



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

### CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

#### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Título:**

---

**“ESTUDIO REOLÓGICO DE LAS CHICHAS DE YUCA (*Manihot esculenta crantz*) Y CHONTA (*Bactris gasipaes*) CON PREPARADOS ENZIMÁTICOS.”**

---

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

**Autores:**

Guanoluisa Ataballo Tania Mireya  
Lanchimba Aigaje Luis Alfredo

**Tutor:**

Trávez Castellano Ana Maricela Ing. Mg.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Agosto 2021**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Tania Mireya Guanoluisa Ataballo, con cédula de ciudadanía No. 0503995904; y, Luis Alfredo Lanchimba Aigaje, con cédula de ciudadanía No. 1725966939; declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Estudio reológico de las chichas de yuca (*manihot esculenta crantz*) y chonta (*bactris gasipaes*) con preparados enzimáticos”, siendo la Ingeniera Mg. Ana Maricela Trávez Castellano, Tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 18 de agosto del 2021

Tania Mireya Guanoluisa Ataballo  
Estudiante  
CC: 0503995904

Luis Alfredo Lanchimba Aigaje  
Estudiante  
CC: 1725966939

Ing. Mg. Ana Maricela Trávez Castellano  
Docente Tutora  
CC: 0502270937

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **GUANOLUISA ATABALLO TANIA MIREYA**, identificada con cédula de ciudadanía **0503995904** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector Encargado, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Estudio reológico de las chichas de yuca (*manihot esculenta crantz*) y chonta (*bactris gasipaes*) con preparados enzimáticos”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Abril 2016 - Agosto 2016

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2021

Aprobación en Consejo Directivo. - 20 de mayo del 2021

Tutor: Ing. Mg. Ana Maricela Trávez Castellano

Tema: “Estudio reológico de las chichas de yuca (*manihot esculenta crantz*) y chonta (*bactris gasipaes*) con preparados enzimáticos”

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 18 días del mes de agosto del 2021.

Tania Mireya Guanoluisa Ataballo  
**LA CEDENTE**

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez  
**LA CESIONARIA**

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **LANCHIMBA AIGAJE LUIS ALFREDO**, identificado con cédula de ciudadanía 1725966939 de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector Encargado y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Estudio reológico de las chichas de yuca (*manihot esculenta crantz*) y chonta (*bactris gasipaes*) con preparados enzimáticos”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Abril 2016 - Agosto 2016

Finalización de la carrera: Abril - Agosto 2021

Aprobación en Consejo Directivo: 20 de mayo del 2021

Tutor: Ing. Mg. Ana Maricela Trávez Castellano

Tema: “Estudio reológico de las chichas de yuca (*manihot esculenta crantz*) y chonta (*bactris gasipaes*) con preparados enzimáticos”

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

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

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

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 18 días del mes de agosto del 2021.

Luis Alfredo Lanchimba Aigaje  
**EL CEDENTE**

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez  
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de la Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

**“ESTUDIO REOLÓGICO DE LAS CHICHAS DE YUCA (*Manihot esculenta crantz*) Y CHONTA (*Bactris gasipaes*) CON PREPARADOS ENZIMÁTICOS”**, de Guanoluisa Ataballo Tania Mireya y Lanchimba Aigaje Luis Alfredo, de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 18 de agosto del 2021

Ing. Mg. Ana Maricela Trávez Castellano

**DOCENTE TUTORA**

CC: 0502270937

## **AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Guanoluisa Ataballo Tania Mireya y Luis Alfredo Lanchimba Aigaje, con el título del Proyecto de Investigación: “ESTUDIO REOLÓGICO DE LAS CHICHAS DE YUCA (*Manihot esculenta crantz*) Y CHONTA (*Bactris gasipaes*) CON PREPARADOS ENZIMÁTICOS”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 18 de agosto del 2021

Lector 1 (Presidente)  
Dra. Mg. Patricia Andrade Aulestia  
CC: 0502237555

Lector 2  
Ing. Mg. Zoila Zambrano Ochoa  
CC: 0501773931

Lector 3  
Ing. Mg. Gabriela Arias Palma  
CC: 1714592746



## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecemos a Dios por habernos permitido culminar una meta más llena de fuerza y valor en cada paso que hemos dado y sea posible este sueño que al fin se concreta.

A nuestros padres que, gracias a su apoyo incondicional nos guiaron día tras día por el camino del bien.

Un especial agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, autoridades, docentes y a la Ing. Maricela Trávez tutora del presente proyecto de titulación, quien nos apoyó y orientó incondicionalmente durante el desarrollo y culminación de este trabajo.

A nuestros lectores de tesis quienes estuvieron prestos para las revisiones y mejoras del trabajo.

*Tania Mireya Guanoluisa Ataballo*

*℄*

*Luis Alfredo Lanchimba Aigaje*

## **DEDICATORIA**

Este logro va especialmente dedicado a mis padres Gonzalo Guanoluisa y María Elena Ataballo, quienes me han dado la fuerza e inspiración para seguir adelante, brindándome su apoyo y confianza en día tras día.

A mis hermanas/os Elena, Gaby, Geovanny y Jair quienes me brindaron palabras de aliento para seguir adelante ante los obstáculos.

Como no dedicar este trabajo a mi amigo compañero y enamorado Santiago Jaya, quien me apoyo de manera incondicional para lograr cumplir con mi meta establecida.

El presente proyecto de titulación está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida.

A todas las personas, amigas que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

*Tania Mireya Guanoluisa Ataballo*

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mi madre Regina Aigaje, quien puso confianza en mí, a pesar que en momentos llegué hacer pensar que defraudé, sin embargo, dio lo mejor de ella en todas mis necesidades y ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en todo momento de mi preparatoria.

A mi hermano Javier Lanchimba quien me ayudo de manera incondicional con todo lo necesario a cumplir mi meta.

A mis hermanos Fabián Aigaje, José Lanchimba y hermana Blanca Lanchimba quienes me han apoyado con sus consejos a salir adelante a pesar de las adversidades con pie firme, gracias por estar conmigo en todo momento.

A las personitas que forman parte de mi vida EI y Zaid Lanchimba quienes me han dado la fuerza e inspiración a seguir adelante.

A mi Padre Lorenzo Lanchimba que en paz descanse quien tenía sus sueños de un día verme formar como un profesional.

A mis familiares; Tíos/as, cuñada, primos/as sobrinos/as quienes han estado siempre en los momentos importantes de mi vida, por ser el ejemplo de lucha y superación y compartir conmigo buenos y malos momentos.

Esta tesis es el resultado de lo que me han enseñado ustedes en la vida, gracias por confiar en mí y darme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida, los quiero mucho.

*Luis Alfredo Lanchimba Aigaje*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO:** Estudio reológico de las chichas de yuca (*Manihot esculenta crantz*) y chonta (*Bactris gasipaes*) con preparados enzimáticos.

**AUTORES:** Guanoluisa Ataballo Tania Mireya  
Lanchimba Aigaje Luis Alfredo

**RESUMEN**

El presente trabajo de investigación determino el estudio reológico de las chichas de yuca (*Manihot Esculenta Crantz*) y chonta (*Bactris Gasipaes*) con preparados enzimático. Donde se determinó las bebidas con preparados enzimáticos como los mejores tratamientos tomando en cuentas los parámetros físico químicos (°Brix, pH, acidez y grados alcohólicos), datos que fueron determinados en un lapso de 0 a 72 horas durante la fermentación, con el fin de validar resultados en el proceso de elaboración y fermentación de bebidas ancestrales, dando como resultado para la chicha quemada °Bx 18; pH 3,50; acidez 0,68 °D y finalmente con un contenido de grados alcohólicos 5,2 % vol. Chicha blanca °Bx 13; pH 5,25; acidez 0,68 °D y finalmente con un contenido de grados alcohólicos de 4,1 % vol. Chicha wiwis °Bx 12,2; pH 4,5; acidez 0,59 °D y finalmente con un contenido de grados alcohólicos de 2,9 % vol. Chicha de chonta °Bx 8; pH 4,25; acidez de 0,44 °D y finalmente con un contenido de grados alcohólicos de 4,9 % vol. Para el estudio reológico de las bebidas fermentadas se utilizó el reómetro rotatorio de Anton Paar, del laboratorio (La Conal, Setlab) mediante la geometría CC27 tipo cono concéntrico y geometría PP25 tipo plato paralelo, se identificó la metodología adecuada para el análisis reológico de las bebidas. Donde se realizaron los cálculos para la gráfica del coeficiente de regresión lineal para el índice reológico ( $n$ ), y la viscosidad aparente  $\mu_a$  (Pa.s) se realizó con la ecuación (*ver ecu. 3*). La evaluación de cada tratamiento se realizó a una temperatura de 17,9 °C con una humedad relativa de 59,6% HR, donde sobresalieron las chichas de yuca y chonta que contenían preparados enzimáticos, arrojando los siguientes resultados, la chicha quemada con una densidad de  $\rho=1,0319$  g/cm<sup>3</sup>, viscosidad aparente  $\mu=0,18$  cP, índice de consistencia  $k=0,0138$  Pa.s, comportamiento de flujo  $n=0,0004$  adi, esfuerzo de corte  $\tau=0,0138$  Pa y velocidad de deformación  $\dot{\gamma}=77$  (1/s). Seguida por la chicha blanca con una densidad  $\rho=1,0124$ g/cm<sup>3</sup>, viscosidad aparente  $\mu=1,13$  cP, índice de consistencia  $k=0,1072$  Pa.s, comportamiento de flujo  $n=0,0305$  adi, esfuerzo de corte  $\tau=0,1203$  Pa y velocidad de deformación  $\dot{\gamma}=50$  (1/s). Posteriormente para la chicha wiwis presenta una densidad  $\rho=1,0280$  g/cm<sup>3</sup>, viscosidad aparente  $\mu=2,92$  cP, índice de consistencia  $k=0,2203$  Pa.s, comportamiento de flujo  $n=0,0021$  adi, esfuerzo de corte  $\tau=0,2223$  Pa y velocidad de deformación  $\dot{\gamma}=76$  (1/s). Finalmente la chicha de chonta presenta una densidad de  $\rho=1,0207$  g/cm<sup>3</sup>, viscosidad aparente  $\mu=1,13$  cP, índice de consistencia  $k=0,0122$  Pa.s, comportamiento de flujo  $n=0,0020$  adi, esfuerzo de corte  $\tau=0,0123$  Pa, y velocidad de deformación  $\dot{\gamma}=50$  (1/s). Es por ello, que las bebidas fermentadas de yuca y chonta presentaron el índice reológico propio de un fluido no newtoniano con características pseudoplásticas  $n>0$ , por tal razón que la presencia de enzimas en las chichas se vio influenciadas de manera positiva en su elaboración, mejorando la calidad y características sensoriales de las bebidas; en sí, aumentado el contenido de sólidos solubles para el mejor proceso de fermentación.

**Palabras claves:** Reológicos, chicha, enzimas, bebidas, ancestral, yuca, chonta, estudio, análisis fisicoquímico, densidad, viscosidad, índice de consistencia, comportamiento de flujo.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

**Theme:** “Rheological Study of Cassava Chichas (*Manihot Esculenta Crantz*) and Chonta (*Bactris Gasipaes*) with Enzymatic Preparations.”

**AUTHORS:** Guanoluisa Ataballo Tania Mireya  
Lanchimba Aigaje Luis Alfredo

### ABSTRACT

This research determined the rheological study of cassava chichas (*Manihot Esculenta Crantz*) and chonta (*Bactris Gasipaes*) with enzymatic preparations. Where the drinks with enzymatic preparations were determined as the best treatments taking into account the physical-chemical parameters (°Brix, pH, acidity, and alcoholic degrees), data that were determined in a period of 0 to 72 hours during fermentation, in order to validate results in the process of elaboration and fermentation of ancestral beverages, resulting in burnt chicha ° Bx 18; pH 3.50; acidity 0.68 ° D and finally with the content of alcoholic degrees 5.2% vol. Chicha Blanca ° Bx 13; pH 5.25; acidity 0.68 ° D and finally with an alcohol content of 4.1% vol. Chicha Wiwis ° Bx 12.2; pH 4.5; acidity 0.59 ° D and finally with an alcohol content of 2.9% vol. Chicha de Chonta ° Bx 8; pH 4.25; the acidity of 0.44 ° D and finally with an alcohol content of 4.9% vol. For the rheological study of the fermented beverages, the rotary rheometer of Anton Paar from the laboratory (La Conal, Setlab) was used through the concentric cone type CC27 geometry and parallel plate type PP25 geometry, the appropriate methodology was identified for the rheological analysis of the drinks, in which the density ( $\rho$ ), apparent viscosity ( $\mu$ ), consistency index ( $k$ ), behavior index ( $n$ ), deformation stress ( $\tau$ ) and deformation speed ( $\gamma$ ) were determined. Where the calculations were made for the graph of the linear regression coefficient for the rheological index ( $n$ ), and the apparent viscosity  $\mu_a$  (Pa.s) was made with the equation (see equ. 3). The evaluation of each treatment was carried out at a temperature of 17.9 ° C with a relative humidity of 59.6% RH, where the chichas of yucca and chonta that contained enzymatic preparations stood out, yielding the following results: chicha burned with a density of  $\rho = 1.0319 \text{ g/cm}^3$ , apparent viscosity  $\mu = 0.18 \text{ cP}$ , consistency index  $k = 0.0138 \text{ Pa.s}$ , flow behavior  $n = 0.0004 \text{ adi}$ , shear stress  $\tau = 0.0138 \text{ Pa}$  and strain rate  $\gamma = 77 \text{ (1 / s)}$ . Followed by white chicha with a density  $\rho = 1.0124 \text{ g/cm}^3$ , apparent viscosity  $\mu = 1.13 \text{ cP}$ , consistency index  $k = 0.1072 \text{ Pa.s}$ , flow behavior  $n = 0.0305 \text{ adi}$ , shear stress  $\tau = 0.1203 \text{ Pa}$  and strain rate  $\gamma = 50 \text{ (1 / s)}$ . Subsequently for the chicha wiwis it presents a density  $\rho = 1.0280 \text{ g/cm}^3$ , apparent viscosity  $\mu = 2.92 \text{ cP}$ , consistency index  $k = 0.2203 \text{ Pa.s}$ , flow behavior  $n = 0.0021 \text{ adi}$ , stress of shear  $\tau = 0.2223 \text{ Pa}$  and strain rate  $\gamma = 76 \text{ (1 / s)}$ . Finally, chonta chicha has a density of  $\rho = 1.0207 \text{ g/cm}^3$ , apparent viscosity  $\mu = 1.13 \text{ cP}$ , consistency index  $k = 0.0122 \text{ Pa.s}$ , flow behavior  $n = 0.0020 \text{ adi}$ , stress shear  $\tau = 0.0123 \text{ Pa}$ , and strain rate  $\gamma = 50 \text{ (1 / s)}$ . That is why fermented yucca and chonta drinks presented the rheological index of a non-Newtonian fluid with pseudoplastic characteristics  $n > 0$ ; for this reason, that the presence of enzymes in chichas was positively influenced in their elaboration, improving the quality and sensory characteristics of beverages; itself, increased the soluble solids content for the best fermentation process.

**Keywords:** Rheological, chicha, enzymes, beverages, ancestral, yucca, chonta, study, physicochemical analysis, density, viscosity, consistency index, flow behavior.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	II
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	III
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	VII
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	VIII
AGRADECIMIENTO .....	IX
DEDICATORIA .....	X
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIX
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	XX
ÍNDICE DE REOGRAMAS.....	XX
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	XXI
1 INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
3.1 Beneficiarios Directos .....	3
3.2 Beneficiarios Indirectos .....	3
4 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
5 OBJETIVOS.....	4
5.1 Objetivo general.....	4
5.2 Objetivos específicos.....	4
6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREA DE LOS OBJETIVOS.....	5
7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICO .....	6
7.1 Antecedentes .....	6

7.2	Fundamentación teórica .....	8
7.2.1	Determinación de las propiedades reológicas .....	8
7.2.1.1	Esfuerzo de corte ( $\tau$ ).....	8
7.2.1.2	Velocidad de deformación ( $\dot{\gamma}$ ).....	9
7.2.1.3	Viscosidad .....	9
7.2.1.3.1	Viscosidad dinámica.....	9
7.2.1.3.2	Viscosidad aparente .....	10
7.2.1.3.3	Viscosidad cinemática. ....	10
7.2.1.4	Clasificación de los fluidos según su comportamiento reológico .....	11
7.2.1.4.1	Fluidos newtonianos .....	11
7.2.1.4.2	Fluidos no newtonianos .....	12
7.2.1.5	Parámetros reológicos en fluidos no newtonianos.....	13
7.2.1.5.1	Punto de cedencia ( $\tau_y$ ).....	13
7.2.1.5.2	Índice de comportamiento (n).....	13
7.2.1.5.3	Índice de consistencia (k).....	13
7.2.1.6	Modelos de ajuste para comportamientos reológicos de alimentos .....	14
7.2.1.6.1	Ley de potencia .....	14
7.2.1.6.2	Modelo de Herschel–Bulkley .....	14
7.2.1.6.3	Modelo de casson .....	15
7.2.1.7	Variables que influyen en la viscosidad.....	15
7.2.1.7.1	Variación de la viscosidad con la concentración .....	15
7.2.1.7.2	Variación de la viscosidad con la temperatura.....	16
7.2.1.7.3	Variación de la viscosidad con la presión.....	16
7.2.1.7.4	Viscosímetros rotacionales.....	16
7.2.1.7.5	Viscosímetros de cilindros concéntricos. ....	17
7.2.1.7.6	Viscosímetros de placas paralelas.....	18
7.2.2	Bebidas ancestrales fermentadas .....	19
7.2.2.1	La chicha .....	19
7.2.2.2	Variedades de chicha.....	20
7.2.2.2.1	Chicha de yuca (Manihot Esculenta Crantz) .....	21
7.2.2.2.2	Chicha de chonta (Bactris Gasipaes).....	21
7.2.2.3	Procedimiento de elaboración de la chicha .....	21
7.2.2.4	Características organolépticas .....	23

7.2.3	Enzimas.....	23
7.2.3.1	Generalidades de enzimas.....	23
7.2.3.2	Preparados enzimáticos tecnológicos .....	24
7.2.3.3	Los preparados de enzimas inmovilizadas pueden ser de tres tipos:.....	24
7.2.3.4	Enzimas y su uso en la industria alimentaria .....	25
7.2.3.5	Enzimas que se usan en la industria de alimentos .....	25
7.2.3.6	Hidrólisis enzimática.....	27
8	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS .....	27
9	METODOLOGÍA .....	28
9.1	Tipos de investigación .....	28
9.1.1	Investigación descriptiva .....	28
9.1.2	Investigación cuantitativa.....	28
9.1.3	Investigación histórica.....	29
9.2	Métodos de investigación.....	29
9.2.1	Método descriptivo .....	29
9.2.2	Método exploratorio.....	29
9.3	Técnicas de investigación .....	29
9.3.1	La observación.....	29
9.4	Metodología (recopilación de metodologías de las tesis previas para la elaboración de las chichas).....	29
9.4.1	Materiales para la elaboración del masato de yuca (chicha blanca, quemada, wiwis) y chonta. ....	30
9.4.2	Metodología de la elaboración para la obtención del masato de yuca blanca.....	31
9.4.3	Metodología de elaboración para la obtención del masato de yuca quemada .....	32
9.4.4	Metodología de elaboración para la obtención del masato de yuca wiwis.....	32
9.4.5	Metodología de elaboración para la obtención de masato de chonta .....	33
9.5	Metodología para determinar la concentración de las enzimas.....	33
9.5.1	Enzima sólida .....	34
9.5.2	Enzimas líquidas.....	35
9.6	Metodología para el hidrolisis enzimático con los masatos de yuca (blanca, quemada, wiwis) y chonta. ....	35
9.7	Análisis reológico.....	36



9.8	Procedimiento para los análisis reológicos.....	36
9.8.1	Equipos utilizados.....	37
9.8.2	Reómetro y software.....	37
10	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	38
10.1	Resultados de los análisis fisicoquímicos de las bebidas ancestrales.....	38
10.1.1	Análisis °Brix durante el proceso de fermentación.....	38
10.1.2	Análisis pH durante el proceso de fermentación.....	39
10.1.3	Análisis acidez durante el proceso de fermentación.....	40
10.1.4	Análisis grados alcohólicos durante el proceso de fermentación.....	41
10.2	Resultados de análisis reológicos.....	42
10.2.1	Resultado chicha quemada sin preparados enzimáticos.....	43
10.2.2	Resultado chicha quemada con preparados enzimáticos.....	45
10.2.3	Resultado chicha blanca sin preparados enzimáticos.....	47
10.2.4	Resultado chicha blanca con preparados enzimáticos.....	48
10.2.5	Resultado chicha wiwis sin preparados enzimáticos.....	50
10.2.6	Resultado chicha wiwis con preparados enzimáticos.....	52
10.2.7	Resultado chicha de chonta sin preparados enzimáticos.....	54
10.2.8	Resultado chicha de chonta con preparados enzimáticos.....	55
10.2.9	Análisis y discusión del comportamiento reológico de las chichas de y chonta con preparados enzimáticos vs las chichas sin preparados enzimáticos.....	57
10.2.10	Discusión de densidad ( $\rho$ ).....	58
10.2.11	Discusión de viscosidad ( $\mu$ ).....	59
10.2.12	Discusión de índice de consistencia (k) y comportamiento de flujo (n).....	60
10.2.13	Discusión de esfuerzo de corte ( $\tau$ ) y velocidad de deformación ( $\dot{\gamma}$ ).....	61
11	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	62
11.1	Impactos técnicos.....	62
11.2	Impactos sociales.....	62
11.3	Impactos ambientales.....	62
11.4	Impactos económicos.....	62
12	PRESUPUESTO.....	63
13	CONCLUSIONES.....	65

14	RECOMENDACIONES.....	66
15	BIBLIOGRAFÍA .....	67
16	ANEXOS.....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas de los objetivos .....	5
Tabla 2. Enzimas que se usan en la industria de alimentos .....	25
Tabla 3. Cálculo de amiloglucosidasa. para 100 gramos .....	34
Tabla 4. Cálculo de $\alpha$ – amilasa para 100 gramos .....	35
Tabla 5. Resultados de parámetros fisicoquímicos .....	38
Tabla 6. Datos físico-químicos de °brix.....	38
Tabla 7. Datos físico-químicos de pH .....	39
Tabla 8. Datos físico-químicos de acidez titulable .....	40
Tabla 9. Datos físico-químicos de contenido de grados alcohólicos.....	41
Tabla 10. Datos experimentales obtenidos para la chicha quemada sin preparados enzimáticos.....	43
Tabla 11. Datos experimentales obtenidos para la chicha quemada con preparados enzimáticos.....	45
Tabla 12. Datos experimentales obtenidos para la chicha blanca sin preparados enzimáticos.....	47
Tabla 13. Datos experimentales obtenidos para la chicha blanca con preparados enzimáticos.....	48
Tabla 14. Datos experimentales obtenidos para la chicha wiwis sin preparados enzimáticos.....	50
Tabla 15. Datos experimentales obtenidos para la chicha wiwis con preparados enzimáticos.....	52
Tabla 16. Datos experimentales obtenidos para la chicha de chonta sin preparados enzimáticos.....	54
Tabla 17. Datos experimentales obtenidos para la chicha de chonta con preparados enzimáticos.....	55
Tabla 18. Resultados obtenidos para la comparación de las chichas con enzimas vs. chichas sin enzimas.....	57
Tabla 19. Resultados de la densidad de las chichas .....	58
Tabla 20. Resultados de viscosidad de las chichas. ....	59
Tabla 21. Resultados de índice de consistencia (k) y comportamiento de flujo (n). ....	60
Tabla 22. Comparación de chichas con respecto a $\tau$ vs $\gamma$ .....	61
Tabla 23. Presupuesto para la elaboración del proyecto. ....	63

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Curva de fluidez para representar la viscosidad dinámica y aparente.....	10
Imagen 2: Curvas de viscosidad para un fluido newtoniano a) ( $t$ vs $-y$ )( $u$ vs $-y$ ). .....	12
Imagen 3: Diferentes tipos de fluidos.....	13
Imagen 4: Flujo de couette en un viscosímetro de cilindros concéntricos. ....	17
Imagen 5: Representación de un viscosímetro de placas paralelas.....	18
Imagen 6: Viscosidad en función de la rapidez de deformación. ....	44
Imagen 7: Viscosidad en función de la rapidez de deformación. ....	46
Imagen 8: Viscosidad compleja en función a la frecuencia angular. ....	48
Imagen 9: Viscosidad compleja en función a la frecuencia angular. ....	49
Imagen 10: Viscosidad en función de la rapidez de deformación. ....	51
Imagen 11: Viscosidad en función de la rapidez de deformación. ....	53
Imagen 12: Viscosidad compleja en función a la frecuencia angular. ....	55
Imagen 13: Viscosidad compleja en función a la frecuencia angular. ....	57

## ÍNDICE DE REOGRAMAS

Reograma 1. Índice de comportamiento reológico $n$ chicha quemada sin enzimas .....	44
Reograma 2. Índice de comportamiento reológico $n$ chicha quemada con enzimas .....	46
Reograma 3. Índice de comportamiento reológico $n$ chicha blanca sin enzimas.....	47
Reograma 4. Índice de comportamiento reológico $n$ chicha blanca con enzimas.....	49
Reograma 5. Índice de comportamiento reológico $n$ chicha wiwis sin enzimas.....	51
Reograma 6. Índice de comportamiento reológico $n$ chicha wiwis con enzimas .....	53
Reograma 7. Índice de comportamiento reológico $n$ chicha de chonta sin enzimas .....	54
Reograma 8. Índice de comportamiento reológico $n$ chicha de chonta con enzimas .....	56

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Comparación de ° Bx chichas sin enzimas vs chichas con enzimas .....	39
Gráfica 2. Comparación pH chichas sin enzimas vs chichas con enzimas .....	40
Gráfica 3. Comparación acidez titulable de las chichas sin enzimas vs chichas con enzimas .....	41
Gráfica 4. Comparación Alc. % vol.....	42

## **1 INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

“Estudio reológico de las chichas de yuca (*manihot esculenta crantz*) y chonta (*bactris gasipaes*) con preparados enzimáticos”

### **Lugar de ejecución**

**Barrio:** Salache

**Parroquia:** Eloy Alfaro,

**Cantón:** Latacunga,

**Provincia:** Cotopaxi,

**Zona:** 3

Laboratorios de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi.  
(anexo 1)

**Institución:** Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera de Agroindustrias.

### **Proyecto vigente de investigación**

Tecnología para la producción de bebidas ancestrales con fines comerciales utilizando preparados enzimáticos TERMAMYL, 120L y AMYLSE AG 300L, kéfir y levadura.

### **Equipo de trabajo:**

Tutora de investigación: Ing. Ana Maricela Trávez Castellano Mg. (Anexo 2)

Estudiantes:

Guanoluisa Ataballo Tania Mireya (Anexo 3)

Lanchimba Aigaje Luis Alfredo (Anexo 4)

### **Áreas de conocimiento**

Área: Ingeniería, Industria y Construcción

Subárea: Industria y Producción

## **Líneas de investigación**

Desarrollo y seguridad alimentaria

Proceso industrial

Sub línea: Biotecnología agroindustrial y fermentativa

## **2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La investigación del presente proyecto se realizó con el fin de conocer el comportamiento reológicos de las bebidas ancestrales tradicionales, presentes en las costumbres de los pueblos, las chichas de yuca (*Manihot esculenta crantz*) y chonta (*Bactris gasipaes*) con preparados enzimáticos no poseen datos de caracterización del fluido, para lo cual se obtuvo los parámetros reológicos de cuatro mejores tratamientos, uno de los parámetros a medir dentro de la industria alimentaria es la viscosidad, la cual además de ser una variable de gran influencia en las mediciones de fluidos, se usa como punto de referencia en la formulación de nuevos productos, facilitando la consistencia final del producto, debido a que no existe información bibliográfica de reología en otras investigaciones.

Se realizó aportes que ayuden a determinar la caracterización del estudio de comportamiento reológico mediante la utilización de un reómetro de Anton Paar de última tecnología que determinó valores del comportamiento de fluido (n) que ayudan a ubicar la bebida como un fluido no newtoniano y se demostró que se trata de un fluido pseudoplástico de manera que sirva de base investigativa para posteriores análisis de otro tipo de bebidas fermentadas para poder ampliar estos conocimientos.

Los beneficiados serán los productores de yuca y chonta en las comunidades que proveen de la materia prima, de esta manera se busca potenciar el cultivo de yuca y chonta que no es explotado a nivel nacional, posteriormente industrializar en subproductos y conocer las características fisicoquímicas y reológicas, brindando un producto con valor agregado y la bebida ancestral sea una alternativa de consumo, con lo cual se lograría crear nuevas fuentes de ingreso para las comunidades.

La utilización de preparados enzimáticos representa una alternativa innovadora, para obtener bebidas ancestrales con características finales aceptables para el consumidor, con los puntos que se analizó; el índice de consistencia, la densidad y la viscosidad aparente de las chichas del mejor tratamiento para garantizar la calidad de las bebidas fermentadas.

### **3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

#### **3.1 Beneficiarios Directos**

Los beneficiarios directos serán los productores campesinos/agricultores productores de materias primas para el proceso de bebidas, la población local, regional, nacional directa o indirectamente quienes forman parte de la cadena productiva, la Universidad Técnica de Cotopaxi por el apoyo de la investigación. Las personas que conforman la asociación agua viva según el Censo del INEC (2011) se estima que existen un total de 551 hombres y 531 mujeres en la Parroquia Madre Tierra en la provincia de Pastaza Cantón Puyo.

#### **3.2 Beneficiarios Indirectos**

Los beneficiarios indirectos serán los consumidores y las Industrias alimentarias que pueden apoyarse en la investigación realizada para innovar la producción de nuevos productos o mejorar procesos ya definidos.

### **4 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Según la (FAO, 2006) en la revista enfoques “El mercado de almidón añade valor a la yuca” manifiesta que los mercados mundiales e internos, debe incrementar la eficacia, calidad y reducir los costos de producción de la yuca (*Manihot esculenta crantz*) para lograr un modelo eficaz de producción, los países latinoamericanos deben tener en cuenta el ejemplo de Tailandia el primer productor del mundo.

En la parroquia Madre Tierra del cantón Mera en la provincia de Pastaza no se está valorando las costumbres sobre el consumo de las bebidas ancestrales de yuca, es por ello que las chichas no tienen una gran importancia industrial ni comercial, como también los jóvenes están dejando de consumir estas bebidas fermentadas y solo se elaboran en ocasiones especiales, además la producción de yuca es utilizada a diario para la alimentación y los excedentes se comercializan fuera de la provincia.

Razón por el cual la investigación de este tema es rescatar, dar a conocer y ampliar conocimientos de la Provincia de Pastaza, mediante un estudio investigativo del comportamiento reológico (densidad, viscosidad aparente, índice de consistencia, comportamiento de fluido, esfuerzo de corte y velocidad de deformación) de las chichas de yuca (*Manihot Esculenta Crantz*) y chonta (*Bactris Gasipaes*) que se elaboran en la provincia, y no tienen procesos de estandarización de materias primas y tampoco un proceso inocuo que



hace susceptible a agentes microbianos que pueden provocar daño a la salud, tradicionalmente se realiza con la masticación del masato de yuca y chonta el cual le hace poco agradable al consumidor.

Otro de los motivos fundamentales de la investigación fue por falta de estudios en esta área de la reología, tampoco existe una normativa con parámetros de estudio reológico para las bebidas fermentadas que se pueda valorar y referenciar en las investigaciones o producción de las chichas de yuca y chonta, razón por el cual los emprendedores no pueden validar la calidad del producto basados en un estudio reológico, por falta de una guía o normativa que oriente al elaborar las chichas de yuca y chonta.

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

Realizar un estudio reológico de las chichas de yuca (*Manihot Esculenta Crantz*) y chonta (*Bactris Gasipaes*) con preparados enzimáticos.

### **5.2 Objetivos específicos**

Identificar la metodología adecuada en los análisis reológicos, de la densidad ( $\rho$ ) y viscosidad aparente ( $\mu$ ) para cada una de las chichas de yuca (*Manihot Esculenta Crantz*) y chonta (*Bactris Gasipaes*) fermentadas con preparados enzimáticos.

Determinar el índice de consistencia (k), índice de comportamiento de flujo (n), cuantificación del esfuerzo de deformación ( $\tau$ ) y velocidad de deformación ( $\gamma$ ) de las chichas.

Establecer los modelos matemáticos específicos del comportamiento del fluido de las bebidas ancestrales de yuca (*Manihot Esculenta Crantz*) y chonta (*Bactris Gasipaes*).

Analizar el comportamiento reológico que presentan en cada una de las chichas fermentadas con preparados enzimáticos respecto a la chicha sin enzimas.

## 6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREA DE LOS OBJETIVOS

**Tabla 1.** Actividades y sistema de tareas de los objetivos

Objetivos	Actividad (Tareas)	Resultados de la actividad	Medios de verificación
Identificar la metodología adecuada en los análisis reológicos, de la densidad ( $\rho$ ) y viscosidad aparente ( $\mu$ ) para cada una de las chichas de yuca ( <i>Manihot Esculenta Crantz</i> ) y chonta ( <i>Bactris Gasipaes</i> ) fermentadas con preparados enzimáticos.	Se identificó una metodología adecuada para los análisis reológicos, la densidad ( $\rho$ ) y viscosidad aparente ( $\mu$ ) en cada una de las chichas de yuca ( <i>Manihot Esculenta Crantz</i> ) y chonta ( <i>Bactris Gasipaes</i> ) fermentadas con preparados enzimáticos.	Se realizó análisis reológicos, de la densidad ( $\rho$ ) y viscosidad aparente ( $\mu$ ) con la metodología identificada para cada una de las chichas de yuca ( <i>Manihot Esculenta Crantz</i> ) y chonta ( <i>Bactris Gasipaes</i> ) fermentadas con preparados enzimáticos.	Tabla de resultados de la densidad ( $\rho$ ) y la viscosidad aparente ( $\mu$ ), anexos de los análisis reológicos de las chichas de yuca y chonta fermentadas con preparados enzimáticos.
Determinar el índice de consistencia ( $k$ ), índice de comportamiento de flujo ( $n$ ), cuantificación del esfuerzo de deformación ( $\tau$ ) y velocidad de deformación ( $\gamma$ ) de las chichas.	Se determinó por medio de un análisis en laboratorio: la cuantificación del esfuerzo de deformación ( $\tau$ ) y velocidad de deformación ( $\gamma$ ) de las chichas.	Se obtuvo resultados de índice de consistencia ( $k$ ) e índice de comportamiento de flujo ( $n$ ) por cuantificación del esfuerzo de deformación ( $\tau$ ) y velocidad de deformación ( $\gamma$ ) de las chichas.	Tabla de resultados del análisis realizado en el laboratorio sobre el índice de consistencia ( $k$ ) e índice de comportamiento de flujo ( $n$ ) por cuantificación del esfuerzo de deformación ( $\tau$ ) y velocidad de deformación ( $\gamma$ ) de las chichas.
Establecer los modelos matemáticos específicos del comportamiento del fluido de las bebidas ancestrales de yuca ( <i>Manihot Esculenta Crantz</i> ) y chonta ( <i>Bactris Gasipaes</i> ).	Se identificó un modelo matemático referencial y mediante la gráfica arrojada por el reómetro se determinó el comportamiento del fluido de las bebidas ancestrales de yuca y chonta.	Se determinó el tipo de fluido que presentan cada una de las bebidas ancestrales de yuca ( <i>Manihot Esculenta Crantz</i> ) y chonta ( <i>Bactris Gasipaes</i> ).	Tabla de resultado y graficas sobre comportamiento reológico del fluido que presentan las bebidas ancestrales de yuca ( <i>Manihot Esculenta Crantz</i> ) y chonta ( <i>Bactris Gasipaes</i> ).

<p>Analizar el comportamiento reológico que presentan en cada una de las chichas fermentadas con preparados enzimáticos respecto a la chicha sin enzimas.</p>	<p>Se analizó el comportamiento reológico que presentan cada una de las chichas, con los datos obtenidos del análisis con el reómetro para cada una de las chichas fermentadas con preparados enzimáticos respecto a la chicha sin enzimas.</p>	<p>Se determinó que las enzimas influyen de manera significativa positiva en las bebidas ancestrales, que se fijaron mediante el análisis de los resultados del estudio reológico.</p>	<p>Tabla de resultados, fuentes bibliográficas presentados en el análisis del comportamiento reológico que presentan en cada una de las chichas fermentadas con preparados enzimáticos respecto a la chicha sin enzimas.</p>
---	---	--	--

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

## 7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICO

### 7.1 Antecedentes

Según (Alvarado, 1996) en el libro “Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos”, manifestó que el esfuerzo de cizalla, permite que las moléculas cambien a cierta velocidad. La relación entre el esfuerzo de cizalla requerido para inducir una determinada velocidad de deformación lo caracteriza el comportamiento reológico de un fluido. En los fluidos llamados newtonianos, el esfuerzo de cizalla es directamente proporcional a la velocidad de deformación, velocidad de cizalla y la constante de proporcionalidad corresponde a la viscosidad. Muchos fluidos alimentarios también tienen el comportamiento; que pertenece al grupo de los fluidos no-newtonianos, en los cuales el término índice de consistencia es equivalente a una viscosidad aparente.

Según (Córdova J et al, 2017), el artículo científico “Caracterización reológica de una bebida elaborada con *Chenopodium quinoa Willd.*, *Glycine max l.* y *Amaranthus caudatus l.* “Quinoa, Soya y kiwicha” y *Stevia rebaudiana bertonii* “estevia” manifestó que; la investigación fue determinar las características reológicas de una bebida nutricional elaborada a base de quinua, kiwicha y soya. Para ello se utilizó un viscosímetro rotacional Brookfield DV-E, versión 1.1, para determinar: índice reológico, índice de consistencia, perfil de la viscosidad aparente y el modelo matemático del comportamiento reológico de la bebida. La evaluación de cada parámetro se hizo con el preparado a 18 y 25°C. Presentó un índice de consistencia (K) de 3,7454 y 0,1747 Pa.sn, respectivamente. El índice de comportamiento (n) fue de 0,3685 y 0,460,

respectivamente. El modelo matemático obtenido por regresión fue  $\tau = 3,7454 \gamma 0,3685$  y  $\tau = 0,1747 \gamma 0,4600$ , respectivamente. En ambas temperaturas no se evidenció diferencia en el perfil de viscosidad aparente propio de un fluido pseudoplástico. Los modelos matemáticos fueron ajustados con un coeficiente de determinación por encima del 98%. La bebida presentó características pseudoplásticas y el modelo de Ley de potencia describió adecuadamente su comportamiento reológico a temperaturas diferentes.

Según Salazar (2015), menciona que desde tiempos arcaicos las chichas en el Ecuador son elaboradas y consumidas por los pueblos indígenas de la Sierra, Amazonia como los Shuar y los Kichuwas, sin embargo, también se consume en menor cantidad en la costa debido a que la chicha es una bebida típica de las comunidades indígenas, quienes la beben en sus principales fiestas y celebridades en honor a la Pachamama, el Inti Raymi, la mama negra entre otros. Generalmente se bebe a temperatura ambiente en vasos plásticos o “chilpes”. La chicha ecuatoriana se elabora a partir de la fermentación del maíz, quinua, arroz, cebada, harina, chonta y yuca acompañados de panela, los mismos que se dejan fermentar en periodos que van de tres a veinte días, en la Amazonia si la chicha se elabora a base de yuca o chontaduro estas son cocinados, masticados y fermentados; la preparación de la chicha es principalmente tarea de las mujeres.

Según Amagua, G. & Chancusig, A. (2020) en el tema de “ Estudio del comportamiento de un preparado enzimático (  $\alpha$ -amilasa,  $\beta$ -amilasa y amiloglicosidasa) sobre masato semi-sólido de yuca ( *Manihot esculenta crantz*) para la obtención de una bebida ” de la Universidad Técnica de Cotopaxi concluyeron que para la elaboración de las chichas se realizó en base al siguiente procedimiento; la recepción, pelado, lavado, cocción, triturado y la fermentación con la adición de preparados enzimáticos, los mejores tratamientos de chicha blanca (a1b2c3) que corresponde a (Yuca blanca - 0,15% - 80 min), chicha quemada (a2b1c1) que corresponde a (Yuca quemada -0,05% - 40 min) y chicha wiwis (a3b3c3), que corresponde a (Yuca wiwis- 0,15%- 80 min) con los parámetros turbidez (NTU), reportados en la tabla 35 nos indica que la chicha quemada presenta 729 NTU mayor turbidez al tener una gran cantidad de sólidos, seguida por la chicha wiwis con 664 NTU y la chicha blanca con 353 NTU.

Según Lima (2019) en el tema de “ Evaluación de la fermentación de chonta (*Bactris gasipaes*) empleando microorganismos fermentadores kéfir y levadura para la obtención de una bebida fermentada” en la Universidad Técnica de Cotopaxi concluyó que se ejecutó un análisis físico-químico donde se midió los indicadores de pH, °Brix y tiempo de fermentación durante el

proceso de los 8 tratamientos donde indican que de acuerdo a los datos obtenidos se logró hacer las comparación estadística en relación al testigo tomado de la asociación Agua Viva el mismo que les dio como resultados que el mejor tratamiento es el a1b4 (kéfir 20%) fue el tratamiento que cumplía con todas las características, teniendo una media entre las dos repeticiones de 4,7 para el pH y 16,8 para los °Brix, teniendo en cuenta que se redujo el tiempo de fermentación a un tiempo de 30 horas.

## 7.2 Fundamentación teórica

### 7.2.1 Determinación de las propiedades reológicas

Las propiedades reológicas de un fluido son parte de los criterios esenciales en el desarrollo de productos o alimentos en el ámbito industrial. Frecuentemente, la reología determina las propiedades funcionales de algunas sustancias e intervienen durante el control de calidad, los tratamientos (comportamiento mecánico), el diseño de operaciones básicas como bombeo, mezclado y envasado, almacenamiento y estabilidad física, e incluso en el momento del consumo (textura) (Pierce, 2015).

Las propiedades reológicas se definen a partir de la relación existente entre fuerza o sistema de fuerzas externas y su respuesta, ya sea como deformación o flujo. Todo fluido se va a deformar en mayor o menor medida al someterse a un sistema de fuerzas externas. Dicho sistema de fuerzas se representa matemáticamente mediante el esfuerzo cortante o velocidad de flujo de cantidad de movimiento ( $\tau$ ), mientras que la respuesta dinámica del fluido se cuantifica mediante la velocidad o tasa de deformación o de cizallamiento ( $\gamma$ ) (Pierce, 2015).

#### 7.2.1.1 Esfuerzo de corte ( $\tau$ )

Se le conoce como Tensión tangencial, Tensión de cizalla, Tensión de corte, Fuerza superficial, Shear Stress (en inglés). y se define como el esfuerzo de corte ( $\tau$ ), como la fuerza por unidad de área necesaria para alcanzar una deformación dada. La unidad de esta magnitud más comúnmente utilizada es el Pascal (Pa). (Woyzechowsky, 2016)

$$T = \frac{F}{A} \quad Ec. 1$$

**Donde:**

T: Esfuerzo de corte (Pa)

F: Fuerza (N)

A: Área (m<sup>2</sup>)

### 7.2.1.2 Velocidad de deformación ( $\gamma$ )

Se define como el gradiente (velocidad espacial de cambio) del perfil de velocidades. La velocidad de corte es igual a, la diferencia de velocidades en un determinado espacio que se define matemáticamente este parámetro (Woyzechowsky, 2016). Tiene como unidad el inverso del tiempo, donde el más comúnmente usado es el s-1. La velocidad de corte se incrementa a medida que la velocidad de la placa superior aumenta y la distancia entre las placas se hace más pequeña.

$$dy/dt = y = D(du/dy) = (1/S) \quad Ec. 2$$

### 7.2.1.3 Viscosidad

Se utiliza como un indicador cuantitativo de calidad en la industria de los aceites, la petroquímica, de los alimentos, la farmacéutica, la textil, de las pinturas, entre otras (Irving, 1995). Es la propiedad del líquido que define la magnitud de su resistencia debida a las fuerzas de cizalla en su interior, estas propiedades de líquido son las que más influyen en las características de flujo. La viscosidad se debe principalmente a las interacciones entre las moléculas del fluido (Duarte, 2013). de otra manera se puede definir la viscosidad como la relación entre el esfuerzo de corte ( $\tau$ ) y la tasa de deformación ( $\gamma$ ) adoptada por el fluido; tal como se muestra en la ecuación.

$$\mu = \frac{\tau}{\gamma} \quad Ec. 3$$

#### **Donde:**

$\mu$ : Viscosidad (Pa.s) o (kg/m.s) en el sistema internacional de unidades.

$\tau$ : Esfuerzo de corte (Pa)

$\gamma$ : Velocidad de deformación (1/s).

#### 7.2.1.3.1 Viscosidad dinámica

Es la propiedad del fluido en virtud de la cual éste ofrece resistencia a las tensiones de cortadura. Es decir, la viscosidad absoluta representa la viscosidad dinámica del líquido y es un término muy utilizado para fines prácticos (Ibarz, 2006).

### 7.2.1.3.2 Viscosidad aparente

Se define como el cociente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación para fluidos de comportamiento no lineal.

### 7.2.1.3.3 Viscosidad cinemática.

La viscosidad cinemática es la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad del fluido (Ibarz, 2006).

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{Ec. 4}$$

#### Donde:

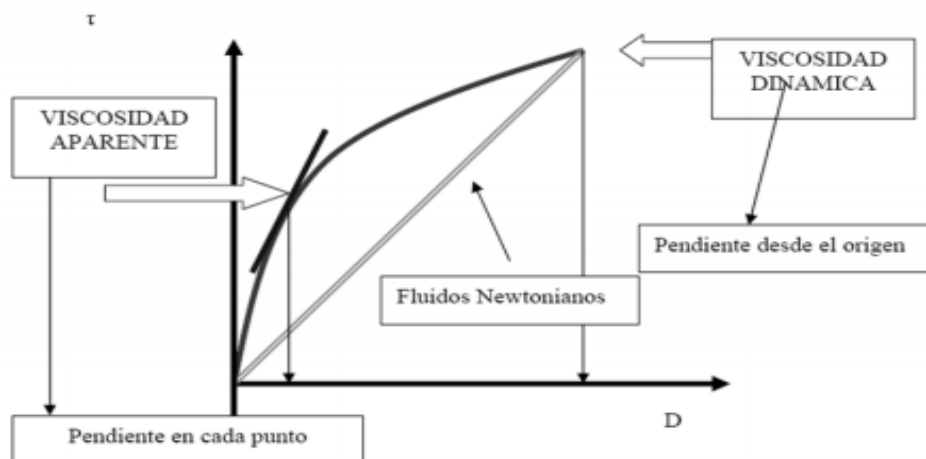
$\nu$ : Es la viscosidad cinética en centiStokes (cS).

$\mu$ : Viscosidad dinámica en Centipoise (cP)

$\rho$ : Densidad (g/cm<sup>3</sup>) del fluido.

(González, 2009) Si se representa la curva de fluidez (esfuerzo cortante frente a velocidad de deformación) se define también como la pendiente en cada punto de dicha curva.

**Imagen 1:** Curva de fluidez para representar la viscosidad dinámica y aparente.



Fuente: González, 2009

#### Unidades

Las unidades de viscosidad dinámica más utilizadas son los Pascales y miliPascales por segundo (Pa·s) y (mPa·s). Se debe tener en cuenta que 1000 mPa·s = 1 Pa·s. Además, el sistema cegesimal aún se sigue usando, siendo la unidad de medida el centiPoise (cP). La conversión de unidades entre los dos sistemas es: 1 cP = 1 mPa·s y 1 Poise = 1 gr/cm·s.

#### **7.2.1.4 Clasificación de los fluidos según su comportamiento reológico**

Para una mayor comprensión de los problemas que se plantean en el estudio de las propiedades reológicas de los alimentos, a continuación, se presentan una clasificación de los diversos alimentos fluidos habituales, según su comportamiento reológico. De modo general, la mayoría de los autores coinciden al hacer una primera clasificación entre fluidos Newtonianos y no-Newtonianos, según su comportamiento reológico siga o no la Ley de Newton de la viscosidad. Además, existen alimentos en los que su comportamiento depende del tiempo de actuación del esfuerzo realizado sobre ellos. (Tovar, 2010)

Así, la clasificación de los fluidos alimentarios según su comportamiento reológico puede establecerse de la siguiente forma:

##### **Fluidos Newtonianos.**

##### **Fluidos no-Newtonianos.**

##### **Independientes del tiempo.**

- Plásticos de Bingham.
- Pseudoplásticos.
- Dilatantes.

##### **Dependientes del tiempo.**

- Fluidos tixotrópicos.
- Fluidos reopéticos.

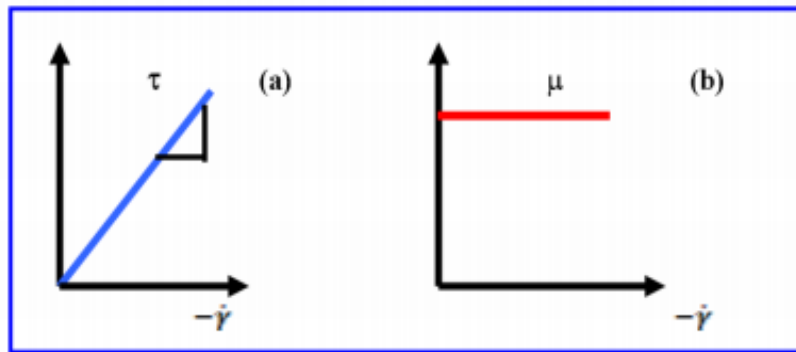
##### **7.2.1.4.1 Fluidos Newtonianos**

**Fluidos Newtonianos** Los fluidos Newtonianos son aquellos que obedecen la ley de Newton. En estos existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante  $\tau_z$  y el gradiente de velocidad  $dv_z/dy$  (velocidad cortante). Esto significa que la viscosidad  $\mu$  es constante e independiente de la velocidad cortante (Ramírez, 2006).



Para una mejor comprensión de este tipo de fluido se representan dos tipos de gráficas, la “Curva de Fluidez” y la “Curva de Viscosidad”. En la curva de fluidez se muestra (a) el esfuerzo cortante frente a la velocidad de deformación ( $\tau$  vs  $\dot{\gamma}$ ), mientras que en la curva de viscosidad se representa la viscosidad en función de la velocidad de deformación ( $\mu$  vs  $\dot{\gamma}$ ). (González, 2002)

**Imagen 2:**Curvas de viscosidad para un fluido Newtoniano a) ( $\tau$  VS  $\dot{\gamma}$ )( $\mu$  VS  $\dot{\gamma}$ ).



Fuente: Gonzáles, 2015.

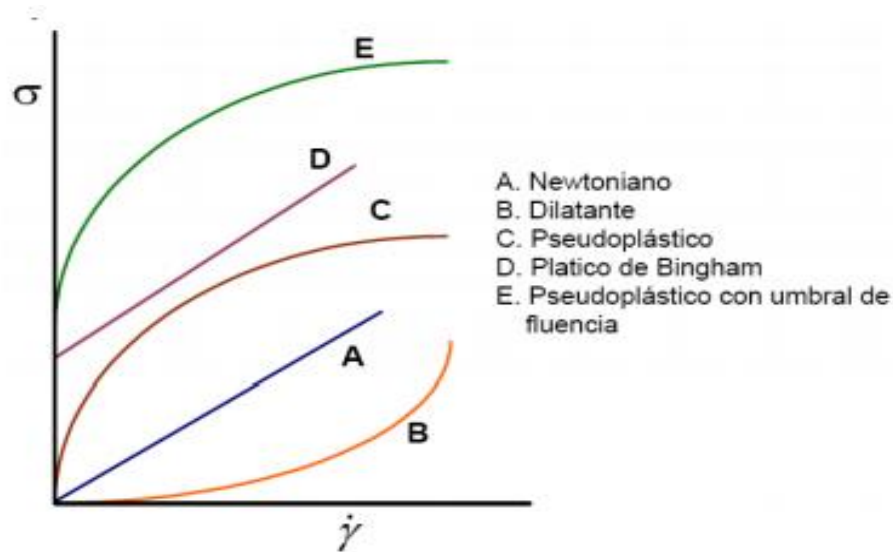
Como se puede observar en la curva de fluidez, el valor de la viscosidad  $\mu$  es la tangente al ángulo que forman el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación, que es constante para cualquier valor aplicado. Además, se observa en la curva de viscosidad que la viscosidad es constante para cualquier velocidad de deformación aplicada.

#### 7.2.1.4.2 Fluidos no newtonianos

Un fluido no-Newtoniano es aquel cuya viscosidad (resistencia a fluir) varía con la velocidad de deformación o cizallamiento que se le aplica; es decir, se deforma en la dirección de la fuerza aplicada (Agustín, 2005).

Como resultado, un fluido no-Newtoniano no tiene un valor de viscosidad definido y constante, a diferencia de un fluido Newtoniano (Ramírez, 2006).

Un claro ejemplo de comportamiento no newtoniano, ampliamente documentado en bibliografía son las dispersiones hidrocoloidales. La característica prácticamente más importante de las gomas (carbohidratos), es la modificación que introducen en las propiedades reológicas de los alimentos a los que se añaden (Alderman, 2004). Por lo común, los fluidos no-Newtonianos se clasifican con respecto a su comportamiento en el tiempo, es decir, pueden ser dependientes del tiempo o independientes del mismo.

**Imagen 3:** Diferentes tipos de fluidos

Fuente: Alderman, 2018

### 7.2.1.5 Parámetros reológicos en fluidos no newtonianos.

#### 7.2.1.5.1 Punto de cedencia ( $\tau\gamma$ )

El punto de cedencia es el esfuerzo cortante mínimo requerido para que se dé la deformación del fluido. Representa el valor del esfuerzo de corte para una velocidad de deformación igual a cero. Su valor aumenta con el contenido de sólidos y disminuye con aumentos en el contenido de agua o dispersantes.

Experimentalmente se muestra que el punto de cedencia para el modelo de Casson es menor que en el del modelo Plástico de Bingham.

#### 7.2.1.5.2 Índice de comportamiento ( $n$ )

Indica la desviación del comportamiento reológico del fluido con respecto a los fluidos newtonianos, es decir, mientras más se aleje el valor de  $n$  de la unidad más pronunciadas serán las características no newtonianas del fluido (Zhongying, 2013).

#### 7.2.1.5.3 Índice de consistencia ( $k$ )

Caracterización numérica de la consistencia del fluido, es decir, es una medida indirecta de la viscosidad, pero sus unidades dependen de  $n$ . A medida que  $k$  aumenta el fluido se hace más espeso o viscoso (Ibarz, 2006).

### 7.2.1.6 Modelos de ajuste para comportamientos reológicos de alimentos

Los modelos reológicos son una relación matemática que nos permite caracterizar la naturaleza reológica de un fluido, estudiando la deformación dada a una tasa de corte específica (González, 2009).

#### 7.2.1.6.1 Ley de potencia

Es un modelo de dos parámetros para el cual la viscosidad absoluta disminuye a medida que la tasa de corte aumenta.

La relación entre la tasa de corte y el esfuerzo de corte está dada por la siguiente ecuación:

$$\tau = k \dot{\gamma}^n \quad \text{Ec. 5}$$

#### Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante (Pa)

k: Coeficiente o índice de consistencia de flujo (Pa.sn)

$\dot{\gamma}$ : Velocidad de deformación (1/s)

n: Índice de comportamiento al flujo o índice de flujo.

Es un modelo de dos parámetros: k (índice de consistencia) y n (índice de comportamiento). Para  $n = 1$ , el modelo representa el comportamiento newtoniano, con  $\eta = k$ . Por consiguiente, la desviación del valor de n de la unidad es una medida del grado de desviación del comportamiento newtoniano.

Para  $n > 1$ , el modelo sigue un comportamiento dilatante, mientras que  $n < 1$  indica un comportamiento pseudoplástico.

El modelo de la ley de la potencia ha sido usado con éxito por diversos autores para describir el comportamiento al flujo de diversos cremogenados o purés de frutas, como puré de manzana (González, 2009), en puré de mango, en puré de ciruela y durazno, en reología del cremogenado industrial del melocotón y sus concentrados (Garza, 2001). Varios factores afectan el comportamiento reológico de los purés y concentrados de fruta: temperatura, sólidos solubles totales/concentración, tamaño de partículas (Ibarz, 2006).

#### 7.2.1.6.2 Modelo de Herschel–Bulkley

Varios modelos son utilizados para cuantificar el esfuerzo mínimo de deformación en fluidos pseudoplásticos. Según (Duarte, 2013), una ecuación ampliamente utilizada es la de Herschel – Bulkley (H-B):

$$\tau - \tau_0 = k (\gamma)^n \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante (Pa)

$k$ : Coeficiente o índice de consistencia de flujo (Pa.sn)

$\tau_0$ : Umbral de fluencia (Pa)

$\gamma$ : Velocidad de deformación (1/s)

En este modelo los parámetros “n” y “k” se definen igual que en Ley de Potencia. Como casos especiales se tiene que el modelo se convierte en Plástico de Bingham cuando  $n = 1$  y en Ley de Potencia cuando  $\tau \gamma = 0$ .

#### **7.2.1.6.3      *Modelo de casson***

Según (Duarte, 2013). La ecuación (H – B) fue modificada por Casson para determinar por extrapolación más exactamente el valor del esfuerzo mínimo de deformación ( $\tau_0$ ) del punto de corte en ordenadas en especial en suspensiones:

$$\tau^{1/2} = \tau_0^{1/2} + k (\gamma)^{1/2} \quad \text{Ec. 7}$$

**Donde:**

$\tau$ : Esfuerzo cortante (Pa)

$\tau_0$ : Umbral de fluencia (Pa)

$k$ : Coeficiente o índice de consistencia de flujo (Pa.sn)

$\gamma$ : Velocidad de deformación (1/s)

#### **7.2.1.7 *Variables que influyen en la viscosidad***

(González, 2002). Menciona que las variables más importantes que afectan a la viscosidad son:

- A.      Concentración
- B.      Temperatura
- C.      Presión

##### **7.2.1.7.1      *Variación de la viscosidad con la concentración***

La viscosidad de un compuesto depende fuertemente de la concentración. Según (Bourne, 2002), la relación entre la concentración de sólidos solubles y la viscosidad, pero no lineal a temperatura constante.

Se han descrito dos tipos de correlaciones o modelos matemáticos para considerar el efecto de la concentración en la viscosidad.

Según un modelo potencial:  $n = K1C1$  Ec. 8

Y un modelo exponencial:  $n = K2exp(A2C)$  Ec. 9

En estas ecuaciones K1, K2, A1 y A2 son constantes y C es el contenido en sólidos solubles del fluido expresado en °Brix. Estas ecuaciones también son válidas para estudiar el efecto de la concentración en el índice de consistencia.

#### **7.2.1.7.2 Variación de la viscosidad con la temperatura**

(Bourne, 2002). La viscosidad disminuye con la temperatura. Existen varias fórmulas que permiten evaluar la variación de la viscosidad de un líquido al cambiar la temperatura. La más importante es:

La ecuación de Arrhenius:  $\mu: A \cdot e^{B/T}$  Ec. 10

Siendo,  $\mu$ , la viscosidad dinámica (Pa.s), T, es la temperatura absoluta (K) y A y B son constantes dependientes del líquido.

#### **7.2.1.7.3 Variación de la viscosidad con la presión**

La viscosidad en líquidos aumenta exponencialmente con la presión. Excepcionalmente, para el agua a temperaturas menores de 30° C la viscosidad disminuye. Los cambios de viscosidad con la presión son bastante pequeños para presiones distintas de la atmosférica. Para la mayoría de los casos prácticos, el efecto de la presión se ignora a la hora de hacer mediciones con el viscosímetro o reómetro (Bourne, 2002).

#### **7.2.1.7.4 Viscosímetros rotacionales.**

Los viscosímetros rotacionales constan básicamente de dos partes que se encuentran separadas por el fluido a estudiar. Dichas partes pueden ser dos cilindros, dos superficies paralelas, una superficie y un cono de pequeño ángulo, un rotor en el interior de un cilindro. El movimiento de una de estas partes provoca la aparición de un gradiente de velocidades a lo largo del fluido. Para determinar la viscosidad del fluido se mide el esfuerzo necesario para producir una

determinada velocidad angular. Este tipo de viscosímetros son mucho más versátiles que los estudiados anteriormente y pueden ser utilizados para fluidos no Newtonianos; sin embargo, su principal inconveniente es el precio. (García Quesada, 2008)

En los años 90 este tipo de viscosímetros han sufrido una importante transformación al ser conectados a ordenadores lo cual ha hecho más sencillo su uso.

A continuación, se describirán los tipos de viscosímetros rotacionales más empleados:

- Viscosímetros de cilindros concéntricos.
- Viscosímetros de placas paralelas.

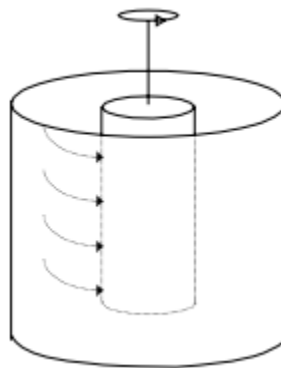
#### 7.2.1.7.5 *Viscosímetros de cilindros concéntricos.*

Los primeros viscosímetros rotacionales fueron de cilindros concéntricos; constan de dos cilindros concéntricos, uno exterior hueco y otro interior macizo (en la bibliografía en inglés se pueden encontrar como "cup and bob"). Por el movimiento de uno de los cilindros se genera una cizalla en el líquido situado en el espacio anular.

Este tipo de instrumentos pueden realizar las medidas de dos formas:

- Haciendo girar uno de los elementos con un cierto par de fuerzas y midiendo la velocidad de giro provocada.
- Provocando una velocidad de giro en uno de los elementos y midiendo el par de fuerzas opuesto. Ambos métodos ya fueron estudiados antes de la Segunda Guerra Mundial, y sus fundamentos fueron introducidos por Couette en 1888, en cuyo honor, al flujo provocado entre los cilindros concéntricos (ver imagen,4), se denomina Flujo de Couette

**Imagen 4:**Flujo de Couette en un viscosímetro de cilindros concéntricos.



Un viscosímetro de este tipo, cumple la ecuación siguiente para un radio dado (Barnes,1991)

$$r = \frac{M}{2\pi R_b^2 L}$$

$$\frac{d_\gamma}{d_t} = \frac{2\omega R_c^2 R_b^2}{X^2 (R_c^2 - R_b^2)} \quad \text{Ecu. 11}$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo de deformación o esfuerzo de cizalla.

$\frac{d_\gamma}{d_t}$  = Velocidad de deformación o velocidad de cizalla

M = Par de fuerzas aplicado por unidad de longitud de cilindro sumergido en el fluido.

$\omega = 2\pi/60N$ , donde N es la velocidad angular en rpm.

$R_c$  = Radio del contenedor de la muestra.

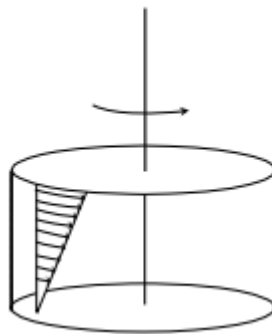
$R_b$  = Radio del cuerpo de giro.

X = punto donde se desea determinar la veloc. de cizalla.

#### 7.2.1.7.6 Viscosímetros de placas paralelas.

En este caso el fluido se encuentra entre dos placas paralelas, la superior gira (ver imagen 5) y la inferior permanece inmóvil. Los elementos de fluido cercanos a la placa móvil tendrán una velocidad superior a la que tienen los que se encuentran próximos a la placa fija. Así pues, la cizalla se produce desde la placa de abajo hacia la de arriba. Al igual que en los viscosímetros de cono-placa, este tipo de instrumentos son fáciles de limpiar y requieren pequeñas cantidades de muestra. La capacidad de fijar el espesor de muestra (GAP) de acuerdo a las características de la misma es una ventaja en suspensiones de partículas de gran tamaño o en líquidos que tienden a ser expulsados fuera de las placas. Sin embargo, la viscosidad de la muestra es difícil de evaluar ya que la velocidad de cizalla cambia de acuerdo a la distancia al centro de la placa. (Navas, 2006)

**Imagen 5:** Representación de un viscosímetro de placas paralelas.



(Fuente: Macosko, C.W.; Rheology, principles, measurements and applications, Wiley-VCH, 1993)

En un viscosímetro de placas paralelas, se pueden calcular la velocidad de cizalla máxima y la viscosidad mediante las ecuaciones:

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{\Omega}{l} R \quad \text{Ecu. 12}$$

$$\eta = \frac{3M}{2\pi R^2 (\gamma_m)} \left[ 1 + 3 \frac{d \ln M}{d \ln(\gamma)} \right] \quad \text{Ecu. 13}$$

$\tau = f(r)$  = Esfuerzo de deformación o esfuerzo de cizalla.

$\frac{d\gamma}{dt}$  = Velocidad de deformación o velocidad de cizalla

$R$  = Radio del plato

$l$  = Distancia entre placas (GAP)

$M$  = Par de fuerzas aplicado.

$\Omega$  = Velocidad de giro.

$\eta$  = Viscosidad aparente.

## 7.2.2 Bebidas ancestrales fermentadas

Según Becerra (2014), acerca de las bebidas ancestrales fermentadas menciona, “Las bebidas ancestrales fermentadas han sido originarias desde miles de años en una bebida fermentada de maíz, posteriormente sirvió para nombrar la obtenida de cualquier grano, en Colombia, existen otros tipos de bebidas fermentadas derivadas del maíz como es el caso de la chicha y el guarapo, conocidas ampliamente por sus procesos de producción artesanal y sus características sensoriales” (p. 62).

### 7.2.2.1 La chicha

La chicha es el nombre que reciben diversas variedades de bebidas alcohólicas derivadas principalmente de la fermentación no destilada de los cereales. La chicha ecuatoriana se la hace a partir de la fermentación del maíz, yuca, quinua, arroz, cebada o harina acompañados de panela o azúcar común. Posee un valor simbólico, siempre se utiliza en ceremonia y fiestas locales, por ejemplo, en las bodas, en ciertas festividades patronales y también en algunos rituales ceremoniales. Estos datos llevan a pensar que la chicha posee una especie de magia, es considerada la bebida de los dioses, une a las personas en comunidades muy cercanas y alegría. (Padilla, 2014)



La Real Academia Española manifiesta que la palabra "chicha" proviene de la kuna chicha, que significa maíz y por su parte en su obra Eduardo Estrella comparte con el aztequista Luis Cabrera, que la palabra descendería del náhuatl chichiatl, "agua fermentada", compuesto con el verbo chicha (agriar una bebida) y el prefijo -atl (agua). (Nahuatl lengua nativa con mayor número de hablantes en México. Su uso se extiende desde el norte de México hasta Centroamérica) (Padilla Palacios, 2010, pág. 19)

En el caso de Ecuador existen muy pocas investigaciones históricas sobre la importancia cultural de la chicha, al igual que sobre su valor nutricional y sensorial, tal vez debido a la prohibición de esta bebida durante la presidencia de Gabriel García Moreno en el siglo XIX, y a la falta de registros orales y escritos que acrediten su importancia cultural. Al iniciar esta investigación se encontró esa problemática en cuanto a la falta de información y valorización de la importancia cultural de la chicha de jora en la Sierra Norte, motivo de este estudio, al igual que sus distintas recetas y formas de preparación se decidió enfatizar en sus características sensoriales con el fin de rescatar los conocimientos ancestrales de la bebida, promover su preservación y difundir su riqueza cultural y nutricional. (Azaña & Chacon, 2018)

Fernández (2015) afirma que “La chicha es una de las bebidas bandera de esta región, consumida por los antiguos y actuales moches. Esta bebida guarda innumerables secretos, que solamente sus cultivadores conocen secretamente sus bondades y misterios” (p. 102).

Para Fernández (2015), “La chicha como alimento tiene un gran valor nutricional, ya que aporta a la persona que bebe, un alto índice de vitaminas (principalmente las vitaminas B y C), energía, proteínas, glúcidos, fibra, calcio, hierro, entre otros.” (p. 105).

#### ***7.2.2.2 Variedades de chicha***

En Ecuador podemos encontrar grandes variedades de chicha de acuerdo con los diferentes sectores de nuestro país y por ende su sabor en cada región es único al igual que su preparado. Es así que el uso de la palabra “chicha” se extiende por todo Latinoamérica, para referirse a los distintos tipos de bebidas fermentadas pero que en su mayoría se preparan a base de cereales como: varios tipos de maíz, quinua, yuca, avena, cebada, trigo, amaranto, chontaduro entre otros productos que también son ingredientes principales en la elaboración de bebidas ancestrales y tradicionales como la chicha que también forma parte de su alimentación habitual, debido a su peculiar preparación. (Jiménez Cordero, 2017, p.20)

#### **7.2.2.2.1 Chicha de yuca (*Manihot Esculenta Crantz*)**

En primer lugar, tenemos a la chicha de yuca, de entre todas las chichas preparadas tradicionalmente en la Amazonía, se podría decir que es una de las más populares y apetecidas. Se trata de una bebida fermentada cuyo ingrediente principal es la yuca (*Manihot Esculenta Crantz*). La fermentación es un proceso de transformación de los alimentos en donde los almidones y azúcares se transforman en alcohol. El grado de alcohol de la bebida depende de la cantidad de azúcares fermentables disponibles y la cantidad de días que se la deje fermentar. Es una bebida espesa, de color blanco lechoso y sabor fuerte, algo ácido. Su consumo forma parte de la vida y cultura de muchas nacionalidades y su preparación es una tradición con técnicas y rituales que han sido transmitidas de generación en generación, manteniéndose hasta la actualidad. Su consumo es diverso y su preparación varía un poco según la familia y/o nacionalidad, pero la base es la misma. Es un alimento muy apetecido, tanto por su valor nutricional como social y cultural (Ministerio de Cultura y Patrimonio, 2016).

Para elaborar la chicha se debe pelar y cocinar la yuca en agua sin sal hasta que se suavice. Luego se pasa la yuca a una tina de madera y se machaca con un mazo, a esta yuca machacada se la llama “masato”. El siguiente paso es masticar o salivar los trozos de masato que han quedado duros o fibrosos. Las mujeres mastican el masato y lo devuelven a la batea. Es importante aclarar que esta técnica de masticado, contrario a lo que se cree, es necesaria para mejorar el sabor y la fermentación adecuada de la chicha. La saliva contiene enzimas que convierten el almidón del grano en azúcares más digeribles y fermentables. La saliva además endulza la yuca, evitando de esta manera la necesidad de agregar panela o azúcar a la mezcla.

#### **7.2.2.2.2 Chicha de chonta (*Bactris Gasipaes*)**

La chicha de la chonta es muy rica y apetecida por su alto contenido de vitaminas, se elabora del mismo fruto maduro. Muchas de las personas antiguamente guardaban la masa preparada insertando unas 5 a 10 pepas cocinadas de la chonta, en maitos, atados con sogas y lo enterraban bajo un pantano semi húmedo, luego de haber preparado un hoyo de 50 cm de profundidad colocando palos o piedras y lo cubrían con hojas de plátano. Luego de unos 3 a 4 meses, en época de carestía podía ser consumido. (Silva Tubón, 2014)

#### **7.2.2.3 Procedimiento de elaboración de la chicha**

Según (Ávila & Sánchez, 2016) en su tesis de investigación menciona que:

El procedimiento actual para la elaboración de la chicha fermentada se da mediante el hervido de las féculas para intervenir los azúcares, a fin de obtenerla ruptura de los granos de almidón y exponerlos a un fácil ataque de las levaduras.

El proceso más frecuente de preparar la chicha consiste en términos generales de cinco pasos:

- **Molienda**

Para la fabricación de la chicha la malta se tritura. Se puede moler en un batán casero o se lleva a los molinos donde se obtiene un producto de granulación intermedia.

- **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 jora molida se coloca en un recipiente grande con agua, en una proporción de un kilo de jora por 10 litros de agua; se hierva y calienta la mezcla durante 6 a 24 horas. En esta etapa se realiza el agregado de sustancias aromáticas.

- **Filtración**

Es la operación de separación del afrecho (fibra) del mosto, se realiza en frío o en caliente. Se procede a filtrar con la ayuda de un colador para eliminar sólidos e impurezas presentes en la mezcla.

En las formas tradicionales se realiza utilizando fibra de algodón (cedazo) o ichu (pasto del altiplano andino) en una cesta el cual actúa como medio para filtrar la chicha.

- **Fermentación**

Para llevar a cabo este proceso son necesarias dos fases:

**Inoculación:** Esta etapa se da en forma natural, se coloca el líquido dentro de cántaros que contienen una gran cantidad de levaduras en constante aumento y madurez. También se realiza al colocar azúcar o chancaca, puesto que estos dulcificantes están constituidos por levaduras.

**Fermentación:** Se lleva a cabo por levaduras mal llamadas salvajes y son aquellas que intervienen en diversos procesos fermentativos espontáneos de la chicha de jora. Dura aproximadamente 3 días, pero a las 48 horas ya se siente el sabor agridulce, y a las 96 horas la chicha adquiere el sabor característico de “chicha fuerte”, a temperatura ambiente (de 10°C a 32°C). El contenido alcohólico de la chicha varía entre 2 a 12 por ciento.

#### 7.2.2.4 Características organolépticas

Según (Rojas Oviedo, 2013) en su tesis de investigación menciona que:

El producto de la fermentación no recibe ningún tratamiento posterior, excepto en algunos casos en que se agrega azúcar. Entre las características organolépticas se evalúan:

- **Color:** variado, depende de la materia prima utilizada en su elaboración. Al inicio de la fermentación es pardo oscuro, pero según pasa el tiempo se torna blanco amarillento o pardo claro.
- **Aroma:** tiene características particulares de productos volátiles. Su aroma en general es agradable y no varía con el tiempo.
- **Sabor:** agridulce, agradable. Es fuertemente influenciado durante la fermentación, que se inicia con el maíz dulce, pasa a agridulce y termina en agrio y poco dulce y ácido.
- **Grado de claridad:** La chicha de jora es turbia.
- **Sedimento:** Los sedimentos saltan a la vista cuando la fermentación ha terminada (p.25)

### 7.2.3 Enzimas

#### 7.2.3.1 Generalidades de enzimas

Las enzimas son proteínas que tienen actividad catalítica. Las sintetizan los organismos y forman parte del metabolismo de estos, por tanto, influyen ya sea de forma positiva o de forma negativa en la calidad de los alimentos (Aguirre García, 2019).

Se encuentran de forma intrínseca en muchos alimentos, pero con algunos procesos como el almacenamiento o diversos tratamientos en la transformación o preparación de los mismos pueden activarse o inactivarse o incluso produce un cambio en la distribución tisular de las mismas, estas características las hacen ser marcadores de calidad en muchos alimentos.

Las enzimas por sus propiedades se han convertido en un reclamo para la industria alimentaria y cada vez se usan más preparados enzimáticos a nivel industrial para modificar las propiedades de los alimentos de forma que se adapten cada vez más a las necesidades que requiere el hombre (Aguirre García, 2019).

Es importante recordar que las enzimas son proteínas y dentro de estas se encuentran en el grupo de proteínas globulares, las cuales son de distintos tamaños, al formar parte de este grupo

las enzimas están formadas por secuencias de aminoácidos (estructura primaria) que determinan a su vez la estructura secundaria, terciaria y cuaternaria de la misma. Son estas estructuras las que finalmente determinarán las propiedades de la enzima, su especificidad y su efectividad como catalizador (Aguirre García, 2019).

### ***7.2.3.2 Preparados enzimáticos tecnológicos***

Para hacer un uso tecnológico de las enzimas, es decir para incorporarlas a alimentos, es necesario purificarlas, el motivo es principalmente económico, gracias a esta acción vamos a obtener una acción enzimática específica, la que buscamos para nuestro producto, sin que haya otras acciones que puedan afectar al mismo (Aguirre García, 2019).

Una vez revisado que se han realizado los procesos de purificación, se diluye en los medios adecuados como pueden ser sales o azúcares y finalmente se obtiene un preparado enzimático tecnológico que tendrá una actividad catalítica específica.

Estos preparados enzimáticos tecnológicos que contienen las enzimas disueltas tienen el inconveniente de que solo pueden usarse una vez y por ello la industria ha desarrollado la posibilidad de fijar las enzimas en un soporte sobre el que pasar los diferentes sustratos y así pueden usarse repetidas veces y además este sistema cuenta con una segunda ventaja, se puede controlar mejor la reacción al controlar el flujo de sustrato que será la fase móvil sobre la enzima que actuará de fase estacionaria.

### ***7.2.3.3 Los preparados de enzimas inmovilizadas pueden ser de tres tipos:***

- **Enzimas ligadas**, la unión al soporte es por una interacción iónica o covalente, puentes de hidrógeno o interacciones hidrófobas, estas uniones se consiguen a la matriz gracias a los péptidos que forman la enzima, generalmente gracias a un grupo amino libre.
- **Enzimas encerradas o encapsuladas**, las enzimas se encierran en unas cavidades porosas para que pueda existir contacto entre la enzima y el sustrato, actualmente una forma de hacerlo es mediante el uso de microcápsulas.
- **Enzimas entrecruzadas**, se forma la matriz a partir de un reactivo bifuncional, como por ejemplo el glutaraldehído, gracias a este sistema se forma un complejo insoluble pero que mantiene la actividad catalítica, pero cabe añadir que este tipo de enzimas inmovilizadas a penas se usa porque no es muy estable mecánicamente (Aguirre García, 2019).

#### 7.2.3.4 Enzimas y su uso en la industria alimentaria

Las enzimas están presentes en muchos alimentos de forma intrínseca, es decir, pertenecen a su composición, por ejemplo, una manzana cuenta con una enzima en su composición, el polifenol oxidasa que es la responsable del pardeamiento de la manzana por acción del oxígeno ambiente. (En algunas ocasiones, como es el caso de este ejemplo, también es de interés industrial inhibir las enzimas para conseguir mejores propiedades).

Pero también en otras ocasiones se añaden en la preparación de los alimentos, determinadas enzimas que proceden de otros organismos y que pueden tener una acción tecnológica en el alimento que estamos fabricando, por ejemplo, añadir enzima lactasa a la leche para obtener leche sin lactosa (Aguirre García, 2019).

Lo primero que se hace es localizar el microorganismo que contenga genes para codificar a la enzima que nos interesa y posteriormente por ingeniería genética se transfiere a microorganismos que se usan mucho, algunos de los microorganismos más usados para la obtención de estas enzimas son: Bacterias del género *Bacillus*, hongos del género *Aspergillus* y Levaduras del género *Sacharomyces* (Aguirre García, 2019).

#### 7.2.3.5 Enzimas que se usan en la industria de alimentos

**Tabla 2.** Enzimas que se usan en la industria de alimentos

<i>Grupo</i>	<i>Nombre común</i>	<i>Número E.C.</i>	<i>Sustrato</i>
<i>Oxidoreductasas</i>	Glucosa oxidasa	1.1.3.4	D-glucosa y oxígeno
	Catecol oxidasa	1.10.3.1	Catecol y oxígeno
	Catalasa	1.11.1.6	Peróxido de hidrógeno
	Lipoxigenasa	1.13.11.12	Ácidos grasos poli insaturados
<i>Transferasas</i>	Amilosacarasa	2.4.1.4	Sacarosa
	Dextranacarasa	2.4.1.5	Sacarosa
	Levansacarasa	2.4.1.10	Sacarosa
	Ciclomaltodextrin		
	Glucosiltransferasa	2.4.1.19	Almidón
<i>Hidrolasas</i>	Lipasa	3.1.1.3	Acilglicéridos
	Pectinesterasa	3.1.1.11	Pectina esterificada
	$\alpha$ -amilasa	3.2.1.1	Almidón
	$\beta$ -amilasa	3.2.1.2	Almidón
	Amiloglucosidasa	3.2.1.3	Glucos oligosacáridos con enlaces $\alpha$ -(1-4) o $\alpha$ -(1-6)
	Endoglucanasa (Celulosa)	3.2.1.4	Celulosa
	$\beta$ -glucanasa	3.2.1.6	Glucanos con enlaces $\beta$ -(1-4) o $\beta$ -(1-3)
	proteasa		Proteínas
	Poligalacturonasa	3.2.1.15	Pectatos
	Invertasa	3.2.1.26	Sacarosa
	Pululanasa	3.2.1.41	Glucos oligosacáridos con enlaces $\alpha$ -(1-6)
	Subtilisina	3.4.21.62	Proteínas
	Papaína	3.4.22.2	Proteínas
	Bromelina	3.4.22.32	Proteínas
Renina	3.4.23.4	Caseína	
<i>Liasas</i>	Pectato liasa	4.2.2.2	Pectatos
	Pectina liasa	4.2.2.10	Pectinas esterificadas
<i>Isomerasas</i>	Glucosa (xilosa)	5.3.1.5	Glucosa (xilosa)
	isomerasa		

Elaborado por: Fernández, 2014.

**Alfa-amilasa:** La  $\alpha$ -amilasa es una enzima que cataliza la hidrólisis de los enlaces alfa-glucosídicos, de los polisacáridos alfa glucosídicos de alto peso molecular, tales como el almidón y el glucógeno, liberando glucosa y maltosa, con lo cual se producen dextrinas de 10 a 20 unidades de glucosa; se le da el nombre de enzima licuante debido a que su presencia provoca la rápida reducción de la viscosidad de las soluciones de almidón. Es capaz de romper las uniones glucosídicas adyacentes a ambos lados del enlace  $\alpha$ -(1-6) de la amilopeptina, aunque no ataca específicamente este enlace (Pedroza, 2014).

Es la principal amilasa encontrada en humanos y otros mamíferos, las cuales van a degradar el almidón generando cantidades necesarias de azúcares fermentables para llevar a cabo la fermentación.

Esta enzima tiene un peso molecular de 50000 Daltons, es estable a pH de 5,5 – 8,0 con una actividad óptima de 5,9. Las  $\alpha$ -amilasas son enzimas dependientes de calcio, aunque el catión no esté integrado en el centro activo de la enzima, se encuentra fuertemente unido a la enzima y solo puede ser removida a pH bajos por el uso de agentes quelantes. La completa remoción del calcio conlleva a un perdido total de actividad (Pedroza, 2014). Se cree que el  $\text{Ca}^{2+}$  estabiliza la conformación global de la enzima, encontrándose hasta 10 iones por molécula de enzimas (Reinchelt, 2014).

**$\beta$ -amilasa:** Sintetizada por bacterias, hongos y plantas de grupo gran positivas. Actúa desde el extremo no reductor de la cadena, catalizando la hidrólisis del segundo enlace  $\alpha$ -1,4, rompiendo dos unidades de glucosa (maltosa) a la vez de los extremos no reductores de la amilosa y de la amilopeptina y produce moléculas de maltosa; este tipo de actividad la clasifica consecuentemente como una exoenzima.

Las  $\beta$ -amilasas contienen un grupo sulfidrilo esencial para la actividad enzimática, que lleva a cabo de forma óptima en un rango de pH entre 4 y 5. La actividad de la enzima se analiza mediante métodos calorimétricos que mide a cantidad de azúcares reductores, liberados a partir del almidón (González, 2002).

**Glucoamilasa.** Esta enzima, también llamada amiloglucosidasa, es una exohidrolasa ya que actúa sobre el terminal de la molécula; su nombre sistemático es 1,4-alfa-D-glucano glucohidrolasa. Se obtiene del hongo *Aspergillus niger* y actúa sobre las dextrinas produciendo glucosa lo que se traduce en una aceleración de la fermentación. La enzima glucoamilasa tiene la capacidad de hidrolizar tanto los enlaces alfa (1,4) como los alfa (1,6) glicosídicos de moléculas de almidón; su acción prolongada puede causar la ruptura total del polisacárido, el

principal producto final de la acción de la Glucoamilasa sobre el almidón es la glucosa, lo que da la diferencia clara de las alfa y beta amilasa. Su actividad máxima entre pH 4 y 5.5 y temperatura alrededor de 55-65°C. La velocidad de reacción cae rápidamente a medida que disminuye el tamaño de la molécula de sustrato, siendo máxima sobre almidones previamente sometidos a licuefacción (Bedón, 2013).

#### **7.2.3.6 Hidrólisis enzimática**

Es la hidrólisis que se produce mediante un grupo de enzimas llamadas hidrolasas. Estas enzimas ejercen un efecto catalítico hidrolizante, es decir, producen la ruptura de enlaces por agua según:  $H-OH + R-R' \rightarrow R-H + R'-OH$ . Se nombran mediante el nombre del sustrato seguido de la palabra hidrolasa, y cuando la enzima es específica para separar un grupo en particular, éste puede utilizarse como prefijo. En algunos casos este grupo puede ser transferido por la enzima a otras moléculas y se considera la hidrólisis misma como una transferencia del grupo al agua (Ordoño, 2016).

## **8 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS**

**¿De qué manera influyen las metodologías utilizadas en los análisis reológicos, de la densidad ( $\rho$ ) y viscosidad aparente ( $\mu$ ) para cada una de las bebidas fermentadas con preparados enzimáticos?**

Las metodologías empleadas con el reómetro rotatorio de Anton Paar, efectuado mediante diferentes ensayos se comprobó la cuantificación del parámetro reológico de la viscosidad, debido a que la viscosidad es una propiedad importante de los líquidos que describe la resistencia del líquido al flujo y está relacionada con la fricción interna en el líquido.

**¿Cómo inciden los parámetros del comportamiento reológico en la evaluación final de las bebidas fermentadas?**

Influye de manera positiva en las bebidas fermentadas debido a que nos da a conocer la calidad del producto mediante los parámetros analizados en cuanto a la densidad, viscosidad, comportamiento del fluido, índice de consistencia, esfuerzo de corte y velocidad de deformación, ya que las propiedades reológicas son consideradas como una herramienta analítica importante para generar conocimientos sobre el contenido estructural de los alimentos.



**¿De qué manera aportan los modelos matemáticos en el comportamiento del fluido de las bebidas ancestrales fermentadas yuca (*Manihot esculenta crantz*) y chonta (*Bactris gasipaes*)?**

Ayudo a determinar si el índice de comportamiento de fluidos es newtonianos o no newtonianos mediante gráficas, debido a que en los fluidos no newtonianos presentan la curva del esfuerzo de corte con la velocidad de corte la cual no es lineal, o no comienza en el origen exhibiendo un comportamiento reológico que depende del tiempo.

**¿Cómo influye las enzimas en el comportamiento reológico de las chichas con respecto a la chicha natural?**

Influyó significativamente tanto en las propiedades organolépticas como en las físico-químicas y reológicas, mejorando las características sensoriales y dando un efecto inhibitor a microorganismos patógenos.

## **9 METODOLOGÍA**

### **9.1 Tipos de investigación**

#### **9.1.1 Investigación descriptiva**

El objetivo de este tipo de investigación es únicamente establecer una descripción lo más completa posible de un fenómeno, situación o elemento concreto, sin buscar ni causas ni consecuencias de éste. Mide las características, observa la configuración y los procesos que componen los fenómenos, sin pararse a valorarlos. (Castillero, 2016)

Con esta investigación descriptiva se interpretó varios datos y resultados de la investigación de manera adecuada, exacta y precisa en cuanto al estudio reológico realizado en las chichas de yuca y chonta.

#### **9.1.2 Investigación cuantitativa**

La investigación cuantitativa busca cuantificar un fenómeno. Es más estructurada, objetiva y ayuda a reducir el sesgo de investigación. Esta investigación permite evaluar efecto de los preparados enzimáticos en los masatos de yuca y chonta en cuanto al comportamiento reológico que presenta en cada una de ellas con la recopilación de datos de los análisis realizadas que permitió realizar conclusiones específicas y generalizadas.

### **9.1.3 Investigación histórica**

Trata de la experiencia pasada, describe lo que era y representa una búsqueda crítica de la verdad que sustenta los acontecimientos pasados, se utiliza esta investigación debido a que se necesita conocer, comparar, ampliar, profundizar y deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualización y criterios de diversos autores sobre el tema basándose en documentos, libros, revistas, periódicos, normas y otras publicaciones.

Es por ello que en el trabajo de investigación bibliográfica en este tipo de investigación es importante debido a que se necesita conocer datos e información de proyectos investigativos ya realizados. (Rojas, 2015)

## **9.2 Métodos de investigación.**

### **9.2.1 Método descriptivo**

El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos, comportamiento y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación del comportamiento reológico de las bebidas ancestrales que existen entre dos o más variables.

### **9.2.2 Método exploratorio**

Es aquella que recoge e identifica antecedentes generales, números y cuantificaciones, temas y tópicos respecto del problema a investigar. También indaga sobre un tema desconocido o poco estudiado sin embargo se utilizó este método debido a que el tema de estudio reológico de las bebidas ancestrales a investigar ha sido poco estudiado y desconocido.

## **9.3 Técnicas de investigación**

### **9.3.1 La Observación**

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis, es por ello que se utilizó en la presente investigación para obtener datos importantes que ayuden a la investigación bibliográfica.

## **9.4 Metodología (Recopilación de metodologías de las tesis previas para la elaboración de las chichas)**

El proyecto se realizó en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se inició con el proceso de elaboración de tres tipos de

masato de yuca y chonta, utilizando el procedimiento de los mejores tratamientos de proyectos anteriores (Amagua, G & Chancusig, A., 2020) (Villacís M. & Villacís G., 2020) tomando en cuenta los parámetros de control como:

- Temperatura
- Tiempo de cocción.

Después de elaborar los masatos de yuca en cada condición teniendo en cuenta que el masato de yuca quemada y masato de yuca wiwis deben fermentar en vasijas de barro cubiertas con hojas de achira (tapadas) hasta la formación de un hongo (*Monilia sitophila*) que le da características a la chicha wiwis y quemada, el masato de yuca blanca y chonta no necesitan esas condiciones de fermentación, para realizar la chicha de los cuatro masatos se adicionan los preparados enzimático, tomando en cuenta los parámetros a medir, se debe definir las concentraciones de las enzimas y diluciones para los masatos de yuca y chonta, se involucra el control de temperatura, pH, grados brix, acidez y procedimientos durante la hidrólisis que deben ser tomados en cuenta para cumplir con las condiciones ya establecidas.

#### **9.4.1 Materiales para la elaboración del masato de yuca (chicha blanca, quemada, wiwis) y chonta.**

##### **Materia Prima:**

- 16,2 kg de yuca
- 5 kg de chonta
- 2 kg de camote
- Hojas de achira
- Preparados enzimáticos

##### **Reactivos**

- Hidróxido de sodio 1N

##### **Materiales:**

- Vasos de precipitación de 800 mL-1000 mL.
- Cuchillos de acero inoxidable.
- Ollas de acero inoxidable.

- Tablas de picar
- Lienzo de tela de nylon o colador
- Ollas grandes o recipientes de madera
- Embudos
- Morteros
- Recipientes de barro o plástico resistentes al calor

**Equipos:**

- Reómetro rotatorio
- Plancha de calentamiento
- Termómetro
- Cronometro
- Potenciómetro
- Densímetro
- Viscosímetro
- Refractómetro

**9.4.2 Metodología de la elaboración para la obtención del masato de yuca blanca**

- **Recepción de materia prima:** Se realizó la recepción del total de materia prima yuca, camote.
- **Selección:** Se seleccionan los tubérculos y se retira la yuca que se encontraban deterioradas ya sea por golpes, infestaciones, y otros defectos.
- **Pesado:** Para la elaboración de la bebida fermentada se procedió al pesado 5,4 kg de yuca, 333,3 g de camote.
- **Primer lavado:** Se efectúa un lavado con agua para eliminar residuos, tierra, impurezas del tubérculo.
- **Pelado:** Se efectúa un proceso de pelado manual con cuchillos de acero inoxidable con la finalidad de eliminar la corteza, las raíces, así como también eliminar las puntas de las mismas que son duras.
- **Segundo lavado:** Se lava el tubérculo con agua para limpiarla de residuos de tierra e impurezas adheridas.
- **Cortado:** Con el cuchillo se corta la yuca en trozos rodajas sobre la tabla de picar de aproximadamente 3 - 4 cm, para lograr una cocción rápida y facilitar al triturar.

- **Cocción:** Se da un tratamiento de cocción a los trozos de yuca a 80 °C por 40 minutos, controlando el tiempo y temperatura hasta que la yuca quede suave.
- **Triturado:** Después de la cocción, se escurre la yuca con la tela lienzo la yuca debe enfriarse después se tritura la yuca cocida esta operación se realiza en un recipiente limpio con el mazo de aplasta la yuca hasta obtener una masa homogénea.

#### 9.4.3 Metodología de elaboración para la obtención del masato de yuca quemada

- **Recepción de materia prima:** Se realizó la recepción del total de materia prima yuca, camote.
- **Selección:** Se seleccionan los tubérculos y se retira yuca que se encontraban deterioradas ya sea por golpes, infestaciones, y otros defectos.
- **Pesado:** Para la elaboración de la bebida fermentada se procedió al pesado 5,4 kg de yuca, 333,3 g de camote.
- **Limpieza:** Se debe limpiar los tubérculos que contengan tierra, cortezas duras o impurezas que pueden dañar el producto.
- **Quemado:** Se da un tratamiento a la yuca al fuego directo en una plancha de calor o en la cocina controlando la temperatura debe de llegar a 89°C hasta que este suave e inmediatamente se debe retirar del calor.
- **Fermentación:** Después del quemado se debe colocar la yuca quemada en recipientes de barro se debe cubrir con hojas de bijao y papel aluminio para que no ingrese algún agente extraño, el tiempo de fermentación es de 4 a 5 días a temperatura ambiente hasta que en la yuca aparezca el hongo rojo (*Monilia sitophila*).
- **Triturado:** Triturar la yuca hasta homogenizarla en un recipiente amplio con la ayuda de un mazo, los materiales deben estar limpios para evitar posibles contaminaciones.

#### 9.4.4 Metodología de elaboración para la obtención del masato de yuca wiwis

- **Recepción de materia prima:** Se realizó la recepción del total de materia prima yuca, camote.
- **Pesado:** Para la elaboración de la bebida fermentada se procedió al pesado 5,4 kg de yuca, 333,3 g de camote.
- **Lavado:** Se realizó un lavado para eliminar residuos de tierra, impurezas del tubérculo, también se eliminó raíces de yuca que se encontraban deterioradas.

- **Raspado:** Se realizó un proceso de raspado para la separación del pericarpio para obtener el parénquima interno.
- **Cocción:** Después del raspado se llevó a una cocción de la yuca y camote a una temperatura de 85°C por 40 min hasta que el tubérculo se encuentre suave.
- **Fermentación:** Se colocó la yuca y camote cocinada en recipientes de barro sellado con hojas de achira a 5 días a temperatura ambiente la aparición del hongo rojizo (*Monilia sitophila*).
- **Triturado:** Después de la fermentación de la yuca wiwis se llevó a un triturado con un pistilo en un recipiente amplio hasta conseguir una pasta homogénea.

#### 9.4.5 Metodología de elaboración para la obtención de masato de chonta

- **Recepción de materia prima:** Fue adquirida el fruto de chontaduro, en donde se escogieron los frutos que cuente con las mejores características fisiológicas para la elaboración de la bebida.
- **Pesado:** Se realizó el pesado de 5 kg de fruto chontaduro para realizar los diferentes tratamientos de la fermentación de la bebida de chonta.
- **Lavado:** Se realizó el lavado del fruto chontaduro mediante la utilización de agua potable para eliminar el mayor número de impurezas presentes en el fruto.
- **Cocción:** El fruto chontaduro fue sometido a cocción durante 2 horas y media, a una temperatura de 90 - 94°C, con suficiente agua, con la finalidad de llegar a ablandar el almidón que se encuentre presente en el fruto.
- **Pelado:** Este proceso se realizó manualmente utilizando cuchillos para eliminar la cascará (epicarpio) que rodea el fruto y al mismo tiempo se retiró la semilla (endocarpio).
- **Triturado:** Se realizó mediante el empleo de una olla de acero inoxidable y mazo de madera que nos permitió obtener un masato totalmente homogéneo.
- **Mezclado:** El total de la masa de masato de chontaduro fue de 250 g, en donde se le añadió camote dulce cocido y triturado al 5%, al igual que 250 g de agua destilada.

#### 9.5 Metodología para determinar la concentración de las enzimas

Se determinó la concentración de enzimas de acuerdo a la información en las fichas técnicas de  $\alpha$ -amilasa y amilogucosidasa, en relación al peso del masato que se utilizó para la elaboración de las chichas de yuca y chonta.

Para determinar la concentración de enzimas sólidas y líquidas se utilizó la ecuación de cálculo de la concentración de la enzima según el libro principios de la Bioquímica capítulo 4 “Las enzimas” pág. 71.

### 9.5.1 Enzima sólida

Para calcular la concentración necesaria de cada enzima se realizará la siguiente operación.  
Enzimas en forma de sólido:

$$m_s = \frac{C_v * V}{A_s} \quad \text{Ec. 11}$$

**Donde:**

$m_s$  = gramos de enzima

V = mililitros de enzima en solución

$C_v$  = concentración de la enzima en unidades por ml en las soluciones

$A_s$  = actividad sólida expresada en mg

#### - Cálculos realizados para amiloglucosidasa

$$m_s = \frac{C_v * V}{A_s}$$

$$m_s = \frac{28_{\text{unidades/mg}} * 100 \text{ mL}}{1000_{\text{unidades/mg}}} \times \frac{1 \text{ g}}{0.001 \text{ mL}}$$

$$m_s = 2800 \text{ g sólidos}$$

**Tabla 3.** Cálculo de amiloglucosidasa. para 100 gramos

Concentración		
0,05 %	0,10 %	0,15 %
$C_1 V_1 = C_2 V_2$	$C_1 V_1 = C_2 V_2$	$C_1 V_1 = C_2 V_2$
$\left(\frac{2800}{10}\right) * C_1 =$	$\left(\frac{2800}{10}\right) * C_1 = 10 \cdot \frac{10}{100}$	$\left(\frac{2800}{10}\right) * C_1 = 10 \cdot \frac{15}{100}$
$10 \cdot \frac{5}{100}$	$C_1 (280) = 1$	$C_1 (280) = 1,5$
$C_1 (280) = 0,5$	$C = 0,0035 \text{ g}$	$C = 0,0053 \text{ g}$
$C = 0,0017 \text{ g}$		

Elaborado por (Amagua, G & Chancusig, A., 2020).

### 9.5.2 Enzimas líquidas

$$V_{\mu} = \frac{V * C_V * V_{BE}}{A_{BE}} \quad \text{Ecuación 12}$$

**Donde:**

$V_{\mu}$  = volumen en microlitros

V = mililitros de una solución de enzima

$C_V$  = concentración unidades de actividad partido en mililitros

$V_{BE}$  = es el volumen de la enzima concentrada

$A_{BE}$  = es el número de unidades de actividad enzimática

- **Cálculos realizados para la concentración de  $\alpha$  – amilasa**

$$V_{\mu} = \frac{V * C_V * V_{BE}}{A_{BE}}$$

$$V_{\mu} = \frac{272 \text{ mL} * 10.0 \frac{\text{unidades}}{\text{mL}} * 100 \text{ mL}}{500 \text{ unidades}}$$

$$V_{\mu} = 120.94 \text{ mL} * \frac{1000 \text{ uL}}{1 \text{ mL}}$$

$$V_{\mu} = 544.800 \text{ uL}$$

**Tabla 4.** Cálculo de  $\alpha$  – amilasa para 100 gramos

<b>Concentración</b>		
<b>0,05 %</b>	<b>0,10 %</b>	<b>0,15 %</b>
$V_1 C_1 = V_2 C_2$	$V_1 C_1 = V_2 C_2$	$V_1 C_1 = V_2 C_2$
$V_1 * \left(\frac{544.800}{1000}\right) = 1000. \frac{5}{100}$	$V_1 * \left(\frac{544.800}{1000}\right) = 1000. \frac{10}{100}$	$V_1 * \left(\frac{544.800}{1000}\right) = 1000. \frac{15}{100}$
$V_1 * (0.54) = 50$	$V_1 * (0.54) = 100$	$V_1 * (0.54) = 150$
$V_1 = 92.5 \text{ uL}$	$V_1 = 185.1 \text{ uL}$	$V_1 = 277.7 \text{ uL}$

Elaborado por (Amagua, G. & Chancusig, A., 2020).

### 9.6 Metodología para el hidrolisis enzimático con los masatos de yuca (blanca, quemada, wiwis) y chonta.

- **Recepción de materia prima:** Se realiza la recepción de los masatos que deben presentar en buenas condiciones para los procesos.
- **Pesado:** Tomar el peso del total de la masa del masato de yuca incluyendo los otros materiales, pesar 300 gramos de masato y 700 mL de agua destilada.



- **Dilución:** Colocar en un vaso de 1000 mL, la cantidad de masato a usar es con 30% de masato y 70% de agua destilada.
- **Agitación:** Se debe colocar la mezcla de masato con agua en un vaso para llevarla a agitación, mediante el uso de un agitador magnético a 100 rpm por cinco minutos hasta obtener una solución homogénea.
- **Hidrolisis con preparado enzimático:** Previo a este procedimiento se calcula el peso de las enzimas ( $\alpha$ -amilasa,  $\beta$ -amilasa y amilogucosidasa) al 0,05 % y 0,15 % y se debe pesar en la balanza analítica, se establece mediante la fórmula de concentración enzimática y de acuerdo a la cantidad de masato empleado, al tener las cantidades de las tres enzimas en relación a los 300 gramos de masato, se colocan a la solución que esta debe presentar previamente a 55°C.
- **Cocción:** Se realiza en yuca quemada durante 40 minutos y llegar a 95°C, mientras que, en la yuca blanca, wiwis y chonta se da la cocción durante 80 minutos y llegar a 95°C.
- **Inactivación:** Después del proceso de hidrolisis las enzimas deben ser inactivadas con una temperatura mayor a 95 °C por 5 min.
- **Enfriamiento:** Se deja la bebida que enfrié a temperatura ambiente.
- **Almacenamiento:** Guardar el producto en envase cubierto con papel aluminio y hoja de achira a temperatura ambiente durante 72 horas con el objetivo de fermentar.
- **Tamizado:** Al finalizar la fermentación se debe tamizar con tela lienzo o una coladora y embazar presentación al gusto.

### 9.7 Análisis reológico

El análisis reológico de las bebidas ancestrales (chicha de yuca y chonta) se realizó los ensayos en el equipo reómetro Anton Paar Astruia Type: MCR 302 N°81681174. El procedimiento llevado a cabo para los análisis fue el siguiente:

### 9.8 Procedimiento para los análisis reológicos

- Preparación de bebidas ancestrales
- Homogenizar las chichas mediante agitación por 5 minutos.
- Muestrear 3 unidades de 200 ml de cada muestra.
- Colocar 200 ml de la muestra en sus respectivas copas del equipo.
- Mantener las muestras en condiciones ambientales de 17.9 °C y 59.6% HR

### 9.8.1 Equipos utilizados

- Equipo para determinar índice de consistencia método interno/reómetro
- Equipo para determinar índice de comportamiento de flujo método interno/reómetro
- Equipo para determinar cuantificación del esfuerzo de deformación método interno/reómetro
- Equipo para determinar velocidad de deformación método interno/reómetro
- Equipo para determinar viscosidad reología/USP 35
- Equipo para determinar densidad volumetría/INEN 349

### 9.8.2 Reómetro y software.

- Encender el reómetro y esperar hasta tener una presión de 2,7 bares, que se indica en el panel de control del equipo, retirar la protección del rotor.
- Con la ayuda del software RheoCompass TM The navigation tool rheology versión 1.13.442 realizar pruebas de reología.
- Geometría utilizada: CC27 tipo sistema de cilindros concéntricos con su respectiva muestra y colocarlos en el reómetro, realizar cada uno de los análisis con su respectiva medida.
- Geometría utilizada: PP25 Sistema de medición de platos-paralelos
- Establecer la temperatura inicial desde 17,9 hasta una temperatura ambiental.
- Colocar la muestra de chichas aproximadamente 200 mL en la copa.
- Iniciar el ensayo, con ayuda del software escoger la carpeta *petrochem* y la subcarpeta *flow curve: visco-elastic fluid: logarithmic ramp stepwise*.
- Determinar los parámetros deseados para la medición (índice de consistencia, índice de comportamiento de flujo, cuantificación del esfuerzo de deformación, velocidad de deformación, viscosidad y densidad)
- Oprimir el icono start test para empezar el ensayo.
- Realizar cada uno de los pasos para cada muestra.

## 10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 10.1 Resultados de los análisis fisicoquímicos de las bebidas ancestrales

Se consideraron las siguientes variables fisicoquímicas; acidez, grados brix, grados alcohólicos y pH, con ello comparar que diferencia presentan las chichas preparadas con enzimas respecto a las chichas sin enzimas en cuanto al análisis.

**Tabla 5.** Resultados de parámetros fisicoquímicos

Parámetros Físico-químicos	Bebidas ancestrales (chichas)							
	Quemada		Blanca		Wiwis		Chonta	
	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE
°Bx	4,9	18	2,5	13	4,3	12,2	3,5	8
pH	4,02	3,50	5,70	5,25	4,5	3,72	3,96	4,25
Acidez (°D)	0,55	0,68	0,58	0,68	0,59	0,71	0,30	0,44
Alc. % vol.	3,2	5,2	2,2	4,1	2,9	4,1	2,5	4,9

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

**CPE:** con preparados enzimáticos

**SPE:** sin preparados enzimáticos

#### 10.1.1 Análisis °Brix durante el proceso de fermentación

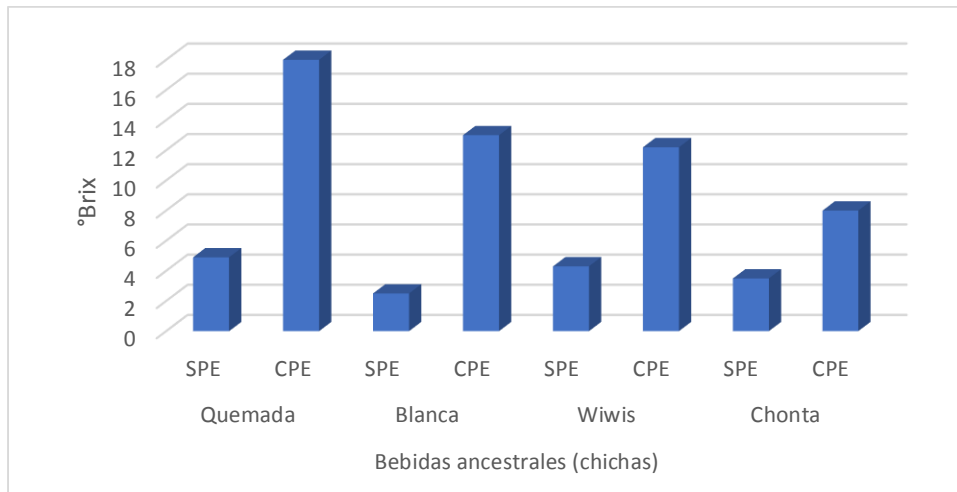
**Tabla 6.** Datos físico-químicos de °brix

Parámetros Físico-químicos	Bebidas ancestrales (chichas)							
	Quemada		Blanca		Wiwis		Chonta	
	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE
°Bx	4,9	18	2,5	13	4,3	12,2	3,5	8

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

Se ejecutó la toma de mediciones de grados °Brix durante el proceso de fermentación para cada tratamiento donde los datos obtenidos se reportaron en la Tabla 6 de parámetros físico-químicos, este parámetro permite controlar el proceso de fermentación debido a que las enzimas se hidrolizan rompiendo los enlaces de almidón presentes de la materia prima.

Gráfica 1. Comparación de ° Bx chichas sin enzimas vs chichas con enzimas



Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

En la gráfica 1 se puede evidenciar para las bebidas fermentadas de yuca y chonta sin preparados enzimáticos se observó una reducción significativa en el contenido de sólidos solubles. Lo contrario a las bebidas que se encuentran en su formulación con cierto porcentaje de enzimas, presentando valores ascendientes, las mismas que ayudaron en la transformación de azúcares en alcohol constancia de que el acondicionamiento hizo efecto en la estructura química del producto.

### 10.1.2 Análisis pH durante el proceso de fermentación

Se realizaron mediciones de pH cada 3 horas durante el proceso de fermentación para cada tratamiento. Los datos obtenidos se reportaron en la Tabla 7 de parámetros físico-químicos, este parámetro permite controlar el proceso de fermentación debido a que los microorganismos pueden crecer en un rango estrecho de pH.

Tabla 7. Datos físico-químicos de pH

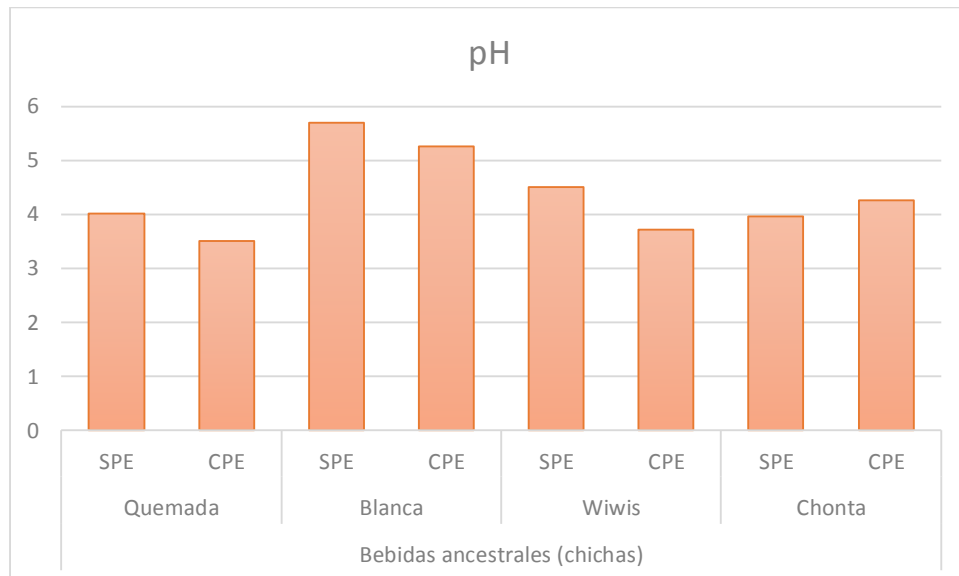
Parámetros Físico-químicos	Bebidas ancestrales (chichas)							
	Quemada		Blanca		Wiwis		Chonta	
	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE
pH	4,02	3,50	5,70	5,25	4,5	3,72	3,96	4,25

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

Donde se puede advertir que en todos los casos el pH se relaciona de forma inversamente proporcional al tiempo de fermentación, es decir que decrece a medida que el proceso avanza.

Como se puede observar en la gráfica 2, las bebidas sin presencia de enzimas presentan un alto valor de pH en la chicha blanca con un valor media de 5,70 pH a diferencia de las bebidas fermentadas con preparados enzimáticos donde descienden los valores aproximadamente en la chicha quemada presentando un valor de 3,50 pH mostrándose así que las enzimas influyeron en el descenso del pH debido al proceso de fermentación.

Gráfica 2. Comparación pH chichas sin enzimas vs chichas con enzimas



Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L., 2021

### 10.1.3 Análisis acidez durante el proceso de fermentación

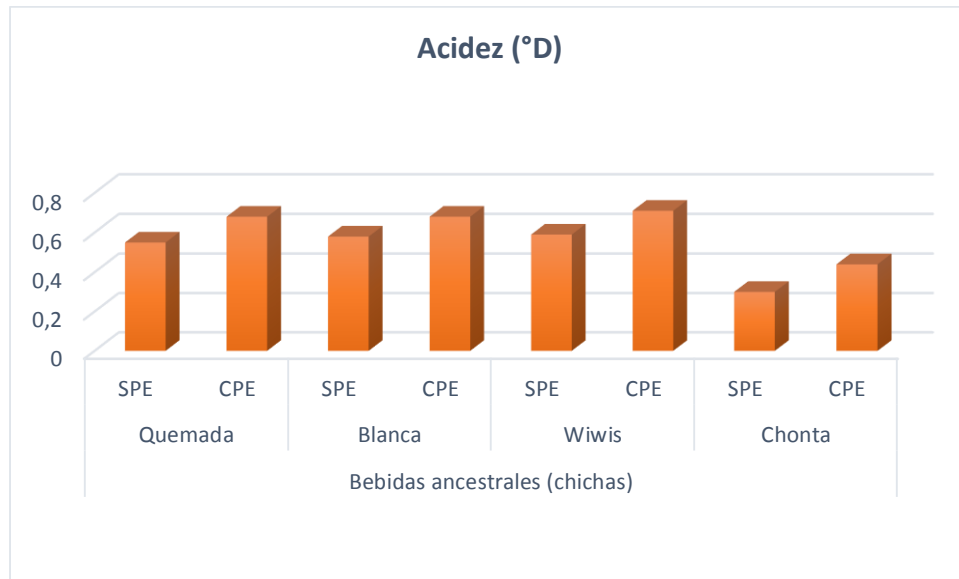
Tabla 8. Datos físico-químicos de acidez titulable

Parámetros Físico-químicos	Bebidas ancestrales (chichas)							
	Quemada		Blanca		Wiwis		Chonta	
	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE
Acidez (°D)	0,55	0,68	0,58	0,68	0,59	0,71	0,30	0,44

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L., 2021

Los datos obtenidos para la acidez se reportaron en la Tabla 8 de parámetros físicos-químicos, los resultados de acidez titulable durante la fermentación se reportan en grados Dornic. al contrario de lo que sucedió con el pH, la acidez en las diferentes bebidas se va incrementando a medida que transcurre el tiempo de fermentación, demostrando que hubo la producción de ácido.

Gráfica 3. Comparación acidez titulable de las chichas sin enzimas vs chichas con enzimas



Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

Claramente se observa en la gráfica 3, que las bebidas sin presencia de enzimas presentan valores descendientes como un claro ejemplo la chicha de chonta con un valor medio de 30 °D, mientras que las bebidas fermentadas con presencia de los preparados enzimáticos presentan valores ascendientes como tenemos la chicha wiwis presentando un valor de 0,71 °D esto significa que influyen las enzimas durante la fermentación.

#### 10.1.4 Análisis grados alcohólicos durante el proceso de fermentación

Tabla 9. Datos físico-químicos de contenido de grados alcohólicos

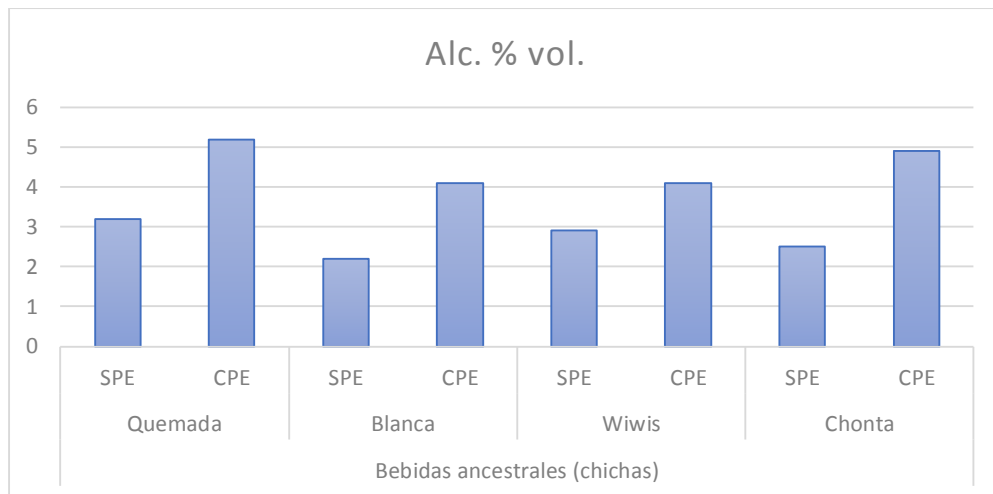
Parámetros Físico-químicos	Bebidas ancestrales (chichas)							
	Quemada		Blanca		Wiwis		Chonta	
	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE
Alc. % vol.	3,2	5,2	2,2	4,1	2,9	4,1	2,5	4,9

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

Los datos obtenidos para los grados alcohólicos se reportaron en la Tabla 9 de parámetros físicos-químicos, donde el contenido de grados alcohólicos se basa en el azúcar que presenta la bebida, es decir mientras más enzimas se agregue se va obtener mayor contenido de grados alcohólicos.

Según (Bedón, 2013) menciona que es importante trabajar con enzimas, donde se determinó el grado de alcohol alcanzado para la fermentación alcohólica donde se requiere la acción de enzimas como las  $\alpha$ - y  $\beta$ -amilasa de la malta o enzimas microbianos, debido a que la presencia de estas enzimas es adecuada para la elaboración de bebidas fermentadas.

Gráfica 4. Comparación Alc. % vol.



Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L., 2021

Donde se observó en la gráfica 4, que la chicha quemada presentó mayor contenido de grados alcohólicos con 5,2 % vol. Los grados de Gay Lussac sirven para indicar la concentración de alcohol contenida en volumen de una bebida, con respecto a las chichas sin preparados enzimáticos existe una diferencia poco significativa debido a que las enzimas actúan de forma directa en los análisis de parámetros físico químicos las mismas que fueron comparadas con la Normativa Técnica NTE INEN 2662 – 2013 sobre las bebidas alcohólicas, lo cual indica que todos los parámetros se encuentran dentro de los rangos establecidos.

Es decir que la producción del grado contenido de las bebidas fermentadas va a depender de las enzimas ya que es de vital importancia en el proceso de elaboración, debido a que la cantidad de azúcar agregado va a depender de la conversión de los azúcares disponibles.

## 10.2 Resultados de análisis reológicos

Los experimentos con las chichas se llevaron a cabo a una temperatura ambiente de  $T=17.9\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de 59.6% HR. Los datos obtenidos se presentan en las siguientes tablas para cada ensayo.

Es importante saber que el resultado del coeficiente de determinación oscila entre 0 y 1. Cuanto más cerca de 1 se sitúe su valor, mayor será el ajuste del modelo a la variable que estamos

intentado explicar. De forma inversa cuanto mas cerca de 0, menos ajustado estará el modelo y, por tanto, menos fiable será.

### 10.2.1 Resultado chicha quemada sin preparados enzimáticos

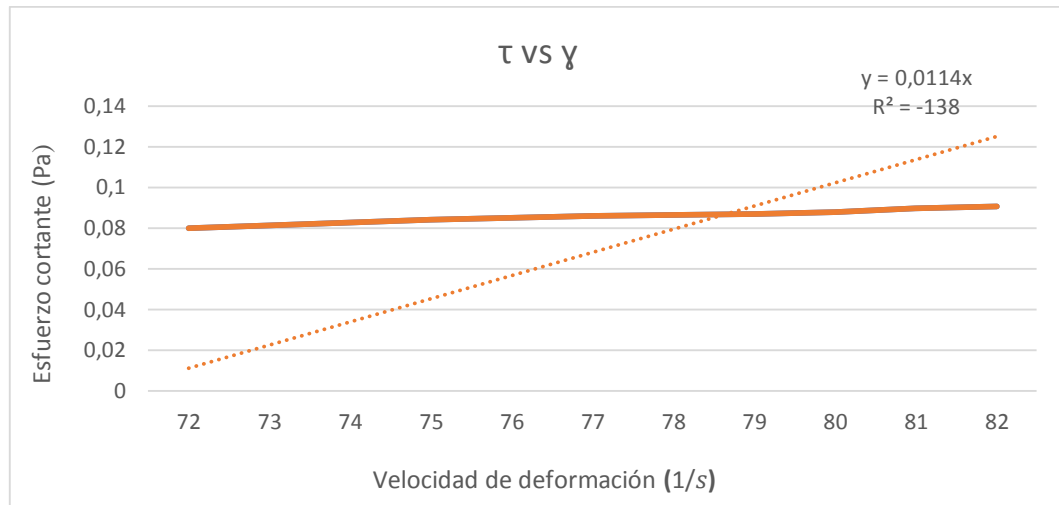
**Tabla 10.** Datos experimentales obtenidos para la chicha quemada sin preparados enzimáticos.

Chicha Quemada	Parámetros reológicos					
	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\mu a$ (cP)	$k$ (Pa.s)	$n$ (Adi)	$\tau$ (Pa)	$\gamma$ (1/s)
Sin preparados enzimáticos	1,0107	1,11	0,0797	0,000985	0,0800	72
		1,11	0,0810	0,000985	0,0813	73
		1,12	0,0824	0,000985	0,0827	74
		1,12	0,0840	0,000985	0,0843	75
		1,12	0,0848	0,000985	0,0852	76
		1,12	0,0855	0,000985	0,0859	77
		1,11	0,0859	0,000985	0,0863	78
		1,10	0,0864	0,000985	0,0868	79
		1,10	0,0877	0,000985	0,0880	80
		1,11	0,0893	0,000985	0,0897	81
		1,10	0,0902	0,000985	0,0906	82
<b>Promedio</b>	1,0107	1,11	0,0852	0,000985	0,0855	77

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

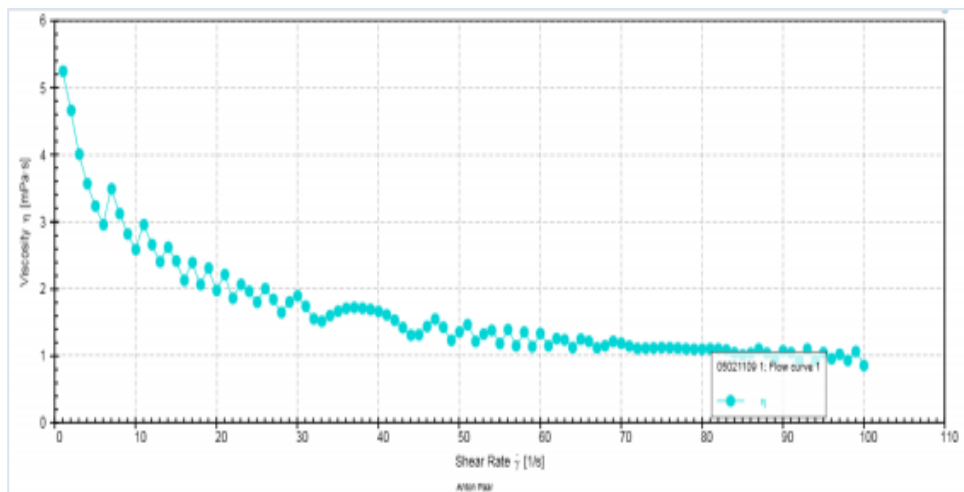
En el reograma 1, se muestra la curva de flujo obtenida para este fluido, se puede ver que la relación que existe entre el esfuerzo de corte y la rapidez de deformación es lineal en el punto de intersección con la línea de referencia y la curva de fluido, lo que indica que este fluido tiene un comportamiento no newtoniano y se puede representar por la ecuación (3) de la ley de potencia. Comparando la ecuación Constitutiva (ecuación 3) con la ecuación de ajuste de los datos experimentales se tiene que la viscosidad para este fluido es igual a  $\mu a=1,11$  cP que se comparó con el de  $\mu a=1,11$  cP obtenida del equipo reómetro rotatorio de Anton Paar marca Type: MCR 302. El cual nos indicó como resultado el mismo valor calculado por la ecuación (3), de estos valores se puede afirmar que el equipo utilizado arroja resultados fiables la investigación desarrollada de la chicha en función de la velocidad de deformación y esfuerzo de corte, de la misma manera  $R^2$  nos indica el coeficiente de determinación lineal de 0,81.



**Reograma 1** Índice de comportamiento reológico  $n$  chicha quemada sin enzimas

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L., 2021

A sí mismo en la imagen 6, se puede apreciar que la viscosidad disminuye en función de la rapidez de deformación lo cual refleja un comportamiento adelgazante es decir que a mayor velocidad de deformación la viscosidad se va establecer y mantener constante  $\mu_a > \gamma$ .

**Imagen 6:** Viscosidad en función de la rapidez de deformación.

Elaborado por: La CONAL reómetro Anton Paar, 2021

Para dar una mejor idea la viscosidad aparente decrece cuando aumenta el gradiente de velocidad de deformación, esto permite confirmar el que el comportamiento de la bebida fermentada fue no Newtoniano tipo Pseudoplástico; este comportamiento indica una reorganización continua de la estructura molecular, dando como resultado una menor resistencia al flujo, debido a la presencia de sustancia de alto peso molecular como el almidón de yuca.

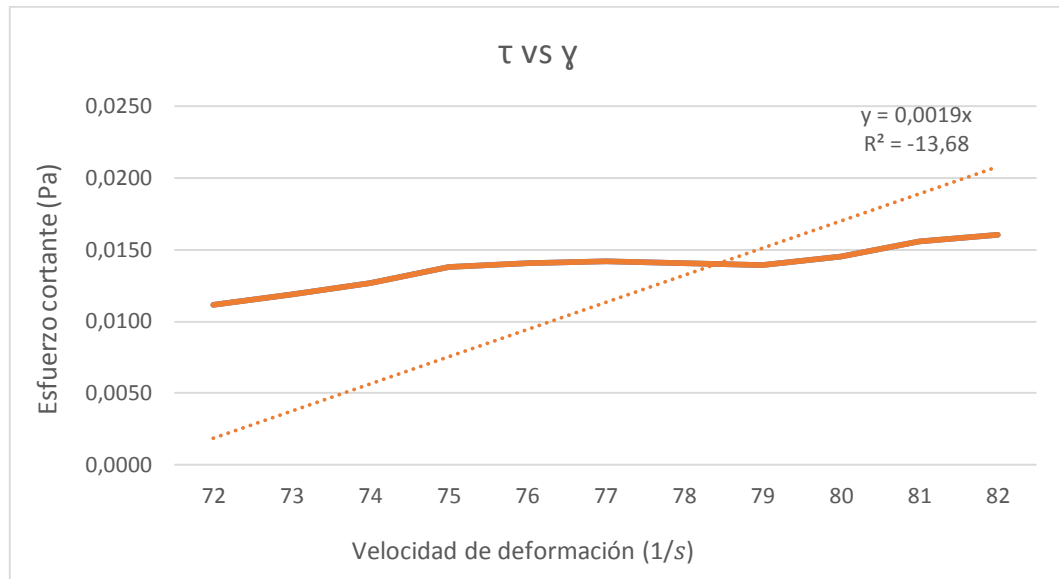
### 10.2.2 Resultado chicha quemada con preparados enzimáticos

**Tabla 11.** Datos experimentales obtenidos para la chicha quemada con preparados enzimáticos.

Chicha Quemada	Parámetros reológicos					
	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\mu_a$ (cP)	$k$ (Pa.s)	$n$ (Adi)	$\tau$ (Pa)	$\gamma$ (1/s)
Con preparados enzimáticos	1,0319	0,15	0,0111	0,00041	0,0112	72
		0,16	0,0118	0,00041	0,0118	73
		0,17	0,0127	0,00041	0,0127	74
		0,18	0,0138	0,00041	0,0138	75
		0,19	0,0141	0,00041	0,0141	76
		0,18	0,0142	0,00041	0,0142	77
		0,18	0,0140	0,00041	0,0141	78
		0,18	0,0139	0,00041	0,0139	79
		0,18	0,0145	0,00041	0,0145	80
		0,19	0,0156	0,00041	0,0156	81
		0,20	0,0160	0,00041	0,0161	82
Promedio	1,0319	0,18	0,0138	0,00041	0,0138	77

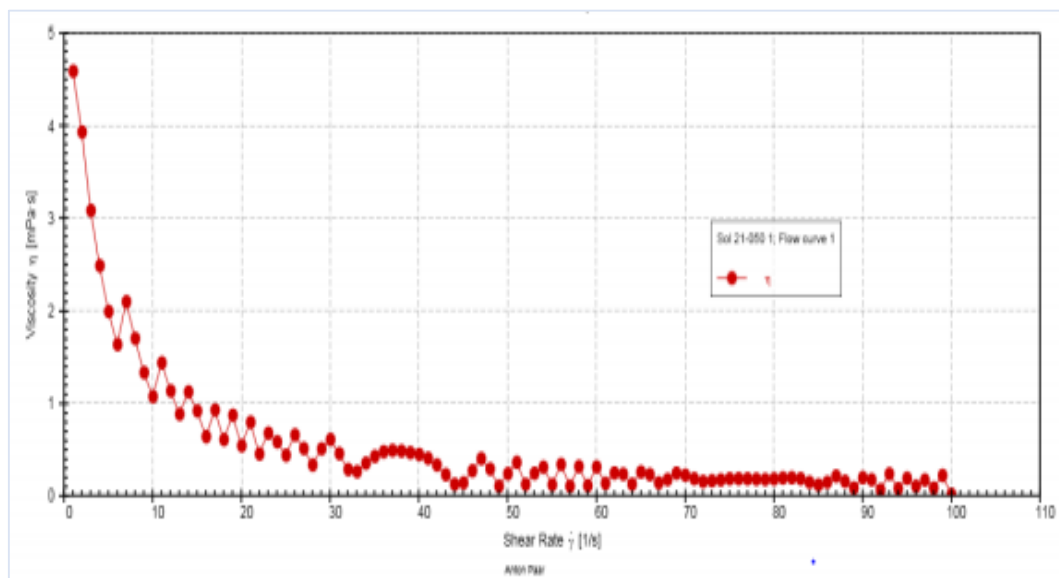
Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

En el reograma 2, se muestra la curva de flujo obtenida para este fluido, se puede ver que la relación que existe entre el esfuerzo de corte y la rapidez de deformación no es lineal en todo el intervalo que se representa, lo que indica que este fluido tiene un comportamiento no newtoniano y se puede representar por la ecuación (3) de la ley de potencia. Comparando la ecuación Constitutiva (ecuación 3) con la ecuación de ajuste de los datos experimentales se tiene que la viscosidad para este fluido es igual a  $\mu_a=0,17$  cP este valor se comparó con el de  $\mu_a=0,18$  cP obtenido empleando un Reómetro rotatorio de Anton Paar marca Type: MCR 302. Teniendo en cuenta el resultado con un valor poco significativa con un 0,01%, de la misma manera  $R^2$  nos indica el coeficiente de determinación lineal de 0,85.

**Reograma 2:** Índice de comportamiento reológico  $n$  chicha quemada con enzimas

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L., 2021

A sí mismo en la imagen 7, se puede apreciar que la viscosidad disminuye en función de la rapidez de deformación lo cual refleja un comportamiento adelgazante es decir que a mayor velocidad de deformación la viscosidad se va establecer y mantener constante  $\mu_a > \gamma$  esto indica que las enzimas ayudan a tener uniformidad en las chichas.

**Imagen 7:** Viscosidad en función de la rapidez de deformación.

Elaborado por: La CONAL reómetro Anton Paar, 2021

### 10.2.3 Resultado chicha blanca sin preparados enzimáticos.

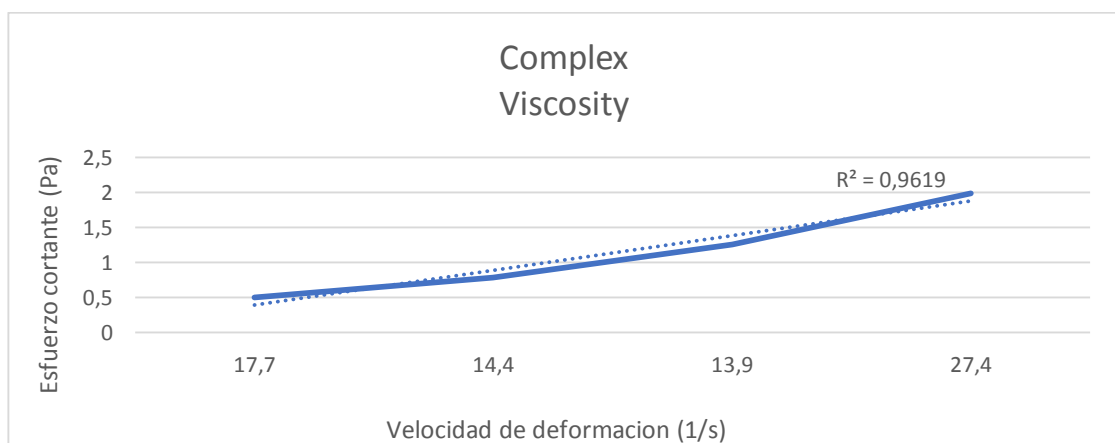
Tabla 12. Datos experimentales obtenidos para la chicha blanca sin preparados enzimáticos.

Chicha Blanca	Parámetros reológicos					
	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\mu_a$ (cP)	$k$ (Pa.s)	$n$ (Adi)	$\tau$ (Pa)	$\gamma$ (1/s)
sin preparados enzimáticos	0,9935	0,5	0,0900	0,0087	0,09312	50
		0,792	0,0818	0,0116	0,08556	50
		1,26	0,0737	0,0155	0,07832	50
		1,99	0,0667	0,0210	0,07242	50
Promedio	0,9935	1,13	0,0780	0,0142	0,0823	50

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

En el reograma 3, se muestra la curva del comportamiento de flujo obtenida para este fluido, se puede ver que la relación que existe entre el esfuerzo de corte y la rapidez de deformación no es lineal en todo el intervalo que se representa, lo que indica que este fluido tiene un comportamiento no newtoniano y se puede representar por la ecuación (3) de la ley de potencia. Comparando con la ecuación de ajuste de los datos experimentales se tiene que la viscosidad para este fluido es igual a  $\mu_a=1,14$  cP, este valor se comparó con el de  $\mu_a=1,13$  cP, obtenido empleando un Reómetro rotatorio de Anton Paar marca Type: MCR 302. Teniendo una diferencia porcentual en la viscosidad no mayor al 1%, sin embargo, tienen viscosidades que fluctúan dependiendo de la "velocidad de cizallamiento" de la sustancia, de la misma manera  $R^2$  nos indica el coeficiente de determinación lineal de 0,96.

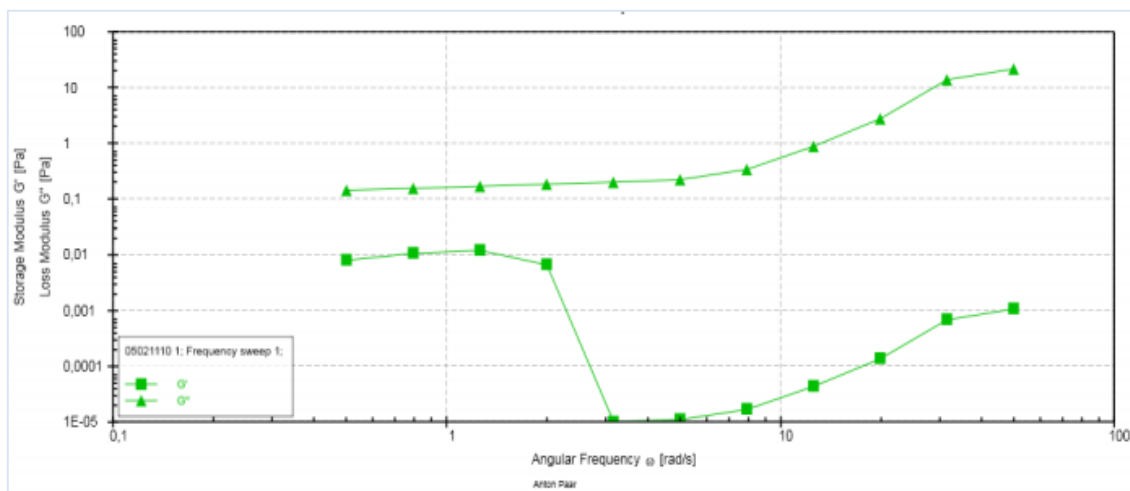
Reograma 3: Índice de comportamiento reológico  $n$  chicha blanca sin enzimas



Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

De la misma manera se puede observar en la imagen 8, que la viscosidad compleja tiene un comportamiento distinto en función a la velocidad angular de deformación del fluido, es decir que la disminución del ángulo va en la unidad del tiempo. La velocidad angular expresa la variación de la velocidad dividida por la distancia. Sin embargo, es más general y sirve en todos los casos, aun en aquellos en que la velocidad angular y la tensión de cortadura varían. La ley de la viscosidad de Newton establece que para una velocidad angular de deformación dada del fluido la tensión de cortadura es directamente proporcional a la viscosidad.

**Imagen 8:** Viscosidad compleja en función a la frecuencia angular.



Elaborado por: La CONAL reómetro Anton Paar, 2021

#### 10.2.4 Resultado chicha blanca con preparados enzimáticos

**Tabla 13.** Datos experimentales obtenidos para la chicha blanca con preparados enzimáticos.

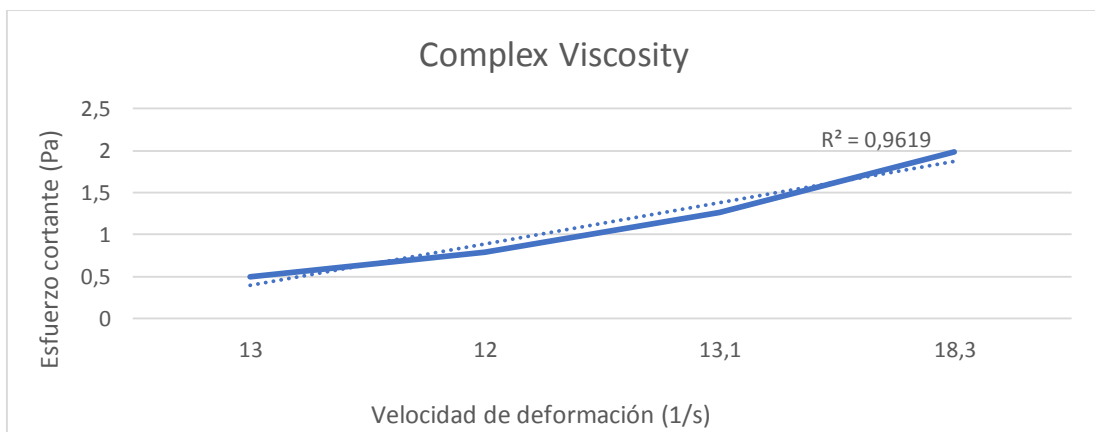
Chicha Blanca	Parámetros reológicos					
	$\rho$ ( $g/cm^3$ )	$\mu_a$ ( $cP$ )	$k$ ( $Pa.s$ )	$n$ ( $Adi$ )	$\tau$ ( $Pa$ )	$\gamma$ ( $1/s$ )
Con preparados enzimáticos	1,0124	0,5	0,1268	0,01870	0,13642	50
		0,792	0,1120	0,02400	0,12298	50
		1,26	0,1000	0,03261	0,11364	50
		1,99	0,0902	0,04698	0,10837	50
Promedio	1,0124	1,13	0,1072	0,0305	0,1203	50

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L., 2021

En el reograma 4, se muestra la curva del comportamiento de flujo obtenida para este fluido, se puede ver que la relación que existe entre el esfuerzo de corte y la rapidez de deformación no

es lineal en todo el intervalo que se representa, lo que indica que este fluido tiene un comportamiento no newtoniano y se puede representar por la ecuación (3). Comparando la ecuación Constitutiva (ecuación 3) con la ecuación de ajuste de los datos experimentales se tiene que la viscosidad para este fluido es igual a  $\mu a=2,4$  cP, este valor se comparó con el de  $\mu a=1,13$  cP, obtenido empleando un Reómetro rotatorio de Anton Paar marca Type: MCR 302, de la misma manera  $R^2$  nos indica el coeficiente de determinación lineal de 0,96.

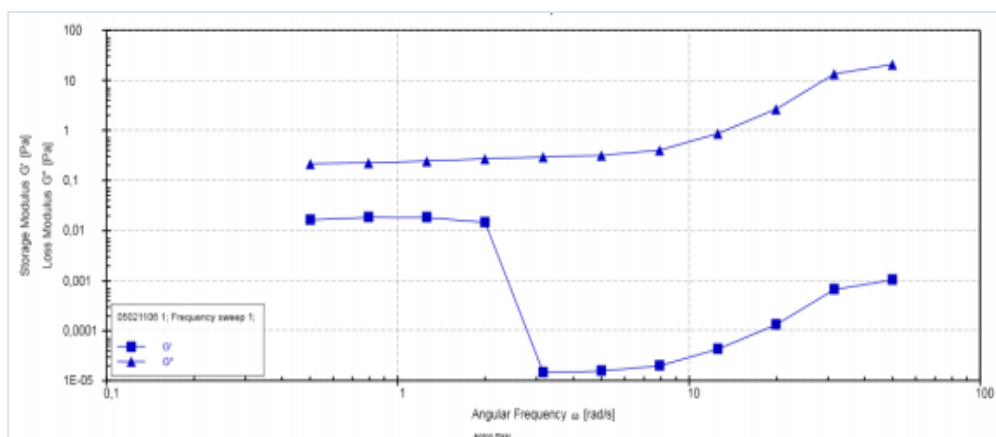
**Reograma 4:** Índice de comportamiento reológico  $n$  chicha blanca con enzimas



Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

A si mismo se puede observar en la imagen 9, que la viscosidad compleja tiene un comportamiento distinto en función a la velocidad angular de deformación del fluido, es decir que la disminución del ángulo va en la unidad del tiempo. Sin embargo, es más general y sirve en todos los casos, aun en aquellos en que la velocidad angular y la tensión de cortadura varían. La ley de la viscosidad de Newton establece que para una velocidad angular de deformación dada del fluido la tensión de cortadura es directamente proporcional a la viscosidad.

**Imagen 9:** Viscosidad compleja en función a la frecuencia angular.



Elaborado por: La CONAL reómetro Anton Paar, 2021

### 10.2.5 Resultado chicha wiwis sin preparados enzimáticos

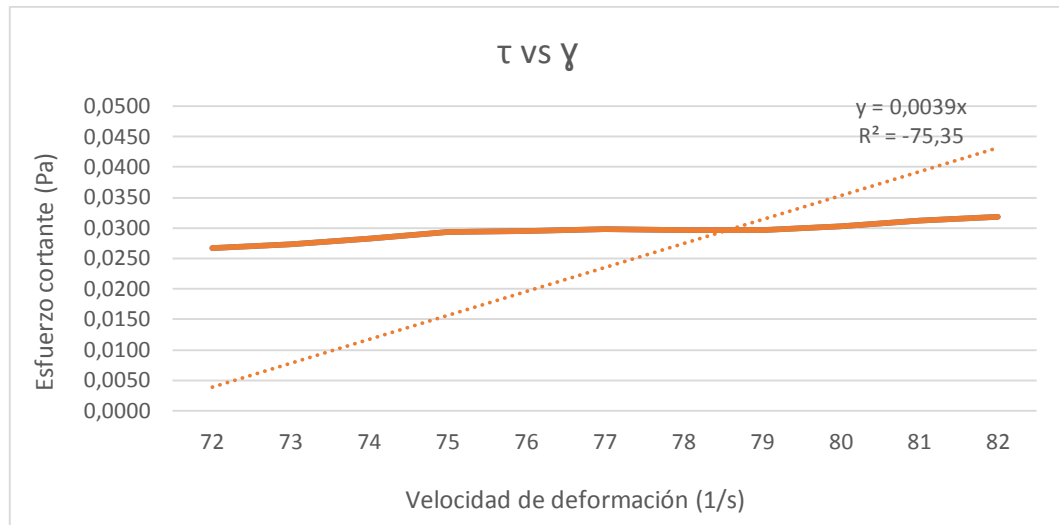
Tabla 14. Datos experimentales obtenidos para la chicha wiwis sin preparados enzimáticos.

Chicha Wiwis	Parámetros reológicos					
	$\rho$ ( $g/cm^3$ )	$\mu a$ ( $cP$ )	$k$ ( $Pa.s$ )	$n$ ( $Adi$ )	$\tau$ ( $Pa$ )	$\gamma$ ( $1/s$ )
Testigo Sin preparados enzimáticos	1,0112	0,37	0,0267	0,0004299	0,0267	72
		0,37	0,0273	0,0004299	0,0273	73
		0,38	0,0283	0,0004299	0,0283	74
		0,39	0,0293	0,0004299	0,0293	75
		0,39	0,0295	0,0004299	0,0296	76
		0,39	0,0297	0,0004299	0,0298	77
		0,38	0,0296	0,0004299	0,0297	78
		0,37	0,0295	0,0004299	0,0296	79
		0,38	0,0302	0,0004299	0,0303	80
		0,39	0,0312	0,0004299	0,0312	81
		0,39	0,0317	0,0004299	0,0318	82
Promedio	1,0112	0,38	0,0294	0,00042	0,0294	77

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L., 2021

En el reograma 5, se muestra la curva del comportamiento de flujo adimensional que es obtenida para este fluido, se puede ver que la relación que existe entre el esfuerzo de corte y la rapidez de deformación es lineal en todo el intervalo que se representa, lo que indica que este fluido tiene un comportamiento newtoniano y se puede representar por la ecuación (3). Comparando la ecuación Constitutiva (ecuación 3) con la ecuación de ajuste de los datos experimentales se tiene que la viscosidad para este fluido es igual a  $\mu a=0,382$  cP este valor se comparó con el de  $\mu a=0,382$  cP obtenido empleando un Reómetro rotatorio de Anton Paar marca Type: MCR 302. El cual nos indicó como resultado el mismo valor calculado por la ecuación (3). De estos valores se puede afirmar que el equipo utilizado arroja resultados aceptables es decir que la chicha en función de la rapidez de deformación, de la misma manera  $R^2$  nos indica el coeficiente de determinación lineal de 0,81.

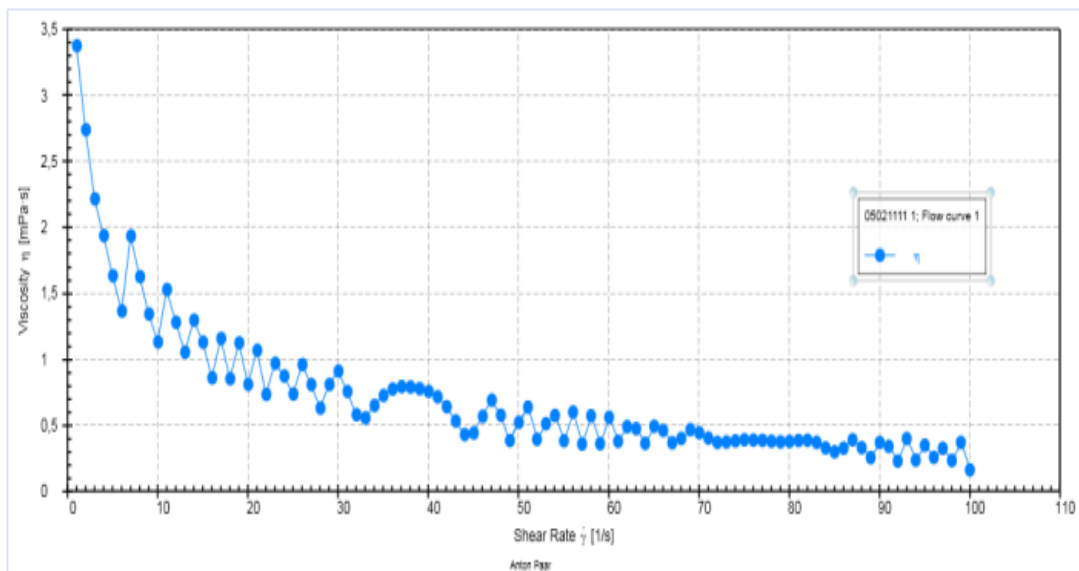
**Reograma 5:** Índice de comportamiento reológico  $n$  chicha wiwis sin enzimas



Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L., 2021

A sí mismo en la imagen 10, se puede apreciar que la viscosidad disminuye en función de la rapidez de deformación lo cual refleja un comportamiento adelgazante es decir que a mayor velocidad de deformación la viscosidad se va establecer y mantener constante  $\mu_a > \gamma$  esto indica que las enzimas ayudan a tener uniformidad en las chichas.

**Imagen 10:** Viscosidad en función de la rapidez de deformación.



Elaborado por: La CONAL reómetro Anton Paar, 2021



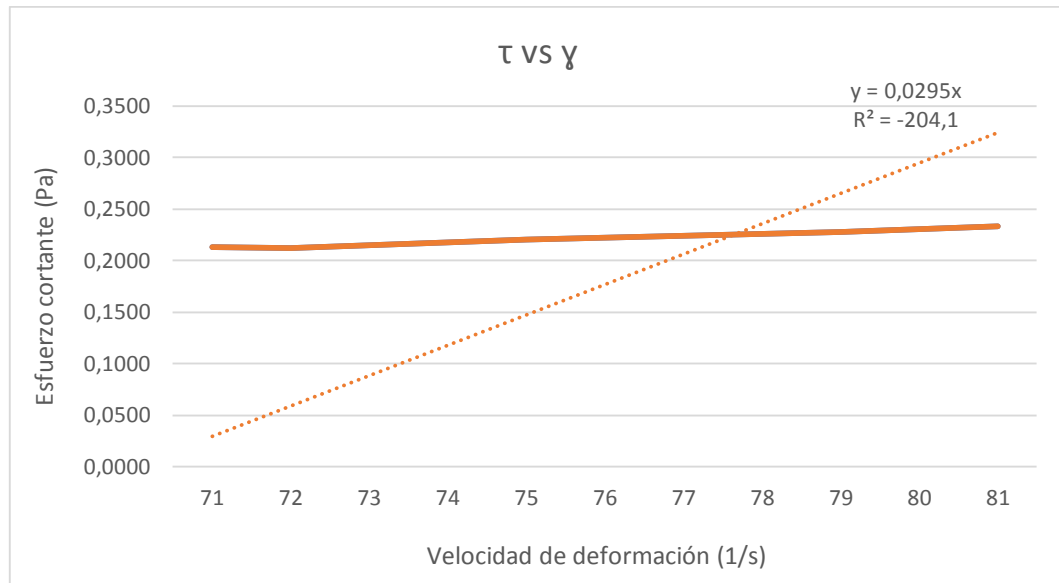
### 10.2.6 Resultado chicha wiwis con preparados enzimáticos

**Tabla 15.** Datos experimentales obtenidos para la chicha wiwis con preparados enzimáticos.

Chicha Wiwis	Parámetros reológicos					
	$\rho$ ( $g/cm^3$ )	$\mu a$ ( $cP$ )	$k$ ( $Pa.s$ )	$n$ ( $Adi$ )	$\tau$ ( $Pa$ )	$\gamma$ ( $1/s$ )
Con preparados enzimáticos	1,0280	3,00	0,2111	0,002146	0,2130	71
		2,95	0,2108	0,002146	0,2127	72
		2,95	0,2131	0,002146	0,2151	73
		2,94	0,2158	0,002146	0,2179	74
		2,94	0,2187	0,002146	0,2207	75
		2,93	0,2205	0,002146	0,2226	76
		2,92	0,2224	0,002146	0,2245	77
		2,90	0,2242	0,002146	0,2263	78
		2,89	0,2262	0,002146	0,2283	79
		2,89	0,2286	0,002146	0,2308	80
		2,89	0,2315	0,002146	0,2337	81
Promedio	1,0280	2,93	0,2203	0,00214	0,2223	76

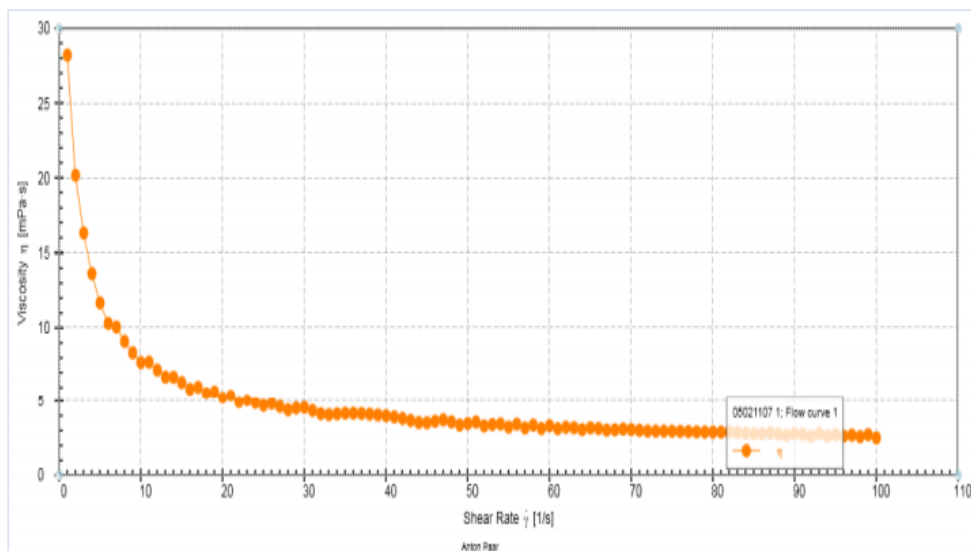
Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L., 2021

En el reograma 6, se muestra la curva del comportamiento de flujo adimensional que es obtenida para este fluido, se puede ver que la relación que existe entre el esfuerzo de corte y la rapidez de deformación no es lineal en todo el intervalo que se representa, lo que indica que este fluido no tiene un comportamiento newtoniano y se puede representar por la ecuación (3). Comparando la ecuación Constitutiva (ecuación 3) con la ecuación de ajuste de los datos experimentales se tiene que la viscosidad para este fluido es igual a  $\mu a=2,93$  cP. s este valor se comparó con el de  $\mu a=2,93$  cP obtenido empleando un Reómetro rotatorio de Anton Paar marca Type: MCR 302. El cual nos indicó como resultado el mismo valor calculado por la ecuación (3). De estos valores se puede afirmar que el equipo utilizado arroja resultados aceptables es decir que la chicha en función de la rapidez de deformación, de tal manera que se mantiene casi constante el esfuerzo cortante con la velocidad de deformación, de la misma manera  $R^2$  nos indica el coeficiente de determinación lineal de 0,80.

**Reograma 6:** Índice de comportamiento reológico  $n$  chicha wiwis con enzimas

Elaborado por: Guanoluisa, T. &amp; Lanchimba, L., 2021

A sí mismo en la imagen 11, se puede apreciar que la viscosidad disminuye en función de la rapidez de deformación lo cual refleja un comportamiento bajo es decir que a mayor velocidad de deformación la viscosidad se va establecer y mantener constante  $\mu_a > \gamma$ .

**Imagen 11:** Viscosidad en función de la rapidez de deformación.

Elaborado por: La CONAL reómetro Anton Paar, 2021

### 10.2.7 Resultado chicha de chonta sin preparados enzimáticos

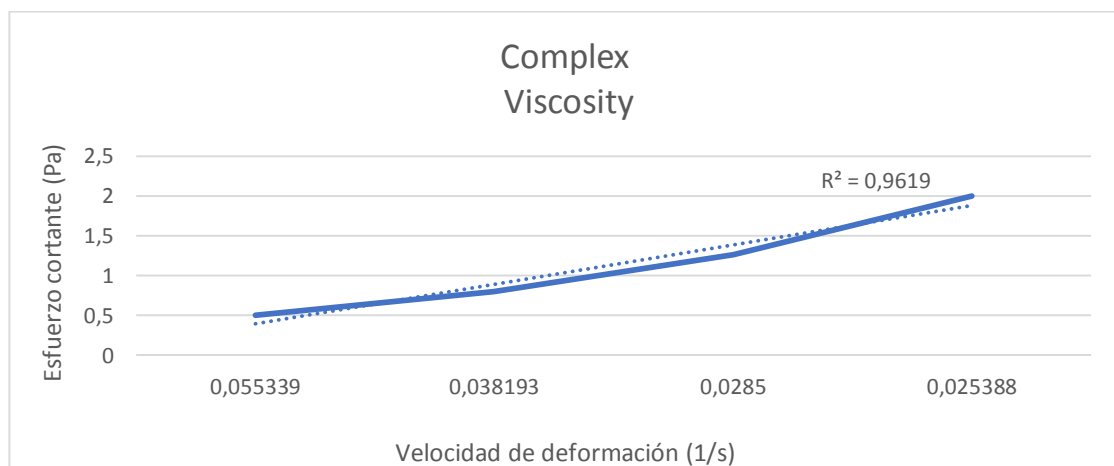
Tabla 16. Datos experimentales obtenidos para la chicha de chonta sin preparados enzimáticos.

Chicha de Chonta	Parámetros reológicos					
	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\mu_a$ (cP)	$k$ (Pa.s)	$n$ (Adi)	$\tau$ (Pa)	$\gamma$ (1/s)
sin preparados enzimáticos	1,0111	0,5	0,01048	0,000110	0,01048	50
		0,792	0,00864	0,000119	0,00865	50
		1,26	0,00961	0,000234	0,00962	50
		1,99	0,01036	0,000431	0,01038	50
Promedio	1,0111	1,13	0,0097	0,000223	0,0097	50

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

En base al índice reológico mediante el análisis de regresión entre  $\ln(2\pi N/60)$  contra  $\ln(\tau)$ , el valor de la pendiente es,  $n = 0,0097$ . Como se observa en el reograma 7, se muestra la curva del comportamiento de flujo obtenida para este fluido, lo que indica que este fluido tiene un comportamiento no newtoniano y se puede representar por la ecuación (3). Comparando la ecuación Constitutiva (ecuación 3) con la ecuación de ajuste de los datos experimentales se tiene que la viscosidad para este fluido es igual a  $\mu_a=0,19$  cP, este valor se comparó con el de  $\mu_a=1,13$  cP, obtenido empleando un Reómetro rotatorio de Anton Paar marca Type: MCR 302. Teniendo una diferencia porcentual en la viscosidad mayor al 4%, de la misma manera  $R^2$  nos indica el coeficiente de determinación lineal de 0,96.

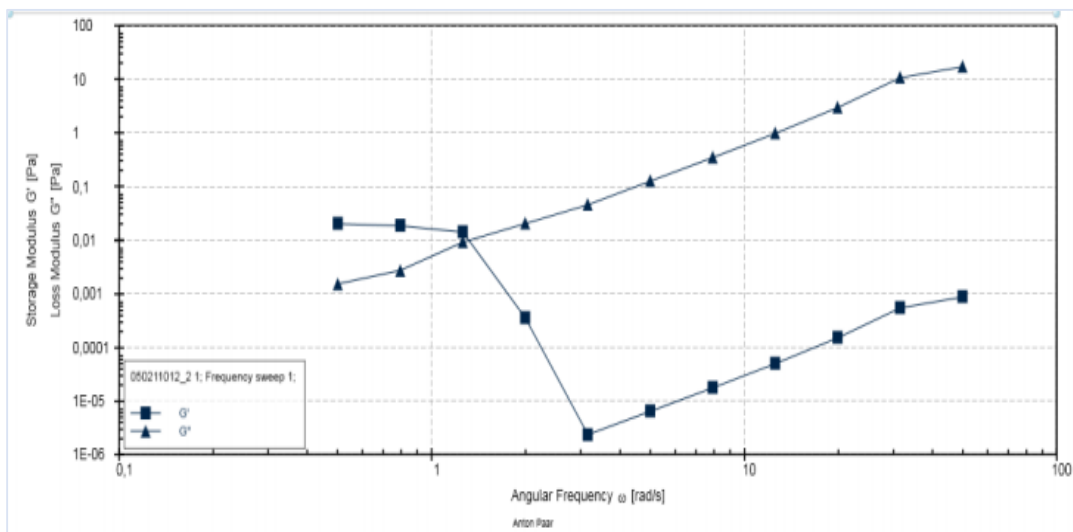
Reograma 7: Índice de comportamiento reológico  $n$  chicha de chonta sin enzimas



Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

A si mismo se puede observar en la imagen 12, que la viscosidad compleja tiene un comportamiento distinto en función a la velocidad angular de deformación del fluido, es decir que la disminución del ángulo va en la unidad del tiempo. La velocidad angular expresa la variación de la velocidad dividida por la distancia. Es decir que existe una proporcionalidad entre la tensión de cortadura y la velocidad de deformación angular de un movimiento unidimensional de un fluido.

**Imagen 12:** Viscosidad compleja en función a la frecuencia angular.



Elaborado por: La CONAL reómetro Anton Paar, 2021

### 10.2.8 Resultado chicha de chonta con preparados enzimáticos

Tabla 17. Datos experimentales obtenidos para la chicha de chonta con preparados enzimáticos.

Chicha de Chonta	Parámetros reológicos					
	$\rho$ ( $g/cm^3$ )	$\mu a$ ( $cP$ )	$k$ ( $Pa \cdot s$ )	$n$ ( $Adi$ )	$\tau$ ( $Pa$ )	$\gamma$ ( $1/s$ )
Con preparados enzimáticos	1,0207	0,5	0,0083	0,00728	0,0086	50
		0,792	0,0085	0,00012	0,0085	50
		1,26	0,0199	0,00031	0,0199	50
		1,99	0,0122	0,00059	0,0122	50
Promedio	1,0207	1,13	0,0122	0,00207	0,0123	50

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L., 2021

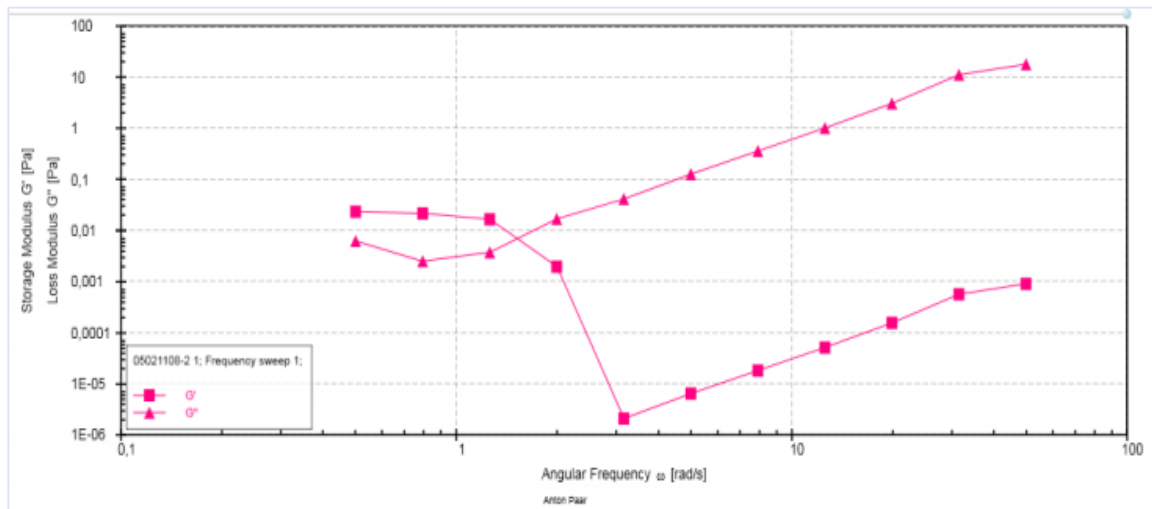
En base a los cálculos del índice de comportamiento de flujo el análisis de regresión lineal entre  $\ln(2\pi N/60)$  contra  $\ln(\tau)$ , el valor de la pendiente es,  $n = 0,00207$ , como se observa en el reograma 8, se muestra la curva del comportamiento de flujo obtenida para este fluido, se puede ver que la relación que existe entre el esfuerzo de corte y la rapidez de deformación no es lineal en todo el intervalo que se representa, lo que indica que este fluido tiene un comportamiento no newtoniano y se puede representar por la ecuación (3). Comparando la ecuación Constitutiva (ecuación 3) con la ecuación de ajuste de los datos experimentales se tiene que la viscosidad para este fluido es igual a  $\mu_a=0,24$  cP, este valor se comparó con el de  $\mu_a=1,13$  cP, obtenido empleando un Reómetro rotatorio de Anton Paar marca Type: MCR 302. Teniendo una diferencia porcentual en la viscosidad mayor al 5%, esto se debe a que en las muestras analizadas se encontró sedimentos de la chicha, de la misma manera  $R^2$  nos indica el coeficiente de determinación lineal de 0,96.

**Reograma 8:** Índice de comportamiento reológico  $n$  chicha de chonta con enzimas



Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L., 2021

A si mismo se puede observar en la imagen 13, que la viscosidad compleja tiene un comportamiento distinto en función a la velocidad angular de deformación del fluido, es decir que la disminución del ángulo va en la unidad del tiempo. La velocidad angular expresa la variación de la velocidad dividida por la distancia. Es decir que existe una proporcionalidad entre la tensión de cortadura y la velocidad de deformación angular de un movimiento unidimensional de un fluido. Ya que el factor de proporcionalidad se llama viscosidad del flujo.

**Imagen 13:**Viscosidad compleja en función a la frecuencia angular.

Elaborado por: La CONAL reómetro Anton Paar, 2021

### 10.2.9 Análisis y discusión del comportamiento reológico de las chichas de y chonta con preparados enzimáticos vs las chichas sin preparados enzimáticos.

Tabla 18. Resultados obtenidos para la comparación de las chichas con enzimas Vs. Chichas sin enzimas.

Parámetros reológicos	Bebidas ancestrales ( <i>Chichas</i> )							
	Quemada		Blanca		Wiwis		Chonta	
	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE
$\rho$ ( $g/cm^3$ )	1,0107	1,0319	0,9935	1,0124	1,0112	1,0280	1,011	1,0207
$\mu$ ( $cP$ )	1,11	0,18	1,13	1,13	0,38	2,92	1,13	1,13
$k$ ( $Pa \cdot s$ )	0,0852	0,0138	0,0780	0,1072	0,0294	0,2203	0,0097	0,0122
$n$ ( $Adi$ )	0,0009	0,0004	0,0142	0,0305	0,0004	0,0021	0,0002	0,0020
$\tau$ ( $Pa$ )	0,0855	0,0138	0,0823	0,1203	0,0294	0,2223	0,0097	0,0123
$\gamma$ ( $1/s$ )	77	77	50	50	77	76	50	50

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

10.2.10 **Discusión de densidad ( $\rho$ )**

Tabla 19. Resultados de la densidad de las chichas

Parámetros reológicos	Bebidas ancestrales ( <i>Chichas</i> )							
	Quemada		Blanca		Wiwis		Chonta	
	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,010	1,031	0,993	1,012	1,0112	1,028	1,011	1,020

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L., 2021

Las bebidas fermentadas de yuca y chonta con preparados enzimáticos presentaron valores superiores a diferencia de las chichas de yuca y chonta sin preparado enzimático detalladas en la tabla 19, como por ejemplo, en la chicha de yuca blanca con enzimas, la densidad ( $\rho$ ) es igual a 1,012 g/cm<sup>3</sup> y la chicha de yuca blanca sin enzimas la densidad ( $\rho$ ) es igual a 0,993 g/cm<sup>3</sup> respectivamente, esto se debe al preparado enzimático si influye en la característica y la composición estructural de las moléculas de sólidos de la bebida fermentada, debido a que las enzimas amiloglucosidasa y alfa-amilasa trabajan sinérgicamente para hidrolizar almidón granular en azúcares fermentables como glucosa, maltosa y oligosacáridos a una moderada temperatura y muy por debajo de la temperatura de gelatinización (Shariffa Y.N., 2008). Normalmente la hidrólisis de manera natural de los gránulos de almidón da como resultado un lento y deficiente producto de hidrólisis (Oates, 1997).

Entonces del ejemplo tomado de la densidad, la chicha de yuca blanca con enzimas es mayor que la chicha de yuca blanca sin enzimas, que se dio en el momento de la hidrólisis, además si comparamos con el análisis fisicoquímico, formaron un alto contenido de sólidos solubles que es de 13°Bx en la chicha con enzimas y 2,5°Bx en la chicha sin enzimas de yuca blanca, de igual manera (Beer, 2010) menciona que a menor densidad mayor grados alcohólicos, al igual que ocurre en nuestro resultado de análisis reológico y fisicoquímico ( $\rho$ ) igual a 1,0124g/cm<sup>3</sup> con grados alcohólicos 4,1 en la chicha blanca con enzimas y ( $\rho$ ) igual a 0,9935g/cm<sup>3</sup> con grados alcohólicos 2,2 en la chicha blanca sin enzimas. por ello los mejores resultados arrojados son las chichas con preparados enzimáticos del grupo hidrolasas, es porque las enzimas ayudan a degradar el almidón.

(Jonnathan, 2020) en su proyecto investigación sobre “estabilización de cuatro bebidas ancestrales envasadas fermentadas con kéfir y levadura” menciona que la chicha blanca presenta una densidad ( $\rho$ ) 1,0308g/cm<sup>3</sup>, la chicha quemada una densidad ( $\rho$ ) igual a 1,0333

g/cm<sup>3</sup>, la chicha wiwis una densidad ( $\rho$ ) igual a 1,0335 g/cm<sup>3</sup> y la chicha de chonta una densidad ( $\rho$ ) igual a 1,0252 g/cm<sup>3</sup> analizadas según la NTE INEN 391, lo que significa que las chichas sin enzimas comparadas con los resultados de ( *Jonnathan, 2020*) y las chichas con preparados enzimáticos tiene una densidad baja, sin embargo se ve mejor elaborar las chichas con preparados enzimáticos, debido a que las enzimas ayuda a degradar el almidón mejor que kéfir y levadura (*Tuite, 2009*).

#### 10.2.11 Discusión de viscosidad ( $\mu$ )

Tabla 20. Resultados de viscosidad de las chichas.

Parámetros reológicos	Bebidas ancestrales ( <i>Chichas</i> )							
	Quemada		Blanca		Wiwis		Chonta	
	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE
$\mu$ (cP)	1,11	0,18	1,13	1,13	0,38	2,92	1,13	1,13

Elaborado por: Guanoluísa, T. & Lanchimba, L., 2021

Según (*Espitia, 2009*), las  $\alpha$ -amilasas son enzimas licuantes, debido a su rápida acción para disminuir la viscosidad de las soluciones de almidón; reduce la viscosidad, pues rompe los enlaces alfa 1-4 al azar y forma cadenas de glucosa de distintos tamaños.

Los valores obtenidos en la tabla 20, se observó los resultados sobre la viscosidad aparente; más significativos son los tratamientos de la chicha blanca y de chonta con 1,13 cP, que presentan valores altos, a diferencia de la chicha quemada con preparados enzimáticos presentado una viscosidad más baja de 0,18 cP, y la chicha quemada sin enzimas presentando un valor de 1,11 cP, seguida por la wiwis con 2,92 cP, con presencia de enzimas y la misma chicha sin preparados enzimáticos con un valor medio de 0,38 cP.

La viscosidad aparente permite confirmar que el comportamiento de la bebida fermentada fue no Newtoniano tipo Pseudoplástico; este comportamiento indica una reorganización continua de la estructura molecular, dando como resultado una menor resistencia al flujo, debido a la presencia de sustancia de alto peso molecular como el almidón de yuca y chonta.



### 10.2.12 Discusión de índice de consistencia ( $k$ ) y comportamiento de flujo ( $n$ )

Tabla 21. Resultados de índice de consistencia ( $k$ ) y comportamiento de flujo ( $n$ ).

Parámetros reológicos	Bebidas ancestrales ( <i>Chichas</i> )							
	Quemada		Blanca		Wiwis		Chonta	
	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE
$k$ (Pa.s)	0,0852	0,0138	0,0780	0,1072	0,0294	0,2203	0,0097	0,0122
$n$ (Adi)	0,0009	0,0004	0,0142	0,0305	0,0004	0,0021	0,0002	0,0020

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L., 2021

El índice de consistencia ( $k$ ) según (Guanoluisa, 2013), menciona en su proyecto, que es una medida indirecta de la viscosidad, pero sus unidades dependen del comportamiento de flujo ( $n$ ). A medida que el índice de consistencia ( $k$ ) aumenta, el fluido se hace más espeso o viscoso, es por ello que se estableció resultados detallada en la tabla 21, donde nos indica que nuestra investigación cumple con lo mencionado (Guanoluisa, 2013), que a medida que el comportamiento de flujo ( $n$ ) aumenta, la consistencia ( $k$ ) aumenta o viceversa, son directamente proporcionales. También se puede ver la influencia enzimática como ejemplo en la chicha quemada con enzimas en el comportamiento de flujo que es de 0,0004 adimensional y su índice de consistencia es 0,0138 Pa.s, mientras que en la chicha quemada sin enzimas su comportamiento de flujo es de 0,0009 adimensional y el índice de consistencia es de 0,0852 Pa.s, en donde la chicha quemada con preparado enzimático su comportamiento de flujo es menor que el comportamiento de flujo de la chicha quemada sin enzimas, por ello el índice de consistencia de la chicha con preparado enzimático es menor y se debe a que las enzimas según (Shariffa Y.N., 2008) ayudan a degradar el almidón en azúcares fermentables, de igual manera baja su viscosidad, Lo que ocurre de igual forma con las otras chichas. Los valores de índice de comportamiento de flujo indican cómo se interrelacionan los compuestos en la bebida fermentada.

Por lo tanto, se observó que, al utilizar un preparado enzimático, la Pseudoplasticidad de las bebidas fermentadas se incrementaron. Estas bebidas fermentadas son fluidos no-newtonianos. El comportamiento del fluido se comprueba con el índice de comportamiento de flujo  $n$  (adimensional).

### 10.2.13 Discusión de esfuerzo de corte ( $\tau$ ) y velocidad de deformación ( $\gamma$ )

Tabla 22. Comparación de chichas con respecto a  $\tau$  vs  $\gamma$ .

Parámetros reológicos	Bebidas ancestrales ( <i>Chichas</i> )							
	Quemada		Blanca		Wiwis		Chonta	
	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE	SPE	CPE
$\tau$ (Pa)	0,0855	0,0138	0,0823	0,1203	0,0294	0,2223	0,0097	0,0123
$\gamma$ (1/s)	72-82	72-82	50	50	72-82	71-81	50	50

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L., 2021

Según (Laura W, & Maigua C., 2021) en su proyecto de investigación “estudio reológico de tres bebidas fermentadas de yuca (*manihot esculenta crantz*) con kéfir y levadura” especifica que las chichas fermentadas con kéfir y levadura con un valor en el esfuerzo de corte ( $\tau$ ) que es igual a 0,538034Pa con velocidad de deformación ( $\gamma$ ) de 28,49517 (1/s) en la chicha blanca, ( $\tau$ ) igual a 0,3381Pa con velocidad de deformación ( $\gamma$ ) de 178,24 (1/s) en la chicha quemada y ( $\tau$ ) igual a 0,2690Pa con velocidad de deformación ( $\gamma$ ) de 117,99 (1/s) en la chicha wiwis.

En comparación con los datos referencial de (Laura W, & Maigua C., 2021) que son chichas fermentadas con kéfir y levadura, respecto a las chichas con enzimas, datos en la tabla 22, presenciaron una gran diferencia en el esfuerzo de corte ( $\tau$ ), al igual que su velocidad de deformación ( $\gamma$ ), presentando valores menores en nuestras muestras analizadas de chichas con preparados enzimáticos, debido a que se requiere menos esfuerzo de corte ( $\tau$ ) y esto se debe a que las enzimas ablandaron en gran medida las estructuras moleculares del almidón o se rompieron las cadenas largas, formando azúcares fermentables, lo que no ocurre con el kéfir y levadura, por ser estos microorganismos utilizados para producir etanol durante la fermentación de azúcares, (Tuite, 2009) y (Chandrakant, 2000), y no más bien para hidrolizar el almidón como ocurre con las enzimas amiloglucosidasas y alfa-amilasas que son del grupo hidrolíticas y además son capaces de disminuir la viscosidad (Godfey, 2009), Mientras que en las chichas sin preparado enzimático el esfuerzo de corte ( $\tau$ ) son más bajas aun, debido a que no tienen enzimas para que se hidrolicen los almidones y estas se quedaron en el proceso de filtración por su tamaño que mide entre 15,48 a 16,5  $\mu\text{m}$  (Torruco, 2008), (Salas, 2007).

Finalmente, en consideración de todos los análisis del comportamiento reológico de las chichas de yuca y chonta con preparados enzimáticos presentan desviaciones de la ley de Newton al ser su viscosidad una función de la velocidad de deformación aplicada; debido a que la longitud de

las moléculas del fluido fue más pequeña y esto se dio durante la hidrólisis enzimática (Walters, 2000). Entonces el estudio reológico realizado en las chichas con enzimas es más factible por presentar características organolépticas y su concentración de sólidos favorables al tener un mayor contenido de azúcares y disminuir su viscosidad.

## **11 IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).**

### **11.1 Impactos técnicos**

Es importante entender si el proyecto es innovador o simplemente la continuación de un estudio, en la investigación realizada se puede afirmar que el proyecto fue innovador, en la cual el impacto técnico generado en la investigación fue el cambio en la compasión, consistencia, fluidez y características organolépticas de las chichas por el uso del preparado enzimático.

### **11.2 Impactos sociales**

Con esta investigación fue dar nuevas alternativas de negocio y emprendimiento al productor de las bebidas fermentadas, dando oportunidad para aprovechar los recursos y crear empresas agroindustriales, provocando en la población el interés por consumir estas bebidas fermentadas y así mantener las costumbres y tradiciones del pueblo.

### **11.3 Impactos ambientales**

La investigación fue influenciada por la generación de desechos producto de la elaboración de las bebidas fermentadas, que da problemas de manejo ambiental si no se maneja de manera adecuada el caso de los desechos orgánicos e inorgánicos sólidos generados.

### **11.4 Impactos económicos**

La producción de bebidas fermentadas es una tradición en nuestras comunidades, por lo general las preparan por motivos festivos, pero la introducción de una nueva tecnología que permita aumentar la durabilidad utilizando los preparados enzimáticos y el estudio reológico investigado al producto con el fin de determinar la calidad, pretende generar en el productor un interés en producir constantemente las bebidas fermentadas para abastecer el mercado local y porque no el mercado nacional, siempre y cuando haga un análisis económico inicial para determinar los costos de producción y determinar el índice de ganancia que obtendría al producir la bebida.

## 12 PRESUPUESTO

Tabla 23. Presupuesto para la elaboración del proyecto.

<b>EQUIPOS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Potenciómetro	U	1	55,00	55,00
Termómetro	U	1	20,00	20,00
Balanza analítica	U	1	500,00	500,00
Refractómetro	U	1	200,00	200,00
Plancha de calentamiento con agitador magnético	U	1	800,00	800,00
Refrigeradora	U	1	1450,00	145,00
Cronometro	U	1	5,00	5,00
<b>Subtotal</b>				<b>1725,00</b>
<b>MATERIALES Y SUMINISTROS</b>				
Vasos de precipitación de 500 mL- 800, mL, 000 mL.	U	10	3,50	35,00
Cuchillo de acero inoxidable	U	2	3,00	6,00
Ollas de acero inoxidable	U	2	15,00	30,00
Tabla de picar	U	2	5,00	10,00
Tela lienzo	M	5	1,80	9,00
Botellas de plástico	U	2	1,50	3,00
Litrero	U	5	3,00	15,00
Mortero	U	4	3,50	14,00
Maso o pistilo	U	4	2,00	8,00
Cocineta	U	1	30,00	30,00
Gas	U	1	3,00	3,00
vasija de barro	U	8	10,00	80,00
<b>Subtotal</b>				<b>243,00</b>
<b>REACTIVOS</b>				
Hidróxido de sodio al 1 %	L	2	5,00	10,00
<b>Subtotal</b>				<b>10,00</b>
<b>MATERIA PRIMA</b>				
Masato de yuca	Kg	15	1,00	15,00
Masato de chonta	Kg	4	4,00	16,00
Amiloglucosidasa	G	1	170,00	170,00
Camote	Kg	2	1,50	3,00
Hojas de achira	U	20	0,05	1,00
Agua destilada	L	20	1,00	20,00
<b>Subtotal</b>				<b>225,00</b>
<b>MATERIAL BIBLIOGRÁFICO Y FOTOCOPIAS</b>				
Copias	Ud	500	0,03	15,00
Cd con portada	Ud	3	2,25	6,75
Impresiones a laser	Ud	500	0,10	50,00

Anillados	Ud	2	1,75	3,50
Empastados	Ud	2	20,00	40,00
Escaneados	Ud	500	0,12	60,00
<b>Subtotal</b>				<b>175,25</b>
<b>GASTOS VARIOS</b>				
Internet	Horas	350	0,50	175,00
Análisis reológicos	U	8	120,00	960,00
<b>Subtotal</b>				<b>1135,00</b>
			<b>TOTAL, SUBTOTAL</b>	3513,25
			<b>15%</b>	526,98
			<b>TOTAL</b>	<b>4040,24</b>

Elaborado por: Guanoluisa, T. & Lanchimba, L.,2021

### 13 CONCLUSIONES

En la determinación de las propiedades reológicas como la densidad ( $\rho$ ) y la viscosidad aparente ( $\mu$ ) de las chichas de yuca (*Manihot Esculenta Crantz*) y chonta (*Bactris Gasipaes*) con preparado enzimático, se identificó la metodología adecuada para cada una de las chichas, como es la metodología de geometría de conos concéntricos para determinar la viscosidad aparente y la geometría de platos paralelos para determinar la viscosidad compleja con la ayuda de un Reómetro rotatorio de Anton Paar marca Type: MCR 302, en el que se determinaron las propiedades reológicas en algunos casos con precisión.

En base a los modelos matemáticos se determinó el índice de consistencia (k) y el comportamiento de flujo (n) de cada una de las muestras, y se pudo demostrar en las gráficas realizadas permitiéndonos conocer si es un fluido newtoniano o un fluido no newtoniano, en la mayoría de los casos las bebidas ancestrales se comportan como fluidos no newtonianos de tipo pseudoplástico.

En el análisis del comportamiento reológico de las chichas de yuca (*Manihot Esculenta Crantz*) y chonta (*Bactris Gasipaes*) con preparados enzimáticos, se vieron ampliamente influenciadas por las enzimas, en el que, este estudio reológico desarrollado en las bebidas ancestrales con preparados enzimáticos, dan un mejor resultado en el producto final, cambiando sus características en su fluidez y propiedades organolépticas en la suavidad y textura al paladar, por ello se ve la mejor opción para elaborar este tipo de bebidas ancestrales utilizando el preparado enzimático y sustituir el proceso de masticado en la elaboración.

## 14 RECOMENDACIONES

Se recomienda que, cuando se haga el uso de las enzimas para elaborar las chichas de yuca y chonta, en el proceso de hidrólisis, mantener a una temperatura de 65°C a 75°C durante todo el tiempo de hidrólisis, debido a que estas temperaturas son ideales para que las enzimas actúen de mejor manera, pero, si aumenta la temperatura de los 75°C el almidón se gelatiniza y las enzimas no actúan por que tienden a inactivarse.

Es recomendable, cuando se elabore chicha, hidrolizarlas con preparados enzimáticos y utilizar un tipo de estabilizante para homogenizar la mezcla y permita el estudio reológico con datos exactos.

Para tener un mejor resultado en la calidad de las chichas, se aconseja realizar una filtración y una microfiltración.

## 15 Bibliografía

- Aguirre García, A. (2019). Enzimas biotecnológicas y su aplicación a la industria alimentaria (1st ed., Vol. 1). . Obtenido de montaña cámara Hurtado. 4: <http://147.96.70.122/web/tfg/tfg/memoria/almudena%20aguirre%20garcia.pdf>
- Agustín. (2005). Apuntes de física general. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México – Facultad de estudios Superiores Acatlán: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>
- Alderman. (2004). Non-Newtonian fluids. Obtenido de Guide to classification and characteristics”. (3rd ed., Vol. 2):. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>
- Alvarado. (1996 ). Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. . Quito, Ecuador: OEA-PRDCT.Radio Comunicaciones. División de Artes Recuperado el 15 de marzo de 2021, <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>.
- BEDÓN, G. D. (2013). Estudio técnico-económico para la obtención de alcohol a partir. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1173/1/T-UCE-0017-35.pdf>
- Beer, B. (2010). Instructivo de calculo de densidad graduacion alcohol. Obtenido de [https://barbonbeercompany.com/img/cms/pdf/instructivo\\_calculo\\_densidad.pdf](https://barbonbeercompany.com/img/cms/pdf/instructivo_calculo_densidad.pdf)
- Bourne, M. (2002). Food texture and viscosity: Concept and measurement. Obtenido de Food Science and Technology, International Series (2nd ed., Vol. 1): <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>
- Chandrakant, P. B. (2000). Simultaneous bioconversion of glucose and xylose to etanol by *saccharomyces cerevisiae* in the presence of xylose isomerase. Obtenido de Applied microbiology and biotechnology: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8209/tesis206.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Córdova J et al. (2017). Caracterización reológica de una bebida elaborada con *Chenopodium quinoa* Willd., *Glycine max* L. Y *Amaranthus caudatus* L. “quinua, soya y kiwicha” y *Stevia rebaudiana bertonii* *estevia*. *peú* : citado 17 mar. 2021];19(1): 9-2. Available from: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/13619>.
- Darlington. (2021). Articulos de fluidos no Neutonianos. Obtenido de <http://www.adareng.com/es/articulo/trasvase-de-fluidos-no-newtonianos/n-4>



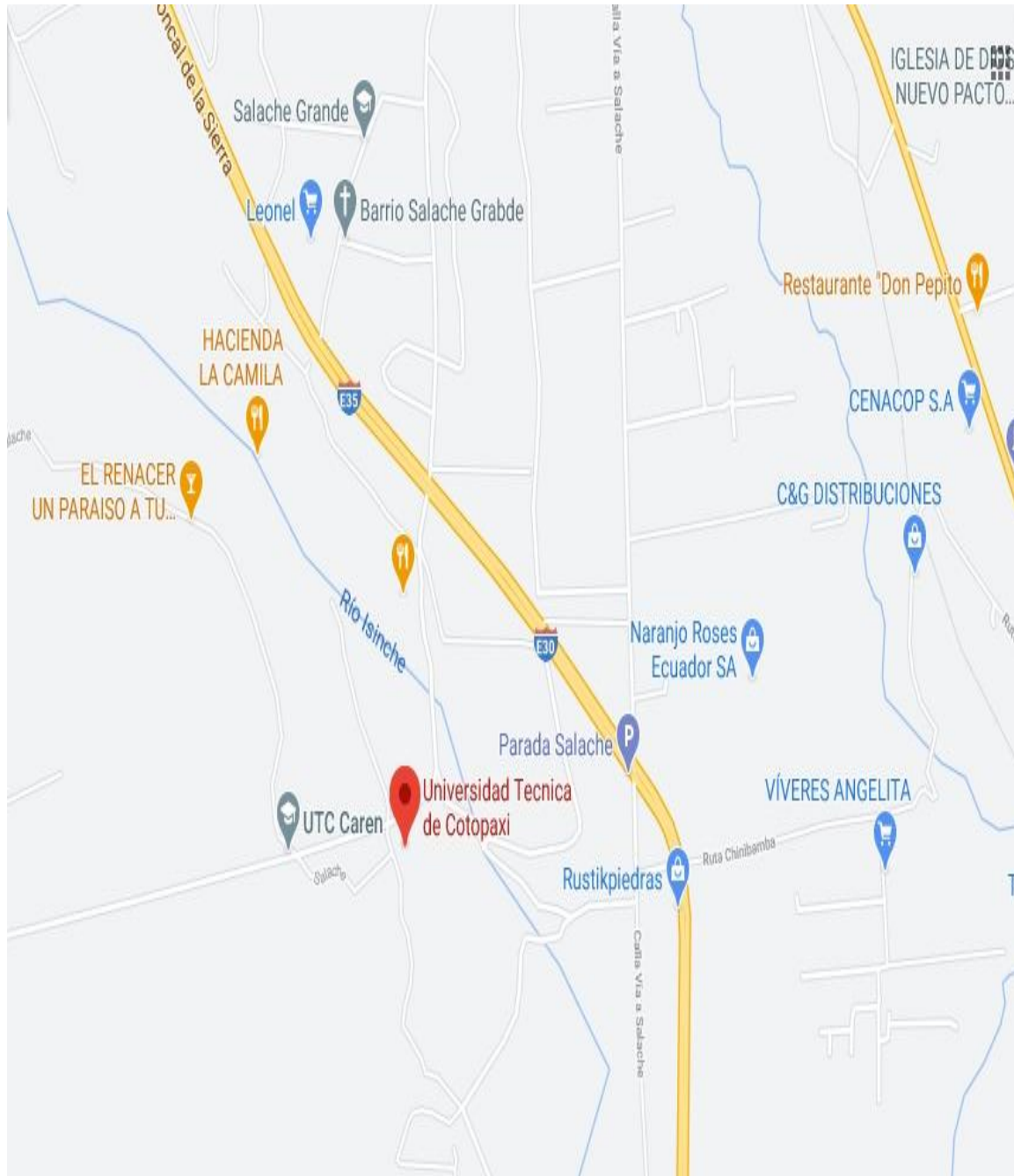
- Duarte. (2013). Reología. Obtenido de Introducción a la mecánica de Fluidos.:  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>
- Espitia, R. C. (2009). Producción de etanol a partir de cebada no malteada hidrolizada con  $\alpha$  y  $\beta$  amilasas comerciales. *Scielo Universitas Scientiarum*, 14(2), 164-172.
- FAO. (2006). El mercado de almidón añade valor a la yuca. Santiago de Chile: Recuperado el 08 de marzo 2021, <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0610sp1.htm>.
- García Quesada, J. (2008). *TEMA 5. Técnicas reométricas. Reología* .
- Garza, S. I. (2001). Reología del cremogenado industrial de melocotón y sus concentrados. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>
- Godfrey, T. R. (2009). The applications of enzymes in industry. Obtenido de The Nature Press. USA.:  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8209/tesis206.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gonzáles. (2009). Especialidad Mecánica. Obtenido de Diseño mecánico de un equipo para medida de la viscosidad en fluidos no newtonianos.:  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>
- González. (2002). Inmovilización de bacterias proteolíticas y amilolíticas provenientes de agua residual. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8209/tesis206.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guanoluisa, A. N. (2013). Determinación de parámetros reológicos . Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>
- Ibarz. (2006). Rheological behavior of apple juice and pear juice and their concentrates. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>
- Irving. (1995). *Mecánica de Fluidos*. 3ra.ed.
- Jonnathan, P. A. (2020). Chichas de chonta y yuca blanca quemada y wiwis. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6697/1/PC-000876.pdf>
- Navas, J. (2006). Introducción a la reología de los alimentos.
- Oates. (1997). Towards an understanding of starch granule structure and hydrolysis. Obtenido de Trends in food science and technology:  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8209/tesis206.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ordoño, K. C. (2016). Efecto de la hidrólisis enzimática y la pasteurización. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3294/IAceork02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pedroza. (2014). Producción de la amilasa termo estable a partir de *Termus* sp. . Obtenido de Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ciencias. Microbiología Industrial. Bogotá, Colombia. 18-19p: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8209/tesis206.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pierce. (2015). Rheological Measurements. En J. W. & Sons. volumen 2.
- Ramírez. (2006). Introducción a la Reología de los alimentos. Obtenido de Universidad del Valle, Cali – Colombia.: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>
- Reinchelt, G. y. (2014). Estudio de la Hidrólisis Enzimático. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8209/tesis206.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salas, J. C. (2007). Morphological Characterization of Native Starch Granule: Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n27/n27a7.pdf>
- Shariffa Y.N., K. A. (2008). Enzymatic hydrolysis of granular native and mildly heat-treated tapioca and sweet potato starches at sub gelatinization temperature. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8209/tesis206.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torrucó, G. (2008). Caracterização físico-química de amidos de tubérculos cultivados em Yucatán, México. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/cta/a/bfmq3pzqmp33pwhsynjk9yf/?lang=es>
- Tovar. (2010). Evaluación de las propiedades reológicas de pulpas de frutas y productos derivados en una planta procesadora de jugos. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>
- Tuite, M. O. (2009). *Saccharomyces cerevisiae*. Obtenido de Editorial plenum press. New York. 100-120 p: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8209/tesis206.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Woyzechowsky. (2016). Estudio reológico. Obtenido de “Estudio de reología y transformación del almidón de maíz en un reómetro capila.: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>

Zhongying, W. a. (2013). Casson Rheological Model in Drilling Fluid Mechanics. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>

## 16 ANEXOS

## Anexo 1



Fuente: <https://www.google.com/maps/search/latacunga+/@0.0819519,-77.2607643,1>

**Anexo 2. Hoja de vida tutora****CURRICULUM VITAE****TRÁVEZ CASTELLANO ANA MARICELA**

CÉDULA DE IDENTIDAD: 0502270937

FECHA DE NACIMIENTO: 06 de Abril de 1983

LUGAR DE NACIMIENTO: Cotopaxi / Latacunga

ESTADO CIVIL: Casada

TELÉFONOS: 0987204886

DIRECCIÓN DOMICILIO: Pujili - S/N y Rafael Villacis y Urb. Marco Antonio Guzmán

CORREO ELECTRÓNICO: ana.travez@utc.edu.ec / animariuxy83@hotmail.com

EN CASO DE EMERGENCIA CONTACTARSE CON: Alonso Trávez (0987265684) o Hernán Castro (0991550992).

**ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS**

<b>NIVEL</b>	<b>TÍTULO OBTENIDO</b>	<b>FECHA DE REGISTRO EN EL CONESUP</b>	<b>CÓDIGO REGISTRO CONESUP</b>
TERCER	Ingeniera en Alimentos	2005-04-03	1010-07-743350
CUARTO	Magister en Gestión de la Producción Agroindustrial	2014-07-31	1010-14-86050240

**HISTORIAL PROFESIONAL**

FACULTAD EN LA QUE LABORA: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

CARRERA A LA QUE PERTENECE: Agroindustrias

ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CÚAL SE DESEMPEÑA: Administración; Educación Comercial y Administración Ingeniería, Industria y Construcción; Industria y Producción.

PERÍODO ACADÉMICO DE INGRESO A LA UTC: 09 de Mayo del 2004

## Anexo 3

**CURRICULUM VITAE****GUANOLUISA ATABALLO TANIA MIREYA**

CÉDULA DE IDENTIDAD:	0503995904
FECHA DE NACIMIENTO:	23 de marzo de 1995
LUGAR DE NACIMIENTO:	Cotopaxi / Latacunga
ESTADO CIVIL:	Soltero
TELÉFONOS:	0987089503
DIRECCIÓN DOMICILIO:	Belisario Quevedo (Barrio La Merced)
E-MAIL:	<a href="mailto:mirey_princess@hotmail.com">mirey_princess@hotmail.com</a> <a href="mailto:tania.guanoluisa5904@utc.edu.ec">tania.guanoluisa5904@utc.edu.ec</a>

**ANTECEDENTES ACADÉMICOS**

<b>Educación Superior:</b>	Universidad Técnica de Cotopaxi Ingeniería Agroindustrial (decimo Ciclo)
<b>Idiomas:</b>	Suficiencia en ingles B1
<b>Educación Secundaria:</b>	Instituto Tecnológico Superior “Victoria Vásconez Cuvi” TÍTULO ADQUIRIDO Bachiller en Químico Biólogo
<b>Educación Primaria:</b>	Escuela Fiscal “Luis Felipe Chávez”

**CURSOS Y SEMINARIOS REALIZADOS**

- II Congreso Internacional de Agroindustrias  
Universidad Estatal Amazónica
- Seminario en línea Sobre la Aplicación de los Mucílagos en el Sector Agroalimentario  
Universidad Técnica de Cotopaxi
- Congreso de Técnicas y Procesos para la Elaboración del Cuero  
Asociación Nacional de Curtidores del Ecuador (ANCE)

## Anexo 4

**CURRICULUM VITAE****LANCHIMBA AIGAJE LUIS ALFREDO**

**DIRECCIÓN DOMICILIO:** Cayambe – Cangahua  
 (Barrio Milagro)  
**CÉDULA DE IDENTIDAD:** 1725966939  
**FECHA DE NACIMIENTO:** 23 de abril de 1993  
**LUGAR DE NACIMIENTO:** Pichincha – Cangahua  
**ESTADO CIVIL:** Soltero  
**TELÉFONOS:** 0939736834  
**E-MAIL:** [alfre.aigaje@gmail.com](mailto:alfre.aigaje@gmail.com)  
[luis.lanchimba6939@utc.edu.ec](mailto:luis.lanchimba6939@utc.edu.ec)

**ANTECEDENTES ACADÉMICOS**

**Educación Superior:** Universidad Técnica de Cotopaxi  
 Ingeniería Agroindustrial  
 (decimo Ciclo)  
**Idiomas:** Suficiencia en ingles B1  
**Educación Secundaria:** Unidad educativa intercultural bilingüe  
 UNEIB “29 de Octubre”  
**TÍTULO ADQUIRIDO**  
 Bachiller en Ciencias Generales  
**Educación Primaria:** UNEIB “29 de Octubre”

**CURSOS Y SEMINARIOS REALIZADOS**

- Seminario en línea Sobre la Aplicación de los Mucílagos en el Sector Agroalimentario Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Congreso de Técnicas y Procesos para la Elaboración del Cuero Asociación Nacional de Curtidores del Ecuador (ANCE).
- Cursos prácticos de Panadería y pastelería.

## Anexo 5. Aval del Traductor



### AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“ESTUDIO REOLÓGICO DE LAS CHICHAS DE YUCA (*MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*) Y CHONTA (*BACTRIS GASIPAES*) CON PREPARADOS ENZIMÁTICOS”** presentado por: **GUANOLUISA ATABALLO TANIA MIREYA Y LANCHIMBA AIGAJE LUIS ALFREDO**, egresados de la Carrera de: **AGROINDUSTRIA**, perteneciente a la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Agosto del 2021

Atentamente,

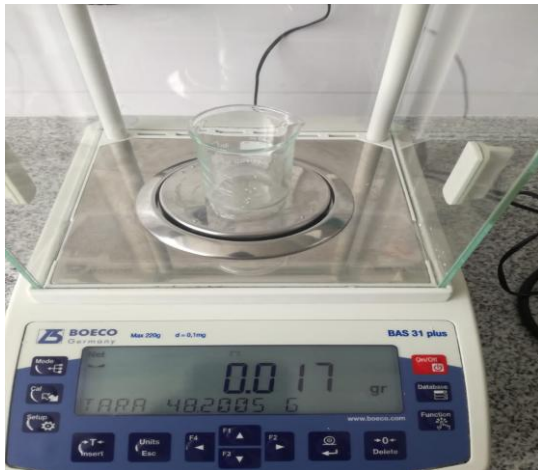
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'B. Cevallos G.', is written over a horizontal line.

**Bolívar Maximiliano Cevallos Galarza.**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI: 0910821669**





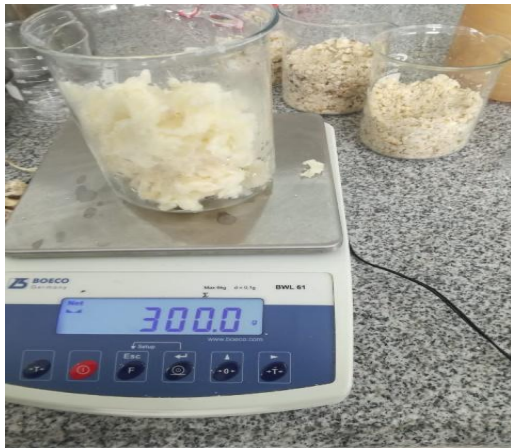
**Anexo 6:** Fotografías del proceso de elaboración de las chichas y análisis reológico.**Fotografía 1:** Enzimas comerciales**Fotografía 2:** Materiales**Fotografía 3:** Proceso de quemado**Fotografía 4:** Raspado**Fotografía 5:** lavado de yuca**Fotografía 6:** Formación del hongo rojo



**Fotografía 7:** Pesado de enzimas



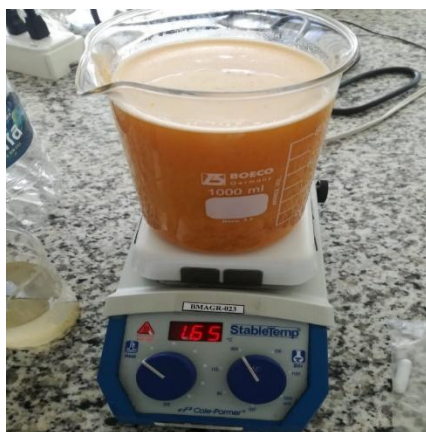
**Fotografía 8:** Triturado de yuca



**Fotografía 9:** Pesado de masato



**Fotografía 10:** Adición de enzimas



**Fotografía 11:** Hidrolisis



**Fotografía 12:** Tratamientos





**Fotografía 13:** Tamizado de chichas



**Fotografía 14:** Control de °Brix



**Fotografía 15:** Control de Ph



**Fotografía 16:** Control de acidez



**Fotografía 17:** Equipo Anton Para



**Fotografía 18:** Lectura de muestras

## Anexo 7. Resultados de análisis reológicos



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA  
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

0000460

## CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 21-050		R0119-02				
Solicitud N°: 21-050		Pág. 1 de 4				
Fecha recepción: 14 de julio de 2021		Fecha de ejecución de ensayos: 16 al 22 de julio de 2021				
<b>Información del cliente:</b>						
Empresa:	C.I.BUC:	050995004				
Representante: Tania Néicya Gamalindo Ataballa	Tel:	0988402112				
Dirección: Dir: Latacunga-BelisarioQuevedo	Email:	tania.gamalinda9904@uta.edu.ec				
Ciudad:						
<b>Descripción de las muestras:</b>						
Producto: Chicha	Peso:	200ml				
Marca comercial: n/a	Tipo de envase:	Envase de plástico				
Lote: n/a	Nº de muestras:	ocho				
P. Sib.: n/a	F. Exp.:	n/a				
Conservación: Ambiente: Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab.:	10 días				
Cierre seguridad: Ninguno: Intactos: x: Rotos:	Muestras por el cliente:	14 de julio de 2021				
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/ Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Chicha de yuca quemada con preparados comerciales. 14	05021105	Ninguno	REOMETRO Índice de consistencia	Método interno	Pa.s	0,0138
			REOMETRO Índice de comportamiento de flujo	Método interno	Adimensional	0,00041
			REOMETRO Caracterización del esfuerzo de deformación (1)	Método interno	Pa	0,0138
			REOMETRO Velocidad de deformación (2)	Método interno	1/s	72-82
			Viscosidad, Rotación	ISO 31	m.Pa.s	0,1789
			Densidad, Volumen	ISO 129	g/cm <sup>3</sup>	1,0319





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA**  
**LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS**

Certificado No: 21-050						Pág.: 3 de 4	
Chicha de yuca quemada sin preparados enzimáticos. (4)	05021109	Ninguno	REOMETRO	Índice de consistencia	Método Interno	Pa.s	0,0852
			REOMETRO	Índice de comportamiento de flujo	Método Interno	Adimensional	0,00985
			REOMETRO	Cuantificación del esfuerzo de deformación (1)	Método Interno	Pa	0,0855
			REOMETRO	Velocidad de deformación (1)	Método Interno	1/s	72-82
			Viscosidad, Rotación	USP 31	m.Pa.s	1,11	
			Densidad, Volumétrica	ISO 319	g/cm <sup>3</sup>	1,0107	
Chicha de yuca blanca sin preparados enzimáticos. (1)	05021110	Ninguno	REOMETRO	Índice de consistencia	Método Interno	Pa.s	0,0780
			REOMETRO	Índice de comportamiento de flujo	Método Interno	Adimensional	0,0142
			REOMETRO	Cuantificación del esfuerzo de deformación (1)	Método Interno	Pa	0,0823
			REOMETRO	Velocidad de deformación (1)	Método Interno	1/s	50
			Viscosidad Compleja, Rotación	USP 31	Pa.s	1,1355	
			Densidad, Volumétrica	ISO 319	g/cm <sup>3</sup>	0,9935	
Chicha de yuca blanca sin preparados enzimáticos. (1)	05021111	Ninguno	REOMETRO	Índice de consistencia	Método Interno	Pa.s	0,0294
			REOMETRO	Índice de comportamiento de flujo	Método Interno	Adimensional	0,000429
			REOMETRO	Cuantificación del esfuerzo de deformación (1)	Método Interno	Pa	0,0294
			REOMETRO	Velocidad de deformación (1)	Método Interno	1/s	72-82
			Viscosidad, Rotación	USP 31	Pa.s	0,3819	
			Densidad, Volumétrica	ISO 319	g/cm <sup>3</sup>	1,0112	







**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA**  
**LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS**

Certificado No: 21-050					Pág. 4 de 4	
Chicha de chonta de preparados comerciales. c)	05021112	Ninguno	REOMETRO Índice de consistencia	Método Interno	Pa.s	0,0097
			REOMETRO Índice de comportamiento de flujo	Método Interno	Adimensional	0,000223
			REOMETRO Caracterización del esfuerzo de deformación (c)	Método Interno	Pa	0,00978
			REOMETRO Velocidad de deformación (c)	Método Interno	1/s	50
			Viscosidad Compleja Bastilla	ISO 31	Pa.s	1,1355
			Densidad Volumétrica	ISO 149	g/cm <sup>3</sup>	1,0111
Condi. Ambientales: 17,9°C; 59,6%HR Nota: a) Errores realizados en el equipo Reómetro Amon.Paar.Austria, Type:MCR 502, N° 81681174 b) Geometría utilizada :CC27 tipo cilindro concéntrico. c) Geometría utilizada: PP25 tipo plato paralelo Software utilizado: RheoCompass TM The navigation tool for Rheology Versión 1.13.445 Se anexa los cálculos y gráficos, 12 hojas.						
 <b>Ing. Gladys Risoño</b> Directora de Calidad						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: SI Fecha de emisión del certificado: 23 de julio de 2021						

Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones establecidas. El laboratorio no respalda ni garantiza la exactitud de los datos de la muestra suministrada por el cliente.  
 El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de sus servicios. No es un documento negociable. Solo se permite la reproducción de fines de forma y haciendo referencia a la fuente.

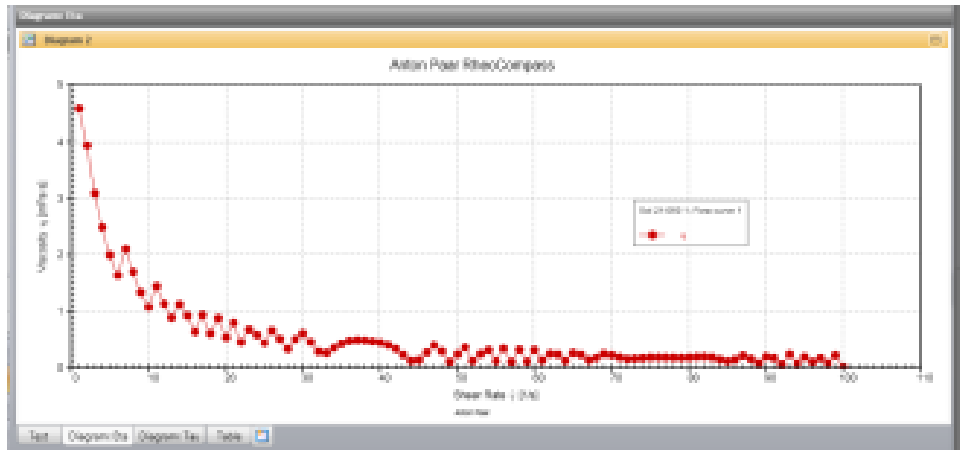
"Se informa que por ser un servicio de confianza, exclusivamente para su información, y no puede ser vendido. El contenido de este documento constituye información confidencial. Acreditamos a cada laboratorio con precisión y una adecuada gestión procesal y técnica".



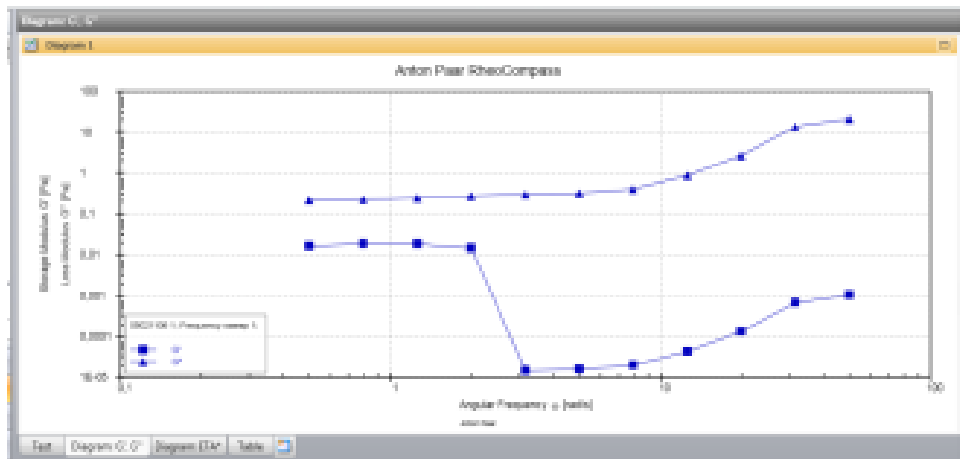
**Anexo 8.** Gráficas propias del reómetro rotatorio Anton Paar.

 <b>LACONAL</b> Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos	<b>ANEXO</b>	
	<b>Solicitud N° 21-050</b>	
	Hoja 9 de 12	

05021105

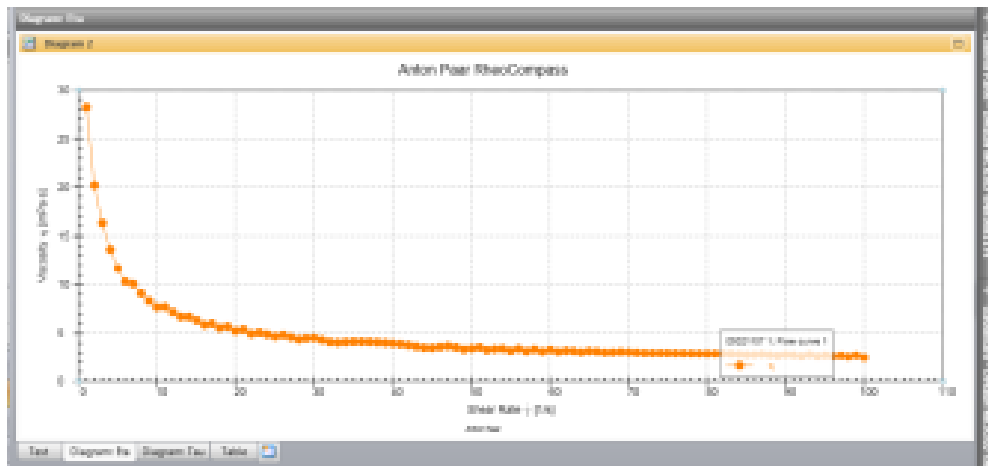


05021106

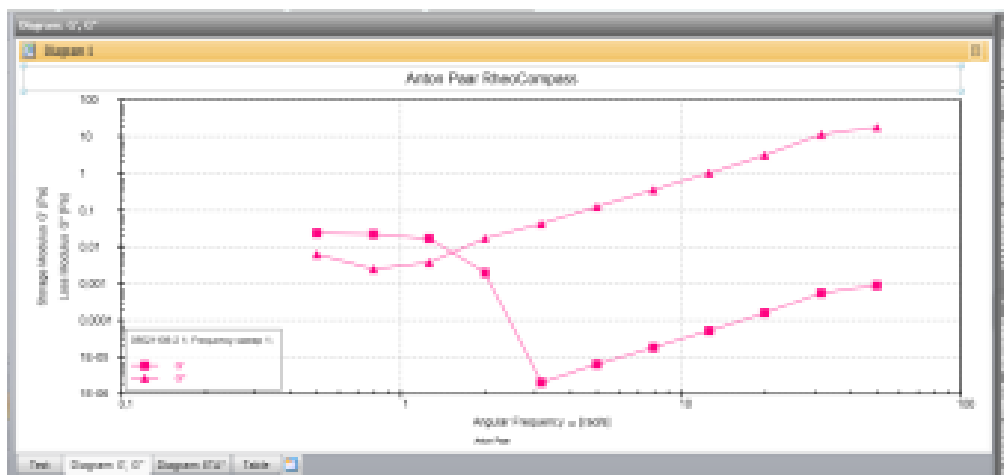


 <b>LACONAL</b> Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos	<b>ANEXO</b>	
	<b>Solicitud N° 21-050</b>	
	Hoja 10 de 12	

05021107



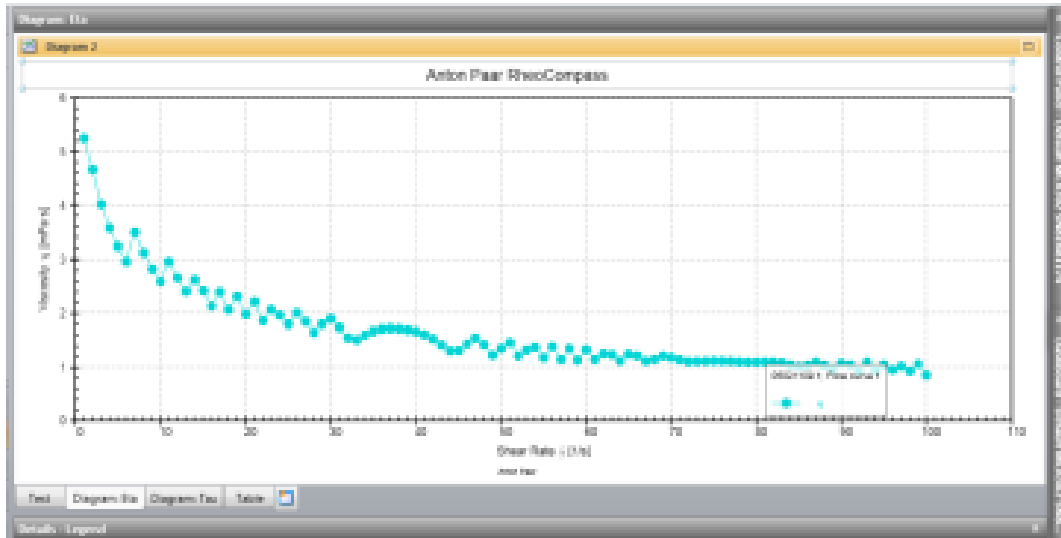
05021108



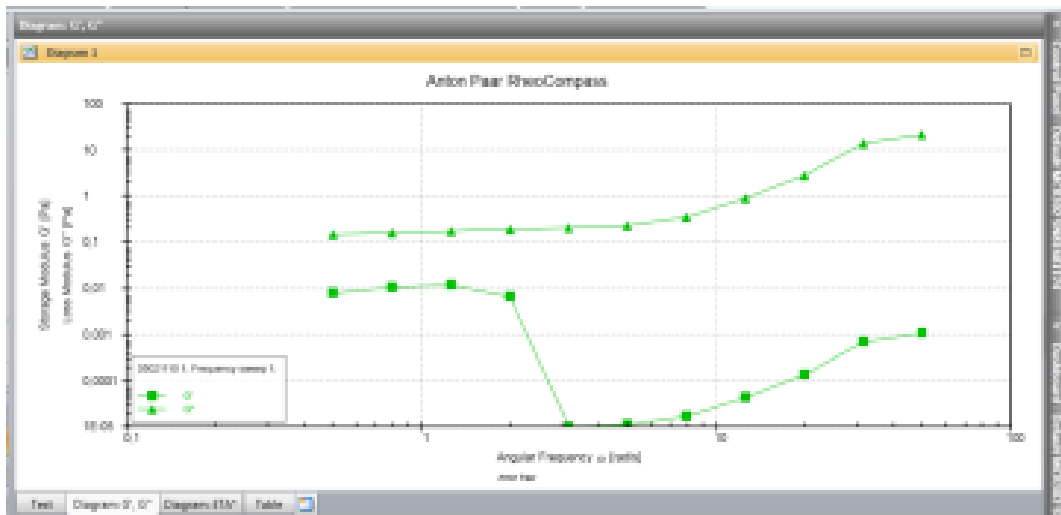


 <b>LACONAL</b> Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos	<b>ANEXO</b>	
	<b>Solicitud N° 21-050</b>	
	Hoja 01 de 12	

05021109

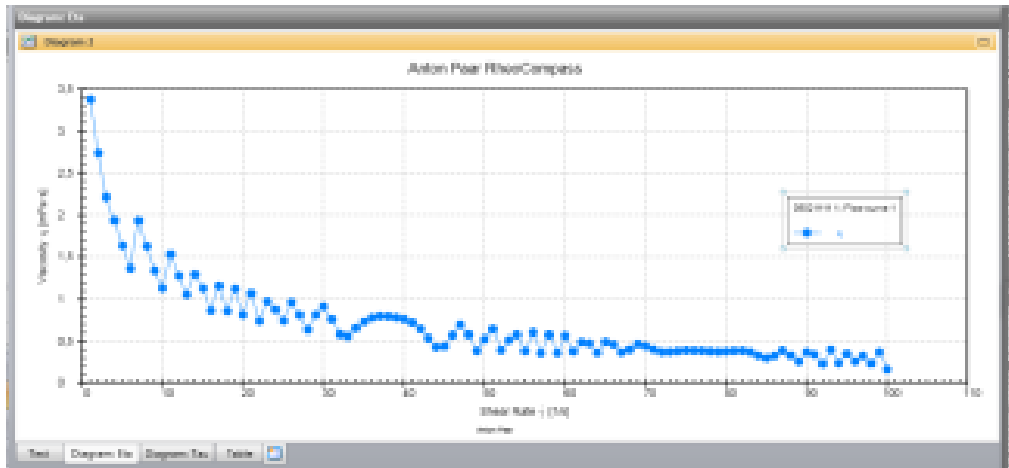


05021010

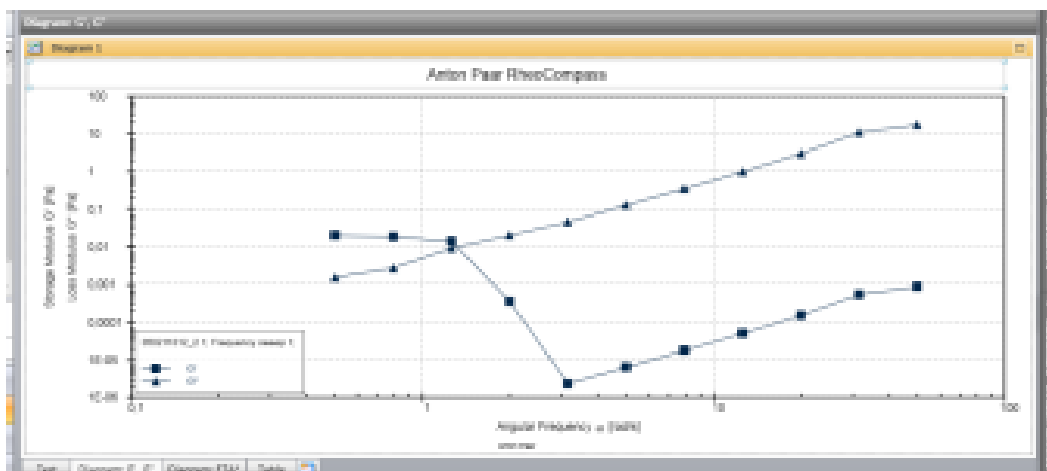


 <b>LACONAL</b> Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos	<b>ANEXO</b>	
	<b>Solicitud N° 21-050</b>	
	Hoja 12 de 12	

05021111



05021112



Anexo 9. Norma INEN 2262 2013

---



Quito – Ecuador

**NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA**

**NTE INEN 2262**

Primera revisión  
2013-11

**BEBIDAS ALCOHOLICAS. CERVEZA. REQUISITOS**

ALCOHOLIC BEVERAGES. LIQUORS. REQUIREMENTS

---

Correspondencia:

---

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos

REQUISITOS	UNIDAD	MINIMO	MAXIMO	METODO DE ENSAYO
Contenido alcohólico a 20° C	% (v/v)	1,0	10,0	NTE INEN 2322
Acidez total, expresado como ácido láctico	% (m/m)	-	0,3	NTE INEN 2323
Carbonatación	Volúmenes de CO <sub>2</sub>	2,2	3,5	NTE INEN 2324
pH	-	3,5	4,8	NTE INEN 2325
Contenido de hierro	mg/dm <sup>3</sup>	-	0,2	NTE INEN 2326
Contenido de cobre	mg/dm <sup>3</sup>	-	1,0	NTE INEN 2327
Contenido de zinc	mg/dm <sup>3</sup>	-	1,0	NTE INEN 2328
Contenido de arsénico	mg/dm <sup>3</sup>	-	0,1	NTE INEN 2329
Contenido de plomo	mg/dm <sup>3</sup>	-	0,1	NTE INEN 2330

TABLA 2. Requisitos microbiológicos

REQUISITOS	UNIDAD	Cerveza pasteurizada		METODO DE ENSAYO
		MÍNIMO	MÁXIMO	
Microorganismos Anaerobios	ufc/cm <sup>3</sup>	-	10	NTE INEN 1 529-17
Mohos y levaduras	up/cm <sup>3</sup>	-	10	NTE INEN 1 529-10

## Anexo 10. Norma NTE INEN 349



CDU: 663.5

AL 04.02-310

Norma Técnica Ecuatoriana	BEBIDAS ALCOHOLICAS DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA	INEN 349 1978-03
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJ ETO</b></p> <p><b>1.1</b> Esta norma tiene por objeto establecer el método de arbitraje para determinar la densidad relativa en bebidas alcohólicas.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. TERMINOLOGIA</b></p> <p><b>2.1</b> Densidad relativa. Es la relación por cociente entre la densidad de una bebida alcohólica y la densidad del agua destilada, consideradas ambas a la misma temperatura.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. RESUMEN</b></p> <p><b>3.1</b> Determinar la densidad relativa a 20° / 20° C por relación entre la masa de una muestra analizada y la masa de agua destilada, correspondientes ambas a un mismo volumen, utilizando un mismo picnómetro.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. INSTRUMENTAL</b></p> <p><b>4.1</b> Picnómetro, de 50 cm<sup>3</sup> de capacidad, con un cuello de 3,5 mm de diámetro interno.</p> <p><b>4.2</b> Balanza analítica, sensible al 0,1mg.</p> <p><b>4.3</b> Baño María, con regulador de temperatura ajustado en 20 ± 20 ° C</p> <p><b>4.4</b> Termómetro, graduado en décimas de grado Celsius (centígrados)</p> <p><b>4.5</b> Fuente de aire seco, preferentemente a temperatura moderada.</p> <p><b>4.6</b> Embudo, para filtraciones en picnometría, con tapa.</p> <p><b>4.7</b> Matraz Erlenmeyer, de 250 cm<sup>3</sup>, y de 1 000 cm<sup>3</sup>.</p> <p><b>4.8</b> Papel filtro.</p> <p><b>4.9</b> Algodón hidrófilo, para filtraciones</p> <p style="text-align: center;"><b>5. REACTIVOS</b></p> <p><b>5.1</b> Mezcla sulfocrómica para limpiar el picnómetro.</p> <p><b>5.2</b> Agua destilada, exenta de anhídrido carbónico</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquero Moreno 68-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

5.3 Alcohol etílico absoluto, reactivo para análisis.

5.4 Éter etílico, reactivo para análisis.

#### 6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

6.1 Si se trata de productos con un elevado contenido de anhídrido carbónico, eliminar la mayor parte de éste, agitando 250 cm<sup>3</sup> de la bebida alcohólica en un matraz Erlenmeyer de 1 000 cm<sup>3</sup> o filtrando, bajo presión reducida, a través de dos gramos de algodón hidrófilo colocado en un tubo de vidrio.

6.2 Si el producto es turbio, filtrar 250 cm<sup>3</sup> a través de papel filtro plegado, en un embudo tapado, recibiendo el producto en un matraz Erlenmeyer de 250 cm<sup>3</sup>.

#### 7. PROCEDIMIENTO

7.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

7.2 Lavar el picnómetro con agua corriente y luego, en forma rápida, con la mezcla sulfocrómica. Después, lavar varias veces con agua destilada y finalmente con etanol y éter etílico;

7.3 Dejar escurrir el picnómetro y secarlo mediante una corriente de aire seco; exteriormente debe secarse con un papel filtro y luego taparlo.

7.4 Pesar el picnómetro limpio y seco con aproximación al 0,1 mg.

7.5 Colocar cuidadosamente la muestra en el picnómetro hasta la marca respectiva, evitando la formación de burbujas de aire y luego taparla

7.6 Sumergir el picnómetro en el baño de agua a  $20^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$  C durante 30 min, comprobando al final que el nivel del producto alcance exactamente la marca.

7.7 Retirar el picnómetro del baño, secar exteriormente con papel filtro y pesar con aproximación al 0,1 mg.

7.8 Vaciar el picnómetro y limpiar como se indica en 7.2; secarlo interiormente con una corriente de aire seco y poner agua destilada hasta la marca respectiva, evitando la formación de burbujas de aire. Tapar el picnómetro.

7.9 Sumergir el picnómetro en el baño de agua a  $20^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$  C durante 30 min, comprobando al final que el nivel del agua alcance, exactamente la marca.

7.10 Retirar el picnómetro del baño, secar exteriormente con papel filtro y pesar con aproximación al 0,1 mg.

## 8. CÁLCULOS

8.1 La densidad relativa en bebidas alcohólicas a 20°/20° C se determina mediante la ecuación siguiente:

$$d = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_1}$$

Siendo:

$d$  = densidad relativa a 20°/20° C.

$m_1$  = masa del picnómetro vacío, en gramos.

$m_2$  = masa del picnómetro con la muestra, en gramos.

$m_3$  = masa del picnómetro con agua destilada, en gramos.

## 9. ERRORES DE MÉTODO

9.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder del 0,01 %; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

## 10. INFORME DE RESULTADOS

10.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los resultados de la determinación.

10.2 En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma, o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

10.3 Deben incluirse todos los detalles para la completa identificación de la muestra.