando a un valor promedio de 3.11 y 3.16 respectivamente. De modo similar, es mayor al encontrado por Valencia (2015) con valores de pH 3.3 para la bebida de quinua negra y pH 3.09 para la bebida de maíz morado. Además, estos resultados obtenidos son iguales al encontrado por Rojas (2013) con valores de pH 4.0 para la chicha de jora y morada. La variación considerable del pH pueden ser consecuencia de los rangos de temperatura, concentración de levadura, composición del sustrato, tiempo de fermentación, insumos utilizados, entre otros. Debido a que no hay una Norma Técnica Peruana que establece los parámetros de la elaboración de chicha de quinua.

Tabla 14: Prueba de DUNCAN para el factor tiempo

Variable dependiente: pH			
TIEMPO	Media	N	
12 horas	4.963	27	a
24 horas	4.453	27	b
36 horas	4.059	27	c
48 horas	3.680	27	d
60 horas	3.588	27	e
72 horas	3.505	27	f

1. N = Número de observaciones.

2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

4.1.2 Comportamiento de los sólidos solubles (°Brix) en el proceso de fermentación de chicha de quinua evaluado en tres variedades de quinua.

En la Figura 16 se presenta la variación de los sólidos solubles (° Brix) en función del tiempo de fermentación, concentración de levadura y variedad de quinua a una temperatura constante de 30°C y una concentración inicial de 15.3°Brix en las tres variedades. En el Anexo 2 se presenta la tabla de resultados del comportamiento de los sólidos solubles (°Brix). Se observa la disminución de

los °Brix debido al consumo del azúcar por la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en las tres variedades, debido a que el mosto de quinua es un medio propicio para los microorganismos naturales presentes en la fermentación, a medida que avanza el proceso las levaduras consumen los azúcares, llevando a cabo la actividad fermentadora hasta que la falta de azúcares como nutrientes junto con la formación de etanol, cesan el aumento de la población (Onofre, 2018). Al respecto Betancourt (2003), indica que el rango de concentración de azúcar es de 10 hasta 18°Brix, el valor óptimo es 15°Brix; cuando se trabaja a concentraciones de azúcar muy altas del orden de 22°Brix se observa una deficiencia respiratoria en la levadura y un descenso de la velocidad de la fermentación. Sin embargo, Fajardo y Sarmiento (2008) mencionan que se debe ajustar el mosto en 18 y 20 °Brix, en las cuales se puede obtener mejor rendimiento y eficiencia fermentativa. A medida que se va produciendo alcohol va disminuyendo la concentración de azúcares en las primeras horas de fermentación se produce el descenso de los sólidos solubles por las levaduras según Apaza y Atencio (2017). La tendencia de las tres curvas es decreciente hasta el tercer día de fermentación, llegando a valores de 14.20°Brix (0 g/100 ml de levadura) , 11.33 (0.05 g/100 ml de levadura) y 10.73 (0.10 g/100 ml de levadura) para la variedad Blanca de Juli; 14.10°Brix (0 g/100 ml de levadura) , 11.83 (0.05 g/100 ml de levadura) y 11.30 (0.10 g/100 ml de levadura) para la variedad INIA 415 Pasankalla; y 14.15°Brix (0 g/100 ml de levadura) , 11.58 (0.05 g/100 ml de levadura) y 11.02 (0.10 g/100 ml de levadura) para la variedad INIA 415 Negra Collana. En el Anexo 7 se presenta el análisis de varianza ANOVA para el contenido de sólidos solubles (°Brix) durante la fermentación de la chicha de quinua, indica que el factor variedad de quinua es altamente significativo con un p (0.007) < 0.05, existen diferencias significativas en °Brix de las variedades (INIA 420 Negra Collana, INIA 415 Pasankalla y Blanca de Juli). De igual manera, el factor levadura es altamente significativo con un p (0.000) < 0.05, los niveles de levadura responden de diferente manera en la variable respuesta °Brix. También, el factor tiempo es altamente significativo p (0.000) < 0.05, es decir que la concentración de °Brix es diferente en todos los tiempos analizados.

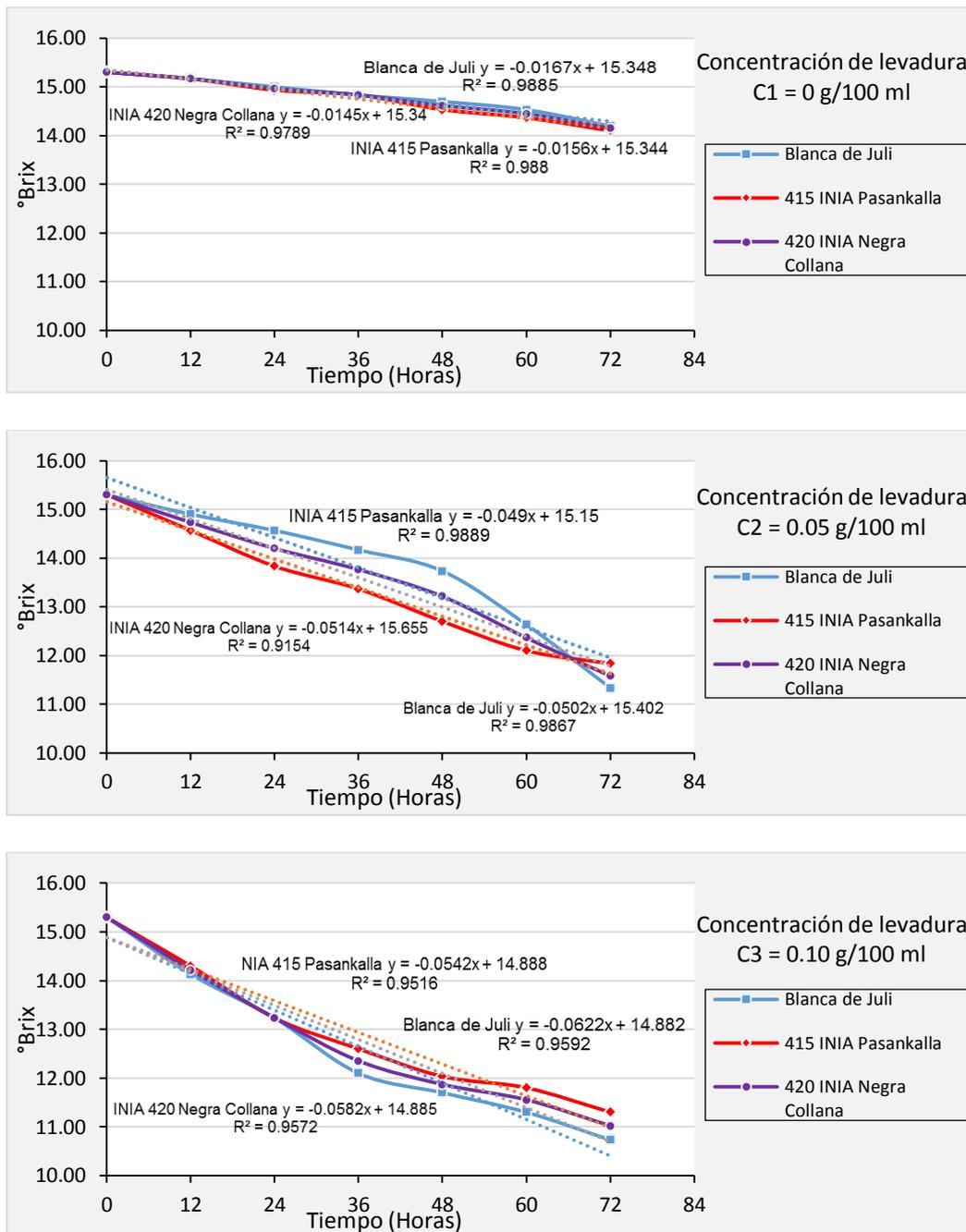


Figura 16: Variación de los sólidos solubles (°Brix) durante la fermentación a 30°C de la chicha de quinua evaluado en tres variedades.

La prueba DUNCAN ($P < 0.05$) para determinar las medias que son significativamente diferentes unos de otros, la Tabla 15 indica que la variedad Blanca de Juli presenta una mayor concentración media de sólidos solubles, respecto a las demás variedades, debido a que pertenece a las variedades consideradas como dulce. Estos resultados son altos en comparación a los

reportados por Onofre (2018), en su estudio Efecto del proceso de fermentación alcohólica de la chicha de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) sobre su contenido de antioxidante, vitaminas y minerales, llegando a un valor promedio de 2.4° Brix (INIA 415 Pasankalla); y 2.8 °Brix (INIA 420 Negra Collana). De igual forma, los resultados son altos al encontrado por Valencia (2015) en su estudio Evaluación tecnológica de la germinación y clarificación de las bebidas tradicionales fermentadas y pasteurizadas de maíz morado (*Zea mays*) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) variedad INIA 420 Negra Collana, obteniendo como resultado una media de 8.1 ° Brix en la bebida fermentada de quinua con tiempo de fermentación 0 - 21 horas a temperatura de 32°C. Esto se debe a que se agregó azúcar como fuente de carbono y la obtención de un mosto de 15.3°Brix, sin embargo, Onofre (2018) y Valencia (2015) no agregaron sacarosa en sus tratamientos.

Tabla 15: Prueba de DUNCAN para el factor variedad

Variable dependiente:	°Brix		
VARIEDAD	Media	N	
INIA 415 Pasankalla	13.6905	63	a
INIA 420 Negra Colla	13.7230	63	a b
Blanca de Juli	13.7556	63	b

1. N = Número de observaciones.

2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

La prueba DUNCAN ($P < 0.05$) para determinar las medias que son significativamente diferentes unos de otros, la Tabla 16 indica que el °Brix en los tres tipos de levadura respondieron de diferente manera, el tratamiento sin inoculación de levadura presenta una disminución de los °Brix debido al consumo del azúcar por las levaduras nativas o silvestres presentes en la chicha de quinua (López et al., 2009). Las levaduras utilizan los compuestos carbonados como fuente de energía y como fuente de carbono, solo unos pocos glúcidos, principalmente hexosas, los disacáridos y trisacaridos pueden ser fermentados por estos microorganismos, pero el rango de compuestos que pueden asimilar es mucho más amplio incluyendo pentosas, alcoholes, ácidos orgánicos, aminoácidos y glucósidos (García y Mamani, 2008). Estos resultados son altos en comparación a los reportados por Camacho (2006), en su estudio Elaboración de chicha de quinua y estudio de factibilidad para la instalación de una planta procesadora en la ciudad de Quito, obtuvo como resultado el contenido de sólidos solubles en Chicha de quinua

alcanzó una media de 11.8°Brix (fermentación con levadura), 9.9 °Brix (fermentación con *Lactobacillus*) y 10.6°Brix (mezcla de ambas fermentaciones).

Tabla 16: Prueba de DUNCAN para la cantidad de levadura

Variable dependiente: °Brix			
LEVADURA	Media	N	
0.00g/100ml	14,7833	63	a
0.05g/100ml	13,5952	63	b
0.10g/100ml	12,7905	63	c

1. N = Número de observaciones.
2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

La prueba DUNCAN ($P < 0.05$) para determinar las medias que son significativamente diferentes unos de otros, la Tabla 17 indica que el °Brix a medida que se aumenta el tiempo fermentación el promedio va disminuyendo. Se observa la disminución de los °Brix debido al consumo del azúcar por la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en las tres variedades, el mosto de quinua es un medio propicio para los microorganismos naturales presentes en la fermentación, a medida que avanza el proceso las levaduras consumen los azúcares, llevando a cabo la actividad fermentadora hasta que disminuyen los azúcares como nutrientes y a la vez la formación de etanol, hasta que la fermentación se estabiliza. A medida que se va produciendo alcohol va disminuyendo la concentración de azúcares en las primeras horas de fermentación se produce el descenso de los sólidos solubles por las levaduras según Apaza y Atencio (2017). Se observa que hay una disminución de 1° Brix cada 24 horas, hasta llegar al tercer día con una media de 12.24 °Brix. Estos resultados son altos según los reportados por Onofre (2018) Los grados °Brix estuvo comprendida entre 2.2 y 2.8°Brix (INIA 415 – Pasankalla), 2.6 y 3.2°Brix (INIA 420 - Negra Collana) llegando a un valor promedio de 2.4 y 2.8 °Brix. Los resultados obtenidos en el presente estudio también son altos en comparación al encontrado por Valencia (2015) con valores de 5.0 °Brix para la bebida de quinua negra y 5.0 °Brix para la bebida de maíz morado. Esto se debe a que se agregó azúcar como fuente de carbono y la obtención de un mosto de 15.3°Brix.

Tabla 17: Prueba de DUNCAN para el tiempo

Variable dependiente: °Brix				
TIEMPO	Media	N		
12 horas	14,7056	27	a	
24 horas	14,1333	27	b	
36 horas	13,6500	27	c	
48 horas	13,2333	27	d	
60 horas	12,7889	27	e	
72 horas	12,2500	27	f	

1. N = Número de observaciones.

2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

4.1.3 Comportamiento de la acidez (% ácido láctico) en el proceso de fermentación de chicha de quinua en tres variedades (INIA 420 Negra Collana, INIA 415 Pasankalla y Blanca de Juli)

En la Figura 17 se presenta el comportamiento de la acidez (% ácido láctico) en función del tiempo de fermentación, cantidad de levadura y variedad de quinua a una temperatura constante de 30°C. En el Anexo 3 se presenta la tabla de resultados del comportamiento de la acidez. Las tendencias de las tres curvas son crecientes y similares en todos los puntos, esto indica el correcto desarrollo de la fermentación, ya que a medida que el proceso transcurre se produce la formación de diferentes ácidos (ácido láctico, ácido succínico, ácido acético) (García y Mamani, 2008). En el Anexo 8 se presenta el análisis de varianza ANOVA para la acidez (%), indica que el nivel de variedad es altamente significativo con un $p(0.001) < 0.05$, existen diferencias estadísticas en la acidez de las variedades (INIA 415 Pasankalla, INIA 420 Negra Collana y Blanca de Juli). De igual forma, el factor levadura es altamente significativo con un $p(0.000) < 0.05$, los niveles de levadura responden de diferente manera en la acidez. Asimismo, observamos que el factor tiempo es altamente significativo $p(0.000) < 0.05$, es decir que la concentración de acidez a las horas es diferente en todos los tiempos analizados con un intervalo de 12 horas.

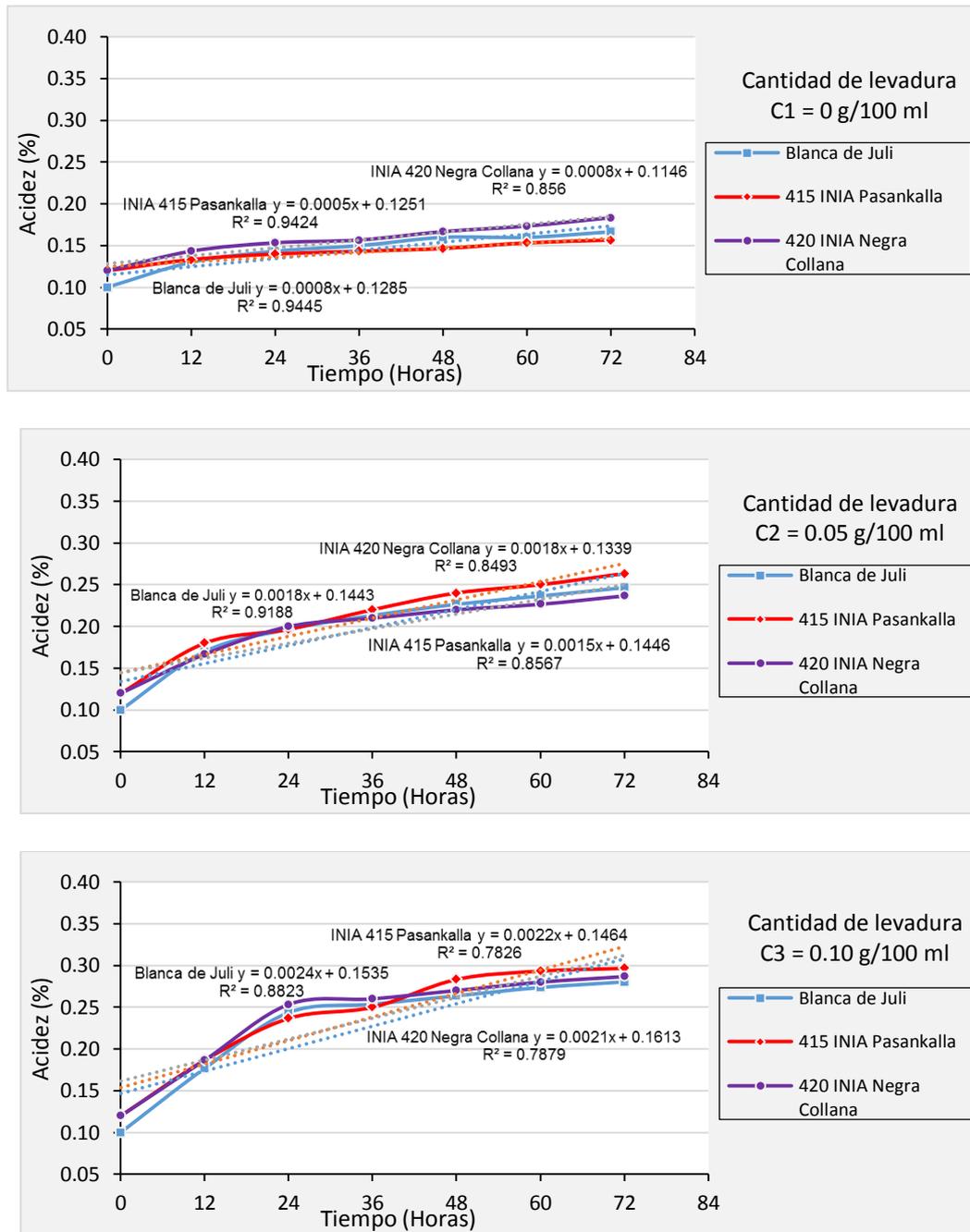


Figura 17: Variación de la acidez (%) durante la fermentación a 30°C de la chicha de quinua en tres variedades (Blanca de Juli, INIA 415 Pasankalla e INIA 420 Negra Collana).

La prueba DUNCAN ($P < 0.05$) para determinar las medias que son significativamente diferentes unos de otros, en la Tabla 18 se observa que los niveles de variedad de quinua son diferentes entre las variedades Blanca de Juli y INIA 415 Pasankalla, sin embargo, la variedad INIA 415 Pasakalla y la variedad

INIA 420 Negra Collana son iguales en la respuesta de acidez. La variedad Blanca de Juli presenta diferencia significativa respecto a las demás variedades. Los resultados de la acidez en la variedad INIA 415 Pasakalla y la variedad INIA 420 Negra Collana son iguales a 0.197 % de ácido láctico, la variedad Blanca de Juli presenta una diferencia con 0.190 % ácido láctico, existe diferencia con los resultados presentados por Onofre (2018), los valores de acidez estuvieron comprendidas entre 0.02 y 0.20 (INIA 415 Pasankalla); 0.02 y 0.18 (INIA 420 Negra Collana) llegando a un valor promedio de 0.14 % y 0.13 % respectivamente. De la misma forma, los resultados obtenidos son diferentes al encontrado por Valencia (2015) con acidez titulable 0.27 % (expresado como ácido láctico) para la bebida de quinua negra y con acidez titulable 0.18 % (expresado como ácido láctico). Los resultados obtenidos son menores al valor 0.4 (expresado como ácido láctico) para la chicha de jora y morada, según Rojas (2013).

Tabla 18: Prueba de DUNCAN para el factor variedad.

Variable dependiente:	ACIDEZ (% ácido láctico)		
VARIEDAD	Media	N	
Blanca de Juli	0.19000	63	a
INIA 415 Pasankalla	0.19667	63	b
INIA 420 Negra Collana	0.19683	63	b

1. N = Número de observaciones.

2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

La prueba DUNCAN ($P < 0.05$) para la cantidad de levadura, la Tabla 19 indica que el % de ácido láctico en los tres tipos de levadura respondieron de diferente manera. Se observa que a medida que aumenta la concentración de levadura la media de la acidez se incrementa significativamente. A una concentración de 0g/100 ml se obtuvo una media de 0.15 % de ácido láctico, a 0.05g/100ml se obtuvo una media de 0.20 % ácido láctico y a una concentración 0.10 g/100ml se obtuvo una media de 0.23 % ácido láctico. Estos resultados son similares a los reportados por Camacho (2006), en su estudio Elaboración de chicha de quinua y estudio de factibilidad para la instalación de una planta procesadora en la ciudad de Quito, obtuvo como resultado el contenido de ácido láctico en Chicha de quinua alcanzó una media de 0.24% ácido láctico (fermentada con levadura), 0.33% de ácido láctico (fermentación con *Lactobacillus*) y 0.29% de ácido láctico (mezcla de ambas fermentaciones). Los resultados obtenidos son similares al encontrado por

Valencia (2015) con acidez titulable 0.27 (expresado como ácido láctico) para la bebida de quinua Negra Collana. Los resultados obtenidos son menores al valor 0.4 (expresado como ácido láctico) para la chicha de jora y morada, según Rojas (2013).

Tabla 19: Prueba de DUNCAN para la cantidad de levadura

Variable dependiente: ACIDEZ (% ácido láctico)

LEVADURA	Media	N	
0.00g/100ml	0.14762	63	a
0.05g/100ml	0.20190	63	b
0.10g/100ml	0.23397	63	c

1. N = Número de observaciones.
2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

La prueba DUNCAN ($P < 0.05$) para el tiempo, la Tabla 20 indica que el porcentaje de acidez analizada en los diferentes tipos de tiempo respondió de diferente manera y el contenido de acidez tiene un alto promedio a las 72 horas y el de menos promedio se dio a las 12 horas. Se observa que a medida que aumenta el tiempo de fermentación el promedio de acidez va en aumento, esto indica el correcto desarrollo de la fermentación. Los resultados obtenidos son similares al encontrado por Valencia (2015) con acidez titulable 0.27 % ácido láctico para la bebida de quinua negra. Estos resultados son mayores a los presentados por Onofre (2018) los valores de acidez estuvo comprendida entre 0.02 y 0.20 (INIA 415 – Pasankalla); 0.02 y 0.18 (INIA 420 – Negra Collana) llegando a un valor promedio de 0.14 y 0.13 respectivamente.

Tabla 20: Prueba de DUNCAN para el tiempo

Variable dependiente: ACIDEZ (% ácido láctico)

TIEMPO	Media	N	
12 horas	0.16370	27	a
24 horas	0.19593	27	b
36 horas	0.20630	27	c
48 horas	0.21963	27	d
60 horas	0.22741	27	e
72 horas	0.23519	27	f

1. N = Número de observaciones.
2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

4.1.4 Comportamiento del CO₂ (mg/l) en el proceso de fermentación de chicha de quinua en tres variedades de quinua.

En la figura 18 se presenta la variación de la formación de CO₂ en función del tiempo de fermentación, cantidad de levadura y variedad de quinua a una temperatura constante de 30°C. En el anexo 4 se presenta la tabla de resultados del comportamiento de la formación de CO₂.

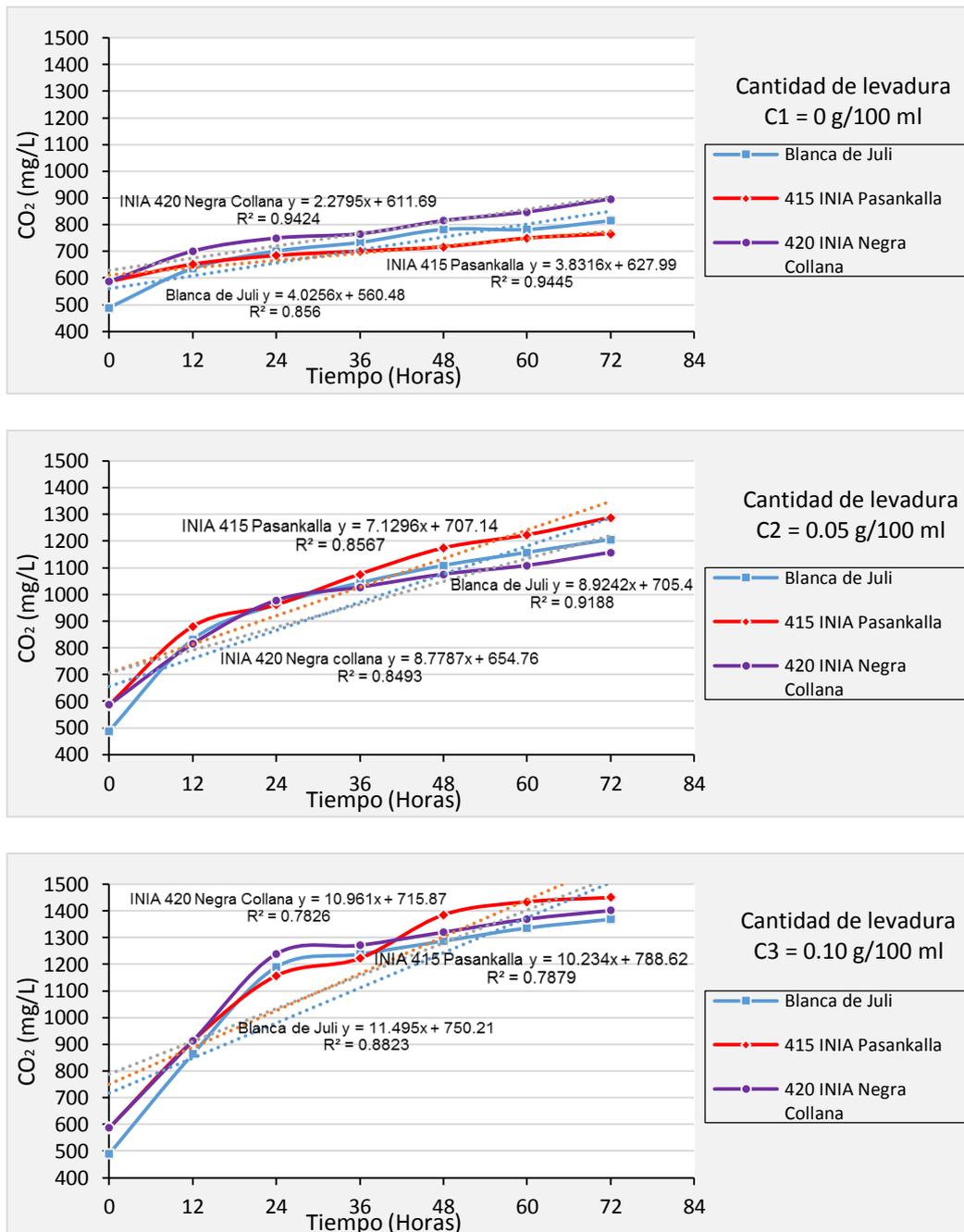


Figura 18: Variación del CO₂ durante la fermentación a 30°C de la chicha de quinua en tres variedades.

Se observa que durante el periodo de la fermentación del mosto hay un crecimiento en la concentración de CO_2 en función al tiempo. A partir de las 36 horas comienza a estabilizarse la concentración de CO_2 hasta 1149.79 mg/l. Debido a que el sustrato alcanza su mayor desarrollo poblacional en microorganismos, siendo consumidas en mayor cantidad de azúcar. En el Anexo 9 se presenta el análisis de varianza del CO_2 , indica que el factor variedad es altamente significativo con un $p(0.001) < 0.05$, existen diferencias de producción de CO_2 en las variedades de quinua INIA 415 Pasankalla, INIA 420 y Blanca de Juli. De igual manera, el factor levadura es altamente significativo con un $p(0.000) < 0.05$, los 3 tipos de levadura utilizados para este estudio respondieron de diferente manera en la producción de CO_2 . Asimismo, el factor tiempo es altamente significativo con un valor probabilístico $p(0.000) < 0.05$, es decir que la producción de CO_2 fue diferente en cada tiempo estudiado.

La prueba DUNCAN ($P < 0.05$) para el factor variedad, la Tabla 21 indica que los niveles de variedad de quinua son diferentes entre las variedades en la respuesta de CO_2 ; asimismo podemos apreciar que la variedad INIA 415 Pasankalla es similar a la variedad INIA 420 Negra Collana. La media del CO_2 entre la variedad INIA 415 Pasakalla y la variedad INIA 420 Negra Collana son similares, la variedad Blanca de Juli presenta una ligera diferencia con 928.9 mg/l. Al respecto Levenspiel, (2004), menciona que en cuanto a las velocidades de formación de etanol y CO_2 están ligadas directamente al crecimiento de la levadura de este modo. Según Vasquez y Dacosta (2007), quienes mencionan que para obtener mayores rendimientos y velocidades de producción de etanol y CO_2 en los cultivos sumergidos las condiciones adecuadas son a pH de 4 - 5.5 y T° 28 -35°C, así también para fermentar los mostos destinados a la destilación duran 18- 72 horas.

Tabla 21: Prueba de DUNCAN para el factor variedad

Variable dependiente:		CO_2	
VARIEDAD	Media	N	
Blanca de Juli	928.889	63	a
INIA 415 Pasankalla	961.482	63	b
INIA 420 Negra Collana	962.258	63	b

1. N = Número de observaciones.

2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

La prueba DUNCAN ($P < 0.05$) para el tiempo, la Tabla 22 indica que el CO_2 en los tres tipos de levadura respondieron de diferente manera y realizando la prueba de Duncan, el contenido de 0.10g/100ml tiene un alto promedio de CO_2 y así va disminuyendo sucesivamente. A medida que se aumenta el nivel de levadura, el promedio de CO_2 también va en aumento.

Tabla 22: Prueba de DUNCAN para la cantidad de levadura

Variable dependiente: CO_2			
LEVADURA	Media	N	
0.00g/100ml	721.6931	63	a
0.05g/100ml	987.0899	63	b
0.10g/100ml	1143.8448	63	c

1. N = Número de observaciones.
2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

La prueba DUNCAN ($P < 0.05$) para el tiempo, la Tabla 23 indica que el CO_2 en los diferentes tiempos respondió de diferente manera y el contenido de CO_2 alcanza su máximo promedio a las 72 horas y así va disminuyendo sucesivamente. Se observa que durante el periodo de la fermentación del mosto hay un crecimiento en la concentración de CO_2 en función al tiempo. A partir de las 36 horas comienza a estabilizarse la concentración de CO_2 hasta 1149.79 mg/l. Debido a que el sustrato alcanza su mayor desarrollo poblacional en microorganismos, siendo consumidas en mayor cantidad de azúcar; posteriormente disminuye hasta un valor despreciable. Al respecto Levenspiel (2004), menciona que en cuanto a las velocidades de formación de etanol y CO_2 están ligadas directamente al crecimiento de la levadura de este modo, la cinética de formación de cada producto puede representarse en un cultivo discontinuo. Asimismo, Coillo y Copa (2010), indican que las primeras 24 horas con 5320 seg existe alta producción de CO_2 llegando hasta máximo de 9081.573 ppm. Esto es debido a que el sustrato contiene carbohidratos suficientes para su mayor desarrollo poblacional de levaduras. De igual forma, durante la fermentación del zumo de piña se observa que la presión producida es proporcional al CO_2 . Por su parte Leveau y Bouix (2000), precisan que las condiciones adecuadas para la fermentación alcohólica son la temperatura, CO_2 , O_2 , presión, agua, nutrientes y pH; así como de sustancias alimenticias que ella puede asimilar con facilidad.

Tabla 23: Prueba de DUNCAN para el tiempo

Variable dependiente: CO ₂			
TIEMPO	Media	N	
12 horas	800.3292	27	a
24 horas	957.8601	27	b
36 horas	1008.5597	27	c
48 horas	1073.7449	27	d
60 horas	1111.7695	27	e
72 horas	1149.7942	27	f

1. N = Número de observaciones.
2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

4.2 EFECTO DEL TIEMPO, LEVADURA Y VARIEDAD DE QUINUA EN LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL.

En el Anexo 5 se presenta la tabla de resultados de la producción de alcohol. Se observa que durante el periodo de la fermentación del mosto hay un crecimiento en la concentración de alcohol en función al tiempo, muestra los resultados de rendimiento de alcohol durante el proceso de fermentación de chicha de quinua por un tiempo de 72 horas para la variedad INIA 415 Pasankalla con un contenido de alcohol de 0.76 % (v/v), para la variedad INIA 420 Negra Collana con un contenido de alcohol de 0.77 % (v/v) y para la variedad Blanca de Juli con un contenido de alcohol 0.79 % (v/v). Estos resultados son similares a los reportados por Onofre (2018) con valores de contenido de alcohol de la chicha de quinua es 1°GL para ambas variedades de quinua (INIA 415 Pasankalla y INIA 420 Negra Collana). Asimismo, Valencia (2015) en su estudio obtuvo como resultado el contenido de 1.5 % (v/v) en la bebida fermentada y clarificada de quinua negra. La cantidad de alcohol obtenida en las variedades de la chicha de quinua es muy baja, considerado como una bebida refrescante, por lo que chicha pueden ser consumidas por las personas de todas las edades. La producción de alcohol es un fenómeno complejo cuyo rendimiento depende de diversos factores, por ejemplo, las características intrínsecas de la cepa, las condiciones de aeración, la concentración del inóculo, la composición del medio, las condiciones de fermentación, etc. (García y Mamani, 2008).

En la Tabla 24 se muestra el resumen de coeficientes de regresión para el alcohol, R cuadrado es del 94.5% que explica mejor el modelo; esto indica que las variables están interviniendo o haciendo efecto en la producción del contenido de alcohol. Se observa que las variables de estudio variedad y tiempo no son significativas porque sus niveles de significancia son mayores a 0.05, por otro lado la acidez, °Brix, pH y concentración de levadura son significativos con valores probabilísticos de $p(0.002)$, $p(0.011)$, $p(0.00)$ y $p(0.00)$ respectivamente que son menores a 0.05 que es el nivel de significancia y nos demuestra el grado de relación que existe entre las variables de estudio acidez, °Brix, pH y cantidad de levadura; respecto a la producción del contenido de alcohol. Esta relación probablemente se haya dado porque según Vásquez y Dacosta (2007) mencionan que para obtener mayores rendimientos y velocidades de producción de etanol y CO_2 es necesario tomar en cuenta en los cultivos sumergidos las condiciones adecuadas son a pH de 4 - 5.5 y T° 28 -35°C, estos rangos fueron tomados en cuenta en el proceso de elaboración de la chicha de quinua; así también para fermentar los mostos destinados a la destilación duran 18- 72 horas. Sin embargo, cuando se elaboran productos que no van a ser destilados, se seleccionan temperaturas bajas para favorecer la formación equilibrada de aromas y sabores. Además, el pH óptimo para el desarrollo de las levaduras es de 4.5 a 5 aunque pueden sobrevivir de 3 a 7.5 (Madrid, Vicente y Cezano, 2001). Godia y Lopez (2005), indican que la transferencia de calor adecuada es 30- 35 °C. Respecto a la variable de °Brix, se aprecia que a valores menores el porcentaje de alcohol es mayor, cuando se incrementa los valores de °Brix mayores a 16 el porcentaje de alcohol disminuye. Al respecto, Leveau y Bouix (2000) indican que el rango de concentración de azúcar es de 10 hasta 18°Brix, el valor óptimo es 15°Brix; cuando se trabaja a concentraciones de azúcar muy altas del orden de 22°Brix se observa una deficiencia respiratoria en la levadura y un descenso de la velocidad de la fermentación. Por lo tanto, el modelo con las variables significativas quedaría de la siguiente manera:

$$Y_i = 1.941 - 0.056^\circ\text{Brix} - 0.236 \text{ pH} + 4.256 \text{ Levadura} + 0.069 \text{ acidez}$$

Tabla 24: Resumen de coeficientes de regresión para el alcohol.

Coeficientes						
Modelo		Coeficientes				
		Coeficientes no estandarizados		estandarizados		
		B	Error estándar	Beta	T	Sig.
1	(Constante)	1,941	0,458		4,240	0,000
	°BRIX	-0,056	0,022	-0,169	-2,602	0,011
	pH	-0,236	0,044	-0,294	-5,346	0,000
	LEVADURA	4,256	0,452	0,501	9,426	0,000
	VARIEDAD	0,011	0,022	0,012	0,505	0,615
	TIEMPO	0,001	0,002	0,061	0,783	0,435
	ACIDEZ	0,069	0,022	0,234	3,199	0,002

1. R cuadrado = 0.945 (Coeficiente de determinación).
2. B = Coeficiente de regresión; Beta = Coeficientes beta estandarizados; T = Estadístico T; Sig.=Significancia.

En la Tabla 25 se observa que al menos uno de los predictores están haciendo efecto en el producto final del alcohol en la fermentación de chicha de quinua, asimismo, el valor probabilístico es de $p(0.00) < 0.05$ que es el nivel de significancia, que indicando que la prueba es significativa y al menos uno de los predictores está interviniendo significativamente sobre el alcohol.

Tabla 25: Análisis de varianza de regresión para el alcohol.

ANOVA						
Modelo		SC	GL	CM	F	Sig.
1	Regresión	20,267	6	3,378	290,138	0,000 ^b
	Residuo	1,176	101	0,012		
	Total	21,443	107			

- a. Variable dependiente: Alcohol
- b. Predictores: (Constante), ACIDEZ, VARIEDAD, LEVADURA, pH, °BRIX, TIEMPO
- c. SC = Suma de cuadrados; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; F = Estadístico F; Sig. = Significancia.

4.3 APLICACIÓN DEL MODELO CINÉTICO DE MONOD EN FUNCIÓN AL PARÁMETRO DE °BRIX EN LA FERMENTACIÓN DE CHICHA DE QUINUA.

En la Tabla 26 se muestra los parámetros cinéticos de fermentación de chicha de quinua evaluado en tres variedades (INIA 420 Negra Collana, INIA 415 Pasankalla y Blanca de Juli) a una concentración inicial de 15.3° Brix y una temperatura promedio de 30° C. La aplicación del modelo cinético de Monod nos muestra claramente que la velocidad de crecimiento de las células en la fermentación está en función a la concentración de levadura, es así que a una concentración de 0.10 g/100 ml se da la mayor tasa de crecimiento de las células en los primeros días para ir bajando conforme va transcurriendo el tiempo de la fermentación, hasta que en un momento dado la viabilidad de las células cae drásticamente. Esto debido probablemente a la acumulación de etanol que actúa en sinergia con la temperatura y ocasiona que el estrés de la célula aumente drásticamente traduciéndose en la pérdida de viabilidad de estos (Torija, 2002). Para las levaduras, los principales factores de crecimiento se encuentran entre las vitaminas, principalmente: biotina, piridoxina (vitamina B6), ácido pantoténico, riboflavina (vitamina B2) y tiamina (vitamina B1). Destaca la vitamina B1 o tiamina, requerida para muchas de las descarboxilaciones, siendo un factor determinante en el metabolismo de los glúcidos (paso de ácido pirúvico a etanol, formación de butanodiol-2,3). Las levaduras consumen gran cantidad de esta vitamina en la fase de multiplicación celular y su adición puede aumentar las poblaciones hasta en un 30%, mejorando el rendimiento de la transformación de azúcares (García y Mamani, 2008).

Se determinaron las constantes de velocidad máxima de crecimiento (μ_{max}) y la constante de saturación (KS) en base a los resultados experimentales presentados en el Anexo 6, para hallar el valor de estos coeficientes de la ecuación de Monod, se toma la pendiente de la línea recta resultante de la linealización de la ecuación de Monod al graficar $1/u$ vs $1/S$, para ello fue necesario hallar el valor de μ en función al tiempo en el programa Excel. Se observa que el mejores resultado se presentan con una concentración de levadura (0.10 g/100ml), obteniéndose como resultado para la variedad Blanca de Juli son: constante de saturación ($K_s = 24.596$ g/L), velocidad de crecimiento máximo ($\mu_{max} = 0.004$ h⁻¹), para la variedad INIA 415 Pasankalla son: constante de saturación ($K_s = 27.620$ g/L), velocidad de crecimiento máximo ($\mu_{max} =$

0.003 h⁻¹) y para la variedad INIA 420 Negra Collana son: constante de saturación (K_s =20.286 g/L), velocidad de crecimiento máximo (μ_{max}= 0.002 h⁻¹); esto nos demuestra que para una concentración inicial de sustrato, la velocidad es aceptable. Estos resultados obtenidos concuerdan con los datos reportados por Coillo (2017) en su estudio Aplicación del modelo cinético de Michaelis – menten en la fermentación de zumo de piña (*Ananas comosus*), obteniendo los parámetros cinéticos del modelo: las constantes μ_{max} 0.00297s⁻¹ y Km 5.940g/L para *Saccharomyces cerevisiae* y μ_{max} 0.0468s⁻¹ y Km 140.400g/L para la levadura silvestre, finalmente la adición de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* evidencio mejores resultados en cuanto a la velocidad máxima de crecimiento esto probablemente se debe a la adición de una cantidad considerable de la mencionada levadura. Asimismo, Pari (2013) en la Cinética de conversión de los carbohidratos presentes en la cáscara de plátano (*Musa Cavendishi*) para la obtención de etanol, obtuvieron los parámetros cinéticos de constante de Monod calculados mediante la linealización de Lineweaver – Burk son: constante de saturación (K_s =23.315 g/L), velocidad de crecimiento máximo (μ_{max}= 0.0278 h⁻¹) a una concentración inicial de 16° Brix aun pH de 4.5. Por otra parte, Ramírez y Molina (2005) en la Evaluación de parámetros cinéticos para la *Sacharomyces cerevisiae* utilizando agua de coco como sustrato, obtuvieron parámetros cinéticos, de velocidad máxima de crecimiento μ_{max} = 0,038 h⁻¹), y constante de saturación K_s = 1,35 g/L, a una temperatura de 28°C y pH 4,5. Resultados similares han sido señalados por Ahmad (2011), en su estudio de la cinética de crecimiento y el modelado de etanol producción por *Saccharomyces cerevisiae* obtuvo parámetros cinéticos a 72 h de fermentación μ_{max} = 0.084 h⁻¹ y K_S = 23,6 g/l.

Tabla 26: Resumen de parámetros cinéticos de la fermentación de chicha de quinua.

Variedad	Temperatura (°C)	Levadura (g/100 ml)	Cinética		Modelo cinético de Monod
			$\mu_{max} (h^{-1})$	KS (g/L)	
blanca de juli	30	0.10	0.006	30.666	$\mu = \frac{0.006 * S}{30.666 + S}$
blanca de juli	30	0.10	0.003	22.493	$\mu = \frac{0.003 * S}{22.493 + S}$
blanca de juli	30	0.10	0.002	20.628	$\mu = \frac{0.002 * S}{20.628 + S}$
blanca de juli	30	0.05	0.001	10.120	$\mu = \frac{0.001 * S}{10.120 + S}$
blanca de juli	30	0.05	0.001	8.832	$\mu = \frac{0.001 * S}{8.832 + S}$
blanca de juli	30	0.05	0.001	8.439	$\mu = \frac{0.001 * S}{8.439 + S}$
blanca de juli	30	0.00	0.00005	14.237	$\mu = \frac{0.00005 * S}{14.237 + S}$
blanca de juli	30	0.00	0.00006	13.994	$\mu = \frac{0.00006 * S}{13.994 + S}$
blanca de juli	30	0.00	0.00004	14.593	$\mu = \frac{0.00004 * S}{14.593 + S}$
INIA 415 Pasankalla	30	0.10	0.004	33.465	$\mu = \frac{0.004 * S}{33.465 + S}$
INIA 415 Pasankalla	30	0.10	0.002	26.426	$\mu = \frac{0.002 * S}{26.426 + S}$
INIA 415 Pasankalla	30	0.10	0.002	22.969	$\mu = \frac{0.002 * S}{22.969 + S}$
INIA 415 Pasankalla	30	0.05	0.002	18.606	$\mu = \frac{0.002 * S}{18.606 + S}$
INIA 415 Pasankalla	30	0.05	0.001	18.116	$\mu = \frac{0.001 * S}{18.116 + S}$
INIA 415 Pasankalla	30	0.05	0.001	18.714	$\mu = \frac{0.001 * S}{18.714 + S}$
INIA 415 Pasankalla	30	0.00	0.00006	13.879	$\mu = \frac{0.00006 * S}{13.879 + S}$
INIA 415 Pasankalla	30	0.00	0.00030	19.349	$\mu = \frac{0.0003 * S}{19.349 + S}$
INIA 415 Pasankalla	30	0.00	0.00005	14.058	$\mu = \frac{0.00005 * S}{14.058 + S}$
INIA 420 Negra Collana	30	0.10	0.003	21.831	$\mu = \frac{0.003 * S}{21.831 + S}$
INIA 420 Negra Collana	30	0.10	0.002	19.478	$\mu = \frac{0.002 * S}{19.478 + S}$
INIA 420 Negra Collana	30	0.10	0.002	19.550	$\mu = \frac{0.002 * S}{19.550 + S}$
INIA 420 Negra Collana	30	0.05	0.00070	11.336	$\mu = \frac{0.00070 * S}{11.336 + S}$
INIA 420 Negra Collana	30	0.05	0.00086	10.638	$\mu = \frac{0.00086 * S}{10.638 + S}$
INIA 420 Negra Collana	30	0.05	0.00084	10.380	$\mu = \frac{0.00084 * S}{10.380 + S}$
INIA 420 Negra Collana	30	0.00	0.00005	14.105	$\mu = \frac{0.00005 * S}{14.105 + S}$
INIA 420 Negra Collana	30	0.00	0.00027	10.946	$\mu = \frac{0.00027 * S}{10.946 + S}$
INIA 420 Negra Collana	30	0.00	0.00007	13.877	$\mu = \frac{0.00007 * S}{13.877 + S}$

a. μ = Velocidad específica de crecimiento; μ_{max} = Velocidad máxima de crecimiento; Ks = Constante de saturación; S = Concentración de sustrato limitante.

V. CONCLUSIONES

- La fermentación de chicha de quinua evaluado en tres variedades INIA 420 Negra Collana (Negra), INIA 415 Pasankalla (Roja) y Blanca de Juli (Blanca) respondieron de igual manera en el comportamiento de pH, mientras que en la variable de respuesta °Brix, acidez y CO₂ existe diferencia significativa. La chicha de quinua elaborada a partir de la variedad blanca presenta mayor contenido de sólidos solubles (°Brix), menor acidez y CO₂ en comparación con las variedades roja y negra. Las características fisicoquímicas de chicha de quinua de la variedad INIA 420 Negra Collana fueron: pH 4.21; 13.72 °Brix; acidez titulable 0.1968 % ácido láctico y CO₂ 962.3 mg/l, Mientras que para la chicha de quinua a partir de la variedad INIA 415 Pasankalla fueron: pH 4.21; 13.69 °Brix; acidez titulable 0.1967 % ácido láctico y CO₂ 961.5 mg/l. Asimismo, la variedad Blanca de Juli fueron: pH 4.23; 13.76 °Brix; acidez titulable 0.1900 % ácido láctico y CO₂ 928.9 mg/l.
- El tiempo, concentración de levadura y variedad de quinua afecta en la obtención de etanol a partir de la fermentación de los granos de quinua, los contenidos de alcohol fueron de 0.76% (v/v) para la variedad INIA 415 Pasankalla, 0.77% (v/v) para la variedad INIA 420 Negra Collana y 0.79% (v/v) para la variedad Blanca de Juli.
- La fermentación de chicha de quinua a partir de semillas de quinua más oscuras tienen menor velocidad de crecimiento celular. El modelo cinético de Monod ajusta apropiadamente a los datos experimentales, los parámetros cinéticos de constante de Monod para la variedad Blanca de Juli (Blanca) son: velocidad de crecimiento máximo ($\mu_{max} = 0.004 \text{ h}^{-1}$), constante de saturación ($K_s = 24.596 \text{ g/L}$); para la variedad INIA 415 Pasankalla (Roja) son: velocidad de crecimiento máximo ($\mu_{max} = 0.003 \text{ h}^{-1}$), constante de saturación ($K_s = 27.620 \text{ g/L}$); y para la variedad INIA 420 Negra Collana (Negra) son: velocidad de crecimiento máximo ($\mu_{max} = 0.002 \text{ h}^{-1}$), constante de saturación ($K_s = 20.286 \text{ g/L}$).

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto del proceso de germinación y fermentación sobre los compuestos antioxidantes de las semillas de quinua.
- Evaluar el comportamiento de los parámetros de pH, °Brix, Acidez y CO₂ y la producción del contenido de alcohol durante el almacenamiento del producto final.
- La identificación y el aislamiento de las cepas de levadura que se encuentran de manera natural en la chicha, puede ser un motivo de estudio a fin de encontrar microorganismos que trabajen de una mejor manera en la fermentación de la chicha de quinua, generando mayores rendimientos de alcohol, inclusive mejores características organolépticas.
- Para mejorar el proceso de fermentación se recomienda utilizar un reactor de agitado discontinuo que permita mejorar la eficiencia de la levadura *Sacharomyces cereviciae* y obtener un mayor rendimiento fermentativo.
- Elaborar la Norma Técnica Peruana para el procesamiento de la chicha de quinua y características de aceptabilidad.

VII. REFERENCIAS

- Abderrahim, F. Huanatico, E. Segura, R. Arribas, S. Gonzalez, M. y Condezo, L. (2015). Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of coloured quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Peruvian Altiplano. *Food Chemistry*. 183: 83 - 90.
- Abugoch, L.E. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*. 58: 1 - 31.
- Adrio, F. J. (2008). Obtención y caracterización de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* superproductoras de glutation. Tesis de doctorado. Granada: Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, Universidad de Granada. Págs. 134.
- Ahmad, F. (2011). Study of growth kinetic and modeling of ethanol production by *Saccharomyces cerevisiae*. *African Journal of Biotechnology*. 16: 18842-18842.
- Alcázar, J. (2002). Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias. Segunda Edición. Editorial Alcázar del Castillo, Jorge. Lima - Perú. Págs. 722.
- Ando, H. Chen, Y. Tang, H. Shimizu, M. Watanabe, K. y Mitsunaga, T. (2002). Food Components in Fractions of Quinoa Seed. *Food Science and Technology Research*. 8: 80 - 84.
- A.O.A.C. (2016). Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 20th Edition. Association Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Apaza, R.M. Atencio, Y.J. (2017). Tecnología para la elaboración de una cerveza artesanal tipo Ale, con sustitución parcial de malta (*Hordeum Vulgare*) por guiñapo de maíz morado (*Zea Mays*). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Escuela Profesional de Ingenierías de Industrias Alimentarias. Arequipa – Perú. Págs. 291.
- Apaza, V. Cáceres, G. Estrada, R. y Pinedo, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Biblioteca Nacional del Perú. Primera edición. Págs. 82.

- Arendt, E. K. y Zannini, E. (2013). Cereal grains for the food and beverage industries. Imprint Woodhead Publishing. 1st Edition. Págs. 512.
- Ayma, C; Cacsire, G. A. (2012). Tratamiento térmico para estabilizar la chicha de jora. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Química y Textil. Lima – Perú. Págs. 108.
- Aziz, A. Akram, N. y Ashraf, M. (2018). Influence of natural and synthetic vitamin C (ascorbic acid) on primary and secondary metabolites and associated metabolism in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants under water deficit regimes. Plant Physiol Biochem. 123: 192–203.
- Baltes, W. (2007). Química de los alimentos. 5ª ed. España: Acribia. Págs. 377, 379, 382.
- Barnet, J. Paine, W. Yarrow, D. A. (1979). Guide to identifying and classifying yeast. Cambridge: University Press. Págs. 46.
- Barbado, J. (2005). Vinos de elaboración casera. Argentina: Albatros. Págs. 96.
- Bazile, D. Bertero, D. y Nieto, C. (2014). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y CIRAD. Santiago - Chile. Págs. 331-340.
- Bernal, C. y Garzón, J. (2011). Obtención a escala de laboratorio de octenilsuccinato aluminico de almidón de quinua, con miras a la utilización de un producto cosmético. Revisiones de la Ciencia, Tecnología e Ingeniería de los Alimentos. Revista Reciteia. 11: 47-56.
- Betancourt, M. (2003). Efecto de la melaza, ácido fórmico y tiempo de fermentación sobre el contenido de proteína cruda y nitrógeno amoniacal en silaje de leucaena leucocephala. Zootecnia Tropical. 21: 289 - 300.
- Bhargava, A. Sudhir, S. y Ohri, D. (2007). Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crops Research. 101: 104 - 116.
- Blandino, A. Aseeri, M. Pandiella, S. Cantero, D. Webb, C. (2003). Cereal-based fermented foods and beverages. 36: 527 - 543.

- Cabronero, F. C. (1993). Biotipado de levaduras de interés clínico: su utilidad como marcador epidemiológico y de virulencia. Madrid: Facultad de Ciencias Biológicas departamento de Microbiología I, Universidad Complutense de Madrid. 1: 24-45.
- Camacho, N. (2006). Elaboración de chicha de quinua y estudio de factibilidad para la instalación de una planta procesadora en la ciudad de Quito. Universidad San Francisco de Quito. Quito – Ecuador. Págs. 254.
- Carrillo, L. (2007). Microbiología agrícola. Perú: UNSA. Págs. 197.
- Cerezal-Mezquita, P. Acosta-Barrientos, E. Rojas, G. Romero-Palacios, N. y Arcos, R. (2012). Desarrollo de una bebida de alto contenido proteico a partir de algarrobo, lupino y quinua para la dieta de los preescolares. *Nutrición Hospitalaria*. 27: 232-243.
- Chavarrea, M.P. (2011). Elaboración y conservación con fines agroindustriales y comerciales de la chicha de jora y quinua en las comunidades beneficiarias del proyecto “Runa kawsay”. Universidad Nacional de Chimborazo. Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Riobamba - Ecuador. Págs. 127.
- Coillo, C. (2017). Aplicación del modelo cinético de Michaelis Menten en la fermentación de zumo de piña (*Ananas comosus*). Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Puno - Perú. Págs. 89.
- Coillo, V. H. y Copa, R. M. A. (2010). Estudio de la cinética de fermentación del plátano (*Musa Cavendishi*), en el equipo Multilog - PRO implementado con sensores de CO_2 , pH, temperatura y presión. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Química. Puno - Perú. Págs. 119.
- Coronel, M. (2015). Los vinos de fruta. Págs. 134.
- Demin, M. A. Vucelic-Radovic, B. V. Banjac, N. R. Tipsina, N. N. y Milovanovic, M. M. (2013). Buckwheat and quinoa seeds as supplements in wheat bread production. *Hemijaska industrija*. 67: 115-121.
- Demir, M. (2014). Use of quinoa flour in the production of gluten-free tarhana. *Food Science and Technology Research*. 20: 1087-1092.

- Dogan, H. y Karwe, M.V. (2003). Physicochemical Properties of Quinoa Extrudates. *Food Science and Technology International*. 5: 101-114.
- Encina, C. Cadavez, V. Pereda, J. Gómez, L. Salvá, B. Teixeira, J. Gonzales, U. (2017). Estimation of composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) grains by Near-Infrared Transmission spectroscopy. *LWT – Food Science and Technology*. 79: 126–134.
- Emerald, M. Rajauria, G. Kumar, V. (2016). Novel fermentated grain-based products. *Novel Food Fermentation Technologies*. 11: 263–277.
- Epifanio, F. S. (2005). Influencia de la tecnología de vinificación en la microbiología y el desarrollo de la fermentación alcohólica. Tesis doctoral. Rioja: Universidad de la Rioja. Págs. 121.
- Erazo, E. R. y Palomino, I. A. (1999). Estudio de simulación de un fermentador continuo usando células inmovilizadas. *Revista peruana de química e ingeniería química*. Págs. 164.
- Fairlie, A. (2016). La quinua en el Perú: cadena exportadora y políticas de gestión ambiental. Pontificia Universidad Católica. Primera edición. Lima - Perú. Págs. 86.
- Fajardo, E. E. y Sarmiento, S. C. (2008). Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de *sacharomyces cereviseae*. Pontificia Universidad Javeriana de Colombia. Facultad de Ciencias Básicas. Microbiología Industrial. Bogotá - Colombia. Págs. 94.
- FAO (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Págs. 66.
- Farinazzi, F. Barbalho, S. Oshiiwa, M. Goulart, R. y Pessan, O. (2012). Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases. *Food Science and Technology*. 32: 239-244.
- Fischer, S. Wilckens, R. Jara, J. y Aranda, M. (2013). Estrés hídrico controlado para mejorar la calidad funcional y nutricional en semilla de quinua. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. 12: 457-468.

- Gallego-Villa, D. Y. Russo, L. Kerbab, K. Landi, M. y Rastrelli, L. (2014). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) and *Chenopodium quinoa* (quinoa) sedes. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 26: 609-615.
- Garibay, G. Ramirez, Q. Munguía, L. (2004). *Biotecnología*. Balderas. México: Limusa. Págs. 235.
- García, D. D. Mamani, G. M. (2008). Selección de levaduras nativas *saccharomyces cerevisiae* aisladas de chicha de jora del valle del Mantaro. Tesis. Universidad nacional del centro del Perú. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Págs. 129.
- García, G. Quintero, R. (1993). *Biotecnología Alimentaria*. México: Limusa. Págs. 235.
- García, G. (2004). *Biotecnología alimentaria México*. Editorial Limusa. Págs. 617.
- Gawlik, U. Swieca, M. Sulkowski, M. Dzik, D. Baraniak, B. y Czyz, J. (2013). Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts - in vitro study. *Food and Chemical Toxicology*. 57: 154-160.
- Godia, C. F. y Lopez, S. J. (2005). *Ingeniería Bioquímica*. Editorial Síntesis. México. Págs. 352.
- González, E. (2005). Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria de procesos químicos fermentativos y farmacéuticos. Editorial Científico-Técnica. Págs. 56.
- González, A. Valenzuela, L. (2004). La levadura *Saccharomyces cerevisiae*: un modelo de estudio desde hace más de cien años. México: Departamento de Genética Molecular, Instituto de Fisiología Celular. Universidad Nacional Autónoma De México. Págs. 36.
- González, J. A. Konishi, Y. Bruno, M. Valoy, M. y Prado, F. E. (2012). Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*: 92: 1222-1229.

- González-Martín, M. I. Wells-Moncada, G. Fischer, S. y Escuredo, O. (2013). Chemical characteristics and mineral composition of quinoa by near-infrared spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 94: 876-881.
- Gómez, A. Lafelice, G. Verardo, V. Marconi, E. y Caboni, M. (2014). Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chemistry*. 157: 174–178.
- Graybosch, R. (2016). Los cultivos de granos: una visión general. *Encyclopedia of Food Grains*, segunda edición, vol. 1. Elsevier Academic Press, MA, EE. UU. 1:16-21.
- Hidalgo, J. (2011). *Tratado de enología*. Ediciones Mundi-Prensa. Segunda edición. México. Págs. 1823.
- Hofmanová, T. Svec, I. y Hrusková, M. (2014). Nutritional properties of non-traditional sedes. *Journal of Life Medicine*. 2: 10-14.
- Hoyos, M. y Quinchía, L. A. (2005). parámetros cinéticos de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* en presencia de un campo magnético variable de baja intensidad y alta frecuencia. *Revista de la facultad de química farmacéutica*. Universidad de Antioquia. Medellín - Colombia. 12: 39-44.
- Hu, Y. Zhang, J. Zoua, L. Fub, C. Lic, P. y Zhao, G. (2017). Chemical characterization, antioxidant, immune-regulating and anticancer activities of a novel bioactive polysaccharide from *Chenopodium quinoa* seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*. 99: 622-629.
- Izquierdo, F. (2004). *Cinética de las reacciones químicas*. Universidad de Barcelona. Editorial Universidad de Barcelona. Barcelona – España. Págs. 310.
- Jay, J. M. (2009). *Microbiología moderna de los alimentos*. Editorial Acribia S.A. Quionta edición. Zaragoza - España. Págs. 788.
- Jacobsen, S. (2003). The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*. 19: 167–177.
- Jacobsen, S. Quispe, H. y Mujica, A. (2000). Quinoa: An Alternative Crop for Saline Soils in the Andes. *Journal of Experimental Botany*. 17: 403–408.

- Jennings, J. (2005). La chichera y el patrón: chicha and the energetics of feasting in the prehistoric Andes. *Archeological Papers of the American Anthropological Association*. 14: 241–259.
- Kaur, I. y Tanvar, B. (2016). Quinoa beverages: Formulation, processing and potential health benefits. *Romanian Journal of Diabetes Nutrition and Metabolic Diseases*. 23: 215-225.
- Keskin, S. y Kaplan, A. (2015). Uso de quinua en productos de horno. *Revista del Instituto Central de Investigación*. 2: 150-156.
- Koyro, H. y Elisa, S. (2008). Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. *Plant and Soil*. 302: 79-90.
- Koziol, M.J. (1992). Composición química y evaluación nutricional de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Revista de Composición y Análisis de Alimentos*. Págs. 35-68.
- Lagos, L. F. (1999). Levaduras autoctonas aisladas en la comarca de Laujar de Andarax (Almeria). Su influencia en la calidad. Granada: Facultad de Farmacia, departamento de nutrición y bromatología, Universidad de Granada. Págs. 69.
- Lambrechts, M. G. y Pretorius, J. S. (2000). Yeast and its importance to wine aroma: a review. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 21: 97-129.
- Lehninger, A. L. (1999). *Bioquímica las bases moleculares de la estructura y función celular*. 2a ed. Barcelona: Ediciones Omega, S.A. Págs. 123.
- León, R. Zapata, A. (2008). Chicha peruana, una bebida, una cultura. Fondo editorial universidad San Martin de Porres. Lima. Págs. 57.
- Leveau, J. Y. Bouix, M. (2000). *Microbiología industrial: Los microorganismos de interés industrial*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España. Págs. 595.
- Levenspiel, O. (2004). *Ingeniería de las reacciones químicas*. Ediciones Umusa Reverte. México - México. Págs. 664.
- Li, G. y Zhu, F. (2018). Quinoa starch: Structure, properties, and applications. *Carbohydrate Polymers*. 181: 851-861.

- López, W.A. Ramírez, M. Mambuscay, L.A. y Osorio, E. (2009). Diversidad de levaduras asociadas a chichas tradicionales de Colombia. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 12: 176-186.
- Madigan, M. Martinko, J. Parker, J. (2001). *Biología de los microorganismos*. 8a. ed. Madrid: Pretince Hall. Págs. 134.
- Madrid, A. Vicente, J. y Cenzano, L. (2001). *Nuevo Manual de Industrias Alimentarias*. Editores Mundi Prensa Libros S.A. Cuarta edición. España. Págs. 610.
- Martínez, B. B. (2006). La ruta de la proteína quinasa C en *Saccharomyces cerevisiae*. Conexiones con el control del ciclo celular. Tesis de doctorado. Valencia: Departamento de bioquímica y biología molecular, Universidad de Valencia. Págs. 136.
- Martorell, G. P. (2006). Desarrollo y aplicación de sistemas rápidos para la detección, identificación y caracterización de levaduras alterantes de alimentos. Tesis de doctorado. Valencia: Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Microbiología y Ecología, Universidad de Valencia. Págs. 123.
- Mathews, C. y Van Holde, K. (2004). *Bioquímica*. Ediciones. Editorial McGraw- Hill- Interamericana. Madrid - España. Vol. II. Págs. 1283.
- Mendoza, J. (2015). Compuestos fenólicos, ácidos grasos y capacidad antioxidante en quinua (*Chenopodium Quinoa* Willd). Tesis. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Escuela Profesional de Ingenierías de Industrias Alimentarias. Arequipa-Perú. Págs. 131.
- Mesas, J. y Alegre, M. (1999). El papel de los microorganismos en la elaboración del vino. *ALTAGA*. 4: 174-183.
- Milovanovic, M. M. Demin, M. A. Vucelic-Radovic, B. V. Zarkovic, B. M. y Stikic, R. I. (2014). Određivanje nutritivne vrednosti pšeničnog hleba sa dodatkom mešavine semena kvinoje, heljde i tikve. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*. 3: 318-328.
- Miranda, M. Vega, A. Martínez, E. López, J. Marín, R. Aranda, M. y Fuentes, F. (2013). Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes: nutritional and functional properties. *Chilean journal of agricultural research*. 73: 108-116.

- Miranda, M. Vega, A. Martínez, E. López, J. Rodríguez, M. J. Henríquez, K. y Fuentes, F. (2012). Genetic diversity and comparison of physicochemical and nutritional characteristics of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes cultivated in Chile. *Food Science*. 32: 835-843.
- Miranda, M. Vega, A. Uribe, E. López, J. Martínez, E. Rodríguez, M. J. Quispe, I. y Di Scala, K. (2011). Physico-chemical analysis, antioxidant capacity and vitamins of six ecotypes of Chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Science*. 1: 1439-1446.
- Mujica, A. (1993). Manual del cultivo de la quinua. Proyecto TTA-AID-INIA-PIVA. Lima Perú. Págs. 32-46.
- Mujica, A. Marathe, J. P. e Izquierdo, J. (2001). Origen y descripción de la Quinua. 2: 9-29.
- Mujica, A. y Jacobsen, S. (2001). Biodiversidad un desafío en la región centro oeste de Sudamérica. En *agricultura andina, puno, Perú*. Págs. 14-18.
- Mujica, A. y Jacobsen, S. (2006). La quinua (*Chenopodium Quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. 5: 449-457.
- Mujica, A. Ortiz, R. Bonifacio, A. Saravia, R. Corredor, G. y Romero, A. (2006). Informe final. Proyecto quinua: cultivo multipropósito para los países andinos. Perú, Colombia y Bolivia. PENUD/CONCYTEC/Universidad Nacional del Altiplano/Fundación PROINPA/Universidad Nacional de Colombia. Págs. 237.
- Nascimento, A. C. Mota, C. Coelho, I. Gueifao, S. Santos, M. Matos, A. S. Gimenez, A. Lobo, M. Samman, N. y Castanheira, I. (2014). Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays L.*) consumed in the North of Argentina: proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*. 148: 420-426.
- Navruz, S. y Sanlier, N. (2016). Beneficios nutricionales y de salud de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*. 69: 371-376.
- NORMA TÉCNICA PERUANA (2014). NTP 211.027:2014. ALCOHOL ETÍLICO PARA BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Determinación de la acidez total. 3ª Edición.

- NORMA TÉCNICA PERUANA (2014). NTP 319.229:2014. ALCOHOL ETÍLICO PARA BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Determinación del grado alcohólico volumétrico. 4ª Edición.
- NORMA TÉCNICA PERUANA (2016). NTP 213.036:2016. CERVEZA. Determinación de pH en cerveza.
- Nout, M. (2009). Nutrición rica de los más pobres: fermentaciones de cereales en África y Asia. *Microbiología alimentaria*. 26: 685-692.
- Nowak, V. Du, J. y Charrondière, U. (2016). Evaluación del componente nutricional de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*. 193: 47–54.
- Oelke, E. Putnam, D. Teynor, T. y Oplinger, E. (2012). Quinoa, Campo alternativo Manual de Cultivos. *Revista*. 1: 7-9.
- Onofre, C. (2018). Efecto del proceso de fermentación alcohólica de la chicha de quinua (*chenopodium quinoa* Willd.) sobre su contenido de antioxidante, vitaminas y minerales. Universidad Nacional San Agustín. Arequipa - Perú. Págs. 173.
- Pachauri, T. Lakhani, A. y Maharaj, K. (2012). Análisis del contenido de nutrientes de granos subutilizados: álbum de *Chenopodium*. En *Química de los fitopotenciales: salud, energía y perspectivas ambientales*. Págs. 93-96.
- Padron, C. Oropeza, R. y Montes, A. (2015). Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1: 200-218.
- Palombini, S. V. Claus, T. Maruyama, S. Gohara, A. K. Souza, A. H. De Souza, N. Visentainer, J. V. Gomes, S. y Matsushita, M. (2013). Evaluation of nutritional compounds in new amaranth and quinoa cultivars. *Food Science and Technology*. 33: 339-344.
- Palomino, I. A. (2003). *Diseño de Reactores*. Ediciones Navarrete. Lima - Perú. 1: 14.
- Pari, E. D. (2013). Cinética de conversión de los carbohidratos presentes en la cáscara de plátano (*Musa Cavendishi*) para la obtención de etanol. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Química. Puno – Perú. Págs. 123.
- Pellegrini, M. Lucas, R. Ricci, A. Fontecha, J. Fernández, J. Pérez, J. y Martos, M. (2018). Perfil químico, ácido graso, polifenólico, propiedades tecno-funcionales y antioxidantes de las harinas obtenidas de la quinua. (*Chenopodium quinoa* Willd.) semillas. *Cultivos y productos industriales*. 111: 38-46.

- Puerari C. Teixeira, K. Magalhaes, G. Freitas, R. (2014). Bacaba beverage produced by Umutina Brazilian Amerindians: Microbiological and chemical characterization Brazilian journal Microbiology. 4: 1207-1216.
- Poma, P. (2016). Efecto de tres niveles de concentración de levadura *Saccharomyces cerevisiae* cepa CH 158 SIHA en la fermentación del zumo de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Tesis. Universidad Nacional del Centro DEL Perú – Huancayo. Págs. 105.
- Pomasqui, J. (2012). Parámetros óptimos en la fermentación alcohólica para industrializar la chicha de jora en la procesadora de alimentos y bebidas kutacachi sara mama. Tesis. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Págs. 124.
- Quinteros, R. (1993). Ingeniería Bioquímica. Editorial Alhambra Mexicana. Tercera edición. México. Págs. 332.
- Quiroga, C. Escalera, R. Aroni, G. Bonifacio, A. González, J. A. Villca, M Saravia, R y Ruiz, A. (2014). Procesos tradicionales e innovaciones tecnológicas en la cosecha, beneficiado e industrialización de la quinua. En Estado del arte de la quinua en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Santiago - Chile. Págs. 258-296.
- Ramírez, O. y Molina, M. (2005). Evaluación de parámetros cinéticos para la *sacharomyces cerevisiae* utilizando agua de coco como sustrato. Revista de la Universidad de Costa Rica. 15:91-102.
- Ranhotra, G.S. Gelroth, J.A. Glaser, B.K. Lorenz, K.J. y Johnson, D.L. (1993). Composition and Protein Nutritional Quality of Quinoa. Cereal Chem. 70: 303-305.
- Repo-Carrasco, R. Encina, C. R. Binaghi, M. J. Greco, C. B. y Ronayne, P. (2010). Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kañiwa on composition and availability of minerals in vitro. Journal of the science of food and agricultura. 12: 2068-2073.
- Repo-Carrasco, R. Espinoza, C. y Jacobsen, S. (2003). Valor nutricional y uso de la quinua de cultivos andinos (*Chenopodium quinoa*) y Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International. 2: 179-189.

- Repo-Carrasco, R. Hellström, J. K. Pihlava, J. M. y Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Food Chemistry. 120: 128-133.
- Repo-Carrasco, R. y Serna, L. A. (2011). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1: 225-230.
- Robles, H. Miranda, H. Lora, C. (2012). Aislamiento de levaduras productoras de etanol a partir de chicha de jora del Mercado “Mayorista” de Trujillo (Perú). 32:48-54.
- Rodríguez, P. J. (2001). Implicación de la proteína quinasa PAK Skm1 y de la GTPasa Cdc42 en procesos de crecimiento polarizado en *Saccharomyces cerevisiae*. Tesis de doctorado. Madrid: Facultad de farmacia, Departamento de Microbiología II, Universidad complutense de Madrid. Pags.156.
- Rojas, B. S. (2013). Control de calidad y evaluación nutricional de las chichas (Jora y morada), elaboradas en la fundación Andinamarca, Calpi-Riobamba. Tesis. Escuela Superior Politécnico de Chimborazo. Riobamba – Ecuador. Págs. 193
- Ruales, J. Grijalva, Y. Lopez, P. y Nair, B. (2002). La calidad nutricional de un alimento infantil de quinua y su efecto sobre el nivel plasmático de crecimiento similar a la insulina Factor-1 (IGF-1) en niños desnutridos. Revista Internacional de Ciencias de la Alimentación y Nutrición. 2: 143-154.
- Saltos, H. (1992). Bebidas fermentadas típicas: desarrollo de tecnologías para procesar chicha de maíz y sidra de manzanas. Universidad Técnica de Ambato. Ambato – Ecuador. Págs. 98.
- Schoenlechner, R. (2019). Quinoa: su nutrición única y atributos que promueven la salud BOKU-Universidad de recursos naturales y Ciencias de la Vida. Viena - Austria. Págs. 25.
- Simopoulos, A. P. (2011). Evolutionary aspects of diet: the omega-6/omega-3 ratio and the brain. Molecular neurobiology. 44: 1-15.
- Stikic, R. Glamoclija, D. Demin, M. Vucelic, B. Jovanovic, Z. Milojkovic, D. Jacobsen, S. E. y Milovanovic, M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of

- quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science*. 2: 132-138.
- Sundarrajan, L. (2014). Efecto de la cocción por extrusión sobre las propiedades nutricionales del amaranto, la quinua, la kañiwa y el lupino. Tesis de maestría. Departamento de Alimentos y Ciencias Ambientales. Universidad de Helsinki. Facultad de Agricultura y Silvicultura. Finlandia. Págs. 87.
- Tamang, J. (2010). Diversidad de alimentos fermentados. Alimentos y bebidas fermentados del mundo, primera edición. CRC Press, Taylor & Francis, EE. UU., Págs. 42–72.
- Tang, Y. Li, X. Zhang, B. Chen, P. Liu, R. y Tsao, R. (2015). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*. 166: 380–388.
- Tapia, M. Gandarillas, H. Alandia, S. Cardozo, A. y Mujica, A. (1979). La quinua y la Kañihua. Cultivos andinos. (M.E. Tapia ed.). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Bogotá- Colombia. Págs. 87, 88, 95 y 102.
- Taylor, J. (2016). Fermentation: food and non-alcoholic beverages. *Encyclopedia of Food Grains*. 3: 183–192.
- Torija, J. (2002). Ecología de levaduras: selección y adaptación a fermentaciones vinicas. Universidad Rovira y vigili. Facultad de enología. Departamento de bioquímica Tarragona – España. Págs. 260.
- USDA/ARS (2014). United States Department of Agriculture Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>.
- Valcárcel-Yamani, B. y Lannes, S. C. (2012). Applications of quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) and amaranth (*Amaranthus* Spp.) and their influence in the nutritional value of cereal based foods. *Food and Public Health*. 2: 265-275.
- Valencia, P. Y. E. (2015). Evaluación tecnológica de la germinación y clarificación de las bebidas tradicionales fermentadas y pasteurizadas de maíz morado (*Zea Mays*) y quinua (*Chenopodium Quinoa*) variedad INIA 420 Negra Collana. Tesis. Universidad Nacional de San Agustín. Facultad de Ingeniería de Procesos. Arequipa – Perú. Págs. 198.

- Vasquez, H. J. y Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *Ingeniería investigación y tecnología*. 4: 249-259.
- Vargas, A. (2014). La chicha en los rituales del Noreste argentino. Trabajo de investigación. Jujuy. Instituto Universitario Nacional del Arte. 2: 34 - 45.
- Vidueiros, S. M. Curti, R.N. Dyner, L.M. Binaghi, M.J. Peterson, G. Bertero, H.D. y Pallaro, A.N. (2015). Diversity and traits cultivated in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from northwest Argentina. *Journal of cereal science*. 62: 87-93.
- Vilcacundo, R. y Hernández, B. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Current Opinion in Food Science*. 14: 1-6.

ANEXOS

ANEXO 1: TABLA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE pH

BLANCA DE JULI																												
Variedad (A)	0 g de levadura									0.05 g de levadura									0.10 g levadura									
	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas
Levadura (B)																												
Tiempo (C)																												
1	5.16	5.01	4.66	4.05	3.79	3.65	3.59	5.16	4.90	4.72	4.50	3.56	3.38	3.26	5.16	4.98	4.53	4.06	3.67	3.46	3.48	5.16	4.96	4.56	4.10	3.69	3.56	3.49
2	5.16	5.03	4.62	4.09	3.75	3.64	3.55	5.16	5.01	4.87	4.20	3.59	3.39	3.28	5.16	4.96	4.56	4.10	3.69	3.56	3.49	5.16	4.96	4.56	4.10	3.69	3.56	3.49
3	5.16	5.01	4.59	4.10	3.72	3.61	3.52	5.16	5.02	4.89	4.08	3.62	3.53	3.31	5.16	4.89	4.59	4.01	3.71	3.59	3.50	5.16	4.89	4.59	4.01	3.71	3.59	3.50
PROMEDIO	5.16	5.02	4.62	4.08	3.75	3.63	3.55	5.16	4.98	4.83	4.26	3.59	3.43	3.28	5.16	4.94	4.56	4.06	3.69	3.54	3.49	5.16	4.94	4.56	4.06	3.69	3.54	3.49

INIA 415 PASANKALLA																												
Variedad (A)	0 g de levadura									0.05 g de levadura									0.10 g levadura									
	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas
Levadura (B)																												
Tiempo (C)																												
1	5.37	5.02	4.70	4.20	3.80	3.72	3.62	5.37	5.20	5.02	4.56	3.50	3.48	3.46	5.37	4.97	4.02	3.89	3.75	3.65	3.57	5.37	4.97	4.02	3.89	3.75	3.65	3.57
2	5.37	4.90	4.10	3.99	3.83	3.78	3.65	5.37	4.89	4.03	3.74	3.52	3.50	3.47	5.37	4.89	4.04	3.90	3.77	3.68	3.59	5.37	4.89	4.04	3.90	3.77	3.68	3.59
3	5.37	4.80	4.14	3.92	3.87	3.78	3.69	5.37	4.90	4.01	3.80	3.51	3.49	3.45	5.37	4.96	4.06	3.88	3.79	3.70	3.61	5.37	4.96	4.06	3.88	3.79	3.70	3.61
PROMEDIO	5.37	4.91	4.31	4.04	3.83	3.76	3.65	5.37	5.00	4.35	4.03	3.51	3.49	3.46	5.37	4.94	4.04	3.89	3.77	3.68	3.59	5.37	4.94	4.04	3.89	3.77	3.68	3.59

INIA 420 NEGRA COLLANA																												
Variedad (A)	0 g de levadura									0.05 g de levadura									0.10 g levadura									
	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas
Levadura (B)																												
Tiempo (C)																												
1	5.27	5.02	4.68	4.13	3.80	3.69	3.61	5.27	5.05	4.87	4.53	3.53	3.43	3.36	5.27	4.98	4.28	3.98	3.71	3.56	3.53	5.27	4.98	4.28	3.98	3.71	3.56	3.53
2	5.27	4.97	4.36	4.04	3.79	3.71	3.60	5.27	4.95	4.45	3.97	3.56	3.45	3.38	5.27	4.93	4.30	4.00	3.73	3.62	3.54	5.27	4.93	4.30	4.00	3.73	3.62	3.54
3	5.27	4.91	4.37	4.01	3.80	3.70	3.61	5.27	4.96	4.45	3.94	3.57	3.51	3.38	5.27	4.93	4.33	3.95	3.75	3.65	3.56	5.27	4.93	4.33	3.95	3.75	3.65	3.56
PROMEDIO	5.27	4.96	4.47	4.06	3.79	3.70	3.60	5.27	4.99	4.59	4.15	3.55	3.46	3.37	5.27	4.94	4.30	3.97	3.73	3.61	3.54	5.27	4.94	4.30	3.97	3.73	3.61	3.54

ANEXO 2: TABLA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ° BRIX.

BLANCA DE JULI																						
Variedad (A)	Levadura (B)	0 g de levadura						0.05 g de levadura						0.10 g levadura								
		0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas
	1	15.30	15.20	15.00	14.80	14.70	14.50	14.20	15.30	14.90	14.50	14.10	13.90	12.80	11.20	15.30	14.10	13.10	12.30	11.80	11.20	10.60
	2	15.30	15.20	15.00	14.90	14.70	14.60	14.30	15.30	14.80	14.40	14.30	13.70	12.60	11.30	15.30	14.00	13.30	12.00	11.60	11.30	10.70
	3	15.30	15.10	15.00	14.80	14.70	14.50	14.10	15.30	15.00	14.80	14.10	13.60	12.50	11.50	15.30	14.30	13.30	12.00	11.70	11.40	10.90
	PROMEDIO	15.30	15.17	15.00	14.83	14.70	14.53	14.20	15.30	14.90	14.57	14.17	13.73	12.63	11.33	15.30	14.13	13.23	12.10	11.70	11.30	10.73

INIA 415 PASANKALLA																						
Variedad (A)	Levadura (B)	0 g de levadura						0.05 g de levadura						0.10 g levadura								
		0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas
	1	15.30	15.20	15.00	14.80	14.60	14.40	14.20	15.30	14.70	13.90	13.10	12.50	12.20	11.70	15.30	14.20	13.10	12.50	12.00	11.80	11.20
	2	15.30	15.10	14.90	14.90	14.40	14.20	14.10	15.30	14.80	13.90	13.40	12.70	12.00	12.00	15.30	14.30	13.20	12.60	12.00	11.90	11.30
	3	15.30	15.20	14.90	14.80	14.60	14.50	14.00	15.30	14.20	13.70	13.60	12.90	12.10	11.80	15.30	14.40	13.40	12.70	12.10	11.70	11.40
	PROMEDIO	15.30	15.17	14.93	14.83	14.53	14.37	14.10	15.30	14.57	13.83	13.37	12.70	12.10	11.83	15.30	14.30	13.23	12.60	12.03	11.80	11.30

INIA 420 NEGRA COLLANA																						
Variedad (A)	Levadura (B)	0 g de levadura						0.05 g de levadura						0.10 g levadura								
		0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas
	1	15.30	15.20	15.00	14.80	14.65	14.45	14.20	15.30	14.80	14.20	13.60	13.20	12.50	11.45	15.30	14.15	13.10	12.40	11.90	11.50	10.90
	2	15.30	15.15	14.95	14.90	14.55	14.40	14.20	15.30	14.80	14.15	13.85	13.20	12.30	11.65	15.30	14.15	13.25	12.30	11.80	11.60	11.00
	3	15.30	15.15	14.95	14.80	14.65	14.50	14.05	15.30	14.60	14.25	13.85	13.25	12.30	11.65	15.30	14.35	13.35	12.35	11.90	11.55	11.15
	PROMEDIO	15.30	15.17	14.97	14.83	14.62	14.45	14.15	15.30	14.73	14.20	13.77	13.22	12.37	11.58	15.30	14.22	13.23	12.35	11.87	11.55	11.02

ANEXO 3: TABLA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ACIDEZ (%)

BLANCA DE JULI																											
Variedad (A)	0 g de levadura									0.05 g de levadura									0.10 g levadura								
	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas						
1	0.10	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.16	0.10	0.17	0.20	0.21	0.23	0.23	0.24	0.10	0.19	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29						
2	0.10	0.12	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.10	0.16	0.18	0.21	0.23	0.24	0.24	0.10	0.17	0.23	0.24	0.26	0.27	0.28						
3	0.10	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.18	0.10	0.18	0.21	0.22	0.22	0.24	0.26	0.10	0.17	0.25	0.26	0.26	0.27	0.27						
PROMEDIO	0.10	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17	0.10	0.17	0.20	0.21	0.23	0.24	0.25	0.10	0.18	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28						

INIA 415 PASANKALLA																											
Variedad (A)	0 g de levadura									0.05 g de levadura									0.10 g levadura								
	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas						
1	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.12	0.18	0.19	0.22	0.24	0.26	0.26	0.12	0.19	0.24	0.26	0.29	0.29	0.30						
2	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.12	0.16	0.18	0.22	0.26	0.26	0.12	0.16	0.21	0.22	0.26	0.28	0.28	0.28						
3	0.12	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17	0.17	0.12	0.20	0.22	0.22	0.22	0.25	0.28	0.12	0.21	0.26	0.27	0.30	0.31	0.31						
PROMEDIO	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.12	0.18	0.20	0.22	0.24	0.25	0.26	0.12	0.19	0.24	0.25	0.28	0.29	0.30						

INIA 420 NEGRA COLLANA																											
Variedad (A)	0 g de levadura									0.05 g de levadura									0.10 g levadura								
	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas						
1	0.12	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.18	0.12	0.17	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23	0.12	0.19	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29						
2	0.12	0.14	0.15	0.15	0.16	0.18	0.18	0.12	0.16	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.12	0.18	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28						
3	0.12	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.19	0.12	0.17	0.20	0.22	0.23	0.24	0.25	0.12	0.19	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29						
PROMEDIO	0.12	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.18	0.12	0.17	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.12	0.19	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29						

ANEXO 4: TABLA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CO₂ (mg/l)

BLANCA DE JULI																								
Variedad (A)	Levadura (B)	0 g de levadura										0.05 g de levadura												
		0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas		
1	488.9	635.6	684.4	684.4	733.3	733.3	782.2	782.2	831.1	977.8	1026.7	1026.7	1124.4	1124.4	1173.3	1173.3	488.9	928.9	1222.2	1271.1	1320.0	1368.9	1417.8	
2	488.9	586.7	684.4	733.3	782.2	782.2	831.1	880.0	880.0	880.0	1026.7	1026.7	1124.4	1124.4	1173.3	1173.3	488.9	831.1	1124.4	1173.3	1271.1	1320.0	1368.9	1568.9
3	488.9	684.4	733.3	782.2	831.1	831.1	880.0	880.0	880.0	1026.7	1026.7	1075.6	1075.6	1173.3	1173.3	1271.1	488.9	831.1	1222.2	1271.1	1271.1	1320.0	1368.9	1520.0
PROMEDIO	488.89	635.56	700.74	733.33	782.22	782.22	814.81	831.11	888.89	961.48	1042.96	1108.15	1157.04	1157.04	1205.93	1205.93	863.70	1189.63	1238.52	1287.41	1336.30	1368.89	1466.7	1568.89

INIA 415 PASANKALLA																								
Variedad (A)	Levadura (B)	0 g de levadura										0.05 g de levadura												
		0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas		
1	586.7	635.6	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	586.7	928.9	1026.7	1075.6	1173.3	1271.1	1417.8	1466.7
2	586.7	635.6	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	684.4	586.7	880.0	1026.7	1075.6	1271.1	1271.1	1368.9	1568.9
3	586.7	684.4	733.3	782.2	782.2	831.1	831.1	880.0	880.0	880.0	1075.6	1075.6	1173.3	1222.2	1368.9	1368.9	586.7	1026.7	1271.1	1320.0	1466.7	1515.6	1515.6	1515.6
PROMEDIO	586.67	651.85	684.44	700.74	717.04	749.63	765.93	880.00	880.00	961.48	1075.56	1173.33	1222.22	1287.41	1287.41	1287.41	886.67	912.59	1157.04	1222.22	1385.19	1434.07	1450.37	1450.37

INIA 420 NEGRA COLLANA																								
Variedad (A)	Levadura (B)	0 g de levadura										0.10 g de levadura												
		0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	60 horas	72 horas		
1	586.7	684.4	733.3	782.2	831.1	831.1	880.0	880.0	880.0	880.0	880.0	880.0	880.0	880.0	880.0	880.0	586.7	928.9	1271.1	1271.1	1320.0	1368.9	1417.8	1417.8
2	586.7	684.4	733.3	782.2	831.1	831.1	880.0	880.0	880.0	880.0	880.0	880.0	880.0	880.0	880.0	880.0	586.7	880.0	1173.3	1222.2	1271.1	1320.0	1368.9	1568.9
3	586.7	733.3	782.2	831.1	880.0	880.0	928.9	928.9	928.9	977.8	1075.6	1124.4	1173.3	1222.2	1368.9	1368.9	586.7	928.9	1271.1	1320.0	1466.7	1515.6	1515.6	1515.6
PROMEDIO	586.67	700.74	749.63	765.93	814.81	847.41	896.30	886.67	886.67	912.59	1026.67	1108.15	1157.04	1157.04	1157.04	1157.04	886.67	912.59	1238.52	1271.11	1320.00	1368.89	1401.48	1401.48

ANEXO 5: TABLA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE ALCOHOL % (V/V)

BLANCA DE JULI																																									
Variedad (A)	0 g de levadura									0.05 g de levadura									0.10 g levadura																						
	0 horas			12 horas			24 horas			36 horas			48 horas			60 horas			72 horas			0 horas			12 horas			24 horas			36 horas			48 horas			60 horas			72 horas	
1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.8	0.7	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	0.0	0.5	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6												
2	0.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	0.0	0.8	1.1	1.3	1.4	1.4	1.6	1.7												
3	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.9	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.4	0.0	0.9	1.2	1.4	1.5	1.5	1.7	1.7												
PROMEDIO	0.00	0.13	0.27	0.27	0.27	0.30	0.30	0.40	0.40	0.43	0.70	0.70	0.70	0.70	1.00	1.13	1.27	1.37	1.47	1.47	0.00	0.73	1.13	1.30	1.43	1.53	1.53	1.67	1.67												

INIA 415 PASANKALLA																																									
Variedad (A)	0 g de levadura									0.05 g de levadura									0.10 g levadura																						
	0 horas			12 horas			24 horas			36 horas			48 horas			60 horas			72 horas			0 horas			12 horas			24 horas			36 horas			48 horas			60 horas			72 horas	
1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.8	0.8	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	0.0	0.8	1.0	1.3	1.5	1.5	1.6	1.6												
2	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.8	0.8	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	0.0	0.9	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.6												
3	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.7	0.7	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	0.0	0.9	1.2	1.2	1.4	1.6	1.7	1.7												
PROMEDIO	0.00	0.07	0.17	0.23	0.30	0.30	0.33	0.33	0.37	0.37	0.77	0.77	1.07	1.13	1.23	1.23	1.23	1.33	1.33	1.33	0.00	0.87	1.10	1.23	1.43	1.53	1.53	1.63	1.63												

INIA 420 NEGRA COLLANA																																									
Variedad (A)	0 g de levadura									0.05 g de levadura									0.10 g levadura																						
	0 horas			12 horas			24 horas			36 horas			48 horas			60 horas			72 horas			0 horas			12 horas			24 horas			36 horas			48 horas			60 horas			72 horas	
1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.7	0.7	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	0.0	0.7	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5												
2	0.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.8	0.8	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	0.0	0.5	1.0	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4												
3	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.7	0.7	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	0.0	0.9	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6												
PROMEDIO	0.00	0.10	0.23	0.30	0.30	0.30	0.33	0.33	0.40	0.40	0.73	0.73	1.07	1.17	1.27	1.27	1.33	1.33	1.43	1.43	1.43	0.00	0.70	1.13	1.27	1.37	1.47	1.47	1.50	1.50											

ANEXO 6: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE pH

Al analizar el comportamiento del pH en el proceso de fermentación de chicha de quinua evaluado en tres variedades El ANOVA en la Tabla 27 indica que el factor variedad no es significativo ya que el valor probabilístico $p (0.677) > 0.050$, con este resultado concluimos que las 3 variedades de quinua utilizados para este estudio respondieron de igual manera en el pH. El factor levadura es significativo con un $p (0.003) < 0.05$ que es el nivel de significancia, es decir podemos ver que existen diferencias de pH en las variedades de quinua INIA 415 Pasankalla, INIA 420 Negra Collana y Blanca de Juli a diferentes concentraciones de levadura. Asimismo, se observa que el factor tiempo es altamente significativo con un valor probabilístico $p (0.000) < 0.05$, es decir que la concentración de pH fue diferente en cada tiempo utilizado. También se observa que las interacciones entre variedad y levadura no son significativas y de igual manera entre la interacción de los 3 factores y en las demás interacciones si hay significancia al 95% de confianza.

Tabla 27: Análisis de varianza para la variable dependiente pH.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
VARIEDAD	0,013	2	0,006	0,391	0,677
LEVADURA	0,200	2	0,100	6,103	0,003
TIEMPO	78,690	6	13,115	801,650	0,000
VARIEDAD * LEVADURA	0,015	4	0,004	0,226	0,923
LEVADURA * TIEMPO	1,124	12	0,094	5,727	0,000
VARIEDAD * TIEMPO	1,261	12	0,105	6,424	0,000
VARIEDAD * LEVADURA * TIEMPO	0,100	24	0,004	0,254	1,000
Error	2,061	126	0,016		
Total	83,464	188			

1. R al cuadrado = 0,951

2. FV = Fuentes de variación; GL = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrado medio; F= Estadístico F ; Sig.= Significancia.

Prueba de DUNCAN para el factor variedad.

Variable dependiente: pH

VARIEDAD	Media	N	
INIA 415 Pasankalla	4,208	63	a
INIA 420 Negra Colla	4,214	63	a
Blanca de Juli	4,228	63	a

1. N = Número de observaciones.
2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Prueba de DUNCAN para la cantidad de levadura

Variable dependiente: pH

LEVADURA	Media	N	
0.10 g/100ml	4.194	63	a
0.05 g/100ml	4.196	63	a
0.00 g/100ml	4.264	63	b

1. N = Número de observaciones.
2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Prueba de DUNCAN para el factor tiempo

Variable dependiente: pH

TIEMPO	Media	N	
12 horas	4.963	27	a
24 horas	4.453	27	b
36 horas	4.059	27	c
48 horas	3.680	27	d
60 horas	3.588	27	e
72 horas	3.505	27	f

1. N = Número de observaciones.
2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

ANEXO 7: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE °BRIX

Se realizó el análisis de varianza ANOVA para el contenido de sólidos solubles (°Brix) durante la fermentación de la chicha de quinua, la Tabla 28 indica que los niveles de variedad de quinua es altamente significativo con un $p (0.007) < 0.05$ que es el nivel de significancia, es decir podemos ver que existen diferencias significativas en °Brix de la variedad (INIA 420 Negra Collana, INIA 415 Pasankalla y Blanca de Juli). De igual manera el factor levadura es altamente significativo con un $p (0.000) < 0.05$ que es el nivel de significancia para el presente estudio, con este resultado concluimos de que los niveles de levadura responden de diferente manera en la variable respuesta °Brix. Asimismo observamos que el factor tiempo es altamente significativo $p (0.000) < 0.05$, es decir que la concentración de °Brix es diferente en todos los tiempos analizados con un intervalo de 12 horas. También podemos observar que las interacciones son significativas entre cada una de ellas y entre los tres factores.

Tabla 28: Análisis de varianza para la variable dependiente °Brix.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
VARIEDAD	0,133	2	0,067	5,394	0,006
LEVADURA	126,645	2	63,322	5119,960	0,000
TIEMPO	186,519	6	31,087	2513,519	0,000
VARIEDAD * LEVADURA	2,679	4	0,670	54,157	0,000
VARIEDAD * TIEMPO	43,409	12	3,617	292,487	0,000
LEVADURA * TIEMPO	1,108	12	0,092	7,467	0,000
VARIEDAD * LEVADURA * TIEMPO	1,961	24	0,082	6,606	0,000
Error	1,558	126	0,012		
Total	364,012	188			

1. R al cuadrado = 0,994

2. FV = Fuentes de variación; GL = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrado medio; F= Estadístico F ; Sig.= Significancia.

Prueba de DUNCAN para el factor variedad

Variable dependiente: °Brix

VARIEDAD	Media	N		
INIA 415 Pasankalla	13.6905	63	a	
INIA 420 Negra Colla	13.7230	63	a	b
Blanca de Juli	13.7556	63		b

3. N = Número de observaciones.

4. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Prueba de DUNCAN para la cantidad de levadura

Variable dependiente: °Brix

LEVADURA	Media	N		
0.00g/100ml	14,7833	63	a	
0.05g/100ml	13,5952	63		b
0.10g/100ml	12,7905	63		c

1. N = Número de observaciones.

2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Prueba de DUNCAN para el tiempo

Variable dependiente: °Brix

TIEMPO	Media	N			
12 hras	14,7056	27	a		
24 hras	14,1333	27		b	
36 hras	13,6500	27			c
48 hras	13,2333	27			d
60 hras	12,7889	27			e
72 hras	12,2500	27			f

1. N = N° de observaciones.

2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

ANEXO 8: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE ACIDEZ

Se realiza el análisis de varianza ANOVA para la acidez (%), la Tabla 29 indica que el nivel de variedad es altamente significativo con un $p (0.001) < 0.05$ que es el nivel de significancia, es decir podemos ver que existen diferencias estadísticas en la acidez de las variedades (INIA 415 Pasankalla, INIA 420 Negra Collana y Blanca de Juli). De igual manera el factor levadura es altamente significativo con un $p (0.000) < 0.05$ que es el nivel de significancia para el presente estudio, con este resultado concluimos que los niveles de levadura responden de diferente manera en la acidez. Asimismo, observamos que el factor tiempo es altamente significativo $p (0.000) < 0.05$, es decir que la concentración de acidez a las horas es diferente en todos los tiempos analizados con un intervalo de 12 horas.

Tabla 29: Análisis de varianza para la acidez (%).

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
VARIEDAD	0,002	2	0,001	7,257	0,001
LEVADURA	0,240	2	0,120	911,052	0,000
TIEMPO	0,298	6	0,050	377,339	0,000
VARIEDAD * LEVADURA	0,004	4	0,001	8,161	0,000
LEVADURA * TIEMPO	0,058	12	0,005	36,511	0,000
VARIEDAD * TIEMPO	0,002	12	0,000	1,475	0,142
VARIEDAD * LEVADURA * TIEMPO	0,002	24	0,000	0,783	0,751
Error	0,017	126	0,000		
Total	0.623	188			

1. R al cuadrado = 0,998

2. FV = Fuentes de variación; GL = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrado medio; F= Estadístico F ; Sig.= Significancia.

Prueba de DUNCAN para el factor variedad.

Variable dependiente: ACIDEZ

VARIEDAD	Media	N	
Blanca de Juli	0.19000	63	a
INIA 415 Pasankalla	0.19667	63	b
INIA 420 Negra Collana	0.19683	63	b

1. N = Número de observaciones.
2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Prueba de DUNCAN para la cantidad de levadura

Variable dependiente: ACIDEZ

LEVADURA	Media	N	
0.00g/100ml	0.14762	63	a
0.05g/100ml	0.20190	63	b
0.10g/100ml	0.23397	63	c

1. N = Número de observaciones.
2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Prueba de DUNCAN para el tiempo

Variable dependiente: ACIDEZ

TIEMPO	Media	N	
12 hras	0.16370	27	a
24 hras	0.19593	27	b
36 hras	0.20630	27	c
48 hras	0.21963	27	d
60 hras	0.22741	27	e
72 hras	0.23519	27	f

1. N = Número de observaciones.
2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

ANEXO 9: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE CO₂

Al analizar el comportamiento del CO₂ en el proceso de fermentación de chicha de quinua evaluado en tres variedades El ANOVA en la Tabla 30 indica que el factor variedad es altamente significativo con un $p (0.001) < 0.05$ que es el nivel de significancia, es decir podemos ver que existen diferencias de producción de CO₂ en las variedades de quinua INIA 415 Pasankalla, INIA 420 y Blanca de Juli. De igual manera el factor levadura es altamente significativo con un $p (0.000) < 0.05$ que es el nivel de significancia para el presente estudio, con este resultado concluimos de que los 3 tipos de levadura utilizados para este experimento respondieron de diferente manera en la producción de CO₂. Asimismo, observamos que el factor tiempo es altamente significativo con un valor probabilístico $p (0.000) < 0.05$, es decir que la producción de CO₂ fue diferente en cada tiempo utilizado.

Tabla 30: Análisis de varianza para el CO₂ (mg/l)Variable dependiente: CO₂ (mg/l)

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
VARIEDAD	45703,207	2	22851,604	7,257	0,001
LEVADURA	5737611,497	2	2868805,748	911,052	0,000
TIEMPO	7129194,487	6	1188199,081	377,339	0,000
VARIEDAD * LEVADURA	102787,955	4	25696,989	8,161	0,000
LEVADURA * TIEMPO	1379645,019	12	114970,418	36,511	0,000
VARIEDAD * TIEMPO	55744,255	12	4645,355	1,475	0,142
VARIEDAD * LEVADURA * TIEMPO	59209,302	24	2467,054	0,783	0,751
Error	396760,494	126	3148,893		
Total	14906656,216	188			

1. R al cuadrado = 0,998

2. FV = Fuentes de variación; GL = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrado medio; F= Estadístico F ; Sig.= Significancia.

Prueba de DUNCAN para el factor variedad

Variable dependiente: CO_2

VARIEDAD	Media	N		
Blanca de Juli	928.889	63	a	
INIA 415 Pasankalla	961.482	63		b
INIA 420 Negra Collana	962.258	63		b

1. N = Número de observaciones.
2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$).

Prueba de DUNCAN para la cantidad de levadura

Variable dependiente: CO_2

LEVADURA	Media	N		
0.00g/100ml	721.6931	63	a	
0.05g/100ml	987.0899	63		b
0.10g/100ml	1143.8448	63		c

1. N = Número de observaciones;
2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$).

Prueba de DUNCAN para el tiempo

Variable dependiente: CO_2

TIEMPO	Media	N				
12 horas	800.3292	27	a			
24 horas	957.8601	27		b		
36 horas	1008.5597	27			c	
48 horas	1073.7449	27				d
60 horas	1111.7695	27				e
72 horas	1149.7942	27				f

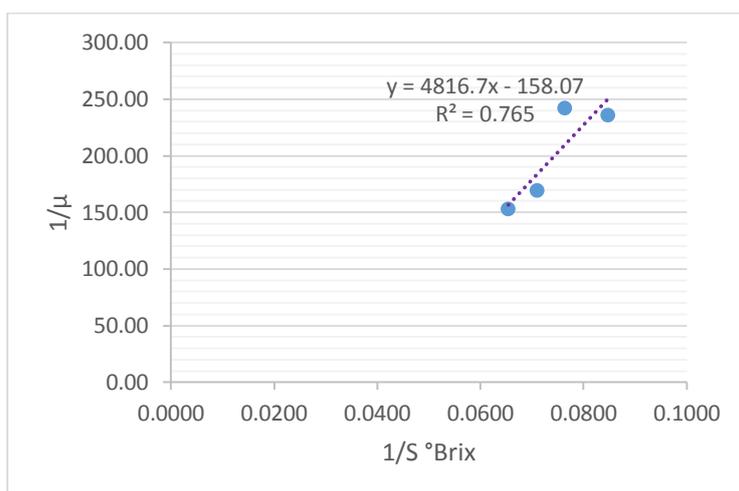
1. N = Número de observaciones.
2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$).

ANEXO 10: CINÉTICA DE FERMENTACIÓN – MODELO CINÉTICO DE MONOD

Tabla A: Resultados experimentales del análisis para la primera repetición (30°C y levadura= 0.10 g/100ml) de la variedad Blanca de Juli.

t (horas)	S (°Brix)	ds/dt	μ	1/S	1/μ
0	15.3	0.1000	0.0065	0.0654	153.00
12	14.1	0.0833	0.0059	0.0709	169.20
24	13.1	0.0542	0.0041	0.0763	241.85
48	11.8	0.0500	0.0042	0.0847	236.00
72	10.6				

a. t = Tiempo; S(°Brix) = Sólidos solubles; μ = Velocidad específica de crecimiento; S = Concentración de sustrato limitante.



Fuente: Elaboración propia.

Figura A: Correlación lineal velocidad de crecimiento vs concentración de sustrato para la primera repetición (30°C y levadura=0.10g/100ml) de la variedad Blanca de Juli.

Del gráfico se obtuvo:

Pendiente =4816.7

Intercepto =158.07

De donde se obtuvieron las constantes cinéticas.

$$\mu_{max} = \frac{1}{intercepto} \quad , \quad K_S = Pendiente * \mu_{max} 4816$$

$$\mu_{max} = 0.006 h^{-1} \quad K_S = 30.666 g/L$$

$$\mu = \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} \quad ; \quad \mu = \frac{0.006 S}{30.666 + S}$$

Hallando la forma lineal de la ecuación del modelo de Monod separamos las variables μ y S

$$\mu(30.666 + S) = 0.006 * S$$

Obteniendo el recíproco $\frac{1}{\mu(30.666 + S)} = \frac{1}{0.006 * S}$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{30.666 + S}{0.006 * S}$$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{30.666}{0.006 * S} + \frac{S}{0.006 * S}$$

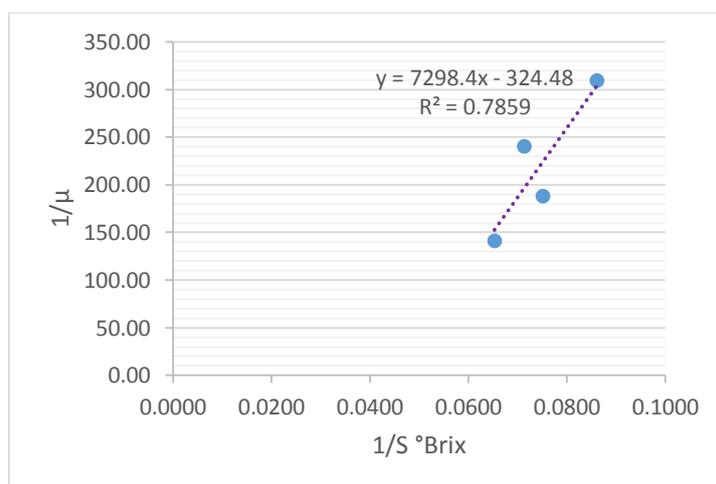
$$\frac{1}{\mu} = \frac{30.666}{0.006} * \frac{1}{S} + \frac{1}{0.006}$$

De la Figura A: Para la primera repetición de la variedad Blanca de Juli a 15.3°Brix, 30°C se observó que durante la fermentación la velocidad de crecimiento va aumentando conforme disminuye la concentración de sustrato ya que es ajustado a la linealización del modelo de Monod, obteniéndose una correlación de 76.5%; donde la velocidad máxima de crecimiento es de $\mu_{max}=0.006 h^{-1}$ y la constante de reacción es $K_S=30.666 g/L$; esto nos muestra que para una concentración inicial de sustrato, la velocidad es aceptable.

Tabla B: Resultados experimentales del analisis para la segunda repetición (30°C y levadura= 0.10 g/100ml) y de la variedad Blanca de Juli.

t (horas)	S (°Brix)	ds/dt	μ	1/S	1/μ
0	15.3	0.1083	0.0071	0.0654	141.23
12	14	0.0583	0.0042	0.0714	240.00
24	13.3	0.0708	0.0053	0.0752	187.76
48	11.6	0.0375	0.0032	0.0862	309.33
72	10.7				

a. t = Tiempo; S(°Brix) = Sólidos solubles; μ = Velocidad especifica de crecimiento; S = Concentración de sustrato limitante.



Fuente: Elaboración propia.

Figura B: Correlación lineal velocidad de crecimiento vs concentración de sustrato para la segunda repetición (30°C y levadura=0.10g/100ml) de la variedad Blanca de Juli.

Del gráfico se obtuvo:

Pendiente=7298.4

Intercepto=324.48

De donde se obtuvieron las constantes cinéticas.

$$\mu_{max} = \frac{1}{intercepto} \quad , \quad K_S = Pendiente * \mu_{max}$$

$$\mu_{max} = 0.003 \text{ h}^{-1} \quad K_S = 22.493 \text{ g/L}$$

$$\mu = \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} \quad ; \quad \mu = \frac{0.003 S}{22.493 + S}$$

Hallando la forma lineal de la ecuación del modelo de Monod separamos las variables μ y S .

$$\mu(22.493 + S) = 0.003 * S$$

Obteniendo el recíproco $\frac{1}{\mu(22.493 + S)} = \frac{1}{0.003 * S}$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{22.493 + S}{0.003 * S}$$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{22.493}{0.003 * S} + \frac{S}{0.003 * S}$$

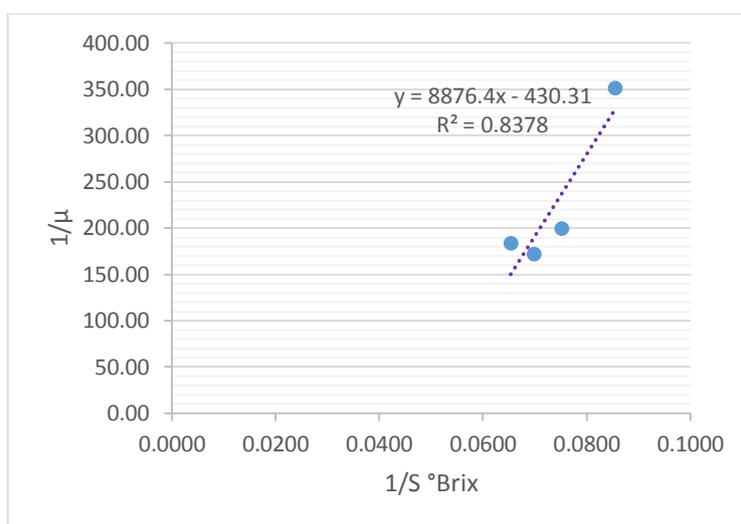
$$\frac{1}{\mu} = \frac{22.493}{0.003} * \frac{1}{S} + \frac{1}{0.003}$$

De la Figura B: Para la segunda repetición de la variedad Blanca de Juli a 15.3°Brix, 30°C se observó que durante la fermentación la velocidad de crecimiento va aumentando conforme disminuye la concentración de sustrato ya que es ajustado a la linealización del modelo de Monod, obteniéndose una correlación de 78.59%; donde la velocidad máxima de crecimiento es de $\mu_{max}=0.003 \text{ h}^{-1}$ y la constante de reacción es $K_S=22.493 \text{ g/L}$; esto nos muestra que para una concentración inicial de sustrato, la velocidad es aceptable.

Tabla C: Resultados experimentales del analisis para la tercera repeticion (30°C y levadura= 0.10 g/100ml) y de la variedad Blanca de Juli.

t (horas)	S (°Brix)	ds/dt	μ	1/S	1/μ
0	15.3	0.0833	0.0054	0.0654	183.60
12	14.3	0.0833	0.0058	0.0699	171.60
24	13.3	0.0667	0.0050	0.0752	199.50
48	11.7	0.0333	0.0028	0.0855	351.00
72	10.9				

a. t = Tiempo; S(°Brix) = Sólidos solubles; μ = Velocidad especifica de crecimiento; S = Concentración de sustrato limitante.



Fuente: Elaboración propia.

Figura C: Correlación lineal velocidad de crecimiento vs concentración de sustrato para la tercera repeticion (30°C y levadura=0.10g/100ml) de la variedad Blanca de Juli.

Del gráfico se obtuvo:

Pendiente=8876.4

Intercepto=430.31

De donde se obtuvieron las constantes cinéticas.

$$\mu_{max} = \frac{1}{intercepto} \quad , \quad K_S = Pendiente * \mu_{max}$$

$$\mu_{max} = 0.002 \text{ h}^{-1} \quad K_S = 20.628 \text{ g/L}$$

$$\mu = \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} \quad ; \quad \mu = \frac{0.002 S}{20.628 + S}$$

Hallando la forma lineal de la ecuación del modelo de Monod separamos las Variables μ y S .

$$\mu(20.628 + S) = 0.002 * S$$

Obteniendo el reciproco $\frac{1}{\mu(20.628+S)} = \frac{1}{0.002*S}$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{22.493 + S}{0.002 * S}$$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{20.628}{0.002 * S} + \frac{S}{0.002 * S}$$

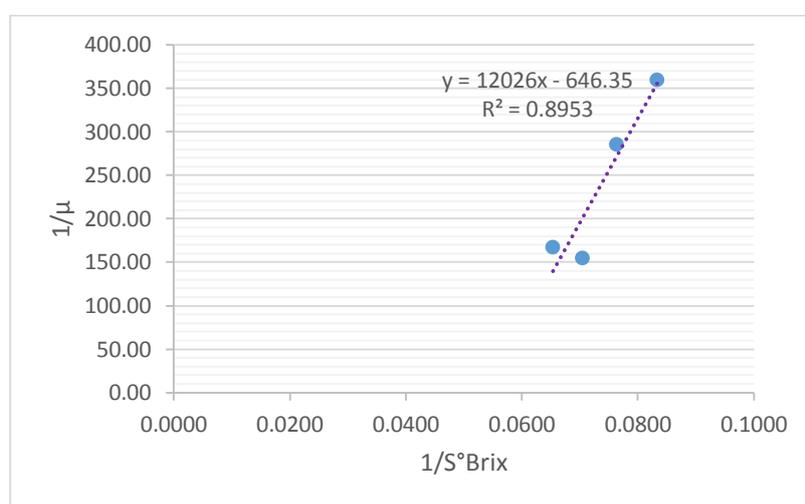
$$\frac{1}{\mu} = \frac{20.628}{0.002} * \frac{1}{S} + \frac{1}{0.002}$$

De la Figura C: Para la tercera repetición de la variedad Blanca de Juli a 15.3°Brix, 30°C se observó que durante la fermentación la velocidad de crecimiento va aumentando conforme disminuye la concentración de sustrato ya que es ajustado a la linealización del modelo de Monod, obteniéndose una correlación de 83.78%; donde la velocidad máxima de crecimiento es de $\mu_{max}=0.002 \text{ h}^{-1}$ y la constante de reacción es $K_S=20.628 \text{ g/L}$; esto nos muestra que para una concentración inicial de sustrato, la velocidad es aceptable.

Tabla D: Resultados experimentales del analisis para la primera repetición (30°C y levadura= 0.10 g/100ml) y de la variedad INIA 415 Pasankalla.

t (horas)	S (°Brix)	ds/dt	μ	1/S	1/μ
0	15.3	0.0917	0.0060	0.0654	166.91
12	14.2	0.0917	0.0065	0.0704	154.91
24	13.1	0.0458	0.0035	0.0763	285.82
48	12	0.0333	0.0028	0.0833	360.00
72	11.2				

a. t = Tiempo; S(°Brix) = Sólidos solubles; μ = Velocidad especifica de crecimiento; S = Concentración de sustrato limitante.



Fuente: Elaboración propia.

Figura D: Correlación lineal velocidad de crecimiento vs concentración de sustrato para la primera repetición (30°C y levadura=0.10 g/100ml) de la variedad INIA 415 Pasankalla.

Del gráfico se obtuvo:

Pendiente=12026

Intercepto=646.35

De donde se obtuvieron las constantes cinéticas.

$$\mu_{max} = \frac{1}{intercepto} \quad , \quad K_S = Pendiente * \mu_{max}$$

$$\mu_{max} = 0.002 \text{ h}^{-1} \quad K_S = 18.026 \text{ g/L}$$

$$\mu = \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} \quad ; \quad \mu = \frac{0.002 S}{18.026 + S}$$

Hallando la forma lineal de la ecuación del modelo de Monod separamos las Variables μ y S

$$\mu(18.026 + S) = 0.002 * S$$

Obteniendo el reciproco $\frac{1}{\mu(18.026+S)} = \frac{1}{0.002*S}$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{18.026 + S}{0.002 * S}$$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{18.026}{0.002 * S} + \frac{S}{0.002 * S}$$

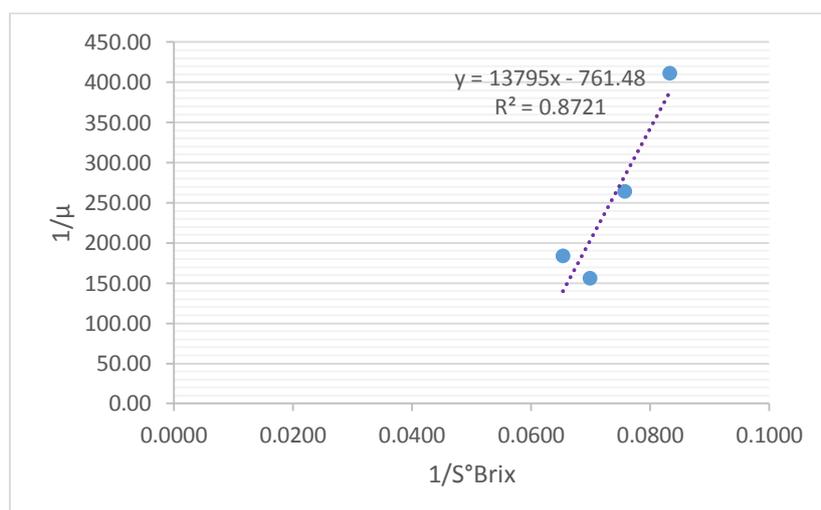
$$\frac{1}{\mu} = \frac{18.026}{0.002} * \frac{1}{S} + \frac{1}{0.002}$$

De la Figura D: Para la primera repetición de la INIA 415 Pasankalla a 15.3°Brix, 30°C se observó que durante la fermentación la velocidad de crecimiento va aumentando conforme disminuye la concentración de sustrato ya que es ajustado a la linealización del modelo de Monod, obteniéndose una correlación de 89.53%; donde la velocidad máxima de crecimiento es de $\mu_{max}=0.002 \text{ h}^{-1}$ y la constante de reacción es $K_S=18.026 \text{ g/L}$; esto nos muestra que para una concentración inicial de sustrato, la velocidad es aceptable.

Tabla E: Resultados experimentales del analisis para la segunda repetición (30°C y levadura= 0.10 g/100ml) y de la variedad INIA 415 Pasankalla.

t (horas)	S (°Brix)	ds/dt	μ	1/S	1/μ
0	15.3	0.0833	0.0054	0.0654	183.60
12	14.3	0.0917	0.0064	0.0699	156.00
24	13.2	0.0500	0.0038	0.0758	264.00
48	12	0.0292	0.0024	0.0833	411.43
72	11.3				

a. t = Tiempo; S(°Brix) = Sólidos solubles; μ = Velocidad especifica de crecimiento; S = Concentración de sustrato limitante.



Fuente: Elaboración propia.

Figura E: Correlación lineal velocidad de crecimiento vs concentración de sustrato para la segunda repetición (30°C y levadura=0.10 g/100ml) de la variedad INIA 415 Pasankalla.

Del gráfico se obtuvo:

Pendiente=13795

Intercepto=761.48

De donde se obtuvieron las constantes cinéticas.

$$\mu_{max} = \frac{1}{intercepto} \quad , \quad K_S = Pendiente * \mu_{max}$$

$$\mu_{max} = 0.001 \text{ h}^{-1} \quad K_S = 18.116 \text{ g/L}$$

$$\mu = \frac{\mu_{max} S}{K_S + S} \quad ; \quad \mu = \frac{0.001 S}{18.116 + S}$$

Hallando la forma lineal de la ecuación del modelo de Monod separamos las variables μ y S

$$\mu(18.116 + S) = 0.001 * S$$

Obteniendo el recíproco $\frac{1}{\mu(18.116 + S)} = \frac{1}{0.001 * S}$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{18.116 + S}{0.001 * S}$$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{18.116}{0.001 * S} + \frac{S}{0.001 * S}$$

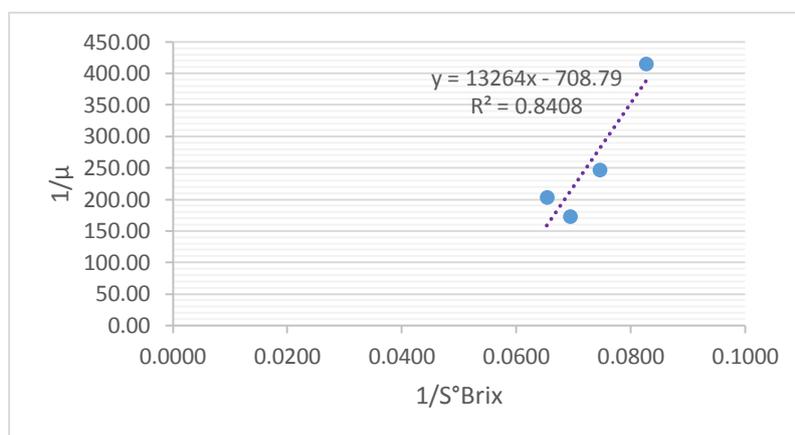
$$\frac{1}{\mu} = \frac{18.116}{0.001} * \frac{1}{S} + \frac{1}{0.001}$$

De la Figura E: Para la segunda repetición de la INIA 415 Pasankalla a 15.3°Brix, 30°C se observó que durante la fermentación la velocidad de crecimiento va aumentando conforme disminuye la concentración de sustrato ya que es ajustado a la linealización del modelo de Monod, obteniéndose una correlación de 87.21%; donde la velocidad máxima de crecimiento es de $\mu_{max}=0.001 \text{ h}^{-1}$ y la constante de reacción es $K_S=18.116 \text{ g/L}$; esto nos muestra que para una concentración inicial de sustrato, la velocidad es aceptable.

Tabla F: Resultados experimentales del analisis para la tercera repetición (30°C y levadura= 0.10 g/100ml) de la variedad Pasankalla.

t (horas)	S (°Brix)	ds/dt	μ	1/S	1/μ
0	15.3	0.0750	0.0049	0.0654	204.00
12	14.4	0.0833	0.0058	0.0694	172.80
24	13.4	0.0542	0.0040	0.0746	247.38
48	12.1	0.0292	0.0024	0.0826	414.86
72	11.4				

a. t = Tiempo; S(°Brix) = Sólidos solubles; μ = Velocidad especifica de crecimiento; S = Concentración de sustrato limitante.



Fuente: Elaboración propia.

Figura F: Correlación lineal velocidad de crecimiento vs concentración de sustrato para la tercera repetición (30°C y levadura=0.10 g/100ml) de la variedad INIA 415 Pasankalla.

Del gráfico se obtuvo:

Pendiente=13264

Intercepto=708.79

De donde se obtuvieron las constantes cinéticas.

$$\mu_{max} = \frac{1}{intercepto} \quad , \quad K_S = Pendiente * \mu_{max}$$

$$\mu_{max} = 0.001 h^{-1} \quad K_S = 18.713 g/L$$

$$\mu = \frac{\mu_{max} S}{K_S+S} \quad ; \quad \mu = \frac{0.001 S}{18.713+S}$$

Hallando la forma lineal de la ecuación del modelo de Monod separamos las variables μ y S

$$\mu(18.713 + S) = 0.001 * S$$

Obteniendo el recíproco $\frac{1}{\mu(18.713+S)} = \frac{1}{0.001*S}$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{18.713 + S}{0.001 * S}$$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{18.713}{0.001 * S} + \frac{S}{0.001 * S}$$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{18.713}{0.001} * \frac{1}{S} + \frac{1}{0.001}$$

De la Figura F : Para la segunda repetición de la INIA 415 Pasankalla a 15.3°Brix, 30°C se observó que durante la fermentación la velocidad de crecimiento va aumentando conforme disminuye la concentración de sustrato ya que es ajustado a la linealización del modelo de Monod, obteniéndose una correlación de 84.08%; donde la velocidad máxima de crecimiento es de $\mu_{max}=0.001 h^{-1}$ y la constante de reacción es $KS=18.713 g/L$; esto nos muestra que para una concentración inicial de sustrato, la velocidad es aceptable.

ANEXO 11: CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LOTE DE SEMILLAS – VARIEDAD INIA 415 PASANKALLA



LABORATORIO OFICIAL DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE SEMILLAS
Av. La Molina N° 1981, Lima 12 - Perú. Telefax: (511) 240-2100 Anexo: 340 http://www.inia.gob.pe

CERTIFICADO OFICIAL DE ANÁLISIS DE LOTE DE SEMILLAS
N° 0091 -2017-MINAGRI-INIA-DGIA-SDRIA-ARES

Información Declarada por el Solicitante		
Nombre:	EEA Illpa - INIA Puno	
Dirección:	Rinconada Salcedo s/n. Dist. Puno. Prov. Puno. Dpto. Puno	
RUC:	20448637663	
Información del Lote		
Especie:	Cultivar:	Clase / Categoría:
<i>Chenopodium quinoa</i>	INIA 415 Pasankalla	Certificada
N° Envases:	Peso del Lote (kg):	Código del Lote:
74	3,692.00	ILL1-011-18-01

Datos del Muestreo	
Muestreador:	Fecha del muestreo:
Ing. Jose Limache Jarecca	11/03/2017

Resultados de los Análisis	N° de Solicitud de Análisis: N° 00138-2017
-----------------------------------	---

Peso recibido (gramos): 183.56	Fecha de recepción de la muestra: 18/03/2017	Fecha de término del análisis: 21/03/2017
-----------------------------------	---	--

ANÁLISIS DE PUREZA			PRUEBA DE GERMINACION					CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	
% en peso			Número de días	% en número					
Semilla pura	Materia inerte	Otras semillas		Plántulas normales	Semillas duras	Semillas frescas	Plántulas anormales	Semillas muertas	
99.9%	0.1%	0.0%	3	92%	0%	0%	6%	2%	10.4%

Clase de materia inerte:
Trozos de semillas, restos de tegumentos

Otras semillas:
-

Otras Determinaciones:
Presencia de semilla de otros cultivares: 00 semilla / 1000 semillas

Observaciones:
a. Este Certificado corresponde al formato N° 1669
b. El lote esta compuesto por 73 sacos de 50 kg y 01 saco de 42 kg.

Lugar y Fecha: La Molina, 22 de marzo de 2017	<p>INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA Dirección de Gestión de la Innovación Agraria Sub dirección de Regulación de la Innovación Agraria Área de Regulación de Semillas</p> <p>ING. SUSANA L. CHUMBIAUCA MATEO Responsable Laboratorio Oficial de Análisis de Semillas</p> <p>Firma y Sello</p>
--	---

Av. La Molina 1981, La Molina
T: (051) 240-2100
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

Trabajando para todos los peruanos

ANEXO 12: CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LOTE DE SEMILLAS – VARIEDAD BLANCA DE JULI



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO OFICIAL DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE SEMILLAS
Av. La Molina Nº 1981, Lima 12 - Perú. Telfax: (511) 240-2100 Anexo: 340 <http://www.inia.gob.pe>

CERTIFICADO OFICIAL DE ANÁLISIS DE LOTE DE SEMILLAS
N° 0120 -2017-INIA-DGIA-SDRIA-ARES

Información Declarada por el Solicitante		
Nombre:	EEA ILLPA - INIA Puno	
Dirección:	Rinconada Salcedo s/n. Dist. Puno, Prov. Puno - Dpto. Puno.	
RUC:	20448637663	
Información del Lote		
Especie:	Cultivar:	Clase / Categoría:
<i>Chenopodium quinoa</i>	Blanca de Juli	Autorizada
N° Envases: 24	Peso del Lote (k): 1,176.0	Código del Lote: ILL1-026-15-01

Datos del Muestreo	
Muestreador: Ing. José Limache Jarecca	Fecha del muestreo: 20/03/2017

Resultados de los Análisis N° de Solicitud de Análisis: N° 0207-2017

Peso recibido (gramos): 175.00 Fecha de recepción de la muestra: 28/03/2017 Fecha de término del análisis: 02/04/2017

ANÁLISIS DE PUREZA			PRUEBA DE GERMINACION						CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
% en peso			Número de días	% en número					
Semilla pura	Materia inerte	Otras semillas		Plántulas normales	Semillas duras	Semillas frescas	Plántulas anormales	Semillas muertas	
99.6%	0.4%	0.0%	3	93%	0%	0%	6%	1%	10.2%

Clase de materia inerte: Trozos de semillas, palos, restos vegetales.
Otras semillas: ...
Otras Determinaciones: Presencia de semilla de otros cultivares: 1 semilla / 1000 semillas

Observaciones:
a. Siembra sobre papel y puesta de ensayo al ciclo 20<=>30°C.
b. Este Certificado corresponde al formato N° 0141

Lugar y Fecha: La Molina, 4 de abril 2017	<p>INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA Dirección de Control de la Innovación Agraria Subdirección de Regulación de la Innovación Agraria Laboratorio de Regulación en Semillas</p> <p><i>[Firma]</i> INCESUSANA L. ZUMBIAUCA MATEO Responsable Laboratorio Oficial de Análisis de Semillas Firma y Sello</p>
--	---

Av. La Molina 1981, La Molina
T: (051) 240-2100
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



ANEXO 13: PANEL FOTOGRÁFICO

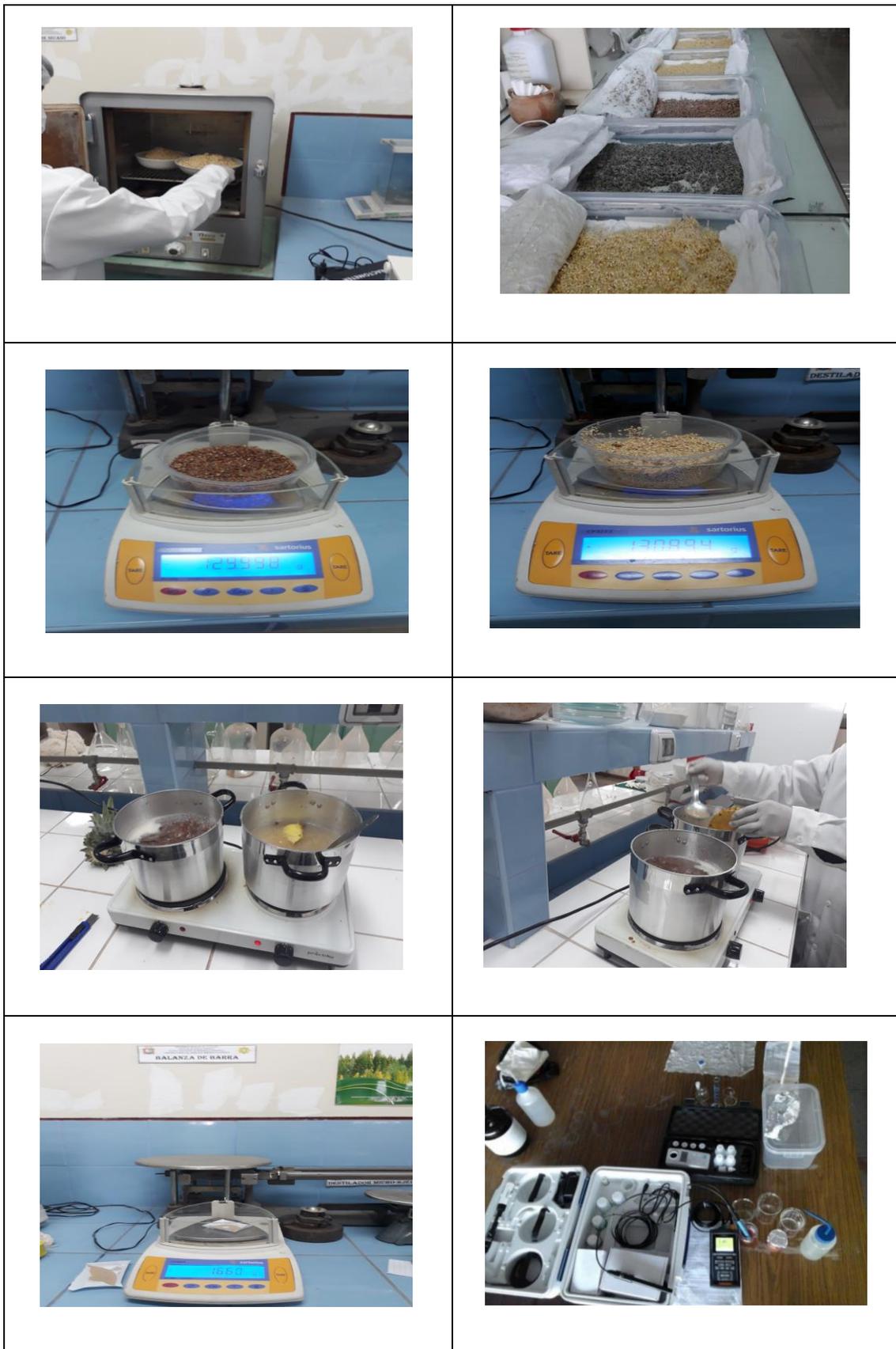
1. GERMINACIÓN DE LA QUINUA



2. GERMINACIÓN DE LA QUINUA



3. ELABORACIÓN DE LA CHICHA DE QUINUA



4. FERMENTACIÓN DE LA CHICHA DE QUINUA

