

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



EFFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE MACA (*Lepidium meyenii*) Y DEL  
TIEMPO DE ALMACENAMIENTO SOBRE LA ACIDEZ, SINÉRESIS,  
VISCOSIDAD APARENTE Y ACEPTABILIDAD GENERAL DE YOGURT BATIDO  
SIMBIÓTICO

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ENRIQUE NOBUYUKI ARRIGONI SHASHIKI

TRUJILLO, PERÚ

2014

La presente tesis ha sido aprobada por el siguiente jurado:

---

Dr. Carlos Lescano Anadón  
PRESIDENTE

---

Dr. Fernando Rodríguez Ávalos  
SECRETARIO

---

Ms. Ana Cecilia Ferradas Horna  
VOCAL

---

Dr. Antonio Rodríguez Zevallos  
ASESOR

## DEDICATORIA

A Dios, Jesús y a la Virgen María por haberme acompañado y permitido llegar a culminar esta investigación.

A mis padres, por haberme apoyado en todo momento con sus consejos, sus enseñanzas y por la motivación constante que me ha permitido alcanzar mis metas.

A mi abuelita Haruko quien me cuida desde el cielo.

A mi familia y amigos, por su constante apoyo y por estar siempre a mi lado en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi asesor, el Dr. Antonio Rodríguez Zevallos por haber confiado en mi persona, por la paciencia y dedicación para la elaboración de esta investigación.

A los señores miembros del jurado: Dr. Carlos Lescano Anadón, Dr. Fernando Rodríguez Ávalos y Ms. Ana Cecilia Ferradas Horna por sus acertados y recomendaciones para la realización de esta investigación.

Al Ing. Jesús Obregón Domínguez por su apoyo en la parte estadística de esta tesis.

A Pierina López Caipo por su apoyo constante e incondicional y por alentarme en todo momento a pesar de la distancia.



## ÍNDICE GENERAL

	Página
Carátula .....	i
Aprobación por el jurado de tesis .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	iv
Índice .....	v
Índice de Cuadros .....	viii
Índice de Figuras .....	x
Índice de Anexos .....	xi
Resumen .....	xiv
Abstract .....	xv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA .....	4
2.1 Leche .....	4
2.1 Leche en polvo .....	4
2.3 Leche fermentada .....	6
2.4 Clasificación de las leches fermentadas .....	8
2.4.1 Leches fermentadas según el tipo de fermentación .....	8
2.4.2 Leches fermentadas según su tipo de microflora predominante ..	10
2.4.3 Leches fermentadas según su contenido graso .....	12
2.5 Normas para la elaboración de las leches fermentadas .....	12
2.5.1 Normas fisicoquímicas y microbiológicas .....	12
2.5.2 Normas para el uso de aditivos alimentarios .....	14
2.6 Yogurt .....	15
2.6.1 Generalidades .....	15
2.6.2 Componentes básicos en el yogurt .....	15
2.6.3 Tipos de yogurt .....	16
2.7 Proceso de elaboración de yogurt .....	18

2.8	Microorganismos presentes en el yogurt .....	18
2.4	Simbiosis de las bacterias del yogurt .....	19
2.4	Bifidobacterium .....	20
2.9	Hidrocoloides .....	20
2.9.1	Carragenatos .....	21
2.9.2	Tipos de carragenatos .....	22
2.10	Edulcorantes .....	22
2.10.1	Sucralosa .....	23
2.11	Sinéresis .....	24
2.12	Viscosidad .....	25
2.12.1	Definición .....	25
2.12.2	Evaluación de la viscosidad aparente .....	25
2.13	Vida útil .....	26
2.13.1	Generalidades .....	26
2.13.2	Determinación de vida útil .....	28
2.14	Evaluación sensorial .....	29
2.14.1	Pruebas orientadas al consumidor .....	29
2.14.2	Prueba hedónica .....	30
2.15	Maca .....	30
2.15.1	Generalidades .....	30
2.15.2	Harina de maca .....	32
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1	Lugar de ejecución .....	33
3.2	Materiales .....	33
3.2.1	Materia prima .....	33
3.2.2	Insumos .....	33
3.2.3	Envases .....	34
3.2.4	Equipos .....	34
3.2.5	Materiales e instrumentos de vidrio .....	34
3.2.6	Instrumentos de vidrio .....	34
3.2.7	Otros materiales .....	35

3.3 Esquema experimental .....	35
3.4 Método experimental .....	35
3.5 Análisis fisicoquímico .....	39
3.6 Método estadístico .....	42
3.7 Evaluación estadística .....	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	44
4.1 Efecto de la harina de maca y tiempo de almacenamiento sobre la acidez en yogurt batido simbiótico .....	44
4.2 Efecto de la harina de maca y tiempo de almacenamiento sobre la sinéresis en yogurt batido simbiótico .....	49
4.3 Efecto de la harina de maca y tiempo de almacenamiento sobre la viscosidad aparente en yogurt batido simbiótico .....	53
4.4 Propiedades reológicas del yogurt batido simbiótico con harina de maca ...	58
4.5 Efecto de la harina de maca y tiempo de almacenamiento sobre la aceptabilidad general de yogurt batido simbiótico .....	69
V. CONCLUSIONES .....	73
VI. RECOMENDACIONES .....	74
VII. BIBLIOGRAFÍA .....	75

## ÍNDICE DE CUADROS

Página

<b>Cuadro 1.</b> Categorías de leche desnatada en polvo por atomización .....	6
<b>Cuadro 2.</b> Clasificación de las principales leches fermentadas según la naturaleza de la fermentación .....	10
<b>Cuadro 3.</b> Clasificación y características de las leches fermentadas según el tipo de microflora predominante .....	11
<b>Cuadro 4.</b> Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos para la elaboración de leches fermentadas .....	13
<b>Cuadro 5.</b> Aditivos alimentarios permitidos en la elaboración de leches fermentadas .....	14
<b>Cuadro 6.</b> Composición media del yogurt .....	15
<b>Cuadro 7.</b> Composición química de harina de maca por 100 g de materia seca	32
<b>Cuadro 8.</b> Prueba de Levene de valores de acidez en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	46
<b>Cuadro 9.</b> Análisis de varianza de valores de acidez en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	47
<b>Cuadro 10.</b> Prueba de Duncan de los valores de acidez en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	48
<b>Cuadro 11.</b> Prueba de Levene de los valores de sinéresis en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	51
<b>Cuadro 12.</b> Análisis de varianza de los valores de sinéresis en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	51
<b>Cuadro 13.</b> Prueba de Duncan de los valores de sinéresis en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	52
<b>Cuadro 14.</b> Prueba de Levene de los valores de viscosidad aparente en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	56

<b>Cuadro 15.</b> Análisis de varianza de los valores de viscosidad aparente en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	56
<b>Cuadro 16.</b> Prueba de Duncan de valores de viscosidad aparente en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	57
<b>Cuadro 17.</b> Prueba de Levene de los valores de tensión de fluencia en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	63
<b>Cuadro 18.</b> Prueba de Levene de los valores de índice de comportamiento de fluido en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	63
<b>Cuadro 19.</b> Prueba de Levene de los valores de índice de consistencia de fluido en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	64
<b>Cuadro 20.</b> Análisis de varianza de los valores de tensión de fluencia ( $\tau_0$ ) en yogurt batido simbiótico con adición de harina de maca .....	64
<b>Cuadro 21.</b> Análisis de varianza de los valores de n en yogurt batido simbiótico con adición de harina de maca .....	65
<b>Cuadro 22.</b> Análisis de varianza de los valores de k en yogurt batido simbiótico con adición de harina de maca .....	65
<b>Cuadro 23.</b> Prueba de Duncan de los valores $\tau_0$ en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	66
<b>Cuadro 24.</b> Prueba de Duncan de los valores de n yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	67
<b>Cuadro 25.</b> Prueba de Duncan de los valores de k en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	68
<b>Cuadro 26.</b> . Prueba de Friedman en la evaluación de aceptabilidad general en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	70
<b>Cuadro 27.</b> Prueba de Wilcoxon para evaluación de aceptabilidad general en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Página

<b>Figura 1.</b> Esquema experimental de la elaboración de yogurt batido simbiótico a base de leche en polvo descremada y harina de maca .....	36
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo del proceso de elaboración de yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	37
<b>Figura 3.</b> Variaciones de acidez en relación al porcentaje de harina de maca y tiempo de almacenamiento en yogurt batido simbiótico .....	44
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de sinéresis en función de los tratamientos y tiempo de almacenamiento en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	49
<b>Figura 5.</b> Viscosidad aparente en función de los tratamientos en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	53
<b>Figura 6.</b> Tensión de fluencia en función del porcentaje de harina de maca y tiempo de almacenamiento en yogurt batido simbiótico .....	58
<b>Figura 7.</b> Índice de comportamiento de fluido en función del contenido de harina de maca y tiempo de almacenamiento en yogurt batido simbiótico .....	60
<b>Figura 8.</b> Índice de consistencia de fluido en función del contenido de harina de maca y tiempo de almacenamiento en yogurt batido simbiótico .....	62
<b>Figura 9.</b> Aceptabilidad general en función del porcentaje de harina de maca y tiempo de almacenamiento en yogurt batido simbiótico .....	69

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
<b>Anexo 1.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 0.0% harina de maca. Día 0 .....	83
<b>Anexo 2.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 5.0% harina de maca. Día 0 .....	86
<b>Anexo 3.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 7.5% harina de maca. Día 0 .....	89
<b>Anexo 4.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 10.0% harina de maca. Día 0 .....	92
<b>Anexo 5.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 0.0% harina de maca. Día 7 .....	95
<b>Anexo 6.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 5.0% harina de maca. Día 7 .....	98
<b>Anexo 7.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 7.5% harina de maca. Día 7 .....	101
<b>Anexo 8.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 10.0% harina de maca. Día 7 .....	104
<b>Anexo 9.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 0.0% harina de maca. Día 14 .....	107
<b>Anexo 10.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 5.0% harina de maca. Día 14 .....	110
<b>Anexo 11.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 7.5% harina de maca. Día 14 .....	113
<b>Anexo 12.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 10.0% harina de maca. Día 14 .....	116

<b>Anexo 13.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 0.0% harina de maca. Día 21 .....	119
<b>Anexo 14.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 5.0% harina de maca. Día 21 .....	122
<b>Anexo 15.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 7.5% harina de maca. Día 21 .....	125
<b>Anexo 16.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 10.0% harina de maca. Día 21.....	128
<b>Anexo 17.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 0.0% harina de maca. Día 28.....	131
<b>Anexo 18.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 5.0% harina de maca. Día 28 .....	133
<b>Anexo 19.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 7.5% harina de maca. Día 28.....	137
<b>Anexo 20.</b> Comportamientos reológicos de yogurt batido simbiótico con 10.0% harina de maca. Día 28 .....	140
<b>Anexo 21.</b> Porcentaje de acidez expresado en ácido láctico en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	143
<b>Anexo 22.</b> Porcentaje de sinéresis en yogurt batido simbiótico con harina de maca.....	144
<b>Anexo 23.</b> Viscosidad aparente en yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	145
<b>Anexo 24.</b> Tensión de fluencia (Pa) en yogurt batido simbiótico.....	146
<b>Anexo 25.</b> Índice de comportamiento de fluido (adimensional) .....	147
<b>Anexo 26.</b> Índice de consistencia de fluido (Pa.s <sup>n</sup> ) .....	148
<b>Anexo 27.</b> Cartilla de evaluación de aceptabilidad general .....	149
<b>Anexo 28.</b> Evaluación de aceptabilidad general de yogurt batido simbiótico con harina de maca .....	150



<b>Anexo 29.</b> Ficha técnica de leche en polvo descremada .....	151
<b>Anexo 30.</b> Ficha técnica de cultivos de yogurt .....	152
<b>Anexo 31.</b> Ficha técnica de cultivo probiótico .....	153
<b>Anexo 32.</b> Ficha técnica de harina de maca .....	154
<b>Anexo 33.</b> Ficha técnica de sucralosa .....	155
<b>Anexo 34.</b> Ficha técnica de carragenina .....	158

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la adición de tres porcentajes de harina de maca (*Lepidium meyenii*) (5.0%, 7.5%, 10.0%) y cuatro tiempos de almacenamiento (7, 14, 21, 28 días) sobre la acidez, sinéresis, viscosidad aparente y aceptabilidad general de yogurt batido simbiótico. Se determinaron las características reológicas y viscosidad aparente de los distintos tratamientos a 10 °C. El análisis de varianza indicó un efecto significativo de la adición de harina de maca y el tiempo de almacenamiento sobre la viscosidad aparente, tensión de fluencia e índice de consistencia de fluido. Además, se determinó que la leche fermentada con harina de maca es un fluido no newtoniano, que presenta un comportamiento plástico general. El tratamiento con una adición de 10% de harina de maca presentó un menor porcentaje de sinéresis. Asimismo, el tratamiento con una adición del 5.0% de harina de maca fue el que presentó la mayor viscosidad aparente (196.27 mPa.s). A los resultados del análisis sensorial, se aplicó la Prueba de Friedman y de Wilcoxon, encontrándose diferencia significativa entre tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo el de mayor aceptabilidad el tratamiento la leche fermentada con adición de 5.0% de harina de maca. Hasta el día 14 de almacenamiento, el yogurt batido simbiótico fue aceptado.

## ABSTRACT

The effect of the addition of maca flour (*Lepidium meyenii*) (5.0%, 7.5%, 10.0% based on dried milk powder weight) and storage time (7, 14, 21, 28 days) on the acidity, syneresis, apparent viscosity, and overall acceptability of symbiotic stirred yogurt was evaluated. The rheological characteristics and apparent viscosity of the different treatments were determined at 10 °C. The variance analysis indicated a significant effect of the addition of maca flour and storage time on the apparent viscosity, yield stress, and fluid consistency index. In addition, it was determined that the fermented milk with maca flour is a non-Newtonian fluid that presents a general plastic behavior. The treatments with an addition of 10% of maca flour presented the lowest percentage of syneresis. Fermented milk with an addition of 5.0% of maca flour was the best treatment since it presented the highest apparent viscosity (196.27 mPa.s). Friedman and Wilcoxon tests were applied to the results of the sensory analysis; it was found significant differences among treatments, being the 5.0% of maca flour treatment the best from the statistical point of view. The symbiotic stirred yogurt was accepted until the fourteenth day.

## I. INTRODUCCIÓN

Las leches fermentadas son alimentos antiguos. Según algunos autores, son originarias de Asia y, según otros, de los Baleares. Es cierto que actualmente son consumidas en casi todo el mundo y que existen muchas variantes, según la procedencia animal de la leche, el tipo de microorganismos que la fermentan y la tecnología utilizada. Además, se han desarrollado mucho las leches fermentadas probióticas, que aportan microorganismos capaces de implantarse en el intestino grueso humano (Romero y Mestres, 2004).

Con el paso del tiempo, el hombre desarrolló métodos para elaborar una gran variedad de leches fermentadas, cuyas propiedades dependen de los microorganismos que participan en la fermentación, del lugar donde se produce y hasta el tipo del animal del cual se extrae la leche. Algunas de estas leches fermentadas son conocidas como kéfir, koumiss, leche búlgara, leche acidófila y yogurt (Hernández, 2003).

La producción peruana de yogurt ha aumentado considerablemente. Uno de los factores del incremento de consumo es la diversidad de yogures que proyectan una imagen saludable. Los consumidores son conscientes de la influencia de la dieta en la modulación del riesgo del desarrollo de enfermedades y de la relación entre la dieta y calidad de vida (Barrio, 2006).

Los microorganismos encargados de convertir leche en yogurt son *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Estos microorganismos producen ácido láctico como metabolito principal (son homofermentativas), tienen requerimientos nutricionales complejos que son suplidos por la leche; utilizan la lactosa como fuente de energía y la

transforman en ácido láctico, además de producir otros metabolitos que son los responsables del aroma característico del yogurt.

Probiótico es el término que se aplica a los productos obtenidos por fermentación con microorganismos benéficos para la salud. Incluyen básicamente bacterias y levaduras. Algunos de estos microorganismos son: *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium acidilactici*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Propionibacterium freudenrichi* y *Streptococcus faecium* (Ellner, 2000). La utilización de microorganismos probióticos brindan ventajas al organismo, como una mayor digestibilidad de la leche fermentada, ya que muchos nutrientes como la lactosa, las proteínas y las grasas se consumen en forma digerida; protegen al organismo de infecciones intestinales, porque inhiben el desarrollo de microorganismos patógenos y controlan el equilibrio de la flora que habita normalmente en el colon; y estimula el sistema inmunológico (Hernández, 2003).

En cuanto a los cultivos andinos tales como quinua, kiwicha y maca, la presencia de estos en la canasta alimentaria urbana es muy escasa, aunque se nota un cierto interés creciente por las propiedades nutritivas de alimentos como la maca en todas sus presentaciones, debido a una propaganda sostenida y su consumo ha venido incrementándose con el tiempo. En la actualidad, la maca ha retomado la importancia que tuvo en el pasado, ya que reúne una excelente calidad alimenticia, alta productividad y adaptación a condiciones ecológicas muy frías donde otro cultivo no podría prosperar (Seminario, 2004).

*Lepidium meyenii* o maca es una raíz tuberosa y comestible (INDECOPI, 2002). La maca era consumida para combatir el cansancio mental y físico, así como para equilibrar la dieta, debido a su composición nutricional. Asimismo, corrige la esterilidad femenina y masculina, estimula las funciones del sistema endocrino, ayuda a combatir la

osteoporosis, anemia y el estrés. También se le atribuyen propiedades que ayudan a regular de la secreción hormonal, estimula el metabolismo, mejora la memoria, y combate la anemia, leucemia y cáncer (Cicero y otros, 2002). La harina o polvo de maca procesada de la raíz seca presenta en su composición: 55-75% de carbohidratos, 11.9% de proteínas; 2.7% de lípidos, 8.3% de fibra, 4.8% de ceniza y 15% de humedad.

El problema planteado para el trabajo de investigación fue: ¿Cuál será el efecto de la adición de tres porcentajes de harina de maca (*Lepidium meyenii*) (5.0%, 7.5%, 10.0% del peso LPD) y cuatro tiempos de almacenamiento (7, 14, 21, 28 días) sobre la acidez, sinéresis, viscosidad aparente y aceptabilidad general de yogurt batido simbiótico?

Los objetivos fueron:

Evaluar el efecto de la adición de harina de maca y del tiempo de almacenamiento sobre la acidez, sinéresis, viscosidad aparente y aceptabilidad general de yogurt batido simbiótico.

Determinar el porcentaje de adición de harina de maca y el tiempo de almacenamiento que proporcione la menor sinéresis, la mayor viscosidad aparente, menor acidez y mayor aceptabilidad general de yogurt batido simbiótico.

## II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

### 2.1 Leche

La leche cruda entera es el producto íntegro no alterado ni adulterado del ordeño higiénico, regular y completo de vacas sanas y bien alimentadas, sin calostro y exento de color, olor, sabor y consistencia anormales y que no ha sido sometido a procesamiento o tratamiento alguno (Norma Técnica Peruana, 2008).

La leche debe de estar libre de olores y sabores extraños, poseer un pH de 6.4 - 6.7 y color blanco opaco (Castle y Watkins, 2001).

### 2.2 Leche en polvo

Es el producto seco y pulverulento que se obtiene mediante la deshidratación de la leche de vaca, natural, entera, descremada o parcialmente descremada, sometida a un tratamiento térmico equivalente a la pasteurización. El polvo obtenido se envasa en latas, bolsas laminadas o bolsas de plástico, dependiendo de la calidad del producto y las exigencias del consumidor (Géosta y López, 2003).

### **2.2.1 Clasificación**

Según el contenido de grasa en la leche inicial, se clasifica, según el Códex Alimentarius (2011), en:

#### **A. Leche entera en polvo**

La materia grasa es 26-42% m/m. Su contenido máximo de agua es 5% m/m.

#### **B. Leche en polvo parcialmente desnatada**

El contenido de materia grasa es 1.5-26.0% m/m. Su contenido máximo de agua es 5% m/m.

#### **C. Leche en polvo descremada**

El contenido máximo de materia grasa es 1.5% m/m y el contenido máximo de agua, 5% m/m.

De acuerdo a la intensidad del tratamiento térmico, la leche en polvo se clasifica en diferentes categorías relacionada con las combinaciones temperatura/tiempo, a las cuales la leche descremada ha ido expuesta durante la evaporación y secado. En el Cuadro 1, se aprecia las categorías de la leche descremada en polvo obtenidas por atomización (Géosta y López, 2003).



**Cuadro 1.** Categorías de leche desnatada en polvo por atomización.

Categoría*	Tratamiento térmico	
	Temperatura (°C)	Tiempo (s)
Polvo de bajo tratamiento (Low heat)	70	15
Polvo de medio tratamiento (Medium heat)	85	20
	90	30
	95	30
Tratamiento medio-alto	124	30
Tratamiento alto (High heat)	Aprox. 135	30
Muy estable de tratamiento alto	Aprox. 135	30

**Fuente:** Géosta y López (2003).

(\*): Temperatura de secado: 200-230 °C

### 2.3 Leche fermentada

Es el producto obtenido por la reducción del pH de la leche entera, parcial o totalmente descremada, por la adición de agentes acidulantes, con o sin coagulación. Asimismo, debe haber sido sometido a tratamiento térmico u otros procesos que garanticen la destrucción o eliminación de microorganismos patógenos (Norma Oficial Mexicana, 2004).

La fermentación es una forma simple, barata y segura de conservar la leche. Las bacterias lácticas modifican las características de la leche, de forma que la mayoría de los microorganismos indeseables, incluidos los patógenos, no pueden crecer en ella, o incluso mueren. Entre los cambios que se producen en la leche está el descenso del pH (hasta 4.6 – 4), factor que contribuye al mantenimiento de un bajo pH en el estómago después de consumir la leche; la inhibición del desarrollo microbiano por los ácidos no disociados, como el ácido láctico; y por otros metabolitos como el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y otras sustancias con actividad antibiótica; un potencial de óxido-reducción bajo; y el consumo por parte de las bacterias lácticas de componentes que son vitales para otros microorganismos (Walstra y otros, 2001).

En la producción de leche fermentada se crean las mejores condiciones para el crecimiento de cultivo de fermentos, mediante tratamiento térmico de la leche, de forma que se inhibe el desarrollo de microorganismos patógenos. Por otra parte, la leche debe mantenerse a temperatura óptima para el desarrollo del cultivo que se trate. Cuando se ha alcanzado el sabor y aroma deseados, la leche acidificada debe enfriarse rápidamente con el objeto de detener el proceso fermentativo. Si el tiempo de fermentación no es el adecuado, el sabor del producto se deteriora, así como su consistencia. Además de buen sabor y buen olor, la leche acidificada debe tener apariencia y consistencia adecuadas (Géosta y López, 2003).

La excesiva producción de ácido en la leche da lugar a un desagradable sabor. Para una misma acidez de valoración, el pH de los productos lácteos concentrados es más alto, y el exceso de ácido se percibe menos sobre el sabor. Las medidas habituales para evitar que el pH descienda demasiado son un adecuado control del proceso, y la correcta refrigeración durante el almacenamiento y la distribución del producto (Walstra y otros, 2006).

## 2.4 Clasificación de las leches fermentadas

Las leches fermentadas pueden clasificarse en función de el tipo de proceso fermentativo, el contenido graso, la concentración de la leche, la separación del suero, la utilización de leche procedente de distintas especies, entre otros (Walstra y otros, 2001).

### 2.4.1 Leches fermentadas según el tipo de fermentación

Walstra y otros (2001) clasifican a las leches fermentadas según el tipo de cultivos iniciadores:

**a. Productos con una fermentación ácido láctica.** En los que la fermentación puede ser llevada a cabo, por cultivos iniciadores mesófilos y cultivos iniciadores termófilos.

- **Cultivos iniciadores mesófilos:** *Lactococcus lactis* ssp., *cremoris* o ssp. *Lactis*, *leuconostoc cremoris/lactis* y/o *Lactococcus lactis* ssp, *lactis* biovar, *diacetylactis*. Productos de este tipo son, por ejemplo, la leche acidificada, la mazada fermentada y productos relacionados y la nata acidificada.

- **Cultivos iniciadores termófilos:** Están constituidos por:
  - Una flora protooperativa de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, que es utilizada en el yogurt.
  - Un cultivo puro de *Lactobacillus acidophilus*, que se utiliza para la elaboración de la leche acidófila; o bien una flora compuesta por este microorganismo y/o *Bifidobacterium bifidum* en combinación con los microorganismos del yogurt, que se utiliza para la elaboración de productos tipo yogurt.

Los mismos autores mencionan que la leche acidófila, debe su existencia a sus supuestas propiedades terapéuticas. *Lactobacillus acidophilus* no forma parte de la flora natural de la leche y crece en ella muy lentamente; por esta razón es fundamental evitar la contaminación durante la fabricación de la leche acidófila.

Los productos tipo yogurt, pueden contener *L. acidophilus* y/o *Bifidobacterium bifidum*, además de *S. thermophilus* y *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. Alternativamente, *S. thermophilus* puede combinarse con *L. acidophilus*, con *B. bifidum*, o con ambos tipos de bacterias. Los productos que se obtienen se denominan Bioghurt, Bifighurt, y Biogarde, respectivamente.

- b. **Leches fermentadas con fermentación ácido alcohólica.** Se combina una fermentación láctica con la producción de alcohol, por ejemplo, el kéfir y el kumis.

En el Cuadro 2, se presenta la clasificación tradicional de las principales leches fermentadas.

**Cuadro 2.** Clasificación de las principales leches fermentadas según la naturaleza de la fermentación.

Leche fermentada	Naturaleza de la fermentación
Kéfir	Ácido-alcohólica
Koumiss	Ácido-alcohólica
Leche búlgara	Muy ácida
Leche acidófila	Acidez moderada
Yogurt	Acidez moderada
Buttermilk o Kumis latinoamericano	Poca acidez
Crema ácida	Poca acidez

**Fuente:** Barry (1997)

#### 2.4.2 Leches fermentadas según su tipo de microflora predominante

Los microorganismos que intervienen en la fabricación de las leches fermentadas son variables de acuerdo con la región y el procedimiento de incubación. En el Cuadro 3 se muestra de forma más amplia la clasificación de las leches fermentadas de acuerdo a la principal flora dominante (García y otros, 2004).

**Cuadro 3.** Clasificación y características de las leches fermentadas según el tipo de microflora predominante.

Grupo	Tipo de flora	Características	Tipo de leche fermentada
I	<i>Lactococcus</i> y <i>Leuconostoc</i> (bacterias mesófilas)	Acidez baja o moderada	Buttermilk Leches escandinavas
II	<i>Lactobacillus</i>	Acidez moderada o alta	Leche búlgara Leche acidófila Yakult
III	<i>Lactobacillus</i> <i>Streptococcus</i> (bacterias termófilas)	Acidez moderada o alta	Yogurt Dahi Labneh Bioghurt Prostokvasha Brano Giodo
IV	Bacterias lácticas y levaduras	Acidez y alcohol	Kéfir Koumiss

**Fuente:** Marshall y Cole (1985).

### 2.4.3 Leches fermentadas según su contenido graso

Según Mercosur (1997), las leches fermentadas se clasifican según su contenido de materia grasa, en:

- **Leches fermentadas con crema.** Cuya base láctea tiene un contenido de materia grasa de 6.0/100 g.
- **Leches fermentadas enteras o integrales.** La base láctea tiene un contenido de materia grasa de 3.0/100 g.
- **Leches fermentadas parcialmente descremadas.** La base láctea tiene un contenido de materia grasa máximo de 2.9/100 g.
- **Leches fermentadas descremadas.** La base láctea tiene un contenido de materia grasa máximo de 0.5/100 g.

## 2.5 Normas para la elaboración de leches fermentadas

### 2.5.1 Normas fisicoquímicas y microbiológicas

La norma CODEX STAN 243 (2011) del CODEX Alimentarius, considera los siguientes requisitos bromatológicos y microbiológicos en cuanto a la composición química y microbiológica de las principales leches fermentadas (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos para la elaboración de leches fermentadas.

Composición	Leche fermentada	Yogurt, yogurt en base a cultivos alternativos y leche acidófila	Kéfir
Proteína láctea (%p/p mínimo)	2.7	2.7	2.7
Grasa láctea (% p/p) (menor que)	10	15	10
Acidez valorable, expresada como % de ácido láctico (% p/p mínimo)	0.3	0.6	0.6
Etanol (% vol./p mínimo)			0.5
Suma de microorganismos que comprenden el cultivo (ufc/g, en total) (mínimo)	$10^7$	$10^7$	$10^7$
Microorganismos etiquetados (ufc/g, en total) (mínimo)	$10^6$	$10^6$	
Levaduras (ufc/g) (mínimo)			$10^4$

**Fuente:** CODEX Alimentarius (2011)



## 2.5.2 Normas para el uso de aditivos alimentarios

La norma CODEX STAN 243 (2011), considera que solamente se permite el uso de los reguladores de acidez, colorantes, emulsionantes, gases de envasado y sustancias conservadoras, listados en el Cuadro 5 para las categorías de productos que se especifican.

**Cuadro 5.** Aditivos alimentarios permitidos en la elaboración de leches fermentadas.

Clases de aditivos	Leches fermentadas y bebidas a base de leche fermentada	
	Simple	Aromatizada
Reguladores de acidez	-	X
Gasificantes	X <sup>b</sup>	X <sup>b</sup>
Colorantes	-	X
Emulsionantes	-	X
Acentuadores del sabor	-	X
Gases de envasado	-	X
Sustancias conservadoras	-	-
Estabilizadores	X <sup>a</sup>	X
Edulcorantes	-	X
Espesantes	X <sup>a</sup>	X

**Fuente:** Codex Alimentarius (2011)

### Leyenda

X = El uso de aditivos que pertenecen a esta clase está tecnológicamente justificado. En el caso de los productos aromatizados, está justificado el uso de aditivos en la parte láctea.

- = El uso de aditivos que pertenecen a esta clase no está tecnológicamente justificado.

<sup>a</sup> = El uso está restringido a la reconstitución y recombinación si así lo permite la legislación nacional del país de venta del consumidor final.

<sup>b</sup> = El uso de gelificantes está justificado tecnológicamente sólo para las bebidas a base de leche fermentada.

## 2.6 Yogurt

### 2.6.1 Generalidades

El yogurt es el producto obtenido por la coagulación de la leche y la acidificación biológica, mediante la acción de fermentos lácticos de las especies *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, a partir de la leche entera, parcialmente descremada, reconstituida, recombinada, con un tratamiento térmico antes de la fermentación (Norma Técnica Peruana para Leche y Productos lácteos, Yogurt, 2008).

### 2.6.2 Componentes básicos en el yogurt

El Cuadro 6 muestra la composición media del yogurt natural, destacándose el porcentaje de proteínas, carbohidratos y grasa mayor a 3.

**Cuadro 6.** Composición media del yogurt natural

Componente	Cantidad (g/100 g de yogurt)
Sólidos Totales	12.0 - 13.0
Grasa	3.0 - 3.75
Proteína bruta	3.1 - 3.6
Carbohidratos	3.5 - 4
Ceniza	0.7 - 0.8
Lactosa	2.5 - 3.0
Proteína de suero	0.6 - 0.7
Caseína	2.3 - 2.8
Acido láctico	0.8 - 1.1

**Fuente:** Walstra y otros (2006).

### 2.6.3 Tipos de yogurt

La siguiente clasificación es dada por Tamime y Robinson (2000).

#### A. Según el contenido de grasa

##### a) Yogurt entero o tipo I

Está elaborado con leche entera, leche integral o leche integral, con contenido de grasa igual o mayor al 3% en la leche destinada para elaborar el yogurt.

##### b) Yogurt tipo II o yogurt parcialmente descremado

Elaborado con leche semidescremada o semidesnatada. El contenido de grasa en este yogurt es de 0.6 a 2.9%

##### c) Yogurt tipo III o yogurt descremado

Elaborado con leche descremada o desnatada. La materia grasa de la leche es menor al 1%. El contenido de grasa en este yogurt es de 0.5%.

#### B. Según el proceso de elaboración

##### a) Yogurt batido

Es el producto en el que la inoculación de la leche pasteurizada se realiza en tanques de incubación para la coagulación, siendo luego sometido a un tratamiento mecánico de batido. Su presentación es un líquido viscoso.

**b) Yogurt bebible**

Similar al yogur batido, pero el coágulo se rompe hasta obtener una forma líquida antes de su envasado. Es el yogur batido que ha recibido un mayor tratamiento mecánico. Una vez incubado, el producto se somete a agitación adicionando agua para diluir la mezcla. También puede prepararse con leche con menor contenido de sólidos.

**c) Yogurt coagulado o aflanado**

Es el producto en el que la leche pasteurizada es envasada inmediatamente después de la inoculación, produciéndose la coagulación en el envase, sin agitación. Su presentación es un gel semisólido no fluyente.

**C. Según los ingredientes****a) Yogurt natural o tradicional**

Es aquel sin adición alguna de saborizantes, azúcares y colorantes, permitiéndose solo la adición de estabilizadores y conservadores.

**b) Yogurt frutado o aromatizado**

Es aquel al que se le ha agregado fruta procesada en trozos y aditivos permitido por la autoridad sanitaria.

## 2.7 Proceso de elaboración de yogurt

Las etapas de fabricación de un yogurt tradicional, consisten principalmente en tratamiento preliminar de la leche (estandarización de la grasa, enriquecimiento con extracto seco lácteo 14-16%, adición de azúcar y estabilizantes), homogeneización, tratamiento térmico o pasteurización (85 °C por 30 min, ó 90 – 95 °C por 5 – 10 min, ó 120 °C por 3 – 5 s); enfriamiento a la temperatura de inoculación (42 - 45 °C); enfriamiento y agitación (en el caso de yogurt batido), adición y mezcla de colorantes y/o frutas (en caso del yogurt frutado), adición de agua (en caso del yogurt bebible), envasado y almacenaje refrigerado (Tamime y Robinson, 2000).

## 2.8 Microorganismos presentes en el yogurt

La elaboración del yogurt deriva de la simbiosis entre dos bacterias, *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, que se caracterizan porque cada una estimula el desarrollo de otra (Tamime y Robinson, 2000).

Los microorganismos mencionados crecen a 40 - 45 °C y su metabolismo se detiene por debajo de 10 °C. *Lactobacillus bulgaricus* es capaz de fermentar fructosa, galactosa, glucosa y lactosa, en tanto que *Streptococcus thermophilus* puede fermentar glucosa, fructosa, lactosa y sacarosa (Hernández, 2003).

### 2.8.1 Simbiosis de las bacterias del yogurt

*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* tienen requerimientos nutricionales complejos que son suplidos por la leche; utilizan la lactosa como fuente de energía y la transforman en ácido láctico. Además del ácido láctico, durante el metabolismo de los microorganismos, se producen algunos metabolitos que son los responsables del aroma característico del yogurt; entre ellos, los más importantes son: el acetaldehído, el diacetilo y la acetoína. También, se obtienen ácidos volátiles, tales como: el fórmico, el acético, el propiónico, el butírico, el isovalérico y el caproico, los cuales sinérgicamente con los metabolitos mencionados originan el aroma característico del yogurt. El acetaldehído es la sustancia responsable del aroma que se encuentra en mayor concentración en el yogurt (García y otros, 2004).

Ambos microorganismos actúan en forma sinérgica: las bacterias se estimulan mutuamente. Ambas especies pueden crecer en un pH menor a 4.5, pero *Streptococcus thermophilus* crece mejor al inicio de la fermentación. El pH disminuye durante la fermentación, por la producción de ácido láctico, hasta alcanzar un valor inferior a 5,5. La acidez, el consumo de oxígeno y la liberación de sustancias volátiles que produce este microorganismo, crean las condiciones ideales para que se desarrolle *Lactobacillus bulgaricus*. Por otro lado, al liberar aminoácidos de la caseína, el bacilo estimula el crecimiento de *Streptococcus thermophilus* y, entonces, se producen ácidos grasos y acetaldehído. Otro efecto positivo de la disminución del pH es la inhibición de los microorganismos que no crecen en ambientes tan ácidos, como la *Salmonella*, el *Staphylococcus aureus* y otros microorganismos que pueden deteriorar el producto (Hernández, 2003).

### **2.8.2 *Bifidobacterium***

El término probióticos se utiliza para describir a las bacterias beneficiosas y otros microorganismos que viven en el tubo digestivo humano y otras partes del organismo. Uno de los microorganismos más beneficiosos son las bacterias del género *Bifidobacterium*, que muchas veces se encuentran en leches fermentadas, como el yogurt, el kéfir y el tempeh, generalmente como suplementos adicionales (Roberts y otros, 2003).

La presencia mayoritaria de *Bifidobacterium* en la flora microbiana del intestino puede presentar claros beneficios, como la disminución de la presencia de bacterias patógenas o putrefactivas (*E. Coli*, *Bacteroidaceae*, *Streptococcus faecalis*), la disminución de metabolitos tóxicos (amoníaco, aminas, nitrosaminas, fenoles), aumento de la absorción del calcio y la mejora en situaciones de estreñimiento (Roser y Mestres, 2004).

## **2.9 Hidrocoloides**

El nombre de hidrocoloides engloba a sustancias naturales poliméricas solubles o dispersables en agua. Por esa razón, se les puede considerar como fibras solubles. Aunque en este grupo también se incluye a los almidones y algunas proteínas, como la gelatina, generalmente, el término hidrocoloide se aplica a sustancias de composición polisacárida. De forma coloquial se les denomina con el nombre de gomas (Cubero y otros, 2002).

Como característica principal y común se puede destacar que son moléculas altamente hidrofílicas que actúan sobre el agua que se encuentra libre en el medio donde se aplican, llegando a reducir su movilidad y aumentando así la viscosidad. En este sentido, la estructura del polímero es importante ya que de ella depende la capacidad de retención de agua y, por tanto, las características reológicas y de textura que impartirá al producto acabado (Cubero y otros, 2002).

### **2.9.1 Carragenatos**

Cubero y otros (2002) mencionan que el carragenato es un hidrocoloide con propiedades gelificantes extremadamente marcadas. Se obtiene de algas rojas.

Los carragenatos son polímeros de galactosa más o menos sulfatados. Su solubilidad aumenta con el grado de sulfatación.

Las algas rojas producen tres tipos de carragenato: kappa, iota y lambda. La mayoría de productos comerciales de carragenato consisten en una mezcla de los tres, aunque normalmente predomina uno de ellos y se vende como tal. Las moléculas que componen los carragenatos son básicamente dos:

- D-galactosa.
- 3,6-anhidro-D-galactosa(AG).



**2.9.2 Tipos de carragenatos:** Cubero y otros (2002) mencionan los siguientes tipos de carragenatos.

- **Carragenato kappa I.** Forma geles firmes y quebradizos en agua y leche. Presenta alta sinéresis. Tiene buena capacidad de retención de agua. Soluble a partir de 80-85 °C, a menos temperatura la solubilización no es total.
- **Carragenato kappa II.** Forma geles firmes y elásticos en agua y leche. Presenta algo de sinéresis y muy alta reactividad con leche. Solubilidad en el mismo rango de temperatura que el anterior.
- **Carragenato iota.** Forma geles elásticos en agua y leche con baja sinéresis. Buena estabilidad a ciclos de congelación-descongelación. Soluble sobre los 55 °C.
- **Carragenato lambda.** El contenido de éster sulfato aumenta hasta una proporción del 35% y casi no se encuentra 3,6 AG, por esta razón, no gelifica y debido a su alto grado de sulfatación es el tipo de carragenato más soluble en agua y leche fría, dando alta viscosidad al medio.

## **2.10 Edulcorantes**

Con el nombre de aditivos edulcorantes intensos se conoce a aquellos compuestos, naturales o sintéticos, con sabor dulce, pero con un poder energético nulo o insignificante en comparación con la sacarosa (Cubero y otros, 2002).

No sólo es necesaria la aportación de un sabor dulce para que se considere a una sustancia como edulcorante. Debe reunir una serie de requisitos importantes para la aplicación técnico-alimentaria entre los que se encuentran:

- Solubilidad suficiente.
- Estabilidad a un intervalo amplio de temperatura y pH para que pueda resistir las condiciones del alimento en el que se va a utilizar y a los tratamientos a los que se vaya a someter.
- Sin sabores secundarios o residuales.
- Que tenga un poder edulcorante superior al de la sacarosa.
- Que sea inocuo.

### **2.10.1 Sucralosa**

La sucralosa es un edulcorante no nutritivo y de bajas calorías que tiene prácticamente la misma estructura que el azúcar, aunque es 600 veces más dulce.

En 1998, la FDA otorgó la aprobación del uso de la sucralosa en 15 categorías de alimentos y bebidas. En 1999, amplió su utilización, denominándola un edulcorante de aplicación general (Gil y otros, 2010).

## 2.11 Sinéresis

Es la salida del líquido de un gel que se puede formar a través de oscilaciones de temperatura o envejecimiento, (por ejemplo, salida de un suero o de suero lácteo en un yogurt (Tamime y Robinson, 2000)).

Los materiales que se expulsan durante la sinéresis son la fase acuosa de la leche fermentada, el agua atrapada dentro de las estructuras, el agua ligada a las proteínas y el agua libre (Vásquez, 2008).

La sinéresis depende de algunas variables del producto y del proceso, entre las que se puede mencionar (Vásquez, 2008):

- Poca cantidad de proteína en la leche con la que se está elaborando el producto
- Poca cantidad de grasa
- Tratamiento térmico y homogeneización deficientes
- Temperatura de incubación mayor a 45 °C
- Destrucción del coágulo durante la acidificación y un pH>4.8

En el caso de yogurt batido, una intensa sinéresis indica un producto de mala calidad. Durante el batido, el gel se rompe en trozos, en los que inmediatamente comienza la sinéresis. Se forma una mezcla heterogénea de coágulos y suero; al continuar el batido, los coágulos se rompen y se obtiene un producto más suave y uniforme, pero no suficientemente viscoso (Walstra y otros, 2006).

Keogh y O'Kennedy (1998) evaluaron la sinéresis de un yogurt. Pesaron 10 g de yogurt, lo centrifugaron por 20 minutos a 5000 rpm. Después de la centrifugación se obtuvo el peso del sobrenadante y se calculó el porcentaje de sinéresis mediante la relación entre peso del sobrenadante y el peso de la muestra.

## **2.12 Viscosidad**

### **2.12.1 Definición**

La viscosidad es la medida de la resistencia a la deformación del fluido. Este concepto se vincula con la Ley de Newton, que relaciona el esfuerzo cortante con la velocidad de deformación (gradiente de velocidad) (Ramírez, 2006).

El yogurt batido tiene que ser homogéneo y viscoso. Además, un buen producto da la impresión de una textura larga o filante; cuando se vierte lentamente, se forma una fina película que tiene un comportamiento elástico cuando se rompe (Walstra y otros, 2001).

### **2.12.2 Evaluación de viscosidad aparente**

La viscosidad es afectada por la gradiente de velocidad de deformación, la temperatura y la presión, entre otros. La viscosidad aparente,  $\mu_a$ , se define como el cociente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, que en el caso de fluido no Newtonianos se expresa a una determinada rpm (Ramírez, 2006).

Con respecto a la viscosidad del yogurt y su relación con la manipulación y almacenamiento, la manipulación en la planta de procesamiento del yogurt produce disminución de la viscosidad del mismo por efectos de la alteración de su estructura. Además, si el yogurt se manipula con cuidado la viscosidad del mismo se recupera rápidamente durante su almacenamiento en refrigeración; pero, si la manipulación es brusca se pierde la capacidad de recuperación, es decir, la viscosidad disminuye durante el almacenamiento (Tamine y Robinson, 2000).

Säker (2011) evaluó las características reológicas de leche fermentada con gelatina y sacarosa, con un viscosímetro digital Brookfield, Modelo RVDV-III+ con husillo número 27 a 4 °C. La viscosidad aparente de las formulaciones de leche fermentada se determinó a 80 r.p.m.

## **2.13 Vida útil**

### **2.13.1 Generalidades**

Un alimento es un sistema fisicoquímico y biológico activo, por lo que la calidad del mismo es un estado dinámico que se mueve hacia niveles más bajos respecto al tiempo. Existe un tiempo determinado, después de haber sido producido, en que el producto mantiene un nivel requerido de sus propiedades sensoriales y de seguridad, bajo ciertas condiciones de almacenamiento. Este constituye el período de vida útil o de anaquel del alimento (Casp y Abril, 2003; Kuntz, 2003).

Por ello, en la industria de alimentos es importante determinar la vida útil de los productos para suplirlos y mantenerlos en el mercado sin problemas de seguridad o de rechazo. La vida útil de un producto depende de factores ambientales, de la humedad, de la temperatura de exposición, del proceso térmico al que se somete y de la calidad de las materias primas, entre otros. El efecto de estos factores se manifiesta como el cambio en las cualidades del alimento que evitan su venta: cambios de sabor, color, textura o pérdida de nutrientes (Potter y Hotchkiss, 1999). Kuntz (2003) refiere que el final de la vida útil de un producto se alcanza cuando ya no mantiene las cualidades requeridas para que el consumidor final lo utilice.

Uno de los principales problemas de la calidad del yogurt es que la fermentación continúa durante el período de distribución y venta, y el producto puede haber desarrollado una acidez excesiva en el momento del consumo. Además, el yogurt puede presentar un defecto de amargor, consecuencia de la proteólisis; la gravedad de la alteración de las cepas utilizadas en los cultivos. Estos defectos son los que determinan el final de la vida útil del yogurt. El producto se refrigera para reducir la velocidad de acidificación, pero es difícil enfriar a la velocidad necesaria. El yogurt firme está en su propio envase y no puede agitarse; el yogurt batido no debe sufrir agitaciones intensas porque resultaría excesivamente líquido. Incluso a temperaturas de refrigeración, la acidificación y otras reacciones enzimáticas siguen desarrollándose, aunque sea de forma lenta (Walstra y otros, 2001).

### 2.13.2 Determinación de vida útil

Para determinar la vida útil de un alimento o producto, deben identificarse las reacciones químicas o biológicas que influyen en la calidad y seguridad del mismo, considerando la composición del alimento y el proceso a que es sometido y se procede a establecer las reacciones más críticas en la calidad (Casp y Abril, 2003).

El tiempo de vida útil se puede estimar mediante varios métodos: pueden tomarse valores reportados en la literatura especializada de alimentos similares y bajo condiciones similares al producto de nuestro interés; se pueden monitorear las quejas de los consumidores para orientar los posibles valores de vida útil; se pueden evaluar atributos de calidad del alimento que varían durante la vida útil en anaquel o mediante pruebas aceleradas (CITA, 2005).

El parámetro de acidez del yogurt es el que generalmente se elige para el seguimiento experimental de la cinética de deterioro en función del tiempo y la temperatura. Estudios demuestran que los valores de la vida útil del yogurt en sus diferentes características, establecen una relación inversa entre la temperatura de conservación y el tiempo de vida útil (a mayor temperatura menor tiempo de vida útil) y por otro lado la influencia del uso de conservante es determinante para prolongar el tiempo de vida útil del yogurt (Tola, 2006).

## **2.14 Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, las cuales son percibidas por los sentidos humanos (Pedrero y Pangborn, 1996).

La evaluación sensorial es una valiosa técnica para resolver los problemas relativos a la aceptación de los alimentos. Es importante considerar las características organolépticas de los alimentos y su evaluación desde el punto de vista de los sentidos humanos (Desrosier, 1999).

Se define el análisis sensorial, en un sentido más estricto, como el examen de los caracteres organolépticos de un producto mediante los sentidos, obteniendo datos cuantificables y objetivables (Sancho y otros, 2002).

### **2.14.1 Pruebas orientadas al consumidor**

Las pruebas orientadas al consumidor incluyen pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas. Estas pruebas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. Aunque los panelistas se les puede pedir que indiquen directamente su satisfacción, preferencia o aceptación de un producto, a menudo se emplean pruebas hedónicas para medir indirectamente el grado de preferencia o aceptabilidad (Watts y otros, 1992).



### **2.14.2 Prueba hedónica**

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuanto agrada o desagrada un producto. Las evaluaciones hedónicas son pruebas de aceptación que se pueden realizar en un laboratorio o en una situación natural en donde se les pide con un mínimo de 30 catadores o panelistas necesario para que la evaluación de sus apreciaciones tengan validez estadística, los cuales pueden ser consumidores no experimentados, que prueben una muestra y la califiquen en una escala graduada de nueve puntos (Ureña y otros, 1999).

Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde “me gusta mucho”, pasando por “no me gusta ni me disgusta”, hasta “me disgusta mucho”. Los panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada (Watts y otros, 1992).

## **2.15 Maca**

### **2.15.1 Generalidades**

Esta nutritiva raíz de la puna, llamada maca (*Lepidium meyenii*) era poco o nada conocida para la mayoría de los habitantes del Perú moderno e ignorada por el resto del mundo. La maca es una crucífera que crece en los páramos altoandinos por encima de los 4000 m de altitud (D'Arrigo y otros, 2004).

La popularidad de la maca se ha expandido a los departamentos de Ancash, Apurímac, Ayacucho, Huánuco, Huancavelica y Puno. En 1999, se cultivaron aproximadamente 1200 hectáreas de maca. El incremento de la demanda de maca en Japón, Europa y Estados Unidos originó el denominado “boom de la maca” (Rea, 1992).

Tradicionalmente, la maca era consumida para combatir la fatiga mental y física, así como para equilibrar la dieta, con su alta y variada cantidad de minerales, aminoácidos, vitaminas y otros componentes, dos aspectos importantes en estos tiempos de acelerado ritmo de vida que descuida la vida equilibrada. Asimismo se le atribuye propiedades como afrodisíaco, corrige la esterilidad femenina y masculina, estimula las funciones del sistema endocrino, tanto en hombres como en mujeres por encima de los 40 años, ayuda a mejorar las molestias del proceso de envejecimiento, incluyendo la osteoporosis/anemia y ayuda a mejorar las molestias del proceso de envejecimiento, incluyendo la osteoporosis/anemia y es considerada como producto antiedad y antiestrés. Otras propiedades incluyen la regulación de la secreción hormonal, estimulación del metabolismo, mejora la memoria, y combate la anemia, leucemia y cáncer (Cicero y otros, 2002).

### 2.15.2 Harina de maca

La harina de maca se obtiene del secado y la molienda del tubérculo. Su proceso de preparación empieza con el lavado y desinfección de la maca; después de ello, es triturada en una máquina para luego ser secada con aire caliente y luego triturada y empaquetada. La harina de maca obtenida es de color crema, mantiene sus propiedades nutritivas y medicinales, no contiene aditivos químicos y está lista para ser tomada directamente, para la preparación de cápsulas/tabletas o para ser usada como ingrediente de cualquier preparado alimenticio (Deni y otros, 2000). El Cuadro 7 muestra la composición química de harina de maca.

**Cuadro 7.** Composición química de harina de maca

Componentes	Porcentaje (%)
Agua	9 - 12
Proteínas	9 – 13
Grasas	0.6 - 0.9
Carbohidratos	65 – 75
Fibras	4 – 8
Cenizas	3 – 6

Fuente: Obregón (1998).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de ejecución

La investigación se realizó en el Laboratorio de Ciencia de los Alimentos y en la Planta Piloto de la Escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

#### 3.2 Materiales

##### 3.2.1 Materia prima

- Leche en polvo descremada. Marca Synlait. Medium Heat. Proveedor Suman.
- Harina de maca. Proveedor Nutry Body S.A.C

##### 3.2.2 Insumos

- Azúcar blanca refinada. Marca Sol de Laredo. Proveedor Supermercado Plaza Vea.
- Cultivo de yogurt YV-PL814 (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*) marca Calza Clemente S.R.L. Proveedor Rosa Cavero Representaciones S.R.L.
- Cultivo BIFI D4 (*Bifidobacterium infantis* B11, *Bifidobacterium breve* Bbr8, *Bifidobacterium breve* B110). Marca CSL. Proveedor Rosa Cavero Representaciones S.R.L.
- Sucralosa. Proveedor Linros.
- Carragenina. Proveedor Linros.

### 3.2.3 Envases

Potes de plástico PET. Proveedor Suman.

### 3.2.4 Equipos

- Balanza Analítica. Marca Mettler modelo EK-610 (capacidad de 500 g, sensibilidad 0.0001 mg).
- Balanza de precisión. Rango de 0 a 5 kg. Precisión  $\pm 0.001$  g.
- Estufa. Marca Memmert.
- Incubadora
- Refrigeradora automática. Marca Bosch.
- pHmetro. Marca Boeco Germany. Rango 1-14. Precisión  $\pm 0.01$ .
- Centrífuga Marca Heraeus Sepatech. Modelo Labofuge 200.
- Viscosímetro digital marca Brookfield. Modelo RVDV-III.
- Refractómetro marca Link. Modelo RHB-32 ATC. Rango 0 – 32 °Brix. Precisión  $\pm 0.2^\circ$ Brix.

### 3.2.5 Materiales e instrumentos de vidrio

- Pipeta de 5 y 10 mL
- Vasos de precipitación de 50, 250 y 500 mL

### 3.2.6 Instrumentos de vidrio

- Termómetro. Marca Bueco Germany, rango -10 a 200 °C, sensibilidad 1 °C.

### **3.2.7 Otros materiales**

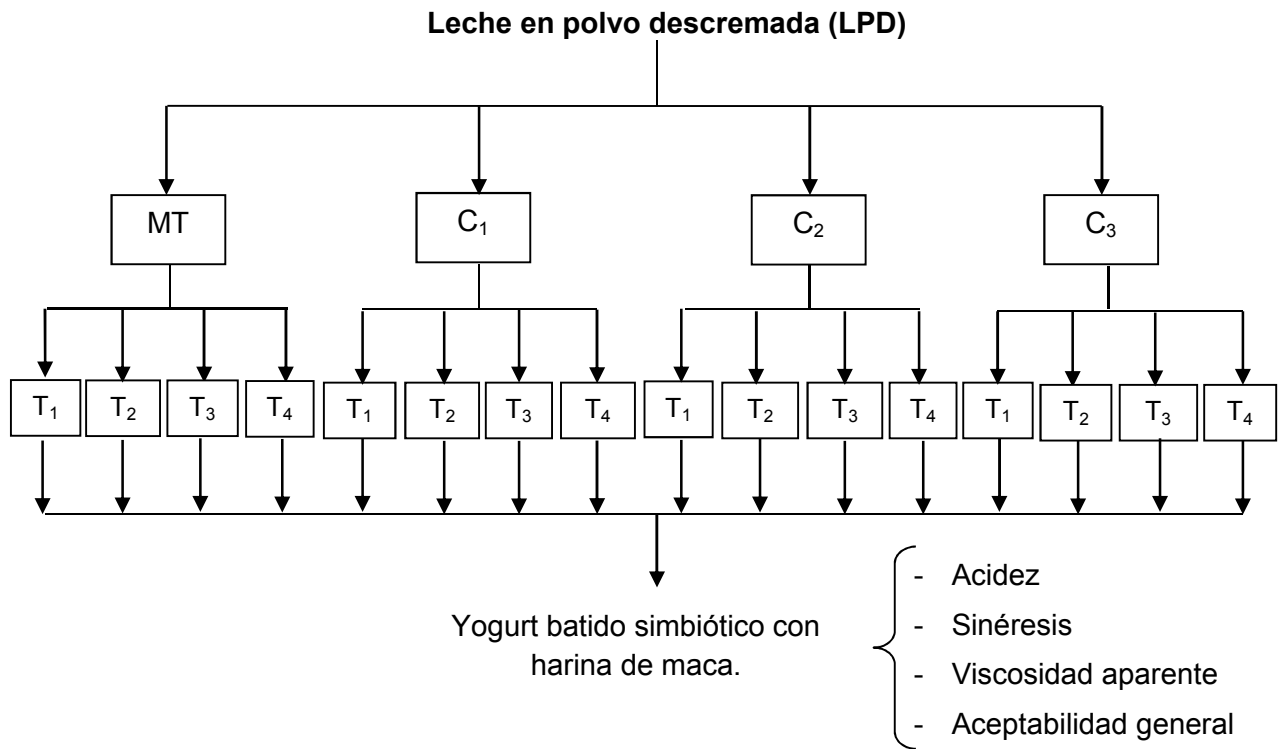
- Ollas
- Homogeneizador manual

### **3.3 Esquema experimental**

En la Figura 1, se muestra el esquema experimental de la elaboración de leche fermentada, que tiene como variables independientes a la adición de harina de maca en tres porcentajes y el tiempo de almacenamiento; y como variables dependientes la sinéresis, acidez, viscosidad aparente y aceptabilidad general de yogurt con harina de maca.

### **3.4 Método experimental**

En la Figura 2, se muestra el diagrama de flujo del proceso para la obtención de yogurt batido simbiótico a base de leche en polvo descremada y harina de maca.



**Figura 1.** Esquema experimental de la elaboración de yogurt batido simbiótico a base de leche en polvo descremada y harina de maca.

#### LEYENDA

MT: Muestra testigo (100% LPD)

C<sub>1</sub>: Harina de maca 5% en base al peso LPD

C<sub>2</sub>: Harina de maca 7.5% en base al peso LPD

C<sub>3</sub>: Harina de maca 10% en base al peso LPD

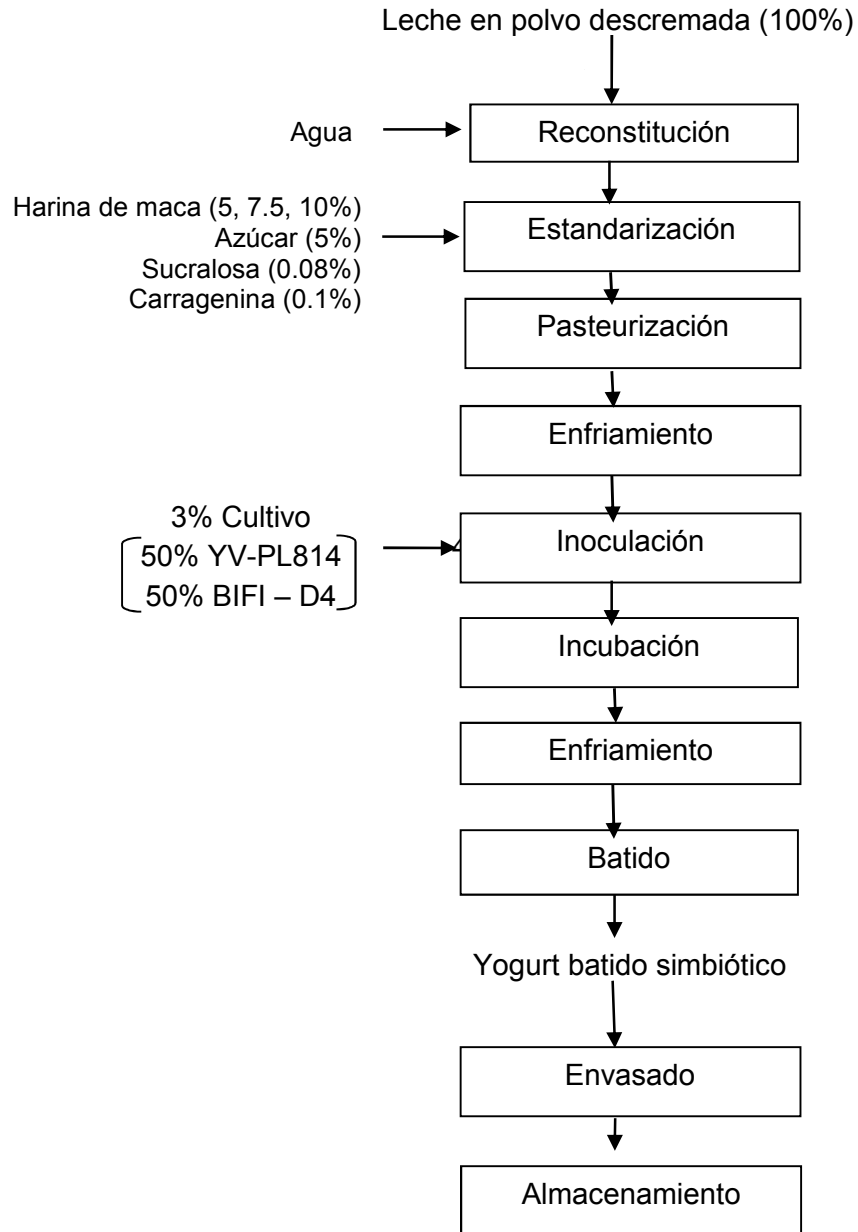
T<sub>1</sub> = Tiempo de almacenamiento: 7 días

T<sub>2</sub> = Tiempo de almacenamiento: 14 días

T<sub>3</sub> = Tiempo de almacenamiento: 21 días

T<sub>4</sub> = Tiempo de almacenamiento: 28 días

LPD = Leche en polvo descremada



**Figura 2.** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de yogurt batido simbiótico con harina de maca.



## Descripción del diagrama de flujo

- **Reconstitución.** Con ayuda de una licuadora, se reconstituyó la leche descremada en polvo mezclándola con agua de mesa hasta un contenido de 12% de sólidos totales.
- **Estandarización.** En la etapa de estandarizado cuando la leche alcanzó los 37 °C, se agregó la harina de maca (5, 7.5 y 10 % en base al peso LPD), el azúcar (5%), la sucralosa (0.08%) y la carragenina (0.1%).
- **Pasteurización.** Se aplicó un tratamiento térmico de pasteurización, que consistió en calentar a 85 °C y mantener esta temperatura durante 30 minutos con el propósito de inactivar los agentes patógenos y reducir la carga microbiana.
- **Enfriamiento.** Luego del pasteurizado, se enfrió la leche en una tina con agua fría hasta que alcanzar los 43 °C.
- **Inoculación.** Se adicionó a la leche los cultivos: YV-PL814 (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*) y BIFI D4 (*Bifidobacterium infantis B11*, *Bifidobacterium breve Bbr8*, *Bifidobacterium breve B110*) (1:1) en un porcentaje de 3% en relación a la leche y se procedió a agitar por espacio de 2 min. La temperatura de incubación fue de 42 °C hasta alcanzar un pH de 4.6.
- **Incubación.** La mezcla reposó durante 5 horas hasta el pH de 4.6 a 42 °C.

- **Enfriado.** Las muestras fueron enfriadas hasta 15 °C, con el fin de formar un coágulo más rígido para su posterior batido.
- **Batido.** Se batió por un espacio de 6 a 8 minutos con un agitador manual para romper el coágulo formado en la etapa previa.
- **Envasado.** Las muestras fueron envasadas en envases PET de 1 L de capacidad cada uno.
- **Almacenamiento.** El producto se almacenó en refrigeración a 4 °C para los análisis correspondientes.

### 3.5 Análisis fisicoquímico

#### a. Análisis de pH

La determinación del pH durante la incubación del yogurt batido simbiótico se realizó mediante el método potenciométrico, siguiendo el proceso indicado por el método 981.12 de la AOAC (1997).

#### b. Análisis de acidez

La acidez se determinó según el método 947.05 de la AOAC (1997). Se midió 10 mL de muestra y se colocó en un vaso de precipitado de 50 mL. Se añadieron 5 gotas de fenolftaleína y se tituló la muestra con una solución de NaOH 0.1 N. El resultado se expresó en porcentaje de ácido láctico.

**c. Determinación de sinéresis**

El procedimiento a seguir fue similar al utilizado por Keogh y O’Kennedy (1998) y Díaz y otros (2002), se utilizó una centrífuga, en donde se pesó 10 g. de yogurt (Y) y se colocó en los tubos para centrífuga, centrifugándose por 20 minutos a 5000 rpm. Después de la centrifugación se obtuvo el peso del sobrenadante (W) y se calculó el porcentaje de sinéresis (m/m) mediante la relación entre peso del sobrenadante y el peso de la muestra.

$$\text{Sinéresis (\%)} = (W/Y) \times 100 \quad \text{ecuación (1)}$$

Donde:

Y: Peso de leche fermentada.

W: Peso del sobrenadante

**d. Determinación de características reológicas**

Las características reológicas fueron determinadas con el viscosímetro marca Brookfield. Modelo RVD-III. Rango 10 – 120 rpm. Precisión  $\pm 1\%$ , utilizando el husillo N° 27. Cabe mencionar que la viscosidad aparente de las formulaciones de yogurt batido simbiótico se determinó a 130 r.p.m. a 10 C debido que, en pruebas preliminares, se encontró que este valor permitía el análisis estadístico.

Adicionalmente, para describir el comportamiento más adecuado de muestras del tipo plástico general se tomó como referencia a la ecuación de la ley de potencia mencionada por Levenspiel (1993):

$$\tau = k \left( \frac{dv}{dx} \right)^n \quad \text{ecuación (2)}$$

Donde:

$\tau$  : Esfuerzo cortante (Pa).

$\frac{dv}{dx}$  : Velocidad de cizalla ( $s^{-1}$ ).

k: Índice de consistencia de fluido ( $Pa \cdot s^n$ ).

n: Índice de comportamiento de fluido (adimensional).

Previamente se determinó la tensión de fluencia ( $\tau_0$ ) mediante la ecuación de Casson (Levenspiel, 1993):

$$\bar{\tau} = \bar{\tau}_0 + k \sqrt{\frac{dv}{dy}} \quad \text{ecuación (3)}$$

Los valores del índice de consistencia (k) e índice de comportamiento de flujo (n), se obtuvieron de acuerdo con el modelo de Herschel-Bulkley en su forma logarítmica, graficando  $\log(\tau - \tau_0)$  en función del  $\log\left(\frac{dv}{dx}\right)$  de tal manera que la pendiente de la ecuación que describe la curva es n y el antilogaritmo del intercepto representa k. El modelo Herschel-Bulkley, mencionado por Levenspiel (1993), se muestra a continuación:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log\left(\frac{dv}{dx}\right) \quad \text{ecuación (4)}$$

### e. **Análisis sensorial**

Se realizó una evaluación tipo afectiva por valoración de atributos con escala hedónica, con un panel no entrenado de 30 personas (Anexo 27). Para el caso de evaluación de sabor se consideró la escala usada por Amaral y otros (2009).

Se atribuye un valor numérico a cada valor de la escala de la siguiente manera:

- Gusta extremadamente: 9
- Gusta mucho: 8
- Gusta moderadamente: 7
- Gusta ligeramente: 6
- Ni gusta ni disgusta: 5
- Disgusta ligeramente: 4
- Disgusta moderadamente: 3
- Disgusta mucho: 2
- Disgusta extremadamente: 1

### **3.6 Método estadístico**

Para los cálculos estadísticos se utilizó el software especializado Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 22.0.

### **3.7 Evaluación estadística**

#### **A. Evaluación fisicoquímica**

El método estadístico correspondió a un diseño bifactorial 3x4, con 3 repeticiones. Para la determinación de acidez, sinéresis y viscosidad aparente, se empleó la prueba de Levene modificada para determinar la homogeneidad de varianzas (Montgomery, 2004), posteriormente se realizó un

análisis de varianza (ANVA) y, a continuación, al existir diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, la cual comparó los resultados mediante la formación de subgrupos y se determinó de esta manera el mejor tratamiento.

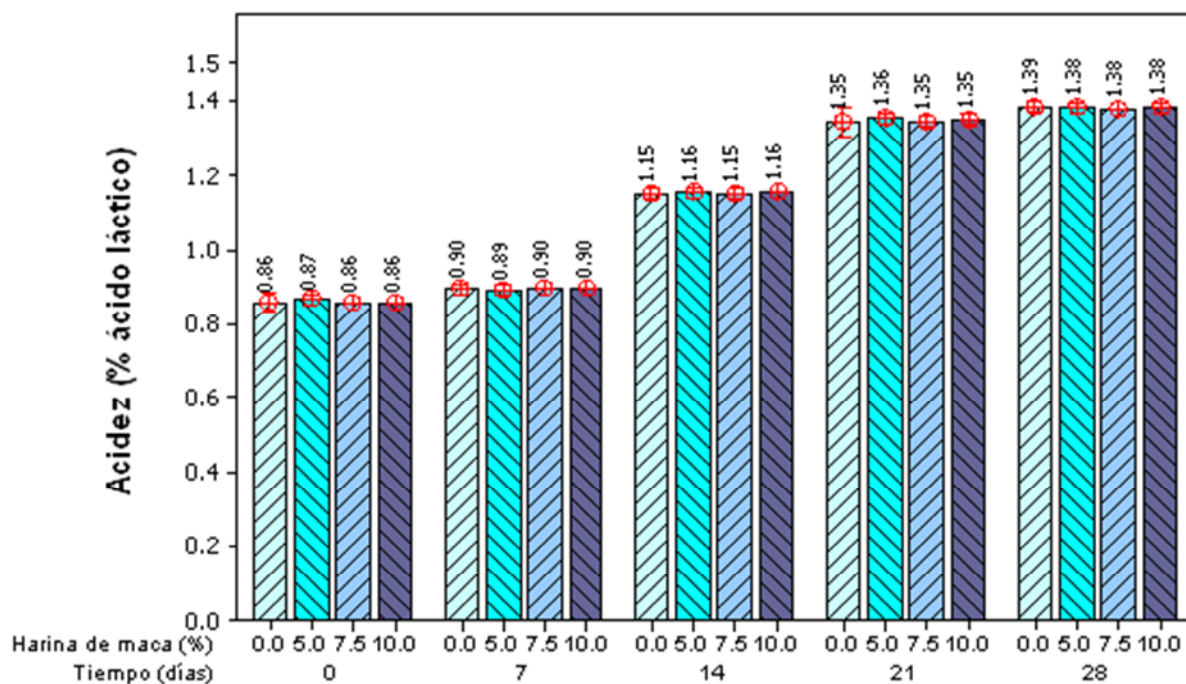
## **B. Evaluación sensorial**

A los datos de la prueba de aceptabilidad general, se les sometió a un análisis no paramétrico con la prueba de Friedman para establecer si existió diferencia significativa entre tratamientos; y la prueba de Wilcoxon para determinar la diferencia significativa entre un tratamiento y el resto.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Efecto de la harina de maca y tiempo de almacenamiento sobre la acidez en yogurt batido simbiótico

En la Figura 3, se observa que la acidez aumenta conforme aumenta el tiempo de almacenamiento. Los niveles más bajos de acidez son de 0.89%, correspondientes al día 7. Los valores más altos de acidez se encuentran en el día 28 para todos los tratamientos. Todos los tratamientos con harina de maca en el día 28 presentaron el mismo valor de acidez (1.38%).



**Figura 3.** Variaciones de acidez en relación al porcentaje de harina de maca y tiempo de almacenamiento en leche fermentada

Según la Norma Técnica Peruana NTP 202-092 (INDECOPI 2008), el porcentaje de acidez expresada en ácido láctico para un yogurt debe encontrarse entre 0.6-1.5. Los valores de acidez de todos los tratamientos se encontraron dentro de ese rango. Aunque la acidez de los tratamientos durante los días 21 y 28 todavía se encuentran dentro del rango permitido por la NTP.

Lema y Revelo (2010) evaluaron la adición de inulina y oligofruktosa en la elaboración de yogurt natural como alimento funcional, reportando valores de acidez a las veinticuatro horas en un rango de 0.71 a 0.75% de ácido láctico, valores que se encuentran cercanos a los reportados al inicio de la presente investigación, los cuales también fueron medidos en el mismo intervalo de tiempo.

Acevedo y otros (2009) evaluaron las características sensoriales de un yogurt de leche caprina con jalea semifluida de piña, utilizaron las cepas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. La valores de acidez que se reportaron se encontraron en un rango de 0.84 a 0.99% de ácido láctico, valores similares a los que se presentaron al inicio de la investigación.

Abugattas (2007) evaluó el tiempo de almacenaje sobre el porcentaje de acidez y aceptabilidad general de un yogurt batido entero. Los valores del porcentaje de acidez variaron de 0.71 a 0.81% de ácido láctico, los cuales se encuentran cercanos a los reportados al inicio de la presente investigación. Para la elaboración del yogurt batido entero se utilizó un cultivo iniciador mixto probiótico (simbiosis de varias cepas de *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium*). En la presente investigación se utilizaron los cultivos *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* y *Bifidobacterium*; pero los



valores reportados fueron similares, por lo que se puede decir que el uso de cultivos probióticos puede influenciar el valor inicial de acidez.

Ruiz y Ramírez (2009) elaboraron un yogurt con probióticos (*Bifidobacterium* spp. y *Lactobacillus acidophilus*) e inulina. Se realizaron tres formulaciones (F1: leche pasteurizada, cultivo láctico y cepas probióticas; F2: leche pasteurizada, cultivo láctico, cepas probióticas e inulina; y F3: leche pasteurizada y cultivo láctico). El valor de acidez promedio reportado para la formulación uno (F1), en el día 0 fue de 1.23% de ácido láctico, el cual fue mayor a los valores que se presentaron al inicio de la investigación, esta diferencia se puede establecer debido al uso de cultivo empleado. Sin embargo, para el día 15 y 21 se reportaron valores promedio de 1.15 y 1.36% de ácido láctico, respectivamente; siendo similares a los reportados en esta investigación.

En el Cuadro 8, se presenta la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de las varianzas para los valores de acidez, denotándose la existencia de homogeneidad de varianzas ( $p > 0.05$ ).

**Cuadro 8.** Prueba de Levene de valores de acidez en yogurt batido simbiótico con harina de maca.

Variable	Estadístico de Levene	gl1	gl2	p
Acidez (%)	0.700	19	40	0.798

$p > 0.05$ , existe homogeneidad de varianzas

En el Cuadro 9, se muestra el análisis de varianza para los valores de acidez de yogurt batido simbiótico con harina de maca.

**Cuadro 9.** Análisis de varianza de valores de acidez en yogurt batido simbiótico con harina de maca

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
<b>Acidez (%)</b>	Harina: H	0.001	3	0.000	1.190	0.326
	Tiempo: T	21.588	4	5.397	20452.314	0.000
	H*T	0.003	12	0.000	1.046	0.428
	Error	0.011	40	0.000		
	Total	21.603	59			

p<0.05, existe efecto significativo

El análisis de varianza en el Cuadro 9 muestra que el tiempo de almacenamiento presenta un efecto significativo sobre la acidez del yogurt batido simbiótico, mas no el porcentaje de harina de maca, ni la interacción harina-tiempo.

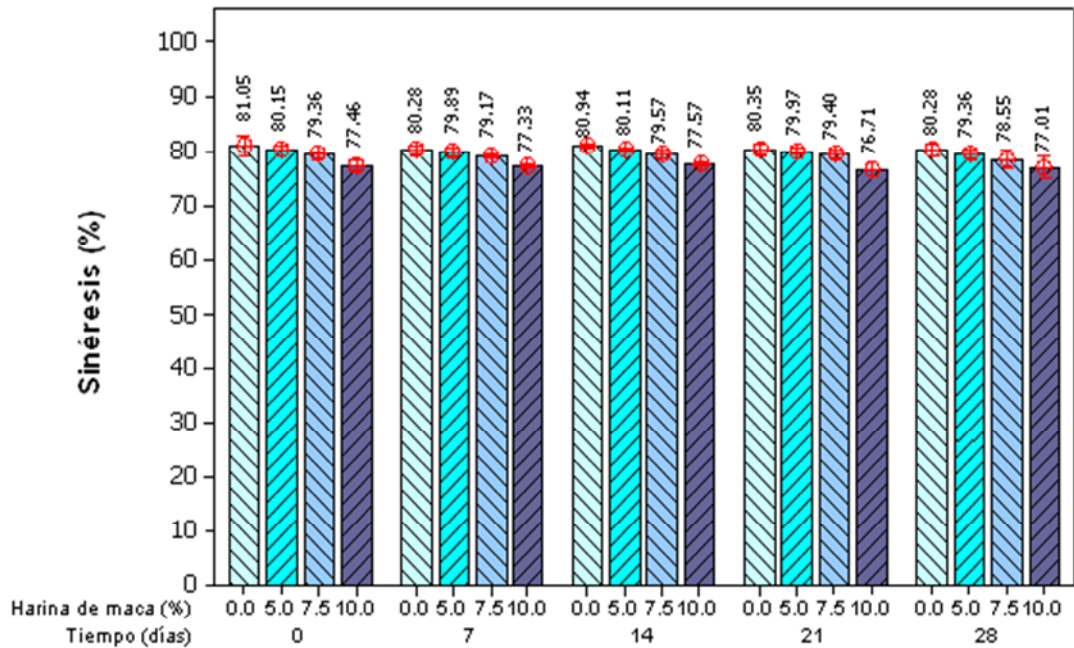
El Cuadro 10 muestra los resultados de la prueba de Duncan para determinar la tendencia. Se observa que conforme pasa el tiempo, la acidez se incrementa; por ello, la formación de subgrupos, pero no muestra diferencias en el contenido de harina de maca.

**Cuadro 10.** Prueba de Duncan de los valores de acidez en yogurt batido simbiótico con harina de maca.

Interacción		Subgrupo				
Harina de maca (%)	Tiempo (días)	1	2	3	4	5
0.0	0	0.86				
7.5	0	0.86				
10.0	0	0.86				
5.0	0	0.87				
5.0	7		0.89			
0.0	7		0.90			
7.5	7		0.90			
10.0	7		0.90			
0.0	14			1.15		
7.5	14			1.15		
5.0	14			1.16		
10.0	14			1.16		
0.0	21				1.35	
7.5	21				1.35	
10.0	21				1.35	
5.0	21				1.36	
7.5	28					1.38
5.0	28					1.38
10.0	28					1.38
0.0	28					1.39

## 4.2 Efecto de la harina de maca y tiempo de almacenamiento sobre la sinéresis

En la Figura 4, se observan los valores promedio para la sinéresis en los tratamientos de yogurt batido simbiótico. Se encontró que al aumentar el porcentaje de harina de maca, el valor de sinéresis disminuyó.



**Figura 4.** Porcentaje de sinéresis en función de los tratamientos y tiempo de almacenamiento en leche fermentada con harina de maca.

Se encontraron valores promedio muy próximos entre tratamientos. El tratamiento que presentó mayor porcentaje de sinéresis fue la muestra con 5.0% de harina de maca en el día 7 (79.89%). Por otro lado, el tratamiento que presentó menor porcentaje de sinéresis fue la muestra con 10% de harina de maca en el día 21 (76.71%).

Los valores de sinéresis encontrados se mantuvieron casi constantes durante los 28 días de almacenamiento y se encontraron en un rango de 76.71 a 81.05%; y que son similares a los encontrados por Esaine (2012), que reportó un rango de 78.67% a 81.33% en un yogurt batido con adición de sábila y miel de abeja.

Vera (2012) evaluó el efecto de la adición de caseinato de sodio (0.0%, 1.0%, 2.0% y 3.0%) y gelatina (0.0%, 0.30 y 0.60%) en yogurt batido; encontró valores de sinéresis en un rango de 31.33% a 68.33%, los cuales fueron menores a los rangos mínimos y máximos presentados anteriormente para yogurt batido simbiótico con harina de maca. Säker (2011), elaboró leche fermentada con adición de gelatina y sacarosa, los valores de sinéresis se encontraron en un rango de 44.91 a 71.62%, del cual se puede afirmar que fueron menores en comparación a los reportados en esta investigación. Adicionalmente, Lescano (2009), evaluó el efecto de la concentración de pulpa de guanábana y de gelatina en la sinéresis del yogurt batido, encontrando un rango de sinéresis entre 11.57% a 37.663%, valores que están por debajo de los reportados para yogurt batido simbiótico con adición de harina de maca; estas diferencias en resultados se puede establecer de acuerdo a los diferentes ingredientes que se han empleado para la fabricación de cada yogurt como hidrocoloides, tipo de leche, entre otros.

En el Cuadro 11, se presenta la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de varianzas para los valores de sinéresis. Donde  $p > 0.05$ , indica una homogeneidad de varianzas.

**Cuadro 11.** Prueba de Levene de los valores de sinéresis en yogurt batido simbiótico con harina de maca

Variable	Estadístico de Levene	gl1	gl2	p
Sinéresis (%)	0.520	19	40	0.936

$p > 0.05$ , existe homogeneidad de varianzas

En el Cuadro 12, se observan los resultados para el análisis de varianza aplicado a los valores de sinéresis en yogurt batido simbiótico con harina de maca. Se observa que tanto la adición de harina de maca como el tiempo de almacenamiento tuvieron un efecto significativo sobre los valores de sinéresis, mas no la interacción harina-tiempo.

**Cuadro 12.** Análisis de varianza de los valores de sinéresis en yogurt batido simbiótico con harina de maca

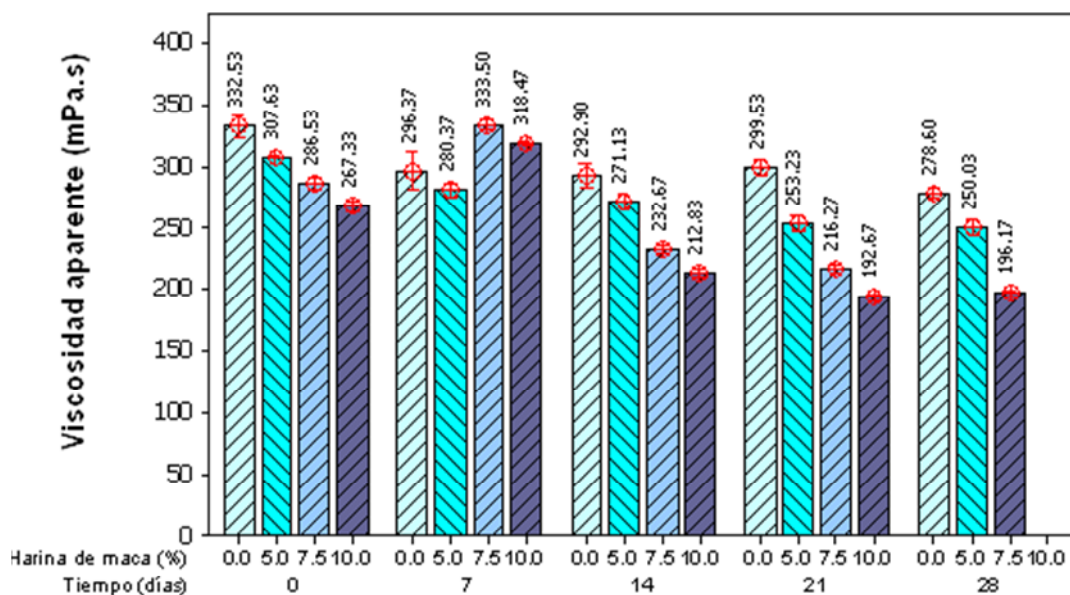
Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Sinéresis (%)	Harina: H	46.644	3	15.548	201.499	0.000
	Tiempo: T	2.274	4	0.568	7.367	0.000
	H*T	0.870	12	0.073	0.940	0.518
	Error	3.086	40	0.077		
	Total	52.875	59			

$p < 0.05$ , existe efecto significativo



### 4.3 Efecto de la harina de maca y tiempo de almacenamiento sobre la viscosidad aparente en yogurt batido simbiótico

En la Figura 5, se observan las barras con la respectiva desviación estándar para los valores promedio de viscosidad aparente. En los anexos 1 al 28, se reportan los resultados de las lecturas desde el día 0 hasta el día 28 para todos los tratamientos y se observa que el viscosímetro lee las muestras a mayor rpm con el aumento del tiempo de almacenamiento, por esa razón la viscosidad aparente se determinó a 130 rpm para el tratamiento estadístico de los resultados.



**Figura 5.** Viscosidad aparente en función de los tratamientos de yogurt batido simbiótico con harina de maca.

El valor máximo de viscosidad (307.63 mPa.s) corresponde al tratamiento con 7.5% de harina de maca durante el día 7. El valor mínimo hallado fue de 192.67 mPa.s para el tratamiento con 7.5% de harina de maca en el día 21.



Asimismo, se puede observar que a mayor porcentaje de harina de maca, la viscosidad va disminuyendo. Las variaciones de viscosidad pueden estar asociadas a los cambios de pH, debido a que la viscosidad del gel disminuye con los pH ácidos, dado que las proteínas se solubilizan a pH bajos (Wong, 1995).

El tratamiento de 10.0% de harina de maca en el día 28 no fue considerado debido a que el viscosímetro empezó a leer la muestra por encima de los 150 rpm. Los valores de viscosidad para el día 0 se encontraron en un rango de 267.33 a 332.53 mPa.s. Esaine (2012) encontró valores de viscosidad aparente en un rango de 155.43 a 303.27 mPa.s, en yogurt batido con adición de sábila y miel de abeja a 80 rpm y 10 °C; los valores numéricos obtenidos por Esaine difieren con los de la presente investigación debido a que en ambas investigaciones no se trabajó con los mismos insumos. Lo mismo se presenta en la comparación con Vera (2011), que evaluó el efecto de la adición de caseinato de sodio (0.0%, 1.0%, 2.0% y 3.0%) y gelatina (0.0%, 0.3 y 0.6%) en yogurt batido, encontrando valores de viscosidad en un rango de 494.30% a 2150.00% a 80 rpm, los cuales fueron mayores a los rangos mínimos y máximos presentados para el yogurt batido simbiótico con harina de maca.

Adicionalmente, Säker (2011) evaluó el efecto de cultivo láctico y adición de sacarosa y gelatina sobre la viscosidad en leche fermentada, encontrando valores de viscosidad aparente en un rango de 593 a 1184 mPa.s a 10 °C y 80 rpm, de yogurt batido con sacarosa (0.0, 5.0 y 10.0%) y gelatina (0.00, 0.20 y 0.40%). Para los tratamientos con 5.0 y 10.0% de sacarosa y 0.0% de gelatina, las viscosidades fueron 747.43 mPa.s y 591.63 mPa.s respectivamente; los cuales muestran que al no contener gelatina

reportan valores mayores que los rangos de viscosidad de 267.33 a 332.53 mPa.s de yogurt batido simbiótico con harina de maca.

Lastarria y Bellido (2011) evaluaron la viscosidad de un yogurt natural durante 45 días de almacenamiento a 5 °C, 10 °C y 15 °C. Además, se utilizaron 3, 2 y 1 g de cultivos por cada 5 litros de leche, los cuales contenían cepas probióticas (*Bifidumbacterium spp* y *Lactobacillus acidophilus*). Los valores encontrados para el día 0, se encontraron en un rango de 1500 a 2200 mPa.s; estos valores fueron mayores a los presentados en esta investigación, los cuales fueron almacenados a 4 °C. Asimismo, encontraron que durante el almacenamiento se produjo una súbita disminución de la viscosidad para todos los tratamientos durante los primeros 15 días, encontrando valores de viscosidad en un rango de 250 a 500 mPa.s, valores que si bien se acercan a los hallados, siguen siendo mayores a los encontrados en esta investigación en el día 14, los cuales van de 212.83 a 292.90 mPa.s. Para el día 30, Lastarria y Bellido reportan valores de 170.0 a 450.0 mPa.s, mientras los valores hallados en la investigación van en un rango de 196.17 a 278.60 mPa.s; valores que fueron próximos, aunque los tratamientos por parte de las dos investigaciones ya se encontraban en periodo de deterioro.

Damin y otros (2009) investigaron los efectos de la suplementación de leche desnatada en polvo, proteínas de suero de leche concentrada y caseinato de sodio sobre el tiempo de fermentación, propiedades reológicas y la estructura del yogurt batido descremado, encontrando para un nivel de 0.00 y 1.00% de caseinato de sodio, valores de 200 y 750 mPa.s, respectivamente. El valor mínimo es próximo al encontrado en esta investigación, pero el valor máximo es muy elevado en comparación con el obtenido.

En el Cuadro 14, se presenta la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de varianzas para los valores de viscosidad aparente.

**Cuadro 14.** Prueba de Levene de los valores de viscosidad aparente en yogurt batido simbiótico con harina de maca

Variable	Estadístico de Levene	gl1	gl2	p
Viscosidad aparente (mPa.s)	0.460	18	38	0.961

$p > 0.05$ , existe homogeneidad de varianzas

Las varianzas para los valores de viscosidad aparente fueron homogéneas ( $p > 0.05$ ), lo cual valida la aplicación del análisis de varianza.

En el Cuadro 15, se muestran los resultados para el análisis de varianza aplicado a la viscosidad aparente.

**Cuadro 15.** Análisis de varianza de los valores de viscosidad aparente en yogurt batido simbiótico con harina de maca

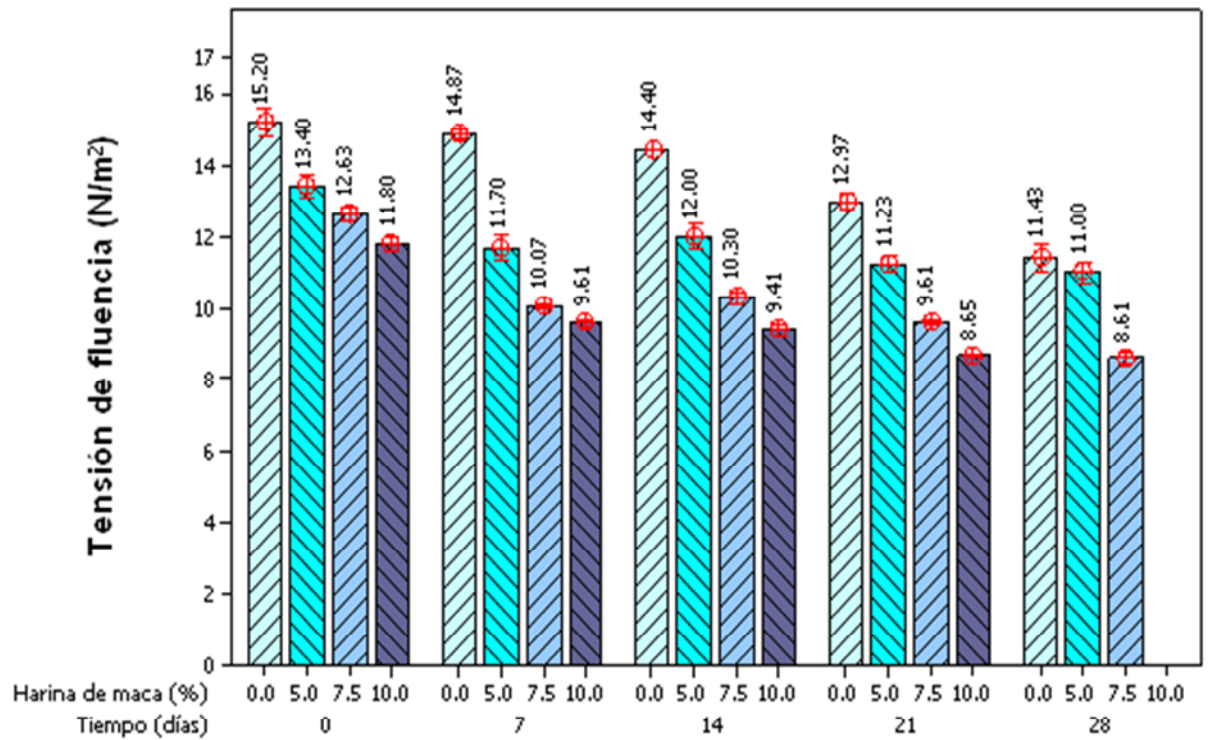
Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Viscosidad aparente (mPa.s)	Harina: H	28191.506	3	9397.169	79.827	0.000
	Tiempo: T	52204.908	4	13051.227	110.867	0.000
	H*T	25763.538	11	2342.140	19.896	0.000
	Error	4473.347	38	117.720		
	Total	106224.306	56			

$p < 0.05$ , existe efecto significativo



#### 4.4 Propiedades reológicas de yogurt batido simbiótico con harina de maca

En la Figura 6, se muestran los valores promedio de tensión de fluencia en función del porcentaje de harina de maca y a los días de almacenamiento en yogurt batido simbiótico.

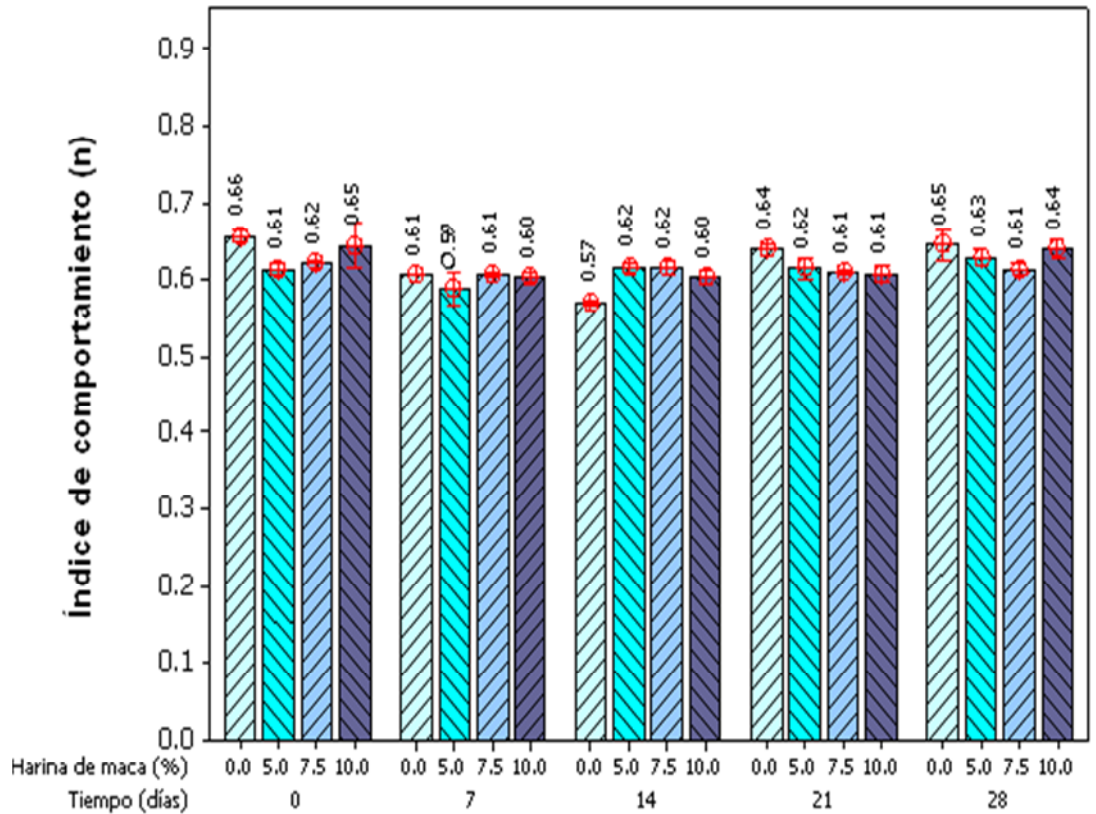


**Figura 6.** Tensión de fluencia en función del porcentaje de harina de maca y tiempo de almacenamiento en yogurt batido simbiótico

En la Figura 6, se observa que para el día 7, el tratamiento con 5.0% de harina de maca presenta el mayor valor de tensión de fluencia (13.40 Pa), y el menor valor lo presenta el tratamiento con 10.0% de harina de maca. A mayor tiempo de almacenamiento, el valor de fluencia va disminuyendo al igual que la viscosidad.

Asimismo, se observa un rango de valores que va de 15.20 a 11.80 Pa, lo cual indica que el esfuerzo de corte inicial va disminuyendo conforme se va aumentando las proporciones de harina de maca; este comportamiento se debe a que se requiere mayor energía para el esfuerzo de corte inicial cuando el sistema es más viscoso, lo que quiere decir que mientras el yogurt dentro de su composición contenga menor cantidad de harina de maca será más consistente por lo tanto mayor será el esfuerzo de corte inicial, caso contrario, al aumentar la cantidad de harina de maca, el yogurt batido simbiótico se tornará más suelto, por lo tanto, el esfuerzo de corte inicial será menor. Estos resultados se pueden comparar con los de Esaine (2012), quien elaboró un yogurt batido con adición de sábila y miel de abeja, encontrando el mayor valor de tensión de fluencia en el tratamiento con menor proporción de sábila y miel de abeja (sábila 10%, miel 5%); y el menor valor de fluencia para el tratamiento con mayor proporción de sábila y miel de abeja (sábila 30%, miel 10%); estos valores son similares y se encuentran dentro del rango obtenido en esta investigación.

En la Figura 7, se muestran las barras de los valores promedios del índice de comportamiento de fluido. Donde de acuerdo a los valores registrados, el yogurt batido simbiótico con harina de maca se define como un fluido no newtoniano del tipo plástico general.



**Figura 7.** Índice de comportamiento de fluido en función del contenido de harina de maca y tiempo de almacenamiento en yogurt batido simbiótico

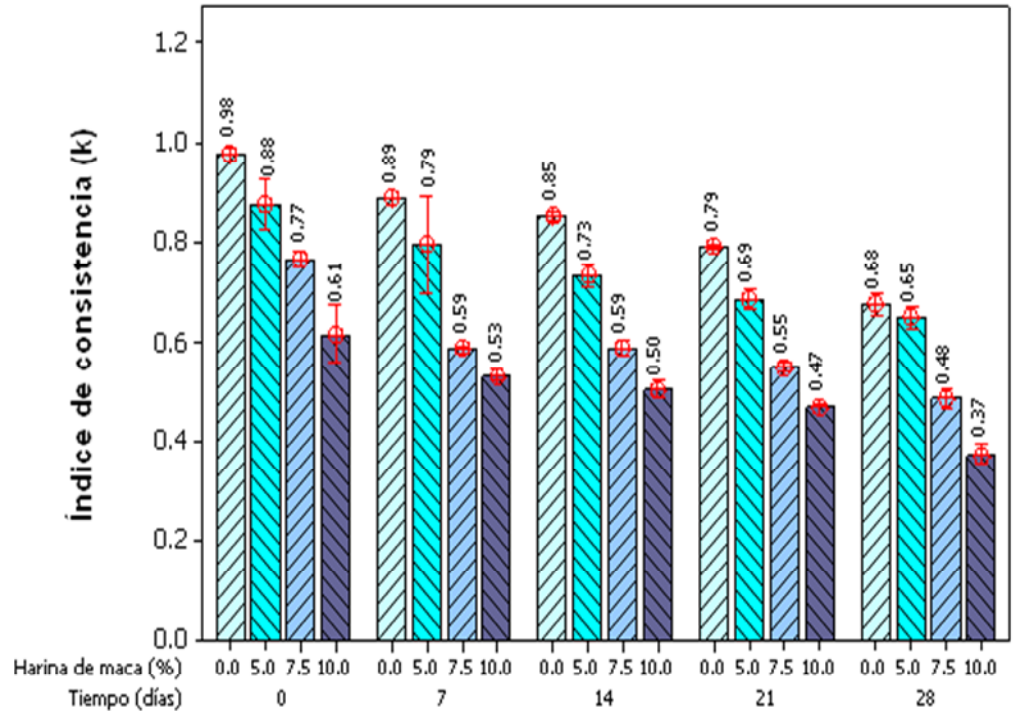
Säker (2011) encontró un tipo de fluido cuando evaluó el efecto del cultivo láctico con adición de gelatina y sacarosa sobre la viscosidad en yogurt, encontrando valores de tensión de fluencia, índices de comportamiento y consistencia de fluido (4.8 a 14.5 Pa, 0.432 a 0.608 y 1.521 a 2.334 Pa.s<sup>n</sup>, respectivamente) indicando que se tratan de fluidos no newtonianos del tipo plástico general, ya que presenta un valor de tensión de fluencia mayor a 0 y  $n < 1$ , lo que se puede afirmar para el caso de yogurt batido simbiótico con adición de harina de maca.

Comparando con los valores de Vera (2012), quien evaluó el efecto de la adición de caseinato de sodio y gelatina en yogurt batido, se puede afirmar que se trata de un fluido no newtoniano del tipo plástico general ya que la representación de esfuerzo cortante frente a la velocidad de la cizalla no se encuentra en el origen de coordenadas. Los valores reológicos encontrados para los distintos tratamientos se encontraron en un rango de 12.867 a 68.367 Pa, para la tensión de fluencia ( $\tau_0$ ); índice de comportamiento de fluido ( $n$ ) en un rango de 0.552 a 0.769 e índice de fluido ( $k$ ) en un rango de 1.149 a 5.356 Pa.s<sup>n</sup>.

Esaine (2012) elaboró un yogurt batido con adición de sábila y miel de abeja, encontrando valores de tensión de fluencia, índices de comportamiento y consistencia de fluido (11.467 a 18.467 Pa, 0.021 a 0.852 y 0.053 a 0.300 Pa.s<sup>n</sup>, respectivamente). Por sus características, también se define como un fluido no newtoniano del tipo plástico general.



La Figura 8 muestra los valores de  $k$ . El valor máximo es 0.79 Pa.s<sup>n</sup>, el cual pertenece al tratamiento con 5.0% de harina de maca en el día 7; y el valor mínimo es de 0.37 Pa.s<sup>n</sup> del tratamiento con 10.0% de harina de maca para el día 28.



**Figura 8.** Índice de consistencia de fluido en función del contenido de harina de maca y tiempo de almacenamiento en yogurt batido simbiótico

Se observa en la Figura 9 que, a medida que aumenta la proporción de harina de maca (5.0, 7.5 y 10%), el índice de consistencia de fluido disminuye. Los valores del índice de consistencia de fluido ( $k$ ) estuvieron dentro del rango de 0.61 a 0.98 Pa.s<sup>n</sup> para el día 0. Los resultados se pueden diferenciar con los de Vera (2012), que evaluó el efecto de la adición del caseinato de sodio y gelatina sobre la viscosidad aparente en yogurt batido encontrando un índice mínimo (1.149 Pa.s<sup>n</sup>) y

máximo (5.356 Pa.s<sup>n</sup>) de consistencia de fluido para los tratamientos que poseen menor y mayor contenido de gelatina y caseinato de sodio en su composición. Comparando los resultados, la gelatina le da más consistencia de fluido al yogurt batido.

Esaine (2012) adicionó sábila y miel de abeja al yogurt batido, su investigación presentó valores de k comprendidos en un rango de 0.53 a 0.30, los cuales fueron mucho menores de los de la presente investigación.

En los Cuadros 17, 18 y 19, se presenta la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de varianzas para los valores de  $\tau_0$ , n y k.

**Cuadro 17.** Prueba de Levene de los valores de tensión de fluencia en yogurt batido simbiótico con harina de maca

Variable	Estadístico de Levene	gl1	gl2	p
Tensión de fluencia (Pa)	0.430	19	40	0.971

p>0.05, existe homogeneidad de varianzas

**Cuadro 18.** Prueba de Levene de los valores de índice de comportamiento de fluido en yogurt batido simbiótico con harina de maca

Variable	Estadístico de Levene	gl1	gl2	p
Índice de comportamiento (n)	0.720	19	40	0.780

p>0.05, existe homogeneidad de varianzas

**Cuadro 19.** Prueba de Levene de los valores de índice de consistencia de fluido en yogurt batido simbiótico con harina de maca.

Variable	Estadístico de Levene	gl1	gl2	p
Índice de consistencia (k)	1.710	19	40	0.077

$p > 0.05$ , existe homogeneidad de varianzas

En los Cuadros 17, 18 y 19, se observa que existe homogeneidad de varianzas para los valores de tensión de fluencia, índice de comportamiento de fluido e índice de consistencia de fluido.

En el Cuadro 20, se presentan los resultados para el análisis de varianza hallado para los valores de tensión de fluencia ( $\tau_0$ ). Se puede observar que existe un efecto significativo de la harina y el tiempo sobre la tensión de fluencia.

**Cuadro 20.** Análisis de varianza de los valores de tensión de fluencia ( $\tau_0$ ) en yogurt batido simbiótico con adición de harina de maca

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Tensión de fluencia (Pa)	Harina: H	149.771	3	49.924	302.607	0.000
	Tiempo: T	73.004	4	18.251	110.626	0.000
	H*T	9.768	11	0.888	5.383	0.000
	Error	6.269	38	0.165		
	Total	224.239	56			

$p < 0.05$ , existe efecto significativo

En el Cuadro 21, se presentan los resultados para el análisis de varianza hallado para los valores de índice de comportamiento (n). Se puede observar que el tiempo de almacenamiento tiene un efecto significativo en los valores del índice de comportamiento mas no la harina de maca.

**Cuadro 21.** Análisis de varianza de los valores de n en yogurt batido simbiótico con adición de harina de maca

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Índice de comportamiento (n)	Harina: H	0.001	3	0.000	1.008	0.399
	Tiempo: T	0.012	4	0.003	7.080	0.000
	H*T	0.011	12	0.001	2.147	0.035
	Error	0.017	40	0.000		
	Total	0.041	59			

$p < 0.05$ , existe efecto significativo

En el Cuadro 22, se presentan los resultados para el análisis de varianza hallado para los valores de índice de consistencia (k).

**Cuadro 22.** Análisis de varianza de los valores de k en yogurt batido simbiótico con adición de harina de maca

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Índice de consistencia (k)	Harina: H	1.037	3	0.346	117.067	0.000
	Tiempo: T	0.450	4	0.113	38.124	0.000
	H*T	0.021	12	0.002	0.596	0.832
	Error	0.118	40	0.003		
	Total	1.626	59			

$p < 0.05$ , existe efecto significativo

En el Cuadro 22, se puede observar que tanto la harina como el tiempo de almacenamiento tienen un efecto significativo en los valores del índice de consistencia.

En el Cuadro 23, se muestra la prueba de Duncan para los valores de fluencia. Se pueden observar once subconjuntos, en donde se observa que la adición de harina de maca y el tiempo de almacenamiento presentan un efecto significativo sobre la tensión de fluencia.

**Cuadro 23.** Prueba de Duncan de los valores  $\tau_0$  en yogurt batido simbiótico con harina de maca

Interacción		Subgrupo										
Harina de maca (%)	Tiempo (días)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7.5	28	8.61										
10.0	21	8.65										
10.0	14		9.41									
10.0	7		9.61	9.61								
7.5	21		9.61	9.61								
7.5	7		10.07	10.07								
7.5	14			10.30								
5.0	28				11.00							
5.0	21				11.23	11.23						
0.0	28				11.43	11.43	11.43					
5.0	7				11.70	11.70	11.70					
10.0	0					11.80	11.80					
5.0	14						12.00	12.00				
7.5	0							12.63	12.63			
0.0	21								12.97	12.97		
5.0	0									13.40		
0.0	14										14.40	
0.0	7										14.87	14.87
0.0	0											15.20

Después de haber obtenido los resultados presentados, se tiene en consideración que el mejor tratamiento es aquel que posee uno de los valores altos de  $\tau_0$  (5.0% de harina de maca).

En el Cuadro 24, se muestra la prueba de Duncan para los valores de índice de comportamiento. Se pueden observar cinco subconjuntos de menor a mayor valor de índice de comportamiento. Al igual que con los valores de fluencia, la adición de harina de maca y el tiempo de almacenamiento también presentan un efecto significativo sobre los valores de índice de comportamiento.

**Cuadro 24.** Prueba de Duncan de los valores de n yogurt batido simbiótico con harina de maca

Interacción		Subgrupo				
Harina de maca (%)	Tiempo (días)	1	2	3	4	5
0.0	14	0.57				
5.0	7	0.59	0.59			
10.0	14	0.60	0.60	0.60		
10.0	7	0.60	0.60	0.60		
0.0	7	0.61	0.61	0.61	0.61	
7.5	7	0.61	0.61	0.61	0.61	
10.0	21	0.61	0.61	0.61	0.61	
7.5	21		0.61	0.61	0.61	
7.5	28		0.61	0.61	0.61	
5.0	0		0.61	0.61	0.61	
5.0	21		0.62	0.62	0.62	
7.5	14		0.62	0.62	0.62	
5.0	14		0.62	0.62	0.62	
7.5	0		0.62	0.62	0.62	0.62
5.0	28			0.63	0.63	0.63
0.0	21			0.64	0.64	0.64
10.0	28			0.64	0.64	0.64
10.0	0				0.65	0.65
0.0	28				0.65	0.65
0.0	0					0.66

Se tiene en consideración el tratamiento con mayor valor de n para el día 28 (5.0% de harina de maca).

En el Cuadro 25 se muestra la prueba de Duncan para los valores de índice de consistencia. Se presentan once subconjuntos, en donde la adición de harina de maca y el tiempo de almacenamiento presentan un efecto significativo sobre los valores de índice de consistencia.

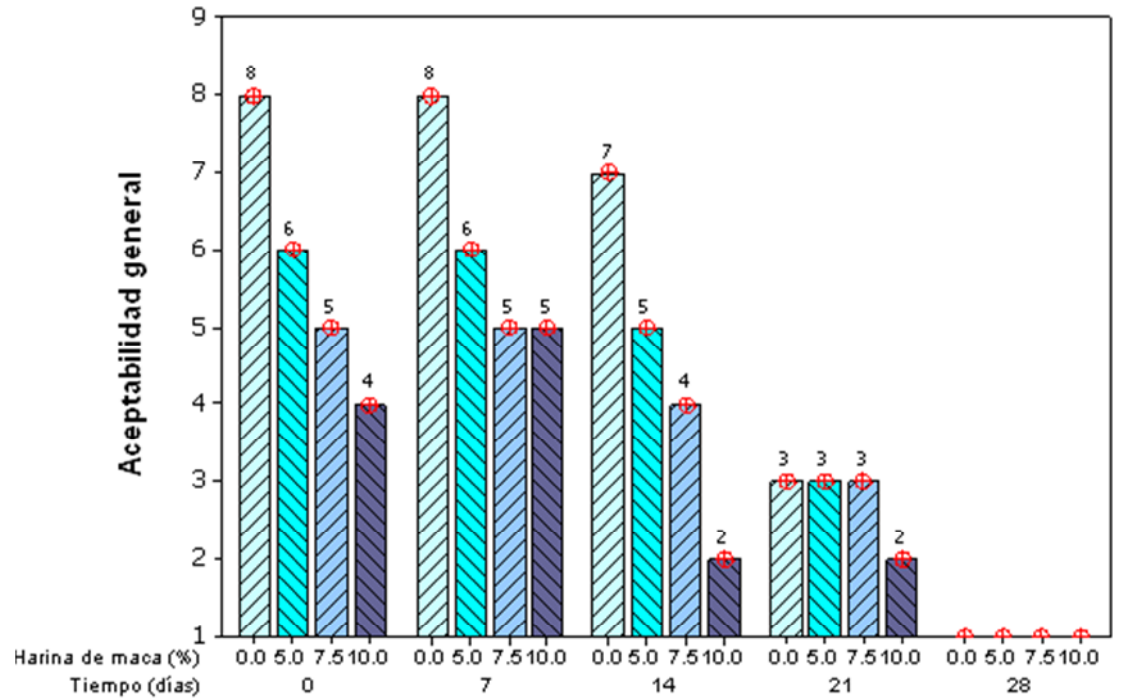
**Cuadro 25.** Prueba de Duncan de los valores de k en yogurt batido simbiótico con harina de maca

Interacción		Subgrupo										
Harina de maca (%)	Tiempo (días)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10.0	28	0.37										
10.0	21		0.47									
7.5	28		0.48									
10.0	14		0.50	0.50								
10.0	7		0.53	0.53	0.53							
7.5	21		0.55	0.55	0.55							
7.5	7			0.59	0.59	0.59						
7.5	14			0.59	0.59	0.59						
10.0	0				0.61	0.61						
5.0	28					0.65	0.65					
0.0	28					0.68	0.68	0.68				
5.0	21					0.69	0.69	0.69				
5.0	14						0.73	0.73	0.73			
7.5	0							0.77	0.77	0.77		
0.0	21								0.79	0.79	0.79	
5.0	7								0.79	0.79	0.79	
0.0	14									0.85	0.85	
5.0	0										0.88	
0.0	7										0.89	
0.0	0											0.98

Para el índice de comportamiento, se tiene en consideración que el mejor tratamiento es el que posee el mayor valor de k para el día 28 (5.0% de harina de maca).

#### 4.5 Efecto de la harina de maca y tiempo de almacenamiento sobre la aceptabilidad general en yogurt batido simbiótico

En la Figura 9, se observan los valores promedio para la aceptabilidad general en los distintos tratamientos de yogurt batido simbiótico. La muestra con 5.0% de harina de maca en el día 7, presentó un valor de aceptabilidad de 6, seguido por el tratamiento de 7.5% de harina de maca. Al transcurrir los días de almacenamiento, las calificaciones disminuyeron. En el día 28, el producto no fue apto para el consumo.



**Figura 9.** Aceptabilidad general en función del contenido de harina de maca y tiempo de almacenamiento en yogurt batido simbiótico



La evaluación del análisis sensorial se realizó con un panel no entrenado de 30 personas, las cuales calificaron las cuatro muestras codificadas a 4 °C de acuerdo al nivel de aceptabilidad durante cuatro semanas.

Los resultados de la aceptabilidad general están en el Anexo 28. En el Cuadro 26, se presentan los resultados de la prueba de Friedman para aceptabilidad general. Se puede observar que existen diferencias significativas entre tratamientos.

**Cuadro 26.** Prueba de Friedman en la evaluación de aceptabilidad general en yogurt batido simbiótico con harina de maca

Días	Tratamientos	Moda	Rango promedio	Chi-cuadrado	p
<b>0</b>	Harina de maca 0.0%	8	3.89	188.259	0.000
	Harina de maca 5.0%	6	2.63		
	Harina de maca 7.5%	5	2.01		
	Harina de maca 10.0%	4	1.47		
<b>7</b>	Harina de maca 0.0%	8	3.97	217.308	0.000
	Harina de maca 5.0%	6	2.71		
	Harina de maca 7.5%	5	1.85		
	Harina de maca 10.0%	5	1.47		
<b>14</b>	Harina de maca 0.0%	7	3.81	234.604	0.000
	Harina de maca 5.0%	5	2.94		
	Harina de maca 7.5%	4	2.22		
	Harina de maca 10.0%	2	1.03		
<b>21</b>	Harina de maca 0.0%	3	3.07	70.767	0.000
	Harina de maca 5.0%	3	2.82		
	Harina de maca 7.5%	3	2.33		
	Harina de maca 10.0%	2	1.77		

p<0.05, existe diferencias significativas

En el Cuadro 27, se muestra la prueba de Wilcoxon para aceptabilidad general.

**Cuadro 27.** Prueba de Wilcoxon para evaluación de aceptabilidad general en yogurt batido simbiótico con harina de maca

Días	Tratamientos		z	p
0	Harina de maca 0.0%	Harina de maca 5.0%	-7.987	0.000
		Harina de maca 7.5%	-8.006	0.000
		Harina de maca 10.0%	-8.215	0.000
	Harina de maca 5.0%	Harina de maca 7.5%	-4.475	0.000
		Harina de maca 10.0%	-6.892	0.000
	Harina de maca 7.5%	Harina de maca 10.0%	-3.991	0.000
7	Harina de maca 0.0%	Harina de maca 5.0%	-8.241	0.000
		Harina de maca 7.5%	-8.226	0.000
		Harina de maca 10.0%	-8.348	0.000
	Harina de maca 5.0%	Harina de maca 7.5%	-6.241	0.000
		Harina de maca 10.0%	-7.591	0.000
	Harina de maca 7.5%	Harina de maca 10.0%	-3.433	0.001
14	Harina de maca 0.0%	Harina de maca 5.0%	-7.119	0.000
		Harina de maca 7.5%	-8.062	0.000
		Harina de maca 10.0%	-8.294	0.000
	Harina de maca 5.0%	Harina de maca 7.5%	-6.115	0.000
		Harina de maca 10.0%	-8.296	0.000
	Harina de maca 7.5%	Harina de maca 10.0%	-8.080	0.000
21	Harina de maca 0.0%	Harina de maca 5.0%	-1.340	0.102
		Harina de maca 7.5%	-4.283	0.000
		Harina de maca 10.0%	-6.496	0.000
	Harina de maca 5.0%	Harina de maca 7.5%	-3.384	0.001
		Harina de maca 10.0%	-6.135	0.000
	Harina de maca 7.5%	Harina de maca 10.0%	-4.095	0.000

p<0.05, existe diferencias significativas

En el Cuadro 27, se observa que existen diferencias significativas entre tratamientos, menos para el tratamiento con 0.0% y 5.0% de harina de maca para el día 21.

Los tratamientos del día 28 no fueron sometidos a las pruebas de Friedman y Wilcoxon porque no se encontraban aptos para el consumo, ya que empezaron a presentar un sabor y olor rancio. Esto se debe a que cuando los productos fermentados se conservan durante mucho tiempo, la actividad enzimática de las bacterias lácticas continúa, produciendo defectos como amargor y acidez debido a la excesiva producción de ácido en la leche (Walstra y otros, 2001).

En esta investigación el tratamiento con mayor aceptación fue el de menor contenido de harina de maca (5%) en el día 0, seguido del tratamiento con 7.5% de harina de maca. Los resultados no variaron significativamente durante los días 0 y 7. Esaine (2012) elaboró yogurt batido con adición de sábila y miel de abeja, encontrando que al aumentar las proporciones de sábila, el nivel de agrado fue menor, al igual que en esta investigación, en donde al aumentar los niveles de harina de maca, los niveles de aceptabilidad general, disminuyen.

Castañeda y otros (2009) formularon y elaboraron un yogurt mediante sustitución parcial de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*). Elaboraron dos formulaciones (70% leche en polvo y 30% harina de tarwi; y 80% leche en polvo y 20% harina de tarwi). Los promedios generales reportaron una mayor preferencia por los panelistas para la proporción (80% de leche en polvo y 20% harina de tarwi). Este resultado indica la preferencia por el yogurt con menor porcentaje de harina de tarwi, al igual que en esta investigación.

## V. CONCLUSIONES

La adición de harina de maca tiene efecto significativo sobre la viscosidad, la sinéresis y la aceptabilidad general, pero no sobre la acidez. El tiempo de almacenamiento tiene efecto significativo sobre la acidez, viscosidad, sinéresis y aceptabilidad general.

El tratamiento con 5.0% de harina de maca produce la menor acidez, mayor viscosidad aparente y mayor aceptabilidad general; en tanto que el tratamiento con 10.0% de harina de maca produce la menor sinéresis.

Los valores promedio de  $\tau_0$ ,  $n$  y  $k$  fueron 11.5205 Pa, 0.618 y 0.6695 Pa.s<sup>n</sup>, respectivamente. El yogurt batido simbiótico con adición de harina de maca se presenta como un fluido no newtoniano del tipo plástico general.

El yogurt batido simbiótico con harina de maca tiene aceptación hasta los 14 días.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Añadir saborizantes y/o colorantes naturales o artificiales con el fin de mejorar la aceptabilidad general de las leches fermentadas.

Realizar un estudio con recuento de bacterias con el fin de determinar la cantidad de colonias probióticas presentes en yogurt batido simbiótico.

Realizar un estudio de optimización de variables utilizando como indicador la consistencia del yogurt batido y el tiempo de fermentación.

Continuar realizando estudios sensoriales para satisfacer la preferencia de los consumidores.

Realizar estudios del deterioro de yogurt batido simbiótico mediante modelos cinéticos.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Abugattas A. 2007. Efecto del tiempo de almacenaje sobre el porcentaje de acidez y aceptabilidad general de un yogurt batido entero. Programa de titulación extraordinaria para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú

Acevedo I., García O., Contreras J. y Acevedo P. 2009. Elaboración y evaluación de las características sensoriales de yogurt de leche caprina con jalea semifluida de piña. Revista UDO Agrícola 9 (2): 442-448. 2009

Amaral Y., Pinto E., Sena C., Andrade A., Canal C., Silva J. y Ferrerira C. 2009. Análise sensorial de iogurte tipo sundae com leite de cabra e polpa de morango com linhaça. Departamento de Tecnología de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa.

AOAC. 1997. Official methods of analysis. 16th edition. Edit. Agric. Chem. Assoc. Washington, DC. Estados Unidos.

Barrio, M. 2006. Probióticos, prebióticos y simbióticos. Definición, funciones y aplicación clínica en pediatría. Revista Pediatría Aten Primaria. Vol. VIII, Suplemento 1. Madrid, España.

Barry, A. 1997. Microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk. Blackie Academic / Professional. Londres.

Brookfield. 1995. Manual del viscosímetro Brookfield Engineering Laboratories Inc. Middleboro. MA.EUA.

Casp, A. y Abril, J. 2003. Procesos de conservación de los alimentos. 2da Edición. Ediciones Multi Prensa. Madrid, España.

Castañeda P., Manrique M., Gamarra C., Muñoz J. y Ramos E. 2009. Formulación y elaboración preliminar de un yogurt mediante sustitución parcial con harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*). Revista Medicina Naturista, 3(1): 2-9.

Castle M. y Watkins P. 2001. Producción de leche moderna. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. Pag. 331. Sitio web: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/pdf/PG-97048.pdf>. Fecha de acceso: 2013, 18 de marzo.

CITA. 2005. Curso teórico práctico: Vida útil de alimentos aplicados a la industria. Costa Rica. Sitio web: [http://www.latindex.ucr.ac.cr/ingenieria2008-18\(1,2\)/ing2008-18\(1,2\)-04.pdf](http://www.latindex.ucr.ac.cr/ingenieria2008-18(1,2)/ing2008-18(1,2)-04.pdf) Fecha de acceso: 2013, 18 de marzo.

Cicero A., Piacente S., Plaza A., Arletti R. y Pizza C. 2002. Hexanic maca extract improves rat sexual performance more effectively than methanolic and chloroformic maca extracts. *Andrology* 34: 177-179.

Codex Alimentarius. 2011. Leche y productos lácteos. Segunda Edición. FAO. Roma, Italia.

Cubero N., Monferrer A. y Villalta J. 2002. Aditivos alimentarios. Ediciones Multi-Prensa. Madrid, España.

D'Arrigo G., Benavides V. y Pino J. 2004. Evaluación preliminar del efecto de *Lepidium meyenii* Walp en el desarrollo embrionario de ratón. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú.

Damin, R., Alcántara, A., Nunes, J. y Oliveira, L. 2009. Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt. LWT. Pp: 1744-1750.

Deni D., Migliuolo G., Rastrelli L., Saturnino P. y Schettino O. 2000. Chemical Composition of *Lepidium meyenii*. Food Chemistry, 49(4): 347-349.

Desrosier, N. 1999. Elementos de la tecnología de alimentos. Compañía Editorial Continental. México.

Díaz, B., Sosa'Morales, M. E. y Velez, J. 2002. Efecto de la adición de fibra y la disminución de grasa en las propiedades fisicoquímicas del yogur. Revista mexicana de Ingeniería Química. Universidad de las Américas de Puebla. México, 3: 287-305.

Ellner, R., 2000. Microbiología de la leche y los productos lácteos, Editorial Díaz de Santos, Madrid, España.

Esaine, A. 2012. Efecto de la adición de sábila (*Aloe vera*) y miel de abeja (*Apis mellifera*) sobre la viscosidad aparente, sinéresis, sabor y consistencia en yogurt batido en presencia de *Lactobacillus casei*. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

García M., Revah S. y Gómez-Ruiz L. 2004. Productos lácteos, biotecnología alimentaria. Editorial Limusa. México, pág. 153-223.

Géosta, M. y López A. 2003. Manual de industrias lácteas. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.



Gil A. 2010. Tratado de nutrición y calidad nutritiva de los alimentos. Segunda edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España.

Hernández A. 2003. Microbiología industrial. 1era Edición. UNED. San José, Costa Rica.

INDECOPI. 2002. Patentes referidas al *Lepidium meyenii* (Maca): Respuestas del Perú. Página web disponible en: <http://www.indecopi.gob.pe/tribunal/propiedad/InformeMaca.pdf>  
Fecha de acceso: 2014, 18 de marzo.

Keogh, M. K. y O'Kennedy, B. T. 1998. Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein and hydrocolloids. Journal of Food Science. 63(1):1-5.

Kuntz, L. 2003. Accelerated shelf life testing. Weeks Publishing Co. Nueva York, Estados Unidos.

Lastarria H. y Bellido O. 2011. Efecto de la concentración del cultivo y la temperatura de almacenamiento sobre la viscosidad del yogur. Resúmenes de Investigaciones. X CONACYTA. Universidad Nacional San Martín de Arequipa. Arequipa, Perú.

Lema R. y Revelo A. 2010. Evaluación de los prebióticos: Inulina y Oligofructosa adicionados en la elaboración de yogurt natural como alimento funcional. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

Lescano O. 2008. Influencia de la concentración de pulpa de guanábana y de gelatina en las propiedades reológicas, la sinéresis y la aceptabilidad general del yogurt batido. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Levenspiel O. 1996. Flujo de fluidos e intercambio de calor. Editorial Reverté S.A. Madrid. España.

Marshall V. y Cole W. 1985. Métodos para la elaboración de kéfir y leches fermentadas basadas en el kéfir. Journal of Dairy Research, 52, 541.

Mercosur. 1997. Reglamento técnico MERCOSUR de identidad y calidad de leches fermentadas.

Montgomery D. 2004. Introduction to Statistical Quality Control. V Edición. Editorial Wiley & Sons. Estados Unidos.

Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. México. 2004.

Norma Técnica Peruana NTP 202.092:2008. Leche y productos lácteos. Yogurt. Requisitos, 4ta Edición, INDECOPI, Lima, Perú.

Obregón L. 1998. Maca, planta medicinal y nutritiva del Perú. Instituto de Fitoterapia Americano. Lima, Perú.

Pedrero F. y Pangborn R. 1996. Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos. Primera Edición. Editorial Alambra Mexicana S.A. México.

Potter N. y Hotchkiss J. 1999. Ciencia de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Ramírez N., 2006. Fundamentos de reología de alimentos. Cali, Colombia. Disponible en: <http://tarwi.lamolina.edu.pe/Reologia.pdf>. Fecha de acceso: 2014, 18 de marzo.

Rea, J. 1992. Raíces andinas: Maca. FAO. Rome. Italy. Pages: 163-166

Roberts A., O'Brien M. y Subak-Sharpe G. 2003. Nutricéuticos: suplementos nutricionales, vitaminas, minerales, oligoelementos, alimentos curativos. Ediciones Robinbook, Barcelona, España.

Romero R. y Mestres. J. 2004. Productos lácteos: tecnología. 1era Edición. Universidad Politécnica de Cataluña. Cataluña, España.

Säker, W. 2011. Efecto del cultivo láctico y adición de gelatina y sacarosa sobre la sinéresis, viscosidad, sabor y consistencia en leche fermentada. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Sancho J., Bota E. y Castro J. 2002. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. 2da Edición. Universidad de Barcelona. Barcelona, España.

Seminario J. 2004. Raíces andinas: contribuciones al conocimiento y a la capacitación. International Potato Center. Disponible en: [http://cipotato.org/artc/Series/06\\_PDF\\_RTAs.pdf](http://cipotato.org/artc/Series/06_PDF_RTAs.pdf)  
Fecha de acceso: 2014, 18 de marzo.

Tamime A. y Robinson R. 2000. Yogurt ciencia y tecnología. Acribia, España.

Tola C. 2006. Determinación de vida útil de yogurt. Universidad Técnica de Oruro, Oruro, Bolivia. Disponible en: <http://tesis.dpicuto.edu.bo/determinacion-vida-util-del-yogurt.html>.  
Fecha de acceso: 2014, 18 de marzo.

Ureña M., Girón O. y D'arrigo M. 1999. Evaluación sensorial de los alimentos. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú.

Vásquez, M. 2008. Viabilidad de propiedades fisicoquímicas de leche fermentada probiótica. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencia de Alimentos. Universidad de las Américas. Puebla. Pág. 95

Vera, R. 2012. Efecto de la adición de caseinato de sodio y gelatina sobre la viscosidad aparente, sinéresis y tiempo de fermentación en yogurt batido. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Walstra P., Geurts T., Noomen A., Jellema A. y Van Boekel M. 2001. Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España.

Walstra P., Wouters, J. y Geurts, T. 2006. Dairy Science and Technology. CRC Press. Boca Ratón. Estados Unidos.

Watts, B., G. Ylimaki, L. Jeffery y L. Elías. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Ottawa, Canadá.

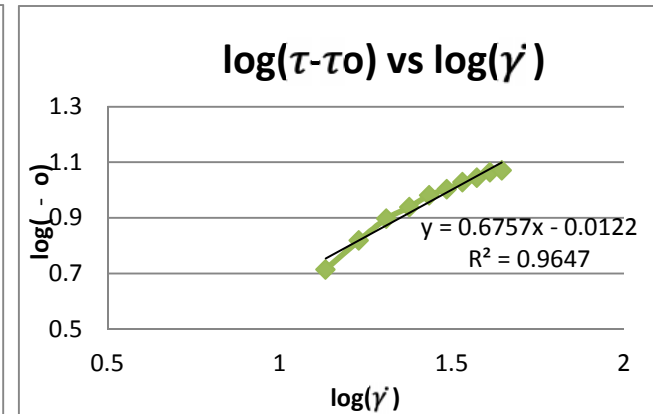
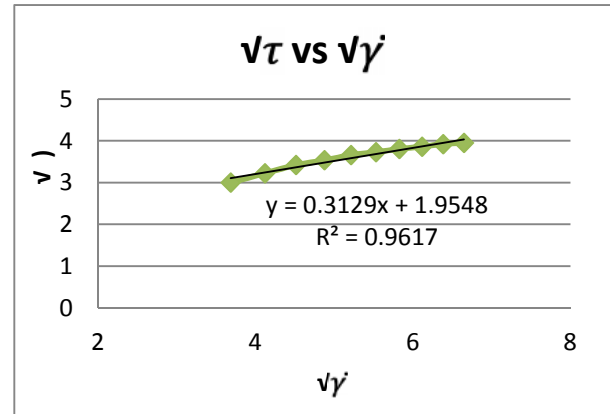
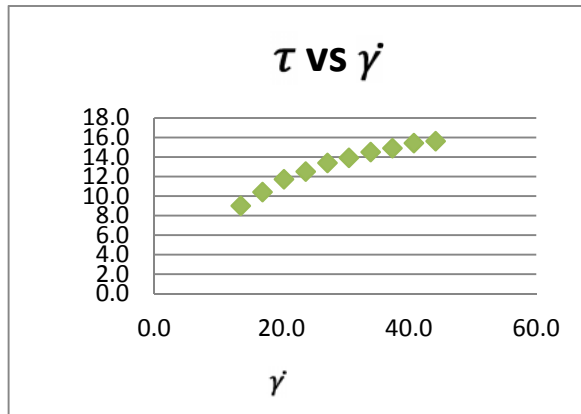
Wong, D. 1995. Química de los alimentos. Mecanismos y teoría. Editorial Acribia. España. 476 pp.

# ANEXOS

**Anexo 1.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 0.0% harina de maca. Día 0.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 0 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
40	10.2	681.0	9.0	13.6	3.68781778	3	1.13353891	0.7144877
50	10.9	615.7	10.4	17.0	4.12310563	3.2249031	1.23044892	0.8183502
60	11.7	563.0	11.7	20.4	4.51663592	3.4205263	1.30963017	0.89663
70	12.4	507.9	12.5	23.8	4.87852437	3.5355339	1.37657696	0.938614
80	13.1	461.4	13.4	27.2	5.21536192	3.660601	1.4345689	0.9814509
90	13.9	436.1	13.9	30.6	5.53172667	3.7282704	1.48572143	1.0035417
100	14.5	405.0	14.5	34.0	5.83095189	3.8078866	1.53147892	1.0286479
110	15.2	381.8	14.9	37.4	6.11555394	3.8600518	1.5728716	1.0446136
120	15.8	368.3	15.4	40.8	6.38748777	3.9242834	1.61066016	1.0637792
130	16.3	340.4	15.6	44.2	6.64830806	3.9496835	1.64542227	1.0712147

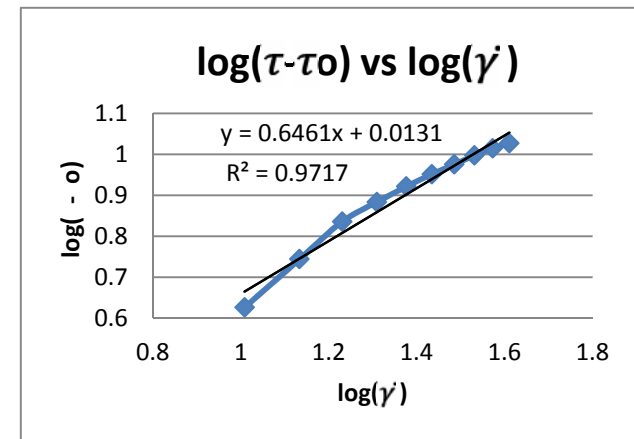
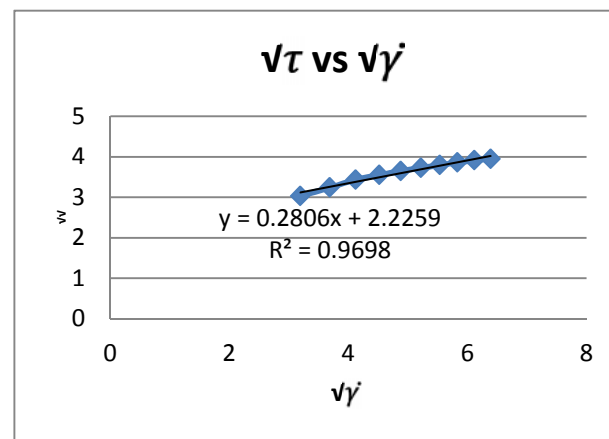
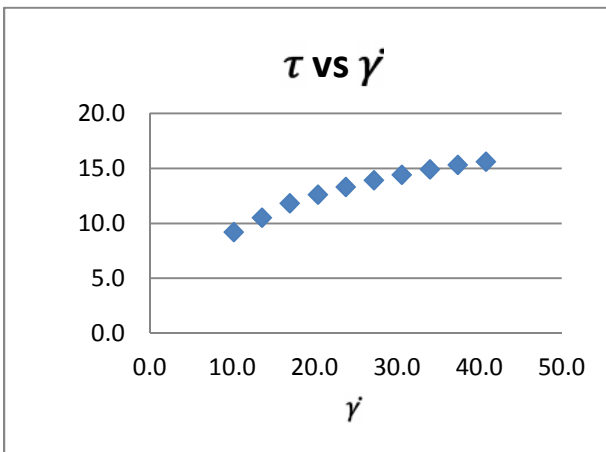


- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$   
 $y = 0.3129x + 1.9548 \rightarrow \tau_0 = 3.8181^2 = 14.964 \text{ Pa}$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6757x - 0.0122$   
 $\rightarrow n = 0.68$   
 $\rightarrow \log k = -0.012 \quad k = 0.97 \text{ Pa.s}^n$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 0 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
40	10.1	685.0	9.2	10.2	3.19374388	3.0298515	1.00860017	0.6262762
50	10.5	616.7	10.5	13.6	3.68781778	3.2403703	1.13353891	0.7442441
60	11.7	557.1	11.8	17.0	4.12310563	3.4351128	1.23044892	0.8356509
70	12.5	509.4	12.6	20.4	4.51663592	3.5496479	1.30963017	0.883626
80	13.5	469.4	13.3	23.8	4.87852437	3.6469165	1.37657696	0.921654
90	13.9	437.5	13.9	27.2	5.21536192	3.7282704	1.4345689	0.9517927
100	14.4	409.1	14.4	30.6	5.53172667	3.7947332	1.48572143	0.9754031
110	15.2	385.4	14.9	34.0	5.83095189	3.8600518	1.53147892	0.9977958
120	15.7	361.5	15.3	37.4	6.11555394	3.9115214	1.5728716	1.0149141
130	16.5	342.9	15.6	40.8	6.38748777	3.9496835	1.61066016	1.0273241



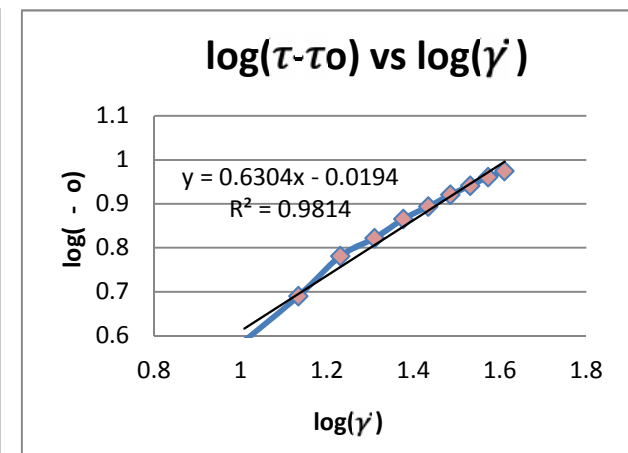
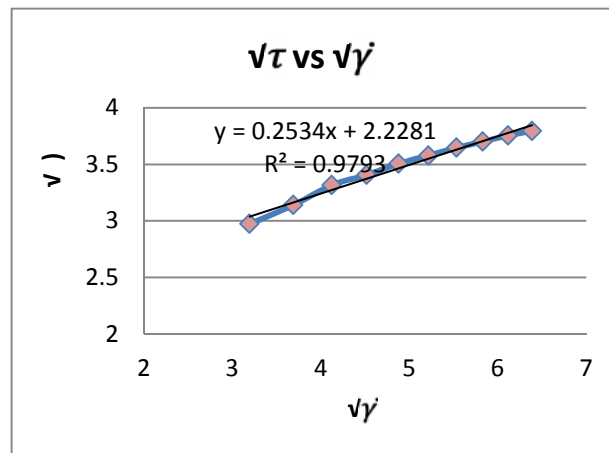
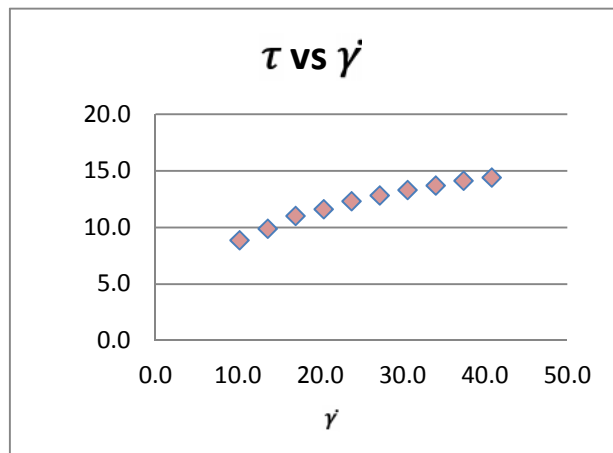
- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2806x + 2.2259 \rightarrow \tau_0 = 4.9506^2 = 24.5084 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \rightarrow y = 0.6461x + 0.0131$   
 $\rightarrow n = 0.65$   
 $\rightarrow \log k = -0.013 \quad k = 1 \text{ Pa.s}^n$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 0 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
40	10.1	640.0	8.8	10.2	3.19374388	2.9732137	1.00860017	0.5883856
50	10.3	570.8	9.9	13.6	3.68781778	3.1400637	1.13353891	0.6898428
60	10.7	517.9	11.0	17.0	4.12310563	3.3166248	1.23044892	0.7807504
70	10.8	471.9	11.6	20.4	4.51663592	3.4058773	1.30963017	0.8219074
80	10.9	436.1	12.3	23.8	4.87852437	3.5071356	1.37657696	0.8654603
90	11.3	402.5	12.8	27.2	5.21536192	3.5777088	1.4345689	0.8940953
100	11.5	377.3	13.3	30.6	5.53172667	3.6469165	1.48572143	0.9209585
110	14.8	354.2	13.7	34.0	5.83095189	3.7013511	1.53147892	0.9413134
120	15.3	332.7	14.1	37.4	6.11555394	3.7549967	1.5728716	0.9607569
130	16.3	314.3	14.4	40.8	6.38748777	3.7947332	1.61066016	0.9747887



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$   
 $y = 0.2534x + 2.2281 \rightarrow \tau_0 = 4.9640^2 = 24.6413$  Pa

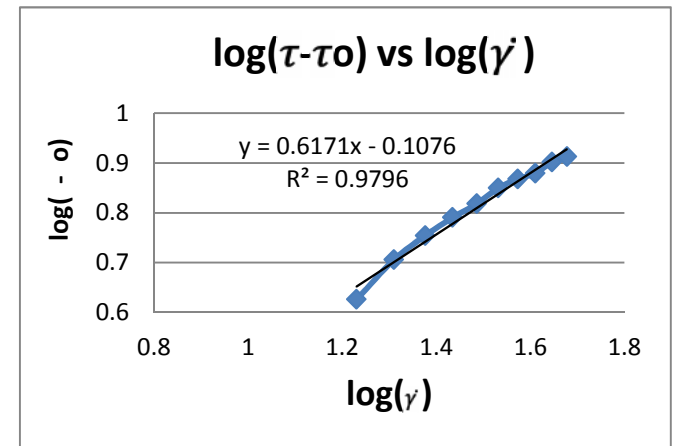
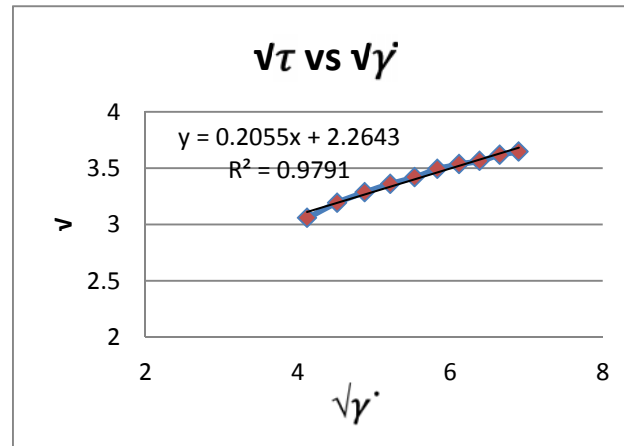
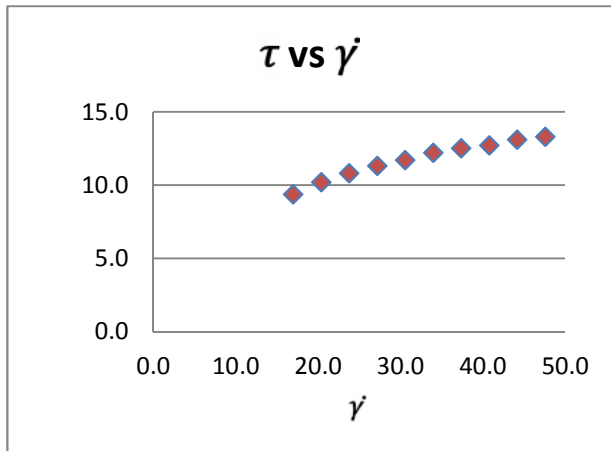
- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \rightarrow y = 0.6304x - 0.0194$   
 $\rightarrow n = 0.65$   
 $\rightarrow \log k = -0.019 \quad k = 0.96 \text{ Pa.s}^n$



**Anexo 2.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 5.0% harina de maca. Día 0.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 0 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.1	550.0	9.4	17.0	4.12310563	3.05777697	1.23044892	0.62575516
60	10.5	495.8	10.2	20.4	4.51663592	3.19374388	1.30963017	0.70537648
70	10.9	453.6	10.8	23.8	4.87852437	3.28633535	1.37657696	0.7539126
80	11.3	425.6	11.3	27.2	5.21536192	3.36154726	1.4345689	0.79058801
90	11.8	393.3	11.7	30.6	5.53172667	3.42052628	1.48572143	0.81784978
100	12.1	367.5	12.2	34.0	5.83095189	3.49284984	1.53147892	0.84968372
110	12.6	344.1	12.5	37.4	6.11555394	3.53553391	1.5728716	0.86772104
120	12.9	324.4	12.7	40.8	6.38748777	3.56370594	1.61066016	0.87934273
130	13.4	306.2	13.1	44.2	6.64830806	3.61939221	1.64542227	0.90169279
140	13.8	288.5	13.3	47.6	6.89927532	3.64691651	1.67760695	0.91245078



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2055x + 2.2643 \rightarrow \tau_0 = 5.1257^2 = 26.2728 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

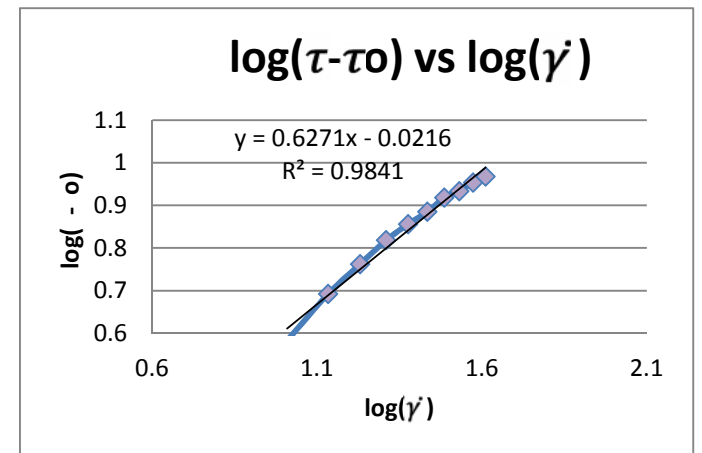
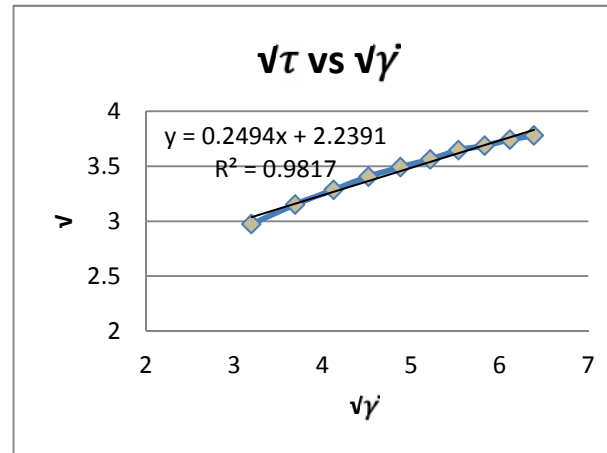
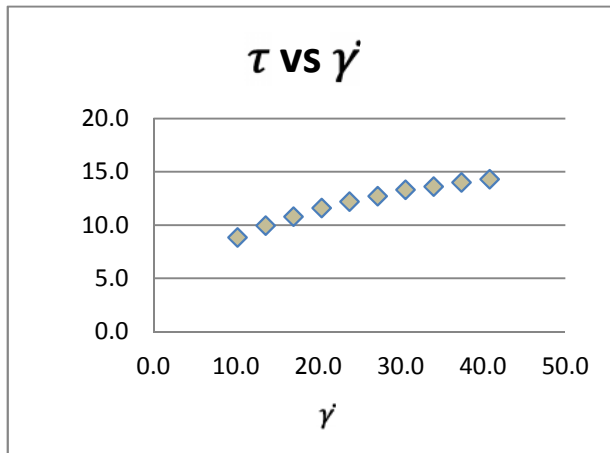
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6171x - 0.1076$$

$$\rightarrow n = 0.617$$

$$\rightarrow \log k = -0.107 \quad k = 0.781628 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 0 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.2	50	8.8	10.2	3.19374388	2.97321375	1.00860017	0.58284473
60	10.5	60	9.9	13.6	3.68781778	3.15277655	1.13353891	0.6925719
70	10.7	70	10.8	17.0	4.12310563	3.28633535	1.23044892	0.7624444
80	11.1	80	11.6	20.4	4.51663592	3.40587727	1.30963017	0.81867969
90	11.3	90	12.2	23.8	4.87852437	3.49284984	1.37657696	0.85654033
100	11.9	100	12.7	27.2	5.21536192	3.56370594	1.4345689	0.88575004
110	12.2	110	13.3	30.6	5.53172667	3.64691651	1.48572143	0.918391
120	12.5	120	13.6	34.0	5.83095189	3.68781778	1.53147892	0.93383534
130	13.3	130	14.0	37.4	6.11555394	3.74165739	1.5728716	0.95360889
140	13.9	140	14.3	40.8	6.38748777	3.78153408	1.61066016	0.96786979

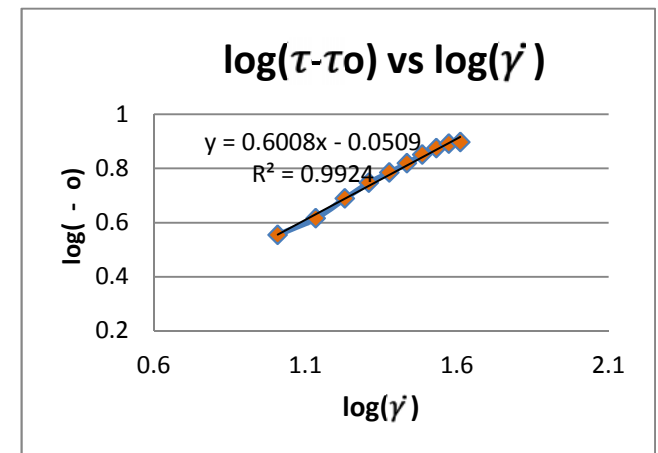
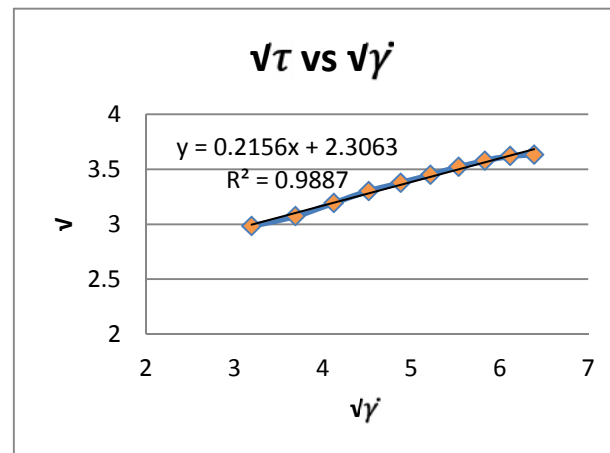
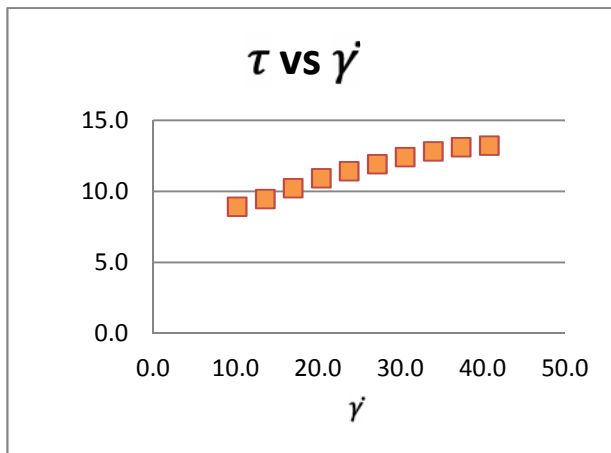


- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$   
 $y = 0.2494x + 2.2391 \rightarrow \tau_0 = 5.0131^2 = 25.1312$  Pa

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6271x - 0.0216$   
 $\rightarrow n = 0.627$   
 $\rightarrow \log k = -0.021 \quad k = 0.952796$  Pa.s<sup>n</sup>

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 0 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.2	533.3	8.9	10.2	3.19374388	2.98328678	1.00860017	0.55416971
60	10.3	478.6	9.4	13.6	3.68781778	3.0724583	1.13353891	0.61514634
70	10.9	437.5	10.2	17.0	4.12310563	3.19374388	1.23044892	0.68863015
80	11.3	402.8	10.9	20.4	4.51663592	3.3015148	1.30963017	0.74681815
90	11.8	375.0	11.4	23.8	4.87852437	3.3763886	1.37657696	0.78407241
100	12.1	350.0	11.9	27.2	5.21536192	3.44963766	1.4345689	0.81838189
110	12.6	327.1	12.4	30.6	5.53172667	3.52136337	1.48572143	0.85017824
120	12.9	320.7	12.8	34.0	5.83095189	3.57770876	1.53147892	0.87403883
130	13.2	307.7	13.1	37.4	6.11555394	3.61939221	1.5728716	0.89111154
140	13.9	279.5	13.2	40.8	6.38748777	3.63318042	1.61066016	0.89665649



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2156x + 2.3063 \rightarrow \tau_0 = 5.3176^2 = 28.2769 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6008x - 0.0509$$

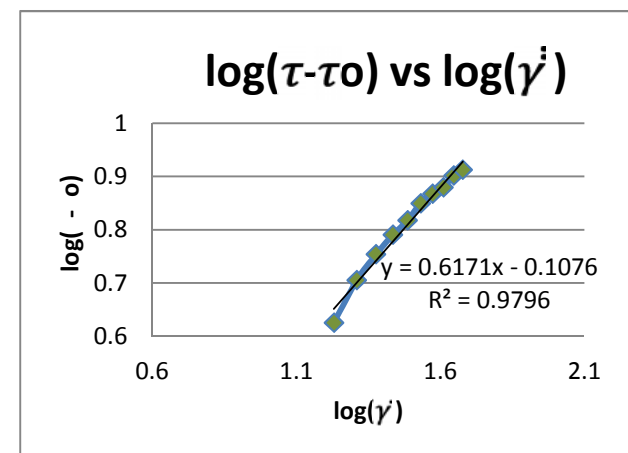
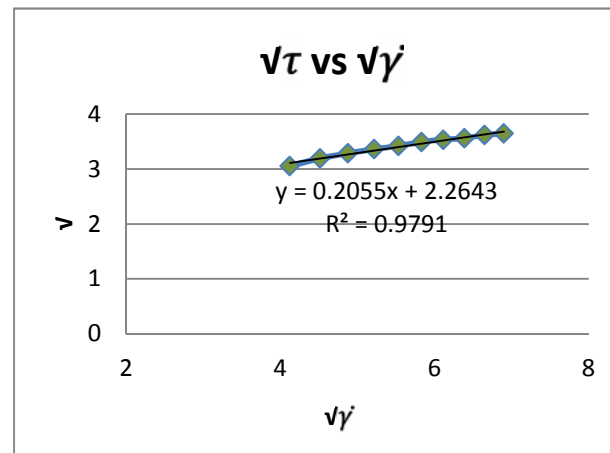
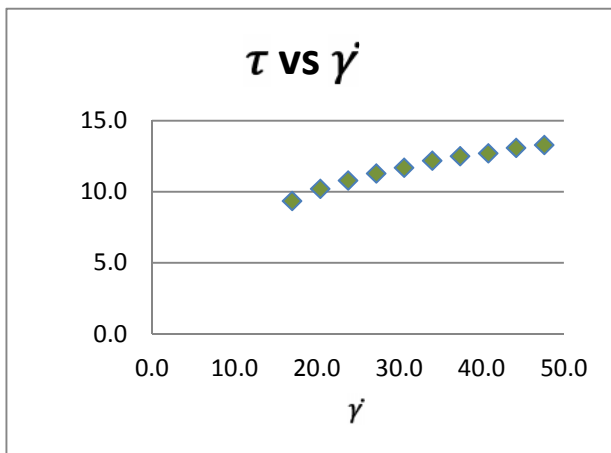
$$\rightarrow n = 0.6$$

$$\rightarrow \log k = -0.05 \quad k = 0.891251 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$$

**Anexo 3.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 7.5% harina de maca. Día 0.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 0 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_d$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ ( $s^{-1}$ )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.2	530.0	9.4	17.0	4.12310563	3.05777697	1.230448921	0.62575516
60	10.7	495.8	10.2	20.4	4.51663592	3.193743885	1.309630167	0.70537648
70	11.2	450.0	10.8	23.8	4.87852437	3.286335345	1.376576957	0.7539126
80	11.7	412.5	11.3	27.2	5.21536192	3.361547263	1.434568904	0.79058801
90	12.2	380.6	11.7	30.6	5.53172667	3.420526275	1.485721426	0.81784978
100	12.6	352.5	12.2	34.0	5.83095189	3.492849839	1.531478917	0.84968372
110	12.9	329.5	12.5	37.4	6.11555394	3.535533906	1.572871602	0.86772104
120	13.2	308.3	12.7	40.8	6.38748777	3.563705936	1.610660163	0.87934273
130	13.8	290.4	13.1	44.2	6.64830806	3.619392214	1.645422269	0.90169279
140	14.1	273.2	13.3	47.6	6.89927532	3.646916506	1.677606953	0.91245078



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2055x + 2.2643 \rightarrow \tau_0 = 5.1257^2 = 26.2728 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

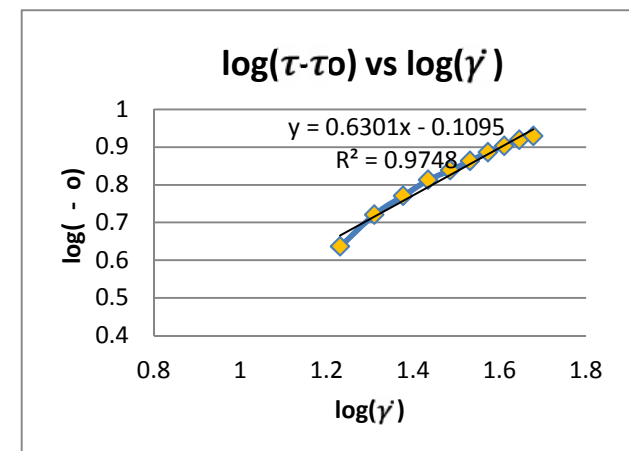
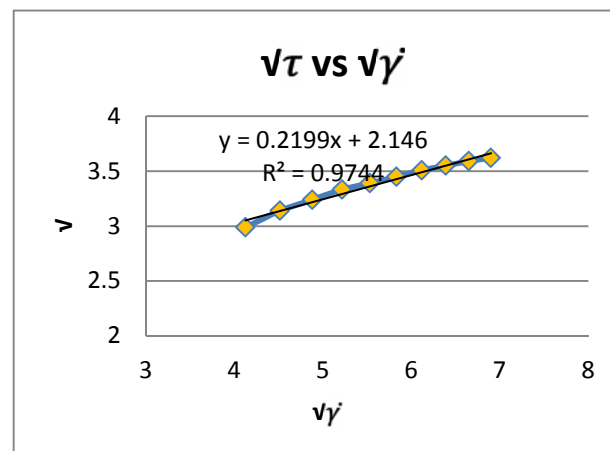
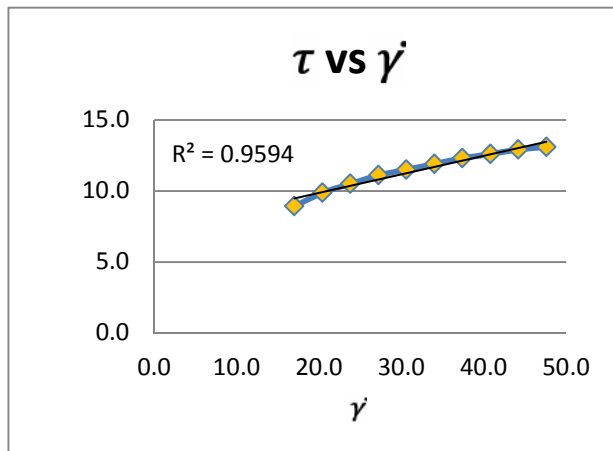
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6171x - 0.1076$$

$$\rightarrow n = 0.617$$

$$\rightarrow \log k = -0.107 \quad k = 0.7816278 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 0 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.2	525.0	8.9	17.0	4.123105626	2.98831056	1.230448921	0.63595438
60	10.5	479.2	9.9	20.4	4.516635916	3.14006369	1.309630167	0.7205466
70	10.8	439.3	10.5	23.8	4.878524367	3.24037035	1.376576957	0.77046053
80	11.1	406.3	11.1	27.2	5.215361924	3.33166625	1.434568904	0.81255803
90	11.5	375.0	11.5	30.6	5.531726674	3.39116499	1.485721426	0.83851437
100	11.7	350.0	11.9	34.0	5.830951895	3.44963766	1.531478917	0.86300648
110	11.9	329.5	12.3	37.4	6.115553941	3.50713558	1.572871602	0.88619079
120	12.6	310.4	12.6	40.8	6.387487769	3.54964787	1.610660163	0.9028013
130	12.3	292.3	12.9	44.2	6.648308055	3.591657	1.645422269	0.91879985
140	12.5	275.0	13.1	47.6	6.899275324	3.61939221	1.677606953	0.92914723

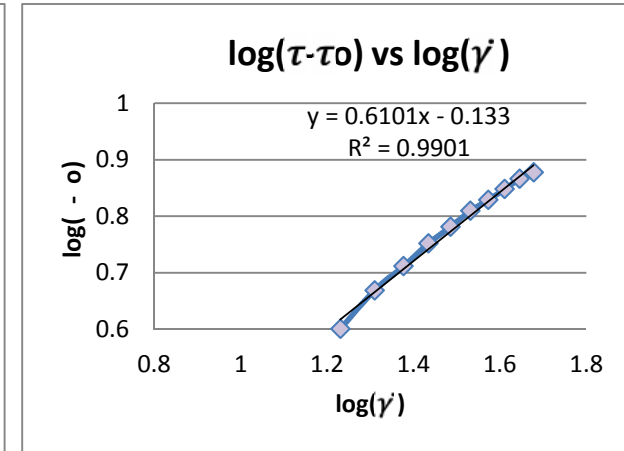
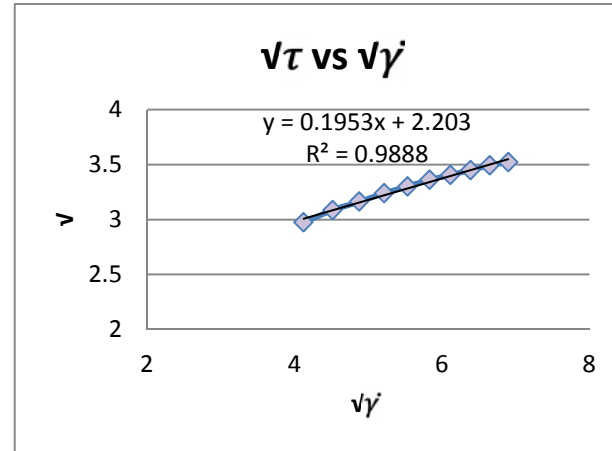
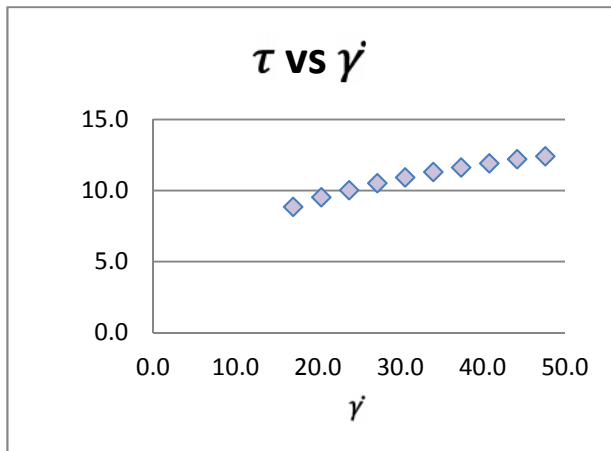


- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$   
 $y = 0.2199x + 2.146 \rightarrow \tau_0 = 4.6053^2 = 21.2088 \text{ Pa}$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6301x - 0.1095$   
 $\rightarrow n = 0.63$   
 $\rightarrow \log k = -0.109 \quad k = 0.7780366 \text{ Pa.s}^n$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 0 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.3	525.0	8.8	17.0	4.123105626	2.97321375	1.230448921	0.60062347
60	10.5	466.7	9.5	20.4	4.516635916	3.08544972	1.309630167	0.66901835
70	11.3	421.4	10.0	23.8	4.878524367	3.16227766	1.376576957	0.71153653
80	11.6	387.5	10.5	27.2	5.215361924	3.24037035	1.434568904	0.75180171
90	12.6	355.6	10.9	30.6	5.531726674	3.3015148	1.485721426	0.78152496
100	12.9	332.5	11.3	34.0	5.830951895	3.36154726	1.531478917	0.80934359
110	13.2	311.4	11.6	37.4	6.115553941	3.40587727	1.572871602	0.82909726
120	13.6	291.7	11.9	40.8	6.387487769	3.44963766	1.610660163	0.84799139
130	13.9	276.9	12.2	44.2	6.648308055	3.49284984	1.645422269	0.86609769
140	14.3	262.5	12.4	47.6	6.899275324	3.52136337	1.677606953	0.87776232



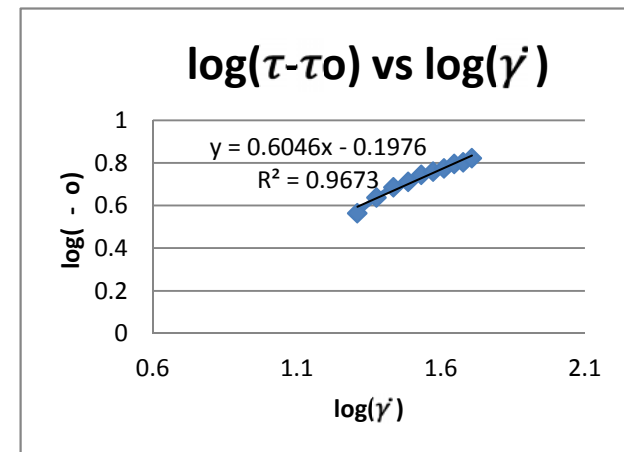
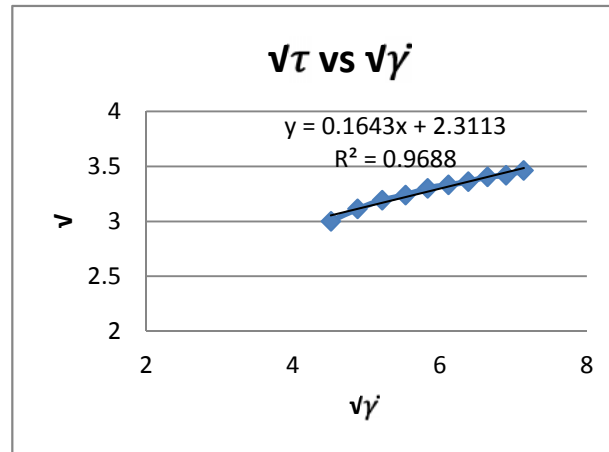
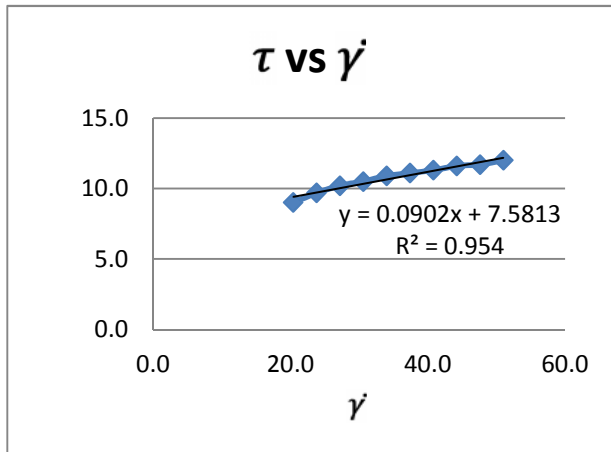
- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$   
 $y = 0.1953x + 2.203 \rightarrow \tau_0 = 4.8532^2 = 23.5536 \text{ Pa}$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6101x - 0.133$   
 $\rightarrow n = 0.6179$   
 $\rightarrow \log k = -0.133 \quad k = 0.7362071 \text{ Pa.s}^n$

**Anexo 4.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 10.0% harina de maca. Día 0.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 0 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
60	10.1	441.7	9.0	20.4	4.51663592	3.0016662	1.30963017	0.56458074
70	10.5	410.7	9.7	23.8	4.87852437	3.11287648	1.37657696	0.63841727
80	10.8	375.0	10.2	27.2	5.21536192	3.19374388	1.4345689	0.68657184
90	11.2	344.4	10.5	30.6	5.53172667	3.24037035	1.48572143	0.71258901
100	11.6	320.0	10.9	34.0	5.83095189	3.3015148	1.53147892	0.74501847
110	11.9	297.7	11.1	37.4	6.11555394	3.33166625	1.5728716	0.76036812
120	12.3	277.1	11.3	40.8	6.38748777	3.36154726	1.61066016	0.77519372
130	12.7	263.5	11.6	44.2	6.64830806	3.40587727	1.64542227	0.79652431
140	12.8	248.2	11.7	47.6	6.89927532	3.42052628	1.67760695	0.80340788
150	13.1	239.0	12.0	51.0	7.14142843	3.46410162	1.70757018	0.82342721



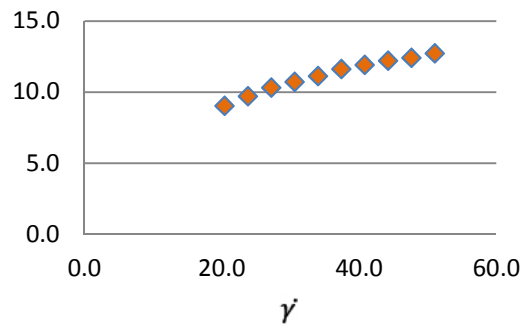
- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$   
 $y = 0.1643x + 2.3113 \rightarrow \tau_0 = 5.3407^2 = 28.5231 \text{ Pa}$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6046x - 0.1976$   
 $\rightarrow n = 0.604$   
 $\rightarrow \log k = -0.197 \quad k = 0.6353309 \text{ Pa.s}^n$

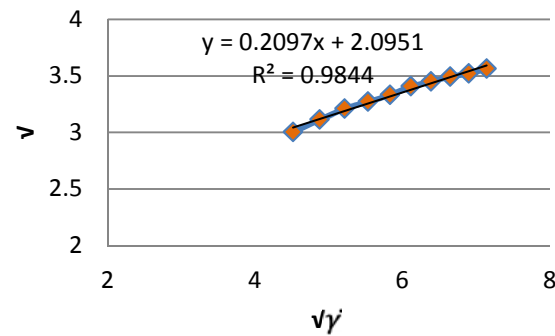
Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 0 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
60	10.1	443.6	9.0	20.4	4.51663592	3.0016662	1.30963017	0.59647063
70	10.2	403.6	9.7	23.8	4.87852437	3.11287648	1.37657696	0.6654731
80	10.9	375.0	10.3	27.2	5.21536192	3.20936131	1.4345689	0.71923596
90	11.1	350.0	10.7	30.6	5.53172667	3.27108545	1.48572143	0.75119054
100	11.3	327.5	11.1	34.0	5.83095189	3.33166625	1.53147892	0.78095424
110	11.5	309.1	11.6	37.4	6.11555394	3.40587727	1.5728716	0.81550137
120	11.9	291.7	11.9	40.8	6.38748777	3.44963766	1.61066016	0.83498307
130	12.5	275.0	12.2	44.2	6.64830806	3.49284984	1.64542227	0.85362825
140	12.8	262.5	12.4	47.6	6.89927532	3.52136337	1.67760695	0.86562801
150	13.2	250.0	12.7	51.0	7.14142843	3.56370594	1.70757018	0.88302798

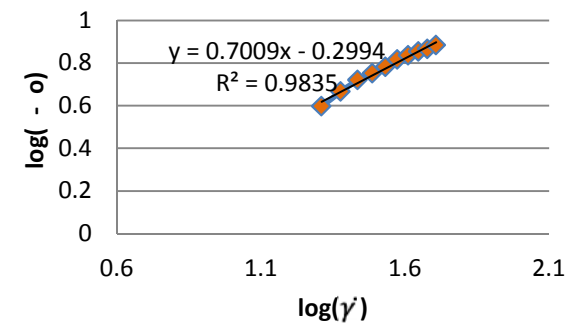
$\tau$  vs  $\dot{\gamma}$



$\sqrt{\tau}$  vs  $\sqrt{\dot{\gamma}}$



$\log(\tau - \tau_0)$  vs  $\log(\dot{\gamma})$



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2097x + 2.0951 \rightarrow \tau_0 = 5.0612^2 = 25.6157 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.7009x - 0.2994$$

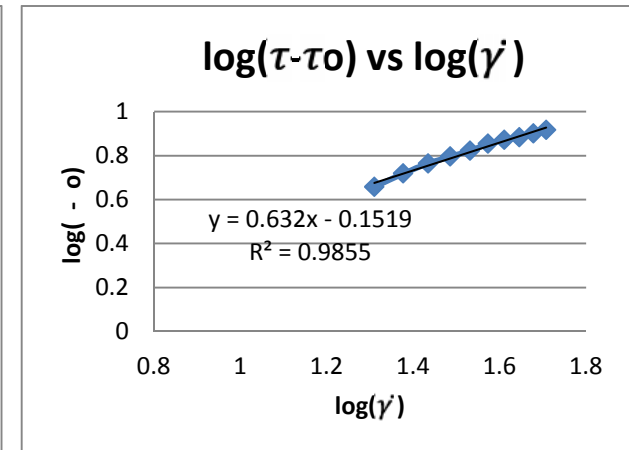
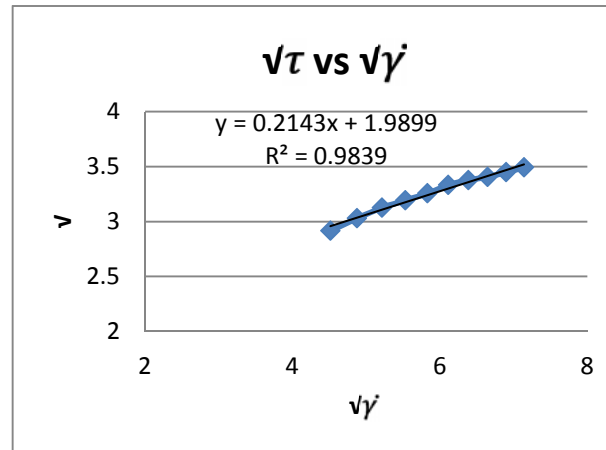
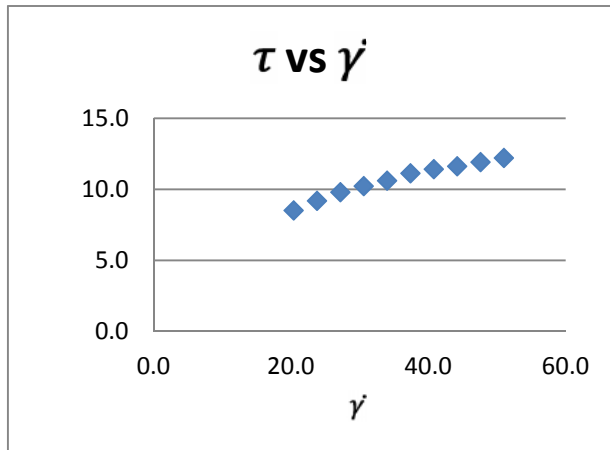
$$\rightarrow n = 0.7$$

$$\rightarrow \log k = -0.299 \quad k = 0.5023426 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$$



Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 0 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\sqrt{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
60	10.2	412.5	8.5	20.4	4.51663592	2.91547595	1.30963017	0.65742676
70	10.5	385.7	9.2	23.8	4.87852437	3.02985148	1.37657696	0.71799311
80	10.7	359.4	9.8	27.2	5.21536192	3.12569992	1.4345689	0.76446599
90	11.2	333.3	10.2	30.6	5.53172667	3.19374388	1.48572143	0.79545448
100	11.4	312.5	10.6	34.0	5.83095189	3.25576412	1.53147892	0.82242171
110	12.1	295.5	11.1	37.4	6.11555394	3.33166625	1.5728716	0.85393409
120	12.7	279.2	11.4	40.8	6.38748777	3.3763886	1.61066016	0.87179931
130	12.9	263.5	11.6	44.2	6.64830806	3.40587727	1.64542227	0.8833138
140	13.1	250.0	11.9	47.6	6.89927532	3.44963766	1.67760695	0.90003262
150	13.5	238.3	12.2	51.0	7.14142843	3.49284984	1.70757018	0.91613161



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2143x + 1.9890 \rightarrow \tau_0 = 3.9561^2 = 15.6507 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.632x - 0.1519$$

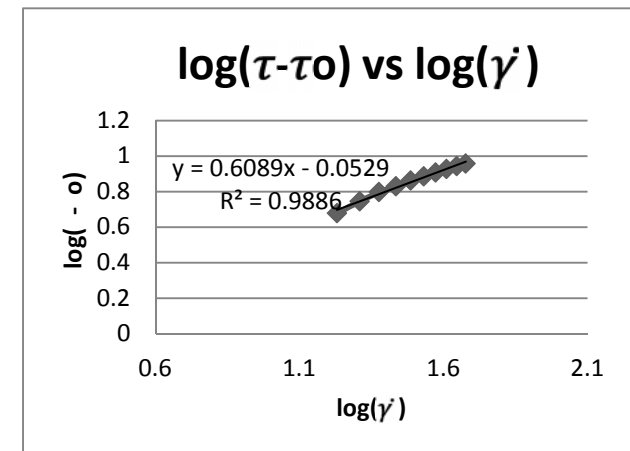
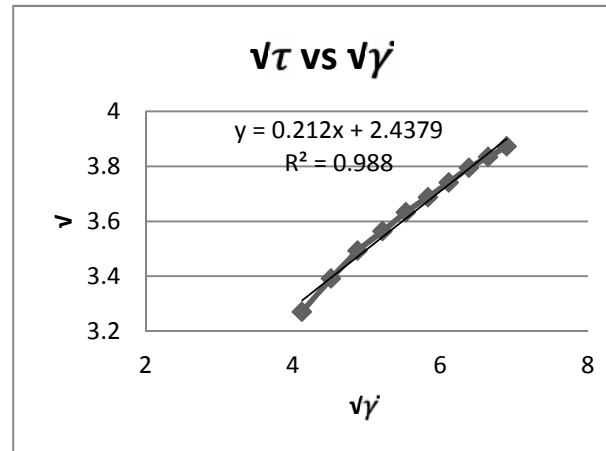
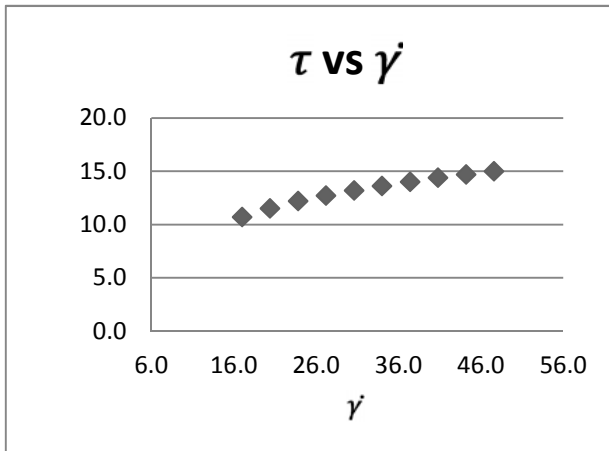
$$\rightarrow n = 0.632$$

$$\rightarrow \log k = -0.151 \quad k = 0.7063176 \text{ Pa.s}^n$$

**Anexo 5.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 0.0% harina de maca. Día 7.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 7 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ ( $s^{-1}$ )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
40	10.1	640.2	10.7	17.0	4.123105626	3.27108545	1.230448921	0.67770101
50	11.0	570.4	11.5	20.4	4.516635916	3.39116499	1.309630167	0.74515532
60	12.4	510.0	12.2	23.8	4.878524367	3.49284984	1.376576957	0.79664585
70	13.4	460.0	12.7	27.2	5.215361924	3.56370594	1.434568904	0.83001293
80	14.2	395.8	13.2	30.6	5.531726674	3.63318042	1.485721426	0.86099829
90	15.0	357.1	13.6	34.0	5.830951895	3.68781778	1.531478917	0.88428722
100	15.5	328.1	14.0	37.4	6.115553941	3.74165739	1.572871602	0.90639059
110	16.2	302.8	14.4	40.8	6.387487769	3.79473319	1.610660163	0.92742329
120	16.6	282.5	14.7	44.2	6.648308055	3.8340579	1.645422269	0.94255522
130	16.8	265.9	15.0	47.6	6.899275324	3.87298335	1.677606953	0.95717762



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.212x + 2.4379 \rightarrow \tau_0 = 5.9390^2 = 35.2717 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

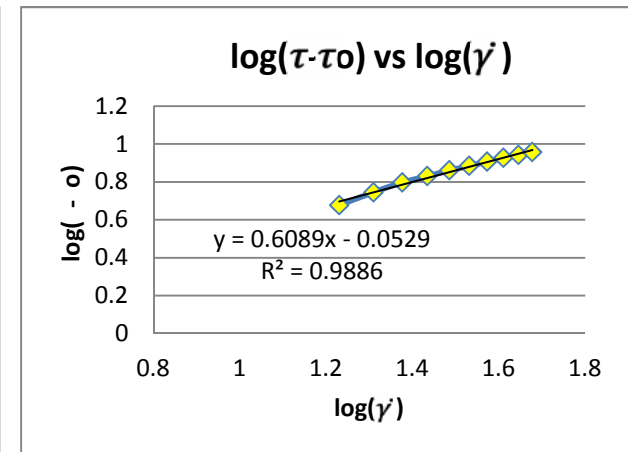
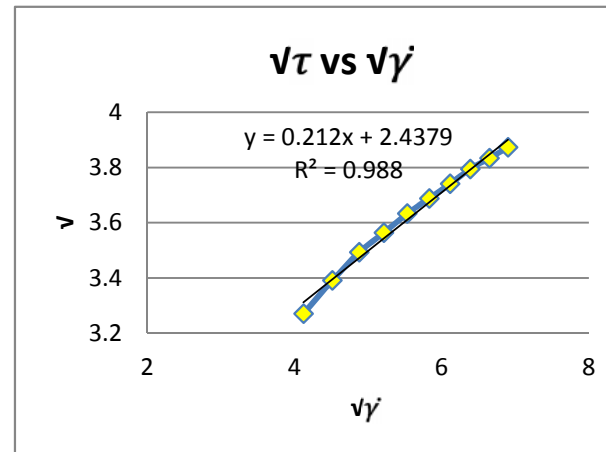
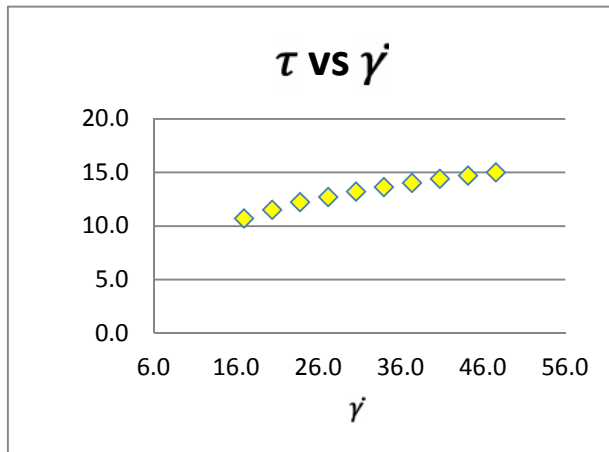
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6089x - 0.0529$$

$$\rightarrow n = 0.608$$

$$\rightarrow \log k = -0.052 \quad k = 0.887156 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 7 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ ( $s^{-1}$ )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
40	10.1	630.0	10.7	17.0	4.123105626	3.27108545	1.230448921	0.67770101
50	11.3	562.5	11.5	20.4	4.516635916	3.39116499	1.309630167	0.74515532
60	12.5	510.7	12.2	23.8	4.878524367	3.49284984	1.376576957	0.79664585
70	13.3	465.6	12.7	27.2	5.215361924	3.56370594	1.434568904	0.83001293
80	14.2	430.6	13.2	30.6	5.531726674	3.63318042	1.485721426	0.86099829
90	14.9	402.5	13.6	34.0	5.830951895	3.68781778	1.531478917	0.88428722
100	15.4	375.0	14.0	37.4	6.115553941	3.74165739	1.572871602	0.90639059
110	16.1	354.1	14.4	40.8	6.387487769	3.79473319	1.610660163	0.92742329
120	16.5	332.7	14.7	44.2	6.648308055	3.8340579	1.645422269	0.94255522
130	16.9	314.3	15.0	47.6	6.899275324	3.87298335	1.677606953	0.95717762



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.212x + 2.4370 \rightarrow \tau_0 = 5.9390^2 = 35.2717 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

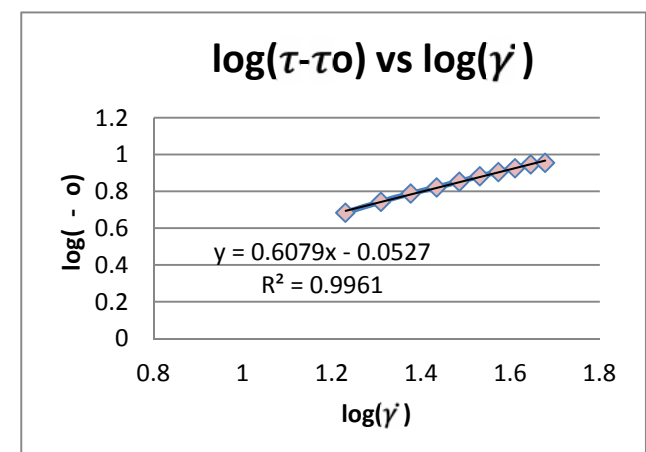
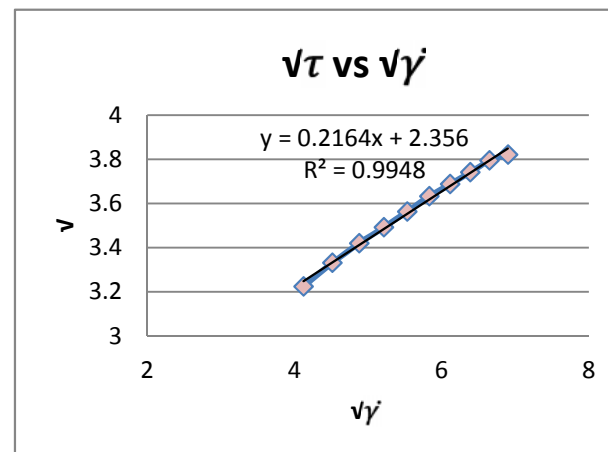
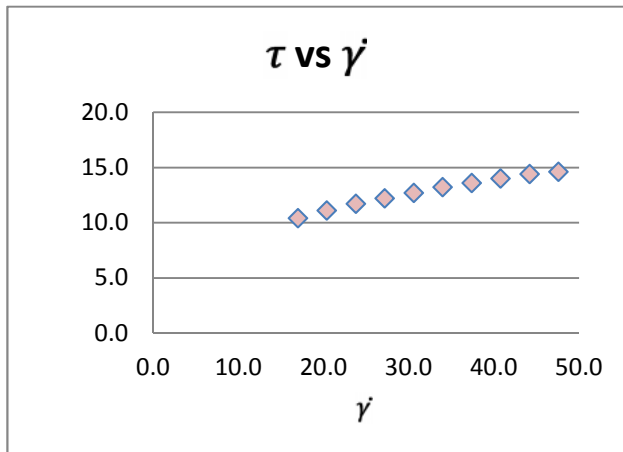
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6089x - 0.0529$$

$$\rightarrow n = 0.608$$

$$\rightarrow \log k = -0.052 \quad k = 0.887156 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 7 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
40	10.1	605.0	10.4	17.0	4.123105626	3.2249031	1.230448921	0.68567583
50	10.9	541.7	11.1	20.4	4.516635916	3.33166625	1.309630167	0.74423539
60	12.0	459.3	11.7	23.8	4.878524367	3.42052628	1.376576957	0.78882314
70	13.0	446.9	12.2	27.2	5.215361924	3.49284984	1.434568904	0.82277358
80	13.8	416.7	12.7	30.6	5.531726674	3.56370594	1.485721426	0.85426133
90	14.4	387.5	13.2	34.0	5.830951895	3.63318042	1.531478917	0.88361965
100	15.0	363.6	13.6	37.4	6.115553941	3.68781778	1.572871602	0.90575617
110	15.6	341.7	14.0	40.8	6.387487769	3.74165739	1.610660163	0.92681888
120	16.0	325.0	14.4	44.2	6.648308055	3.79473319	1.645422269	0.94690715
130	16.5	308.9	14.6	47.6	6.899275324	3.82099463	1.677606953	0.95661326



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2164x + 2.356 \rightarrow \tau_0 = 5.5507^2 = 30.8103 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6079x - 0.0527$$

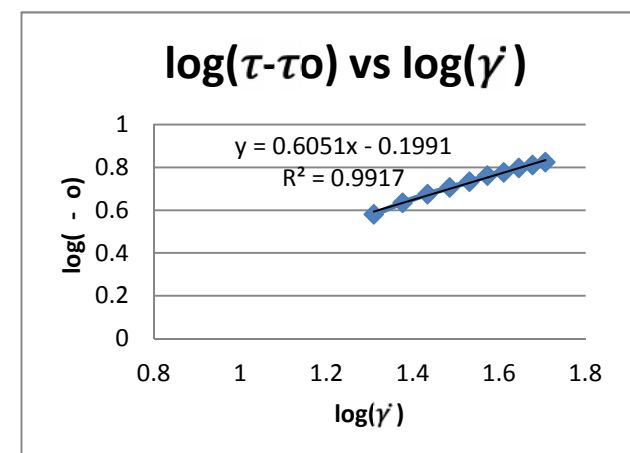
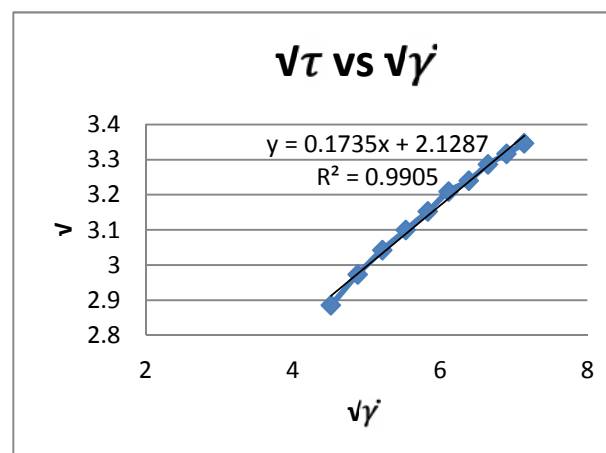
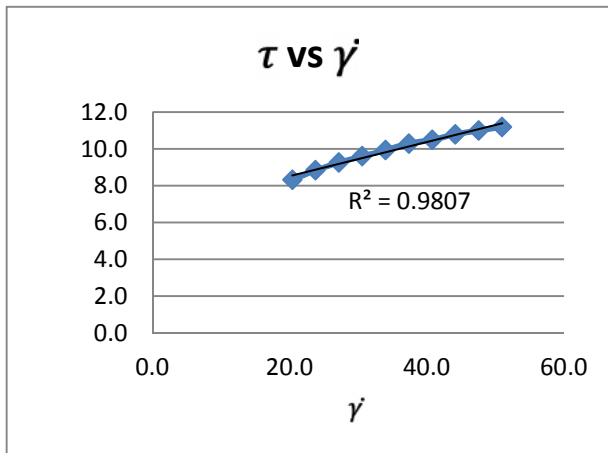
$$\rightarrow n = 0.607$$

$$\rightarrow \log k = -0.052 \quad k = 0.887156 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$$

**Anexo 6.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 5.0% harina de maca. Día 7.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 7 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_{\alpha}$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.1	540.3	8.3	20.4	4.516635916	2.88617394	1.309630167	0.57996825
60	10.3	475.8	8.8	23.8	4.878524367	2.97321375	1.376576957	0.63464007
70	10.9	424.8	9.3	27.2	5.215361924	3.04302481	1.434568904	0.67500949
80	11.3	386.8	9.6	30.6	5.531726674	3.1	1.485721426	0.70600184
90	11.7	361.3	9.9	34.0	5.830951895	3.15277655	1.531478917	0.73332697
100	12.1	331.4	10.3	37.4	6.115553941	3.20936131	1.572871602	0.76129743
110	12.4	320.4	10.5	40.8	6.387487769	3.24037035	1.610660163	0.77609187
120	12.7	293.9	10.8	44.2	6.648308055	3.28633535	1.645422269	0.79737946
130	13.0	272.5	11.0	47.6	6.899275324	3.31662479	1.677606953	0.81101274
140	13.3	265.0	11.2	51.0	7.141428429	3.34664011	1.707570176	0.82423104



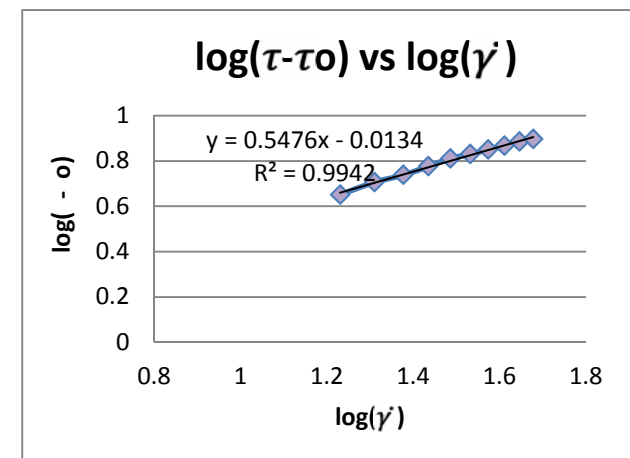
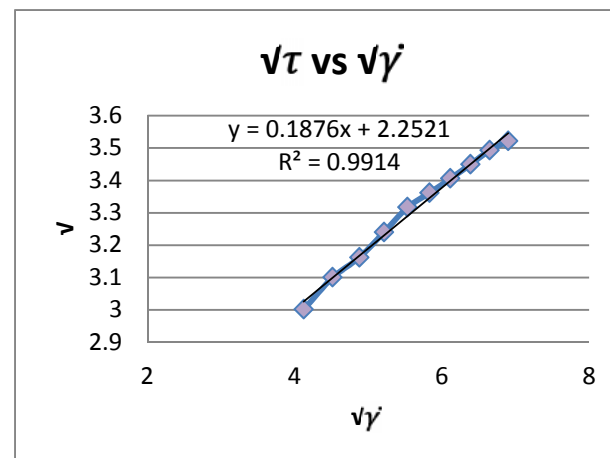
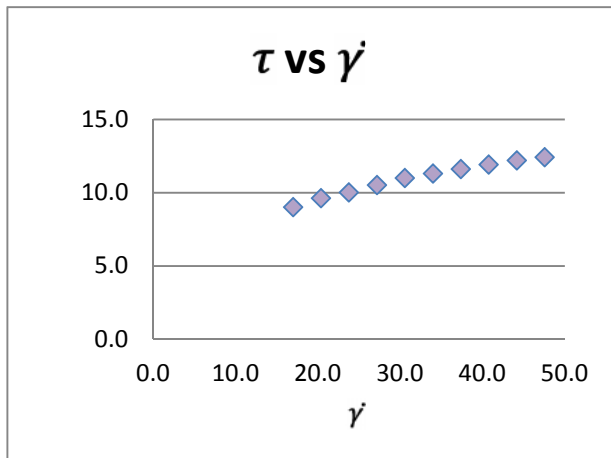
- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1735x + 2.1287 \rightarrow \tau_0 = 4.5284^2 = 20.5084 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6051x - 0.1991$   
 $\rightarrow n = 0.605$   
 $\rightarrow \log k = -0.199 \quad k = 0.6324119 \text{ Pa.s}^n$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 7 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.1	530.0	9.0	17.0	4.123105626	3.0016662	1.230448921	0.65143464
60	10.6	470.8	9.6	20.4	4.516635916	3.1	1.309630167	0.70600184
70	11.3	425.0	10.0	23.8	4.878524367	3.16227766	1.376576957	0.73811561
80	11.8	384.4	10.5	27.2	5.215361924	3.24037035	1.434568904	0.77609187
90	12.2	358.3	11.0	30.6	5.531726674	3.31662479	1.485721426	0.81101274
100	12.9	332.5	11.3	34.0	5.830951895	3.36154726	1.531478917	0.83069232
110	13.2	311.4	11.6	37.4	6.115553941	3.40587727	1.572871602	0.84951867
120	13.7	291.7	11.9	40.8	6.387487769	3.44963766	1.610660163	0.8675627
130	14.0	276.9	12.2	44.2	6.648308055	3.49284984	1.645422269	0.88488686
140	14.4	260.7	12.4	47.6	6.899275324	3.52136337	1.677606953	0.8960639



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1876x + 2.2521 \rightarrow \tau_0 = 5.0715^2 = 25.72011 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

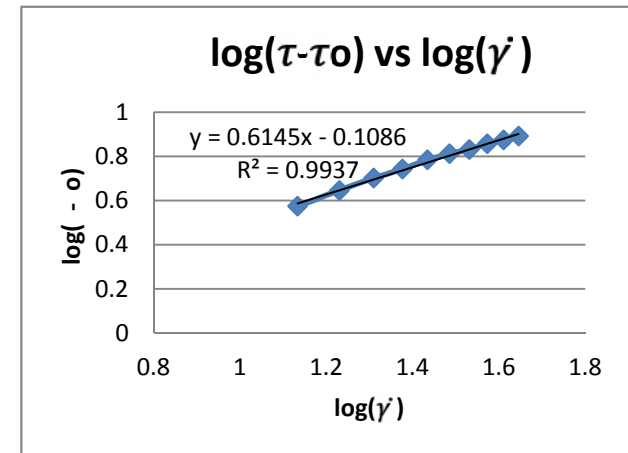
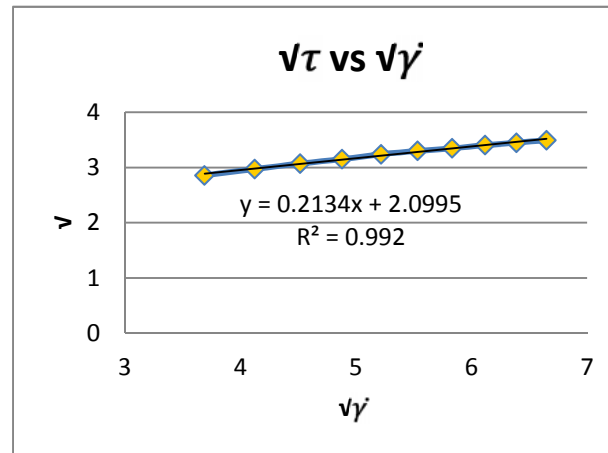
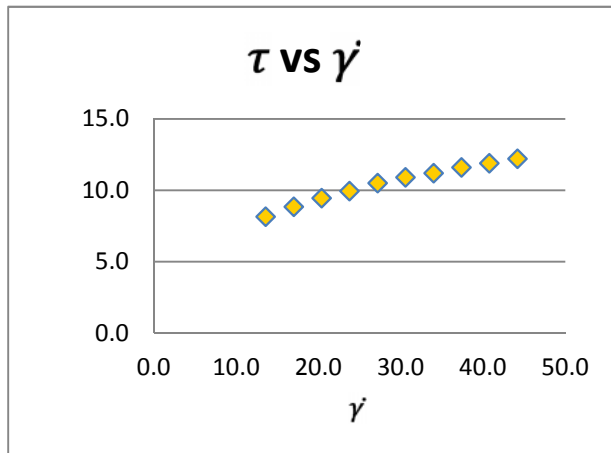
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.5476x - 0.0134$$

$$\rightarrow n = 0.547$$

$$\rightarrow \log k = -0.013 \quad k = 0.97051 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 7 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.1	573.2	8.2	13.6	3.687817783	2.85657137	1.133538908	0.57451729
60	10.4	520.0	8.8	17.0	4.123105626	2.97321375	1.230448921	0.64681518
70	11.1	462.5	9.4	20.4	4.516635916	3.0724583	1.309630167	0.70193038
80	11.7	417.9	9.9	23.8	4.878524367	3.15277655	1.376576957	0.74305477
90	12.2	381.3	10.5	27.2	5.215361924	3.24037035	1.434568904	0.78491663
100	12.9	355.8	10.9	30.6	5.531726674	3.3015148	1.485721426	0.81252559
110	13.2	330.0	11.2	34.0	5.830951895	3.34664011	1.531478917	0.83213826
120	13.6	311.4	11.6	37.4	6.115553941	3.40587727	1.572871602	0.85698245
130	14.0	291.7	11.9	40.8	6.387487769	3.44963766	1.610660163	0.87472522
140	14.3	275.0	12.2	44.2	6.648308055	3.49284984	1.645422269	0.89177149



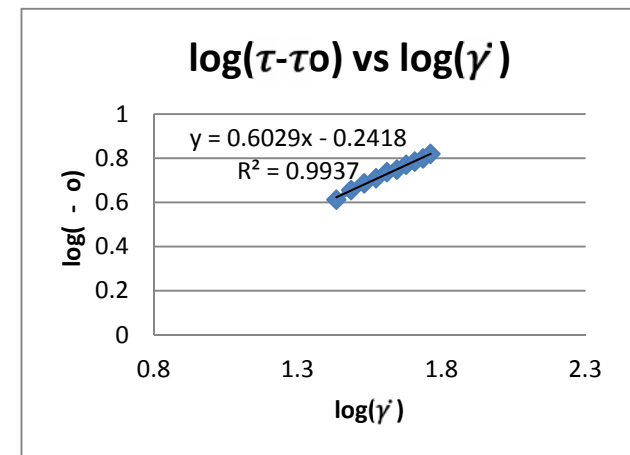
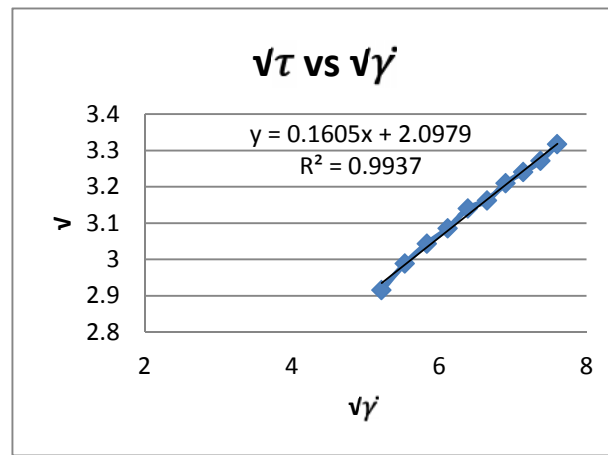
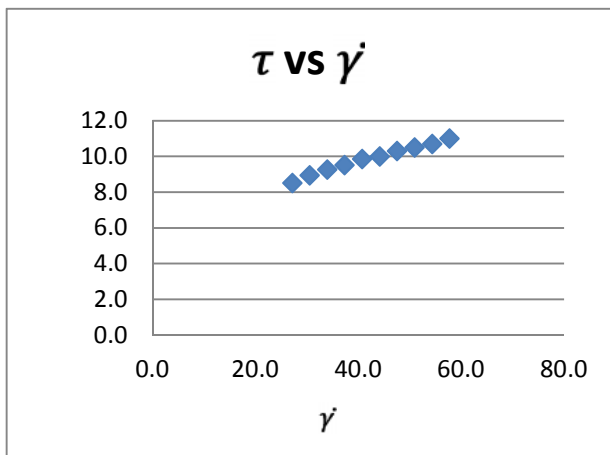
- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$   
 $y = 0.2134x + 2.0995 \rightarrow \tau_0 = 4.4058^2 = 19.41107 \text{ Pa}$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6145x - 0.1086$   
 $\rightarrow n = 0.614$   
 $\rightarrow \log k = -0.108 \quad k = 0.7798301 \text{ Pa.s}^n$

**Anexo 7.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 7.5% harina de maca. Día 7.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 7 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
80	10.1	429.4	8.5	27.2	5.21536192	2.91547595	1.4345689	0.61305822
90	10.6	411.4	8.9	30.6	5.53172667	2.98831056	1.48572143	0.65634653
100	10.9	380.2	9.3	34.0	5.83095189	3.04302481	1.53147892	0.68686774
110	11.2	364.5	9.5	37.4	6.11555394	3.08544972	1.5728716	0.70948968
120	11.6	351.7	9.9	40.8	6.38748777	3.14006369	1.61066016	0.73739868
130	12.0	340.8	10.0	44.2	6.64830806	3.16227766	1.64542227	0.74838892
140	12.2	335.8	10.3	47.6	6.89927532	3.20936131	1.67760695	0.77104269
150	12.4	326.9	10.5	51.0	7.14142843	3.24037035	1.70757018	0.78551426
160	12.6	306.9	10.7	54.4	7.37563557	3.27108545	1.7355989	0.79951912
170	12.9	289.7	11.0	57.8	7.60263112	3.31662479	1.76192784	0.8197144



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

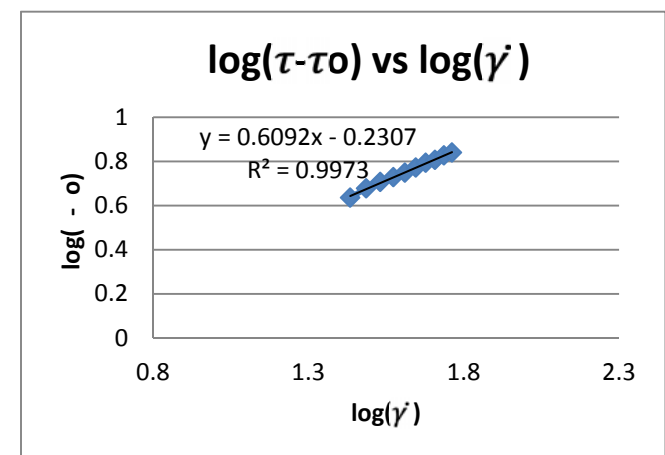
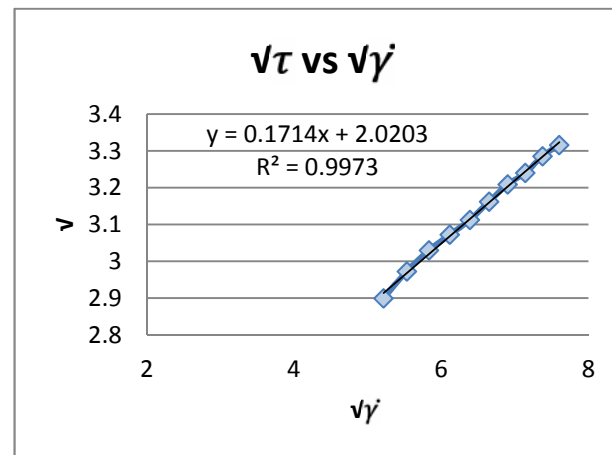
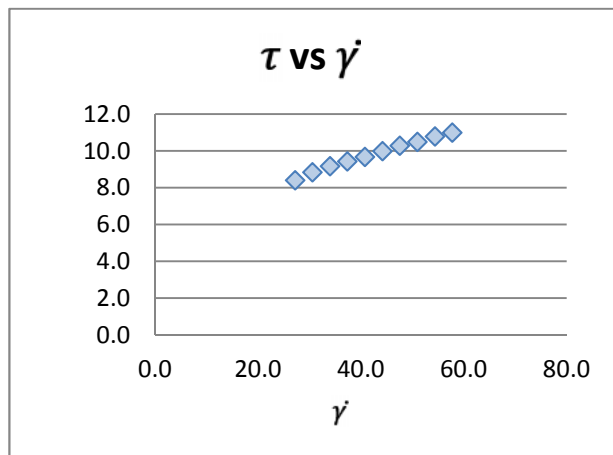
$$y = 0.1605x + 2.0979 \rightarrow \tau_0 = 4.3974^2 = 19.33713 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6029x - 0.2418$   
 $\rightarrow n = 0.602$   
 $\rightarrow \log k = -0.241 \quad k = 0.5741165 \text{ Pa.s}^n$



Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 7 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
80	10.1	406.3	8.4	27.2	5.21536192	2.9	1.4345689	0.63644777
90	10.4	386.1	8.8	30.6	5.53172667	2.97321375	1.48572143	0.67757046
100	10.8	370.0	9.2	34.0	5.83095189	3.02985148	1.53147892	0.70753611
110	11.1	352.3	9.4	37.4	6.11555394	3.0724583	1.5728716	0.72913238
120	11.4	337.5	9.7	40.8	6.38748777	3.11287648	1.61066016	0.74893189
130	11.9	328.9	10.0	44.2	6.64830806	3.16227766	1.64542227	0.77229236
140	12.1	316.1	10.3	47.6	6.89927532	3.20936131	1.67760695	0.79376245
150	12.4	305.2	10.5	51.0	7.14142843	3.24037035	1.70757018	0.80750797
160	12.7	298.4	10.8	54.4	7.37563557	3.28633535	1.7355989	0.82734342
170	13.0	289.6	11.0	57.8	7.60263112	3.31662479	1.76192784	0.84008099



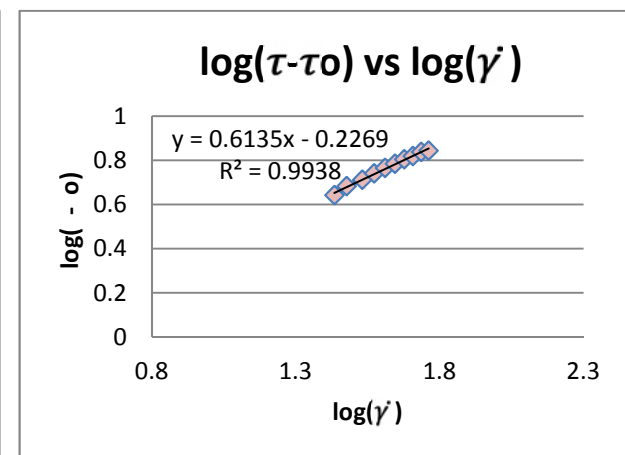
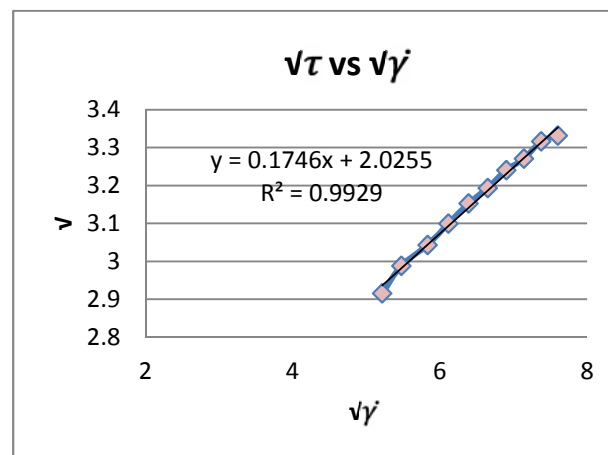
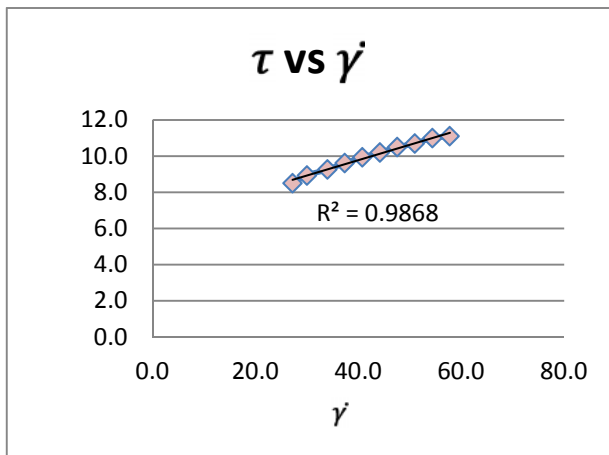
- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1714x + 2.0200 \rightarrow \tau_0 = 4.0804^2 = 16.64966 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6092x - 0.2307$   
 $\rightarrow n = 0.609$   
 $\rightarrow \log k = -0.23 \quad k = 0.5888437 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 7 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ ( $s^{-1}$ )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
80	10.1	412.5	8.5	27.2	5.21536192	2.91547595	1.4345689	0.64339098
90	10.5	391.7	8.9	30.0	5.47722558	2.98831056	1.47712125	0.68389093
100	11.0	372.5	9.3	34.0	5.83095189	3.04302481	1.53147892	0.71259709
110	11.3	356.5	9.6	37.4	6.11555394	3.1	1.5728716	0.74110233
120	11.7	343.7	9.9	40.8	6.38748777	3.15277655	1.61066016	0.76636637
130	12.0	330.8	10.2	44.2	6.64830806	3.19374388	1.64542227	0.78528534
140	12.4	319.4	10.5	47.6	6.89927532	3.24037035	1.67760695	0.80613756
150	12.6	312.5	10.7	51.0	7.14142843	3.27108545	1.70757018	0.81950281
160	12.9	291.7	11.0	54.4	7.37563557	3.31662479	1.7355989	0.83880975
170	13.2	272.5	11.1	57.8	7.60263112	3.33166625	1.76192784	0.84505926



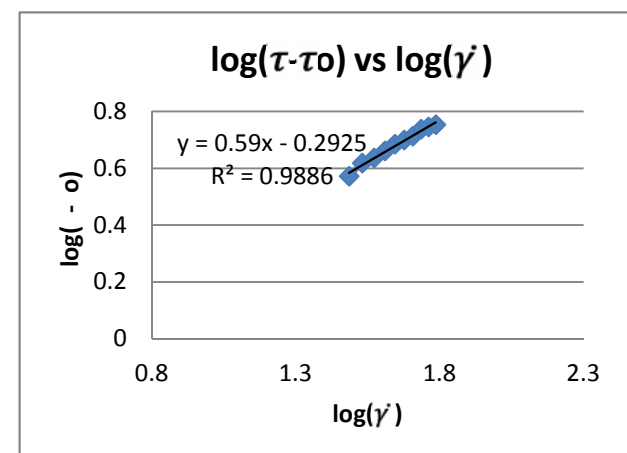
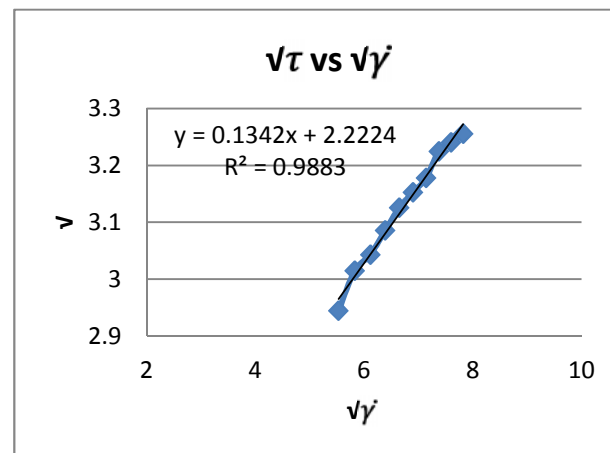
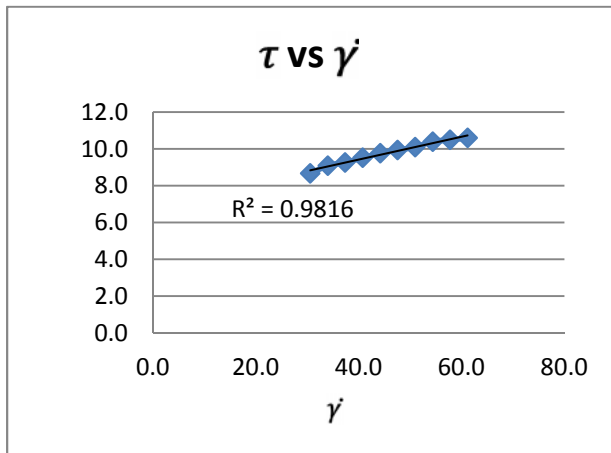
- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$   
 $y = 0.1746x + 2.0255 \rightarrow \tau_0 = 4.1006^2 = 16.81492 \text{ Pa}$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6135x - 0.2269$   
 $\rightarrow n = 0.613$   
 $\rightarrow \log k = -0.226 \quad k = 0.5942922 \text{ Pa.s}^n$

**Anexo 8.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 10.0% harina de maca. Día 7.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 7 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
90	10.2	90	8.7	30.6	5.53172667	2.94448637	1.48572143	0.57202495
100	10.6	100	9.1	34.0	5.83095189	3.01496269	1.53147892	0.61833223
110	10.9	110	9.3	37.4	6.11555394	3.04302481	1.5728716	0.6357567
120	11.2	120	9.5	40.8	6.38748777	3.08544972	1.61066016	0.66112294
130	11.5	130	9.8	44.2	6.64830806	3.12569992	1.64542227	0.68419127
140	11.8	140	9.9	47.6	6.89927532	3.15277655	1.67760695	0.69920585
150	12.0	150	10.1	51.0	7.14142843	3.17804972	1.70757018	0.71287824
160	12.2	160	10.4	54.4	7.37563557	3.2249031	1.7355989	0.73740862
170	12.3	170	10.5	57.8	7.60263112	3.24037035	1.76192784	0.74528689
180	12.4	180	10.6	61.2	7.82304289	3.25576412	1.78675142	0.75302478



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1342x + 2.2224 \rightarrow \tau_0 = 4.9373^2 = 24.37693 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

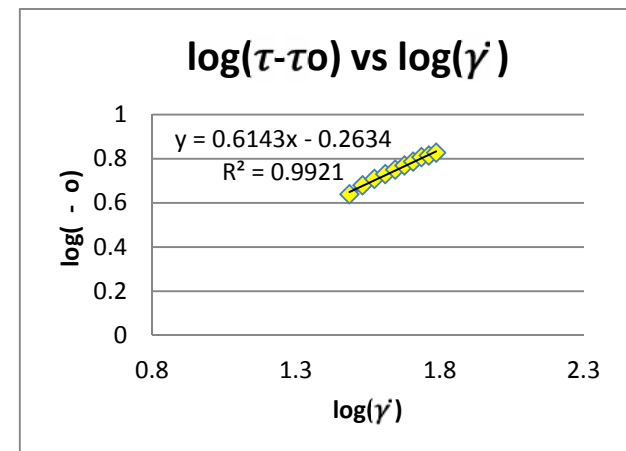
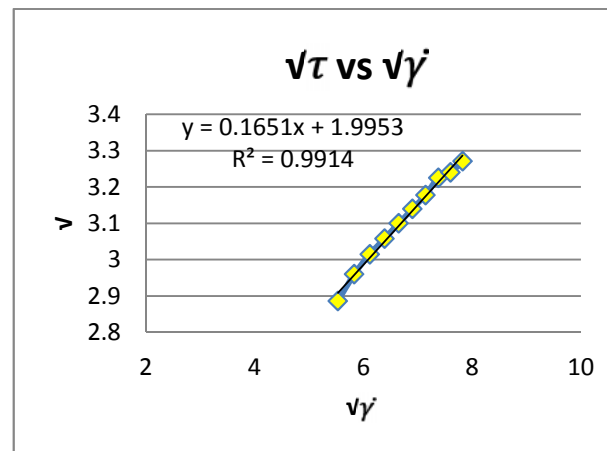
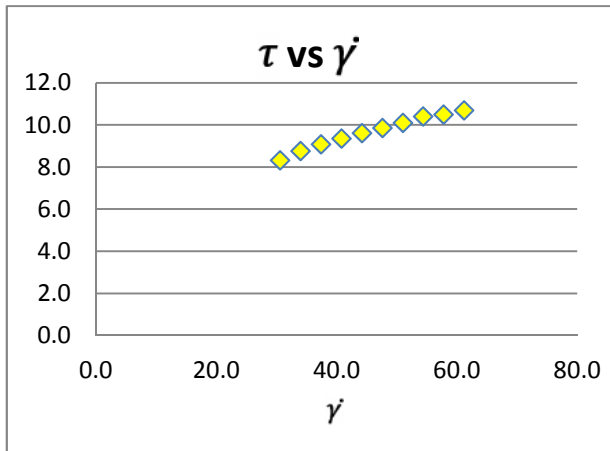
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.59x - 0.2925$$

$$\rightarrow n = 0.59$$

$$\rightarrow \log k = -0.292 \quad k = 0.510505 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 7 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
90	10.1	372.2	8.3	30.6	5.53172667	2.88617394	1.48572143	0.63848676
100	10.3	357.5	8.8	34.0	5.83095189	2.95972972	1.53147892	0.67942563
110	10.7	343.3	9.1	37.4	6.11555394	3.01496269	1.5728716	0.70841878
120	11.0	331.2	9.4	40.8	6.38748777	3.05777697	1.61066016	0.72997226
130	11.4	319.2	9.6	44.2	6.64830806	3.1	1.64542227	0.75050647
140	11.7	307.8	9.9	47.6	6.89927532	3.14006369	1.67760695	0.76937548
150	11.9	300.0	10.1	51.0	7.14142843	3.17804972	1.70757018	0.78674965
160	12.2	290.6	10.4	54.4	7.37563557	3.2249031	1.7355989	0.80753334
170	12.4	280.4	10.5	57.8	7.60263112	3.24037035	1.76192784	0.81424593
180	12.6	275.0	10.7	61.2	7.82304289	3.27108545	1.78675142	0.82736766

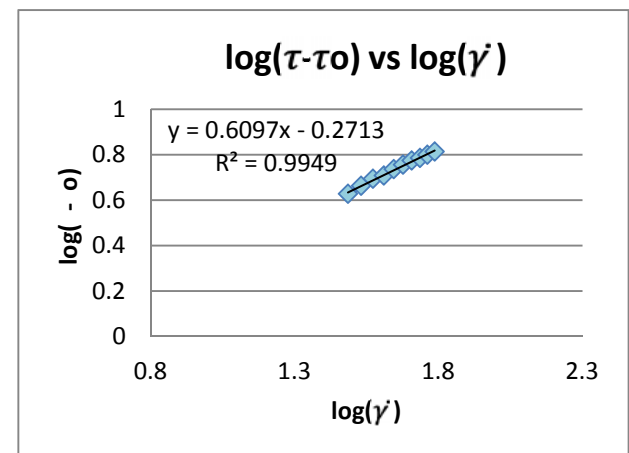
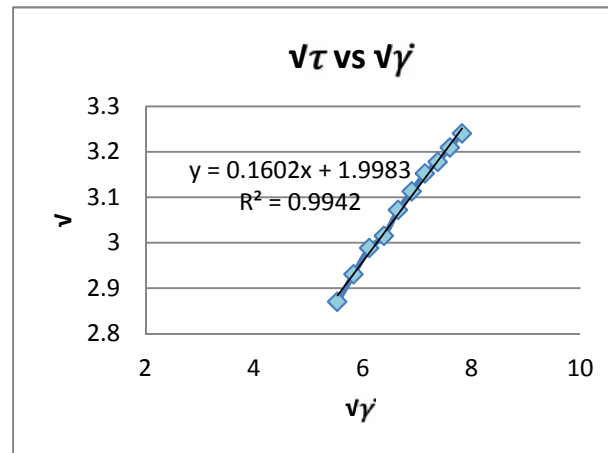
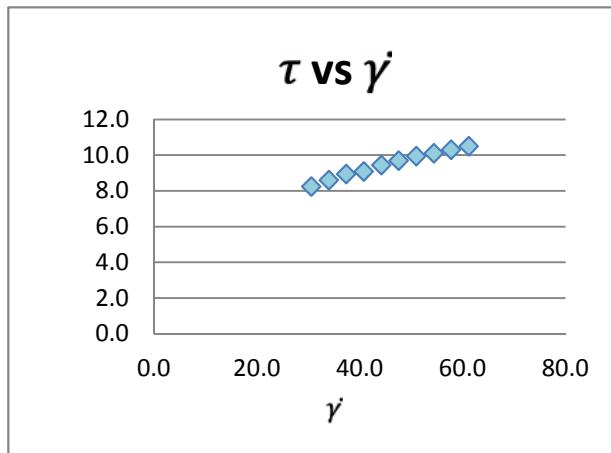


- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$   
 $y = 0.1651x + 1.9953 \rightarrow \tau_0 = 3.9800^2 = 15.8404 \text{ Pa}$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6143x - 0.2634$   
 $\rightarrow n = 0.614$   
 $\rightarrow \log k = -0.263 \quad k = 0.5457579 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 7 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ ( $s^{-1}$ )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
90	10.1	366.7	8.2	30.6	5.53172667	2.87054002	1.48572143	0.6281841
100	10.3	352.5	8.6	34.0	5.83095189	2.93087018	1.53147892	0.66256859
110	10.5	336.4	8.9	37.4	6.11555394	2.98831056	1.5728716	0.69355073
120	10.8	325.0	9.1	40.8	6.38748777	3.01496269	1.61066016	0.70739949
130	11.1	315.0	9.4	44.2	6.64830806	3.0724583	1.64542227	0.73623678
140	11.4	303.6	9.7	47.6	6.89927532	3.11287648	1.67760695	0.75572214
150	11.7	295.0	9.9	51.0	7.14142843	3.15277655	1.70757018	0.77437067
160	11.9	285.9	10.1	54.4	7.37563557	3.17804972	1.7355989	0.78589874
170	12.2	277.9	10.3	57.8	7.60263112	3.20936131	1.76192784	0.79989141
180	12.3	272.0	10.5	61.2	7.82304289	3.24037035	1.78675142	0.81344728



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

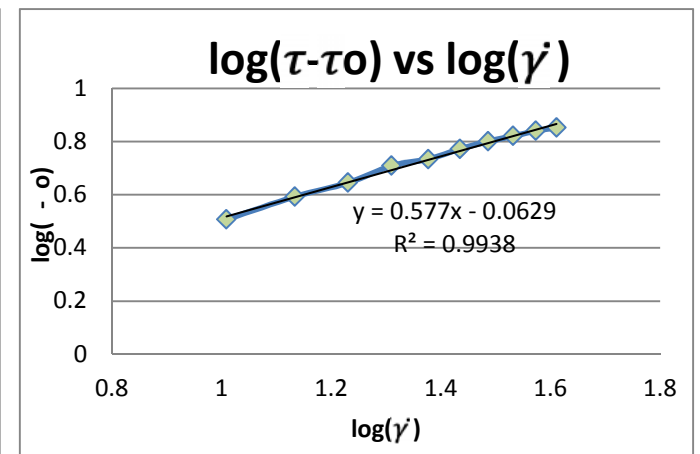
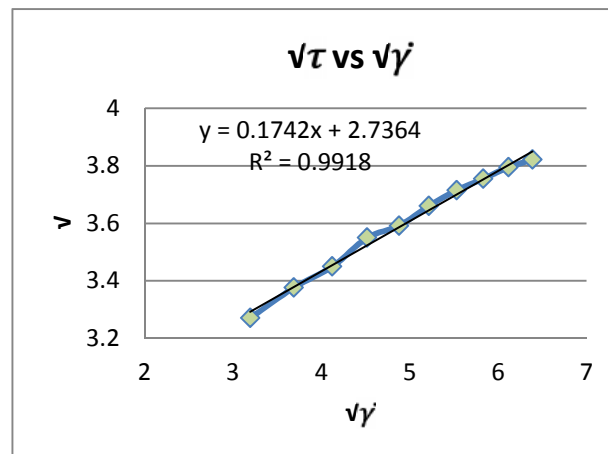
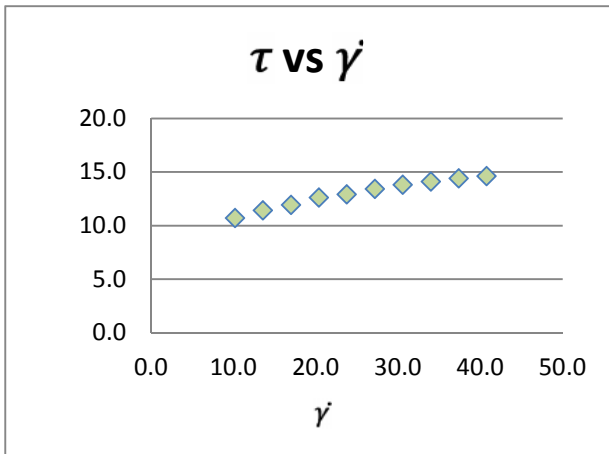
$$y = 0.1602x + 1.9983 \rightarrow \tau_0 = 3.9920^2 = 15.9360 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6097x - 0.2713$   
 $\rightarrow n = 0.609$   
 $\rightarrow \log k = -0.271 \quad k = 0.5357967 \text{ Pa.s}^n$

**Anexo 9.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 0.0% harina de maca. Día 14.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 14 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.1	505.0	10.7	10.2	3.19374388	3.27108545	1.00860017	0.50708695
60	10.7	458.3	11.4	13.6	3.68781778	3.3763886	1.13353891	0.59265455
70	11.8	414.3	11.9	17.0	4.12310563	3.44963766	1.23044892	0.64486224
80	12.8	381.3	12.6	20.4	4.51663592	3.54964787	1.30963017	0.70878654
90	13.5	350.0	12.9	23.8	4.87852437	3.591657	1.37657696	0.73354264
100	14.4	327.5	13.4	27.2	5.21536192	3.66060104	1.4345689	0.77190364
110	14.9	306.8	13.8	30.6	5.53172667	3.71483512	1.48572143	0.80032549
120	15.4	289.6	14.1	34.0	5.83095189	3.75499667	1.53147892	0.82048415
130	15.9	273.1	14.4	37.4	6.11555394	3.79473319	1.5728716	0.83974847
140	16.3	258.9	14.6	40.8	6.38748777	3.82099463	1.61066016	0.85213242



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1742x + 2.7364 \rightarrow \tau_0 = 7.4857^2 = 56.035704 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

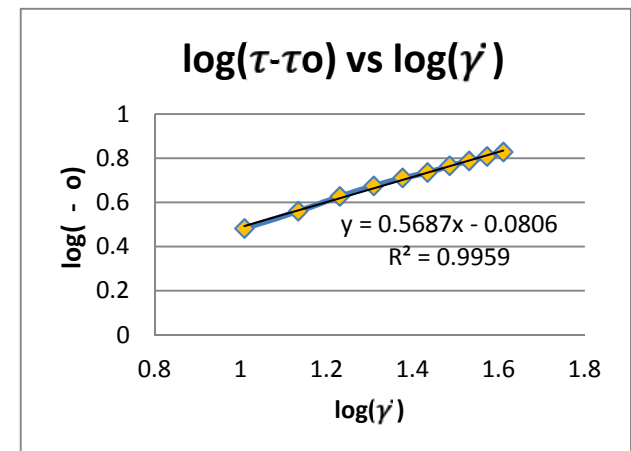
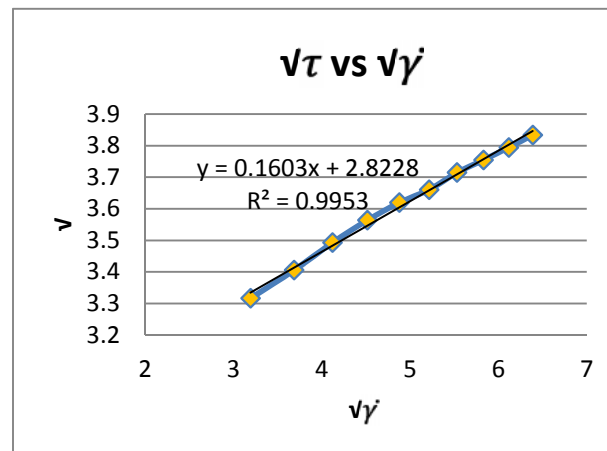
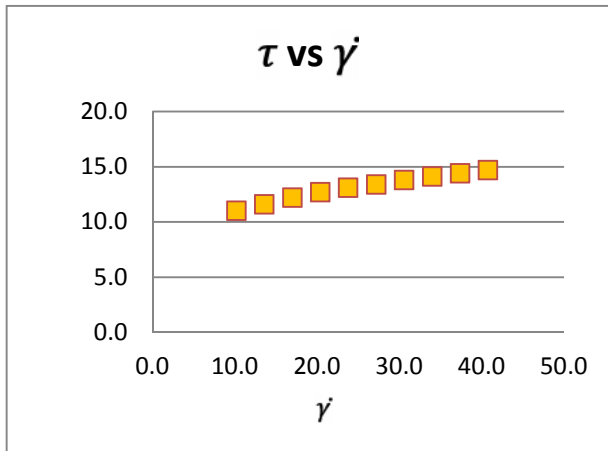
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.577x - 0.0629$$

$$\rightarrow n = 0.577$$

$$\rightarrow \log k = -0.062 \quad k = 0.8669619 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 14 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ ( $s^{-1}$ )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.1	537.5	11.0	10.2	3.19374388	3.31662479	1.00860017	0.48234697
60	10.6	489.3	11.6	13.6	3.68781778	3.40587727	1.13353891	0.56066162
70	11.9	443.9	12.2	17.0	4.12310563	3.49284984	1.23044892	0.62698835
80	12.9	411.1	12.7	20.4	4.51663592	3.56370594	1.30963017	0.67544067
90	13.6	385.0	13.1	23.8	4.87852437	3.61939221	1.37657696	0.71065173
100	14.3	359.1	13.4	27.2	5.21536192	3.66060104	1.4345689	0.73530469
110	14.9	339.6	13.8	30.6	5.53172667	3.71483512	1.48572143	0.7661388
120	15.4	323.1	14.1	34.0	5.83095189	3.75499667	1.53147892	0.78790772
130	15.8	303.8	14.4	37.4	6.11555394	3.79473319	1.5728716	0.80863736
140	16.2	288.3	14.7	40.8	6.38748777	3.8340579	1.61066016	0.82842245



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1603x + 2.8228 \rightarrow \tau_0 = 7.9637^2 = 63.42051 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

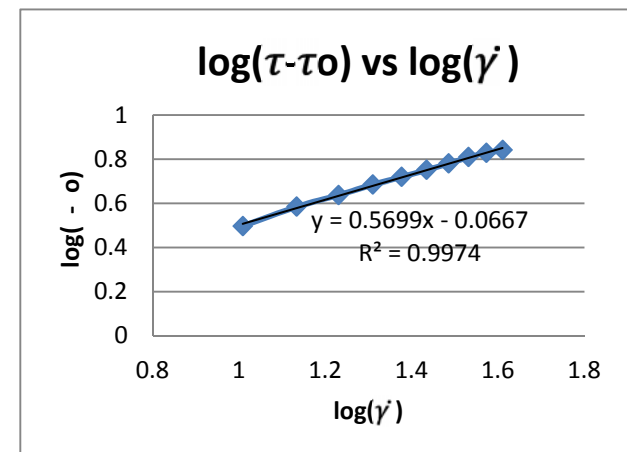
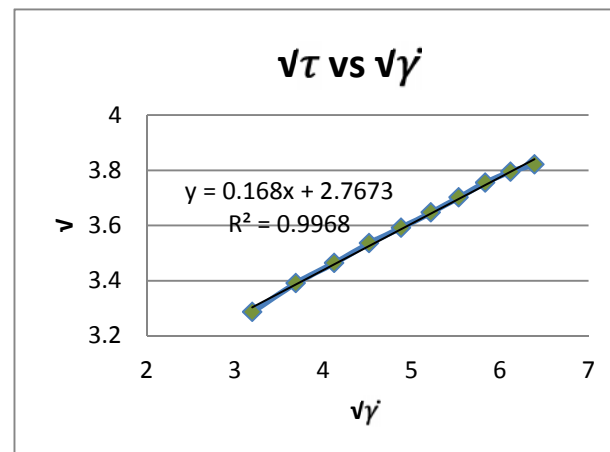
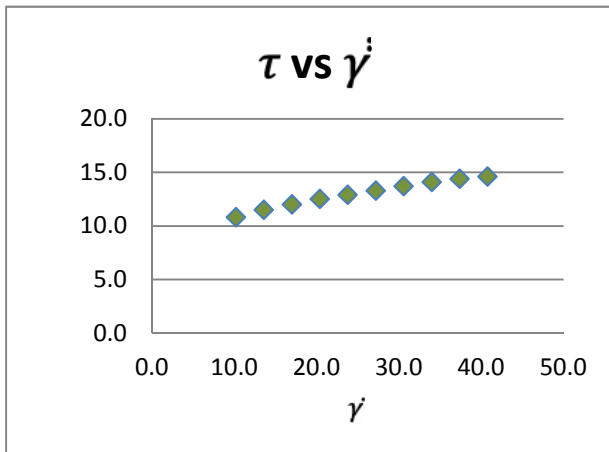
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.5687x - 0.0806$$

$$\rightarrow n = 0.568$$

$$\rightarrow \log k = -0.08 \quad k = 0.8317638 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 14 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.1	533.3	10.8	10.2	3.19374388	3.28633535	1.00860017	0.49744261
60	10.6	482.1	11.5	13.6	3.68781778	3.39116499	1.13353891	0.58475073
70	11.6	440.6	12.0	17.0	4.12310563	3.46410162	1.23044892	0.63786092
80	12.0	408.3	12.5	20.4	4.51663592	3.53553391	1.30963017	0.68517822
90	13.0	380.0	12.9	23.8	4.87852437	3.591657	1.37657696	0.71963875
100	14.1	356.8	13.3	27.2	5.21536192	3.64691651	1.4345689	0.75156477
110	14.7	335.3	13.7	30.6	5.53172667	3.7013511	1.48572143	0.78130369
120	15.2	319.3	14.1	34.0	5.83095189	3.75499667	1.53147892	0.80913605
130	15.7	301.8	14.4	37.4	6.11555394	3.79473319	1.5728716	0.82889895
140	16.1	286.7	14.6	40.8	6.38748777	3.82099463	1.61066016	0.84159164



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.168x + 2.7673 \rightarrow \tau_0 = 7.6563^2 = 58.61892 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.5699x - 0.0667$$

$$\rightarrow n = 0.569$$

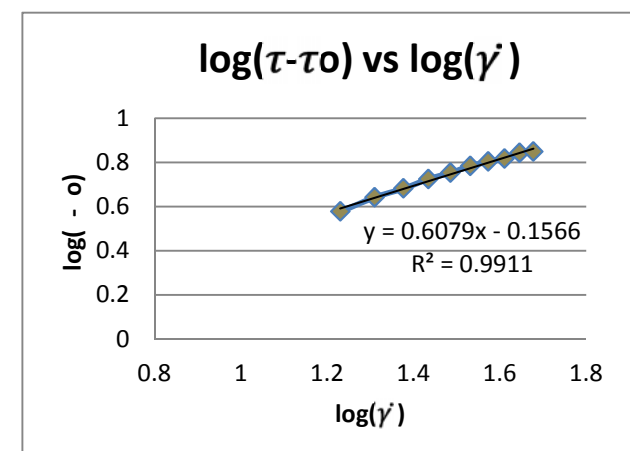
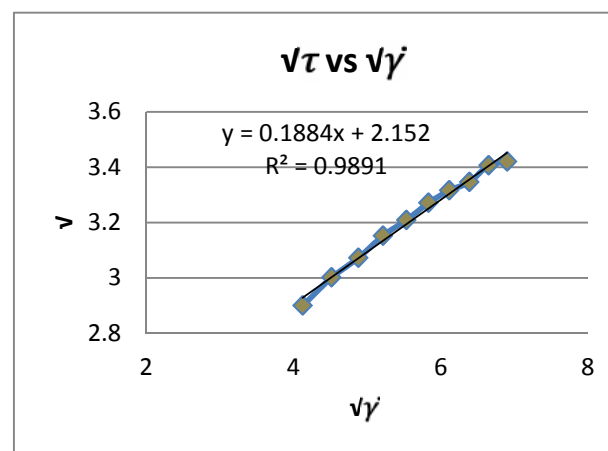
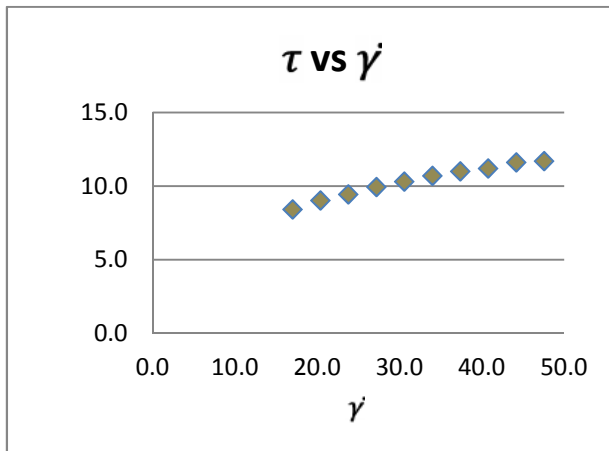
$$\rightarrow \log k = -0.066 \quad k = 0.8590135 \text{ Pa.s}^n$$



**Anexo 10.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 5.0% harina de maca. Día 14.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 14 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.1	490.0	8.4	17.0	4.12310563	2.9	1.23044892	0.57736494
60	10.6	441.7	9.0	20.4	4.51663592	3.0016662	1.30963017	0.64136463
70	11.2	400.0	9.4	23.8	4.87852437	3.0724583	1.37657696	0.68204538
80	11.8	365.6	9.9	27.2	5.21536192	3.15277655	1.4345689	0.72500422
90	12.1	338.9	10.3	30.6	5.53172667	3.20936131	1.48572143	0.75349849
100	12.6	315.0	10.7	34.0	5.83095189	3.27108545	1.53147892	0.7831097
110	12.9	295.5	11.0	37.4	6.11555394	3.31662479	1.5728716	0.80406416
120	13.2	277.1	11.2	40.8	6.38748777	3.34664011	1.61066016	0.81749239
130	13.7	263.5	11.6	44.2	6.64830806	3.40587727	1.64542227	0.84316398
140	13.9	250.0	11.7	47.6	6.89927532	3.42052628	1.67760695	0.84935159



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1884x + 2.152 \rightarrow \tau_0 = 4.6311^2 = 21.44709 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

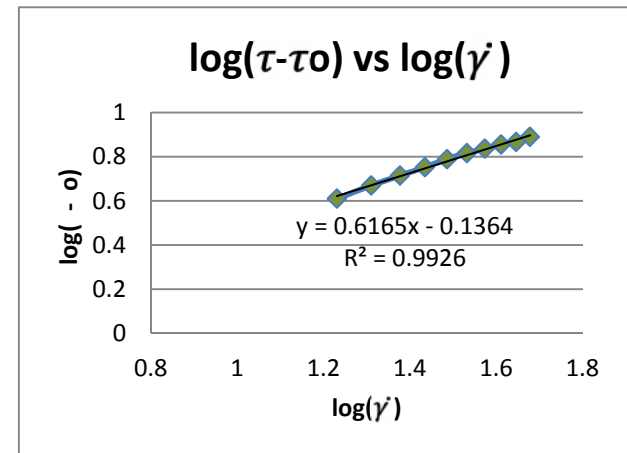
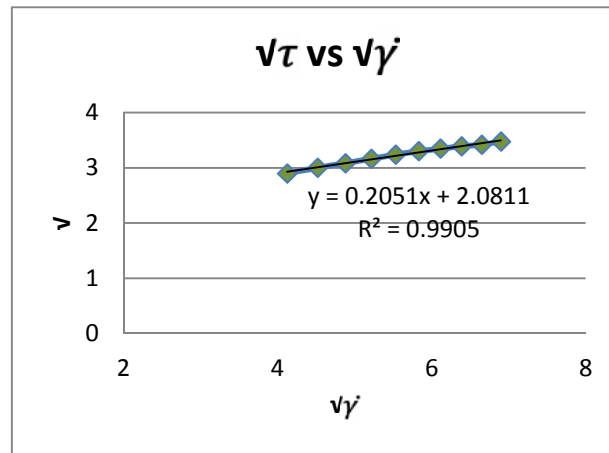
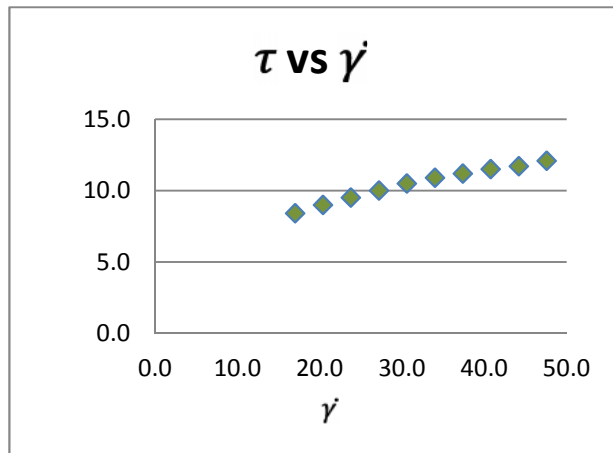
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6079x - 0.1566$$

$$\rightarrow n = 0.607$$

$$\rightarrow \log k = -0.156 \quad k = 0.6982324 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 14 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.1	495.0	8.4	17.0	4.12310563	2.9	1.23044892	0.61060044
60	10.6	441.7	9.0	20.4	4.51663592	3.0016662	1.30963017	0.67019379
70	11.1	403.6	9.5	23.8	4.87852437	3.08544972	1.37657696	0.71512041
80	11.8	368.8	10.0	27.2	5.21536192	3.16227766	1.4345689	0.75354009
90	12.3	341.7	10.5	30.6	5.53172667	3.24037035	1.48572143	0.79024567
100	12.7	317.5	10.9	34.0	5.83095189	3.3015148	1.53147892	0.81752828
110	13.1	300.0	11.2	37.4	6.11555394	3.34664011	1.5728716	0.83692127
120	13.5	283.3	11.5	40.8	6.38748777	3.39116499	1.61066016	0.85548517
130	13.8	265.4	11.7	44.2	6.64830806	3.42052628	1.64542227	0.86743443
140	14.1	253.8	12.1	47.6	6.89927532	3.47850543	1.67760695	0.89038966



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2051x + 2.0811 \rightarrow \tau_0 = 4.3306^2 = 18.75409 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

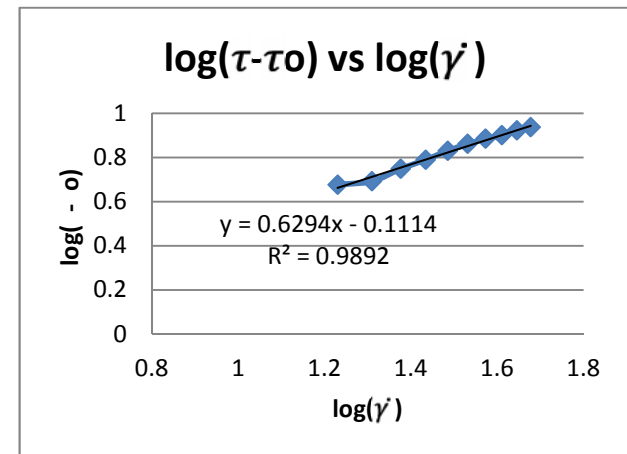
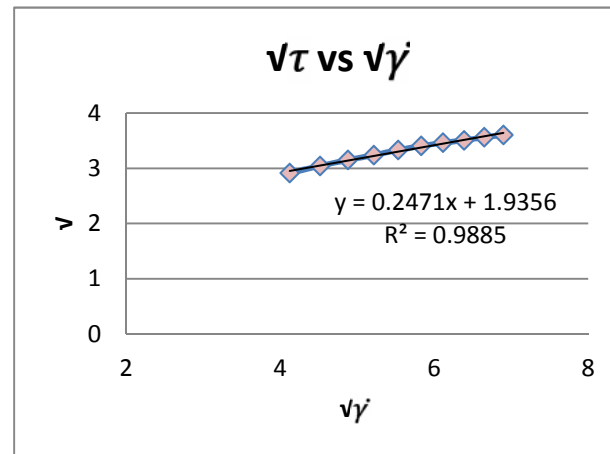
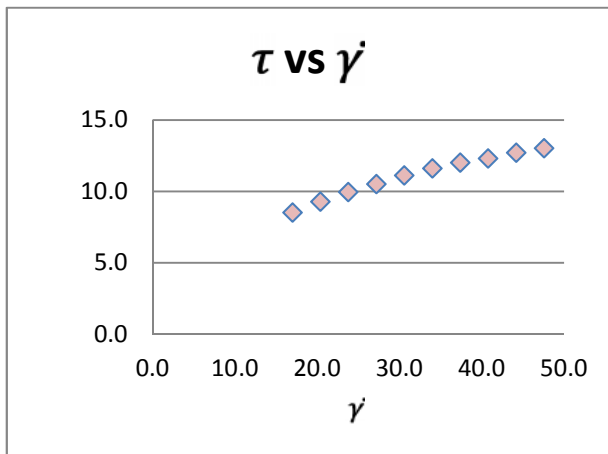
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6165x - 0.1364$$

$$\rightarrow n = 0.616$$

$$\rightarrow \log k = -0.136 \quad k = 0.7311391 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 14 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.1	495.0	8.5	17.0	4.12310563	2.91547595	1.23044892	0.6772213
60	10.6	454.2	9.3	20.4	4.51663592	3.04302481	1.30963017	0.6927975
70	11.7	417.9	9.9	23.8	4.87852437	3.15277655	1.37657696	0.74891943
80	12.5	387.5	10.5	27.2	5.21536192	3.24037035	1.4345689	0.79024567
90	13.1	363.9	11.1	30.6	5.53172667	3.33166625	1.48572143	0.83055268
100	13.6	342.5	11.6	34.0	5.83095189	3.40587727	1.53147892	0.8615009
110	14.1	320.5	12.0	37.4	6.11555394	3.46410162	1.5728716	0.8847636
120	14.5	302.1	12.3	40.8	6.38748777	3.50713558	1.61066016	0.90142775
130	14.9	284.5	12.7	44.2	6.64830806	3.56370594	1.64542227	0.92269635
140	15.3	273.2	13.0	47.6	6.89927532	3.60555128	1.67760695	0.937991



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

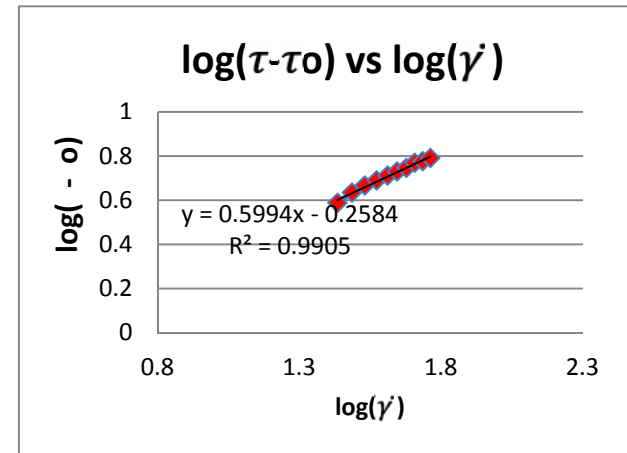
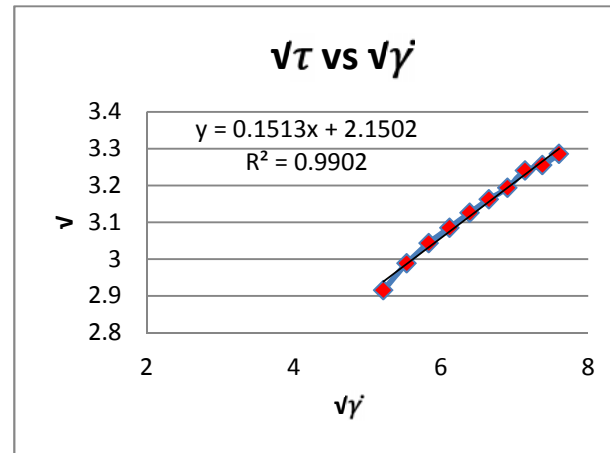
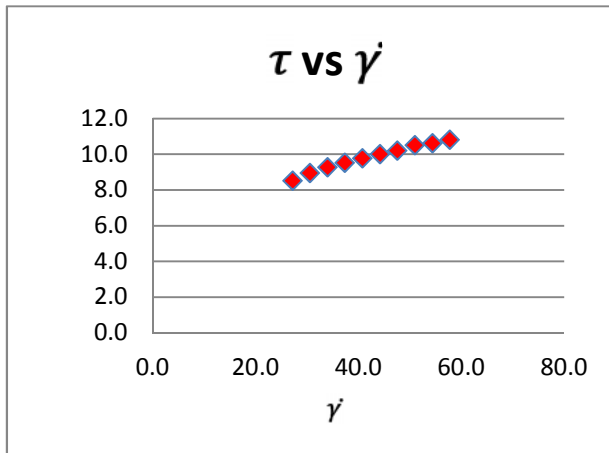
$$y = 0.2471x + 1.9356 \rightarrow \tau_0 = 3.7442^2 = 14.019033 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6294x - 0.1114$   
 $\rightarrow n = 0.629$   
 $\rightarrow \log k = -0.111 \quad k = 0.7744618 \text{ Pa.s}^n$

**Anexo 11.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 7.5% harina de maca. Día 14.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 14 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
80	10.1	312.5	8.5	27.2	5.21536192	2.91547595	1.4345689	0.58855181
90	10.4	291.7	8.9	30.6	5.53172667	2.98831056	1.48572143	0.63422529
100	10.8	272.5	9.3	34.0	5.83095189	3.04302481	1.53147892	0.66628392
110	11.2	254.5	9.5	37.4	6.11555394	3.08544972	1.5728716	0.68997444
120	11.5	237.5	9.8	40.8	6.38748777	3.12569992	1.61066016	0.71159636
130	11.8	226.9	10.0	44.2	6.64830806	3.16227766	1.64542227	0.73058042
140	12.1	216.1	10.2	47.6	6.89927532	3.19374388	1.67760695	0.74643958
150	12.3	205.0	10.5	51.0	7.14142843	3.24037035	1.70757018	0.76919264
160	12.5	197.3	10.6	54.4	7.37563557	3.25576412	1.7355989	0.77651958
170	12.7	186.8	10.8	57.8	7.60263112	3.28633535	1.76192784	0.79081275



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1513x + 2.1502 \rightarrow \tau_0 = 4.6225^2 = 21.36751 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

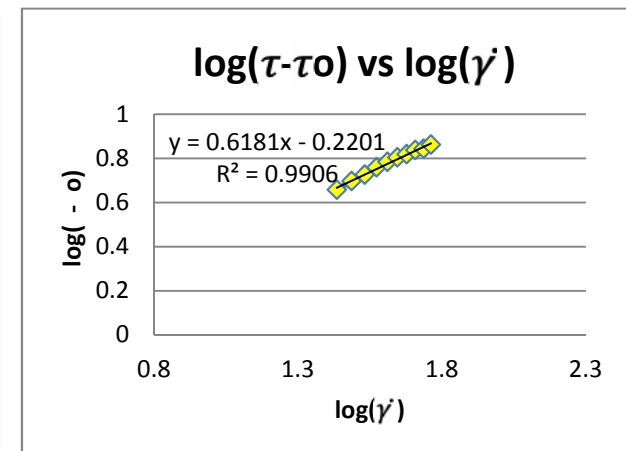
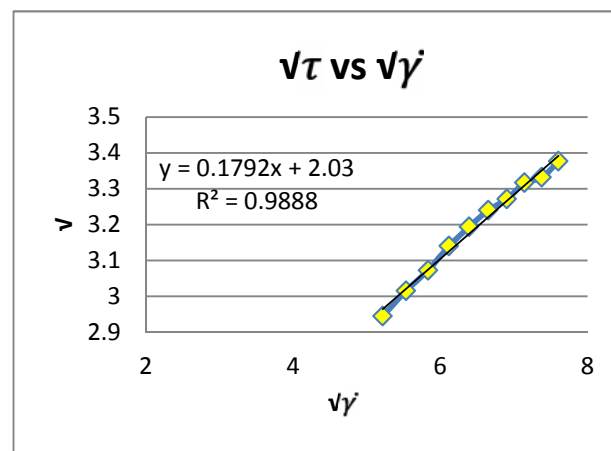
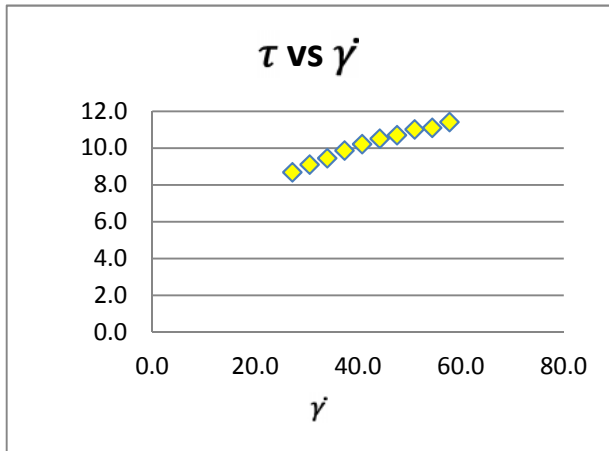
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.5994x - 0.2584$$

$$\rightarrow n = 0.599$$

$$\rightarrow \log k = -0.258 \quad k = 0.5520774 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 14 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
80	10.1	318.8	8.7	27.2	5.21536192	2.94448637	1.4345689	0.65792548
90	10.7	300.0	9.1	30.6	5.53172667	3.01496269	1.48572143	0.69627774
100	11.1	280.0	9.4	34.0	5.83095189	3.0724583	1.53147892	0.72583816
110	11.6	263.6	9.9	37.4	6.11555394	3.14006369	1.5728716	0.75884379
120	12.0	250.0	10.2	40.8	6.38748777	3.19374388	1.61066016	0.78383929
130	12.3	236.5	10.5	44.2	6.64830806	3.24037035	1.64542227	0.80475941
140	12.6	226.8	10.7	47.6	6.89927532	3.27108545	1.67760695	0.81816649
150	12.8	215.0	11.0	51.0	7.14142843	3.31662479	1.70757018	0.83753162
160	13.1	206.3	11.1	54.4	7.37563557	3.33166625	1.7355989	0.84379942
170	13.5	198.5	11.4	57.8	7.60263112	3.3763886	1.76192784	0.86207769



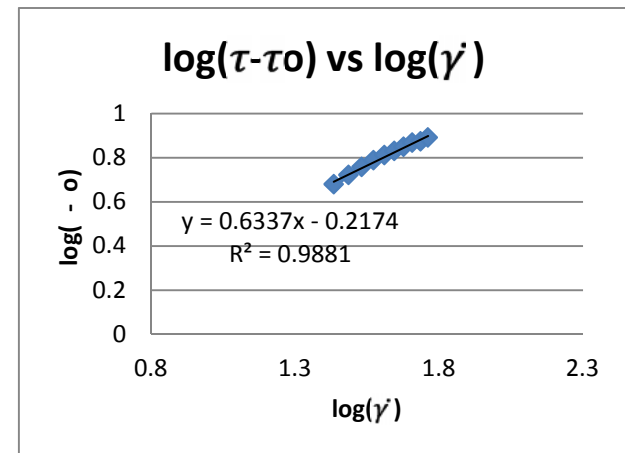
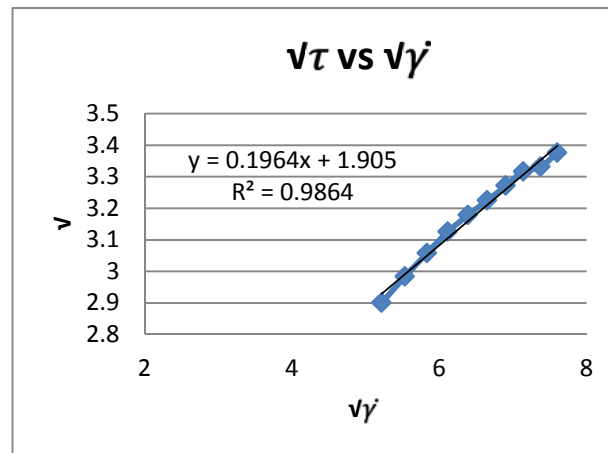
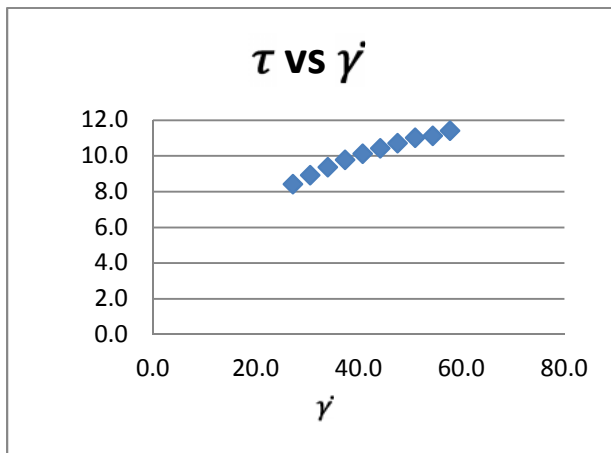
- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1792x + 2.03 \rightarrow \tau_0 = 4.1209^2 = 16.981817 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6181x - 0.2201$   
 $\rightarrow n = 0.618$   
 $\rightarrow \log k = -0.22 \quad k = 0.6025596 \text{ Pa.s}^n$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 14 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
80	10.1	309.4	8.4	27.2	5.21536192	2.9	1.4345689	0.67951647
90	10.4	288.9	8.9	30.6	5.53172667	2.98328678	1.48572143	0.72189096
100	11.0	277.5	9.4	34.0	5.83095189	3.05777697	1.53147892	0.75747005
110	11.4	259.1	9.8	37.4	6.11555394	3.12569992	1.5728716	0.78823733
120	11.9	247.9	10.1	40.8	6.38748777	3.17804972	1.61066016	0.81096972
130	12.2	234.6	10.4	44.2	6.64830806	3.2249031	1.64542227	0.83065121
140	12.6	223.2	10.7	47.6	6.89927532	3.27108545	1.67760695	0.8494793
150	12.9	213.0	11.0	51.0	7.14142843	3.31662479	1.70757018	0.86752494
160	13.1	204.7	11.1	54.4	7.37563557	3.33166625	1.7355989	0.87337728
170	13.3	197.1	11.4	57.8	7.60263112	3.3763886	1.76192784	0.89047551



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1964x + 1.9050 \rightarrow \tau_0 = 3.6290^2 = 13.16964 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6337x - 0.2174$$

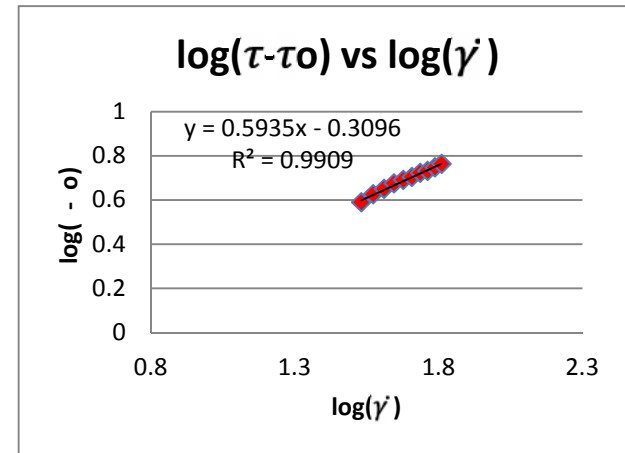
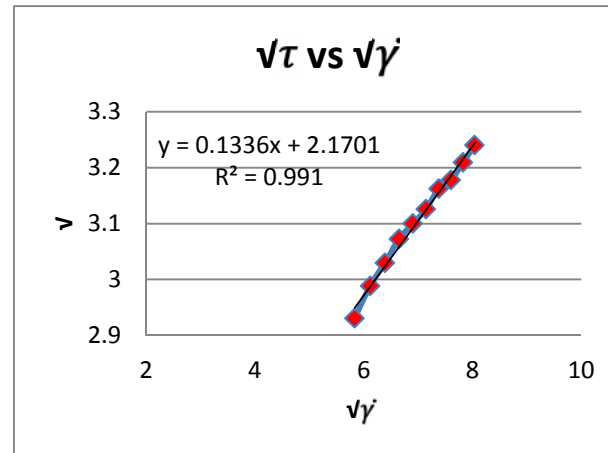
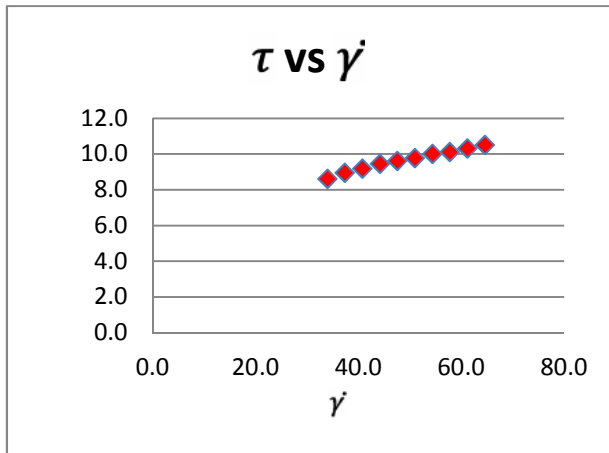
$$\rightarrow n = 0.633$$

$$\rightarrow \log k = -0.217 \quad k = 0.6067363 \text{ Pa.s}^n$$

**Anexo 12.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 10.0% harina de maca. Día 14.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 14 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
100	10.1	252.5	8.6	34.0	5.83095189	2.93087018	1.53147892	0.58895483
110	10.5	238.6	8.9	37.4	6.11555394	2.98831056	1.5728716	0.62542564
120	10.8	225.0	9.2	40.8	6.38748777	3.02985148	1.61066016	0.65041438
130	11.0	213.5	9.4	44.2	6.64830806	3.0724583	1.64542227	0.67496213
140	11.3	203.6	9.6	47.6	6.89927532	3.1	1.67760695	0.69029356
150	11.5	193.3	9.8	51.0	7.14142843	3.12569992	1.70757018	0.70424492
160	11.9	184.4	10.0	54.4	7.37563557	3.16227766	1.7355989	0.72354597
170	12.0	176.5	10.1	57.8	7.60263112	3.17804972	1.76192784	0.73167739
180	12.1	169.4	10.3	61.2	7.82304289	3.20936131	1.78675142	0.74749726
190	12.3	161.8	10.5	64.6	8.03741252	3.24037035	1.81023252	0.76276106



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1336x + 2.1701 \rightarrow \tau_0 = 4.7089^2 = 22.173739 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

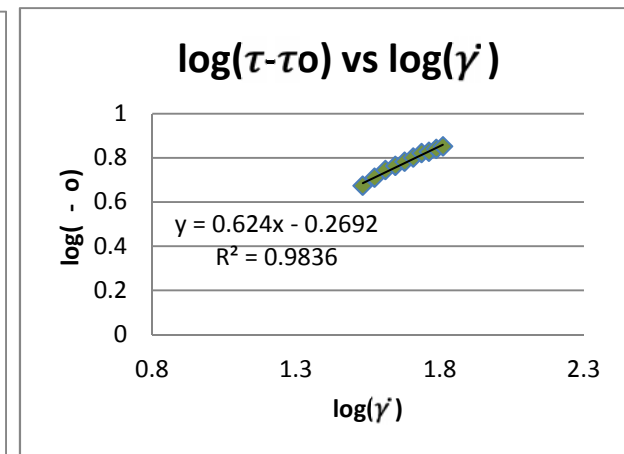
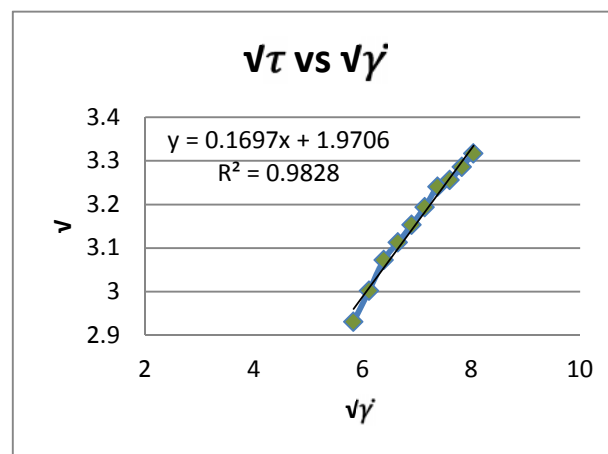
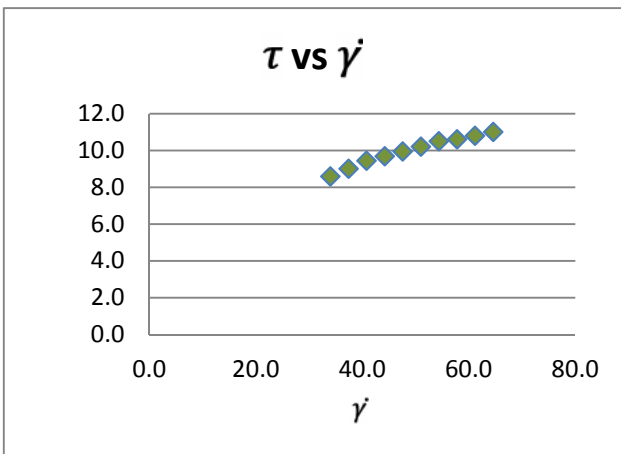
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.5935x - 0.3096$$

$$\rightarrow n = 0.593$$

$$\rightarrow \log k = -0.309 \quad k = 0.4909079 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 14 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
100	10.1	252.5	8.6	34.0	5.83095189	2.93087018	1.53147892	0.67293791
110	10.5	243.2	9.0	37.4	6.11555394	3.0016662	1.5728716	0.71004117
120	11.0	229.2	9.4	40.8	6.38748777	3.0724583	1.61066016	0.74500449
130	11.4	219.2	9.7	44.2	6.64830806	3.11287648	1.64542227	0.76410885
140	11.8	210.7	9.9	47.6	6.89927532	3.15277655	1.67760695	0.78240812
150	12.0	201.7	10.2	51.0	7.14142843	3.19374388	1.70757018	0.80065523
160	12.3	192.2	10.5	54.4	7.37563557	3.24037035	1.7355989	0.82079894
170	12.5	185.6	10.6	57.8	7.60263112	3.25576412	1.76192784	0.8273111
180	12.7	176.4	10.8	61.2	7.82304289	3.28633535	1.78675142	0.84004961
190	12.9	171.1	11.0	64.6	8.03741252	3.31662479	1.81023252	0.85242509



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1697x + 1.9706 \rightarrow \tau_0 = 3.8809^2 = 15.061385 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.624x - 0.2692$$

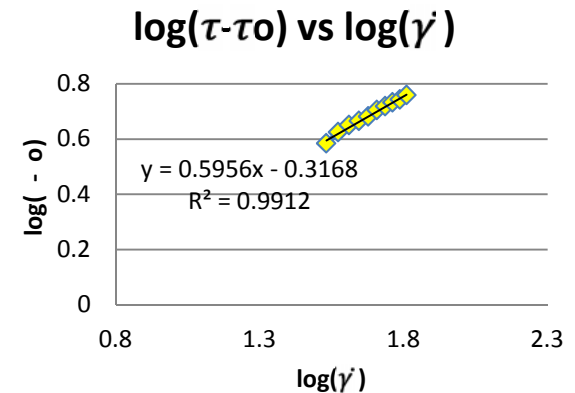
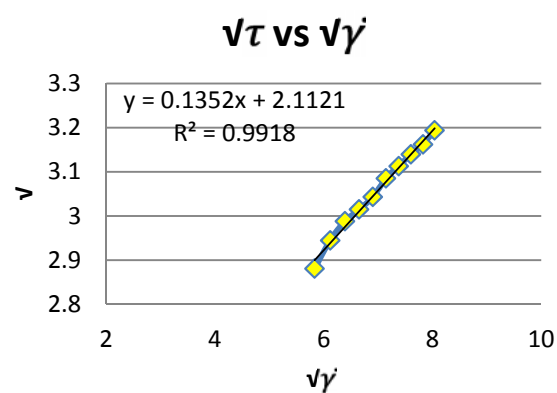
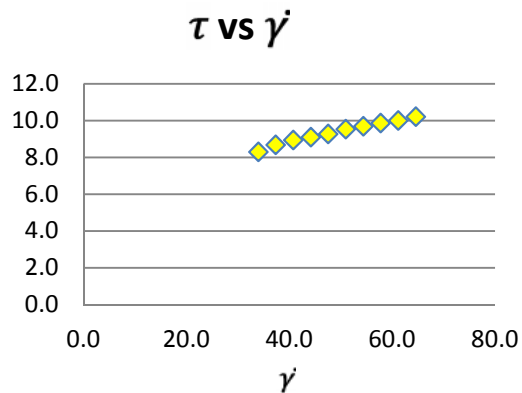
$$\rightarrow n = 0.624$$

$$\rightarrow \log k = -0.269 \quad k = 0.5382698 \text{ Pa.s}^n$$



Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 14 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
100	10.1	247.5	8.3	34.0	5.83095189	2.88097206	1.53147892	0.58426969
110	10.4	231.8	8.7	37.4	6.11555394	2.94448637	1.5728716	0.62422597
120	10.7	216.7	8.9	40.8	6.38748777	2.98831056	1.61066016	0.65025467
130	10.8	205.8	9.1	44.2	6.64830806	3.01496269	1.64542227	0.66552996
140	11.0	196.4	9.3	47.6	6.89927532	3.04302481	1.67760695	0.68119201
150	11.2	186.7	9.5	51.0	7.14142843	3.08544972	1.70757018	0.70410382
160	11.4	179.1	9.7	54.4	7.37563557	3.11287648	1.7355989	0.71845651
170	11.6	170.6	9.9	57.8	7.60263112	3.14006369	1.76192784	0.73235001
180	11.8	163.9	10.0	61.2	7.82304289	3.16227766	1.78675142	0.74346712
190	11.9	156.6	10.2	64.6	8.03741252	3.19374388	1.81023252	0.75887073



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1352x + 2.1121 \rightarrow \tau_0 = 4.4605^2 = 19.896060 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.5956x - 0.3168$$

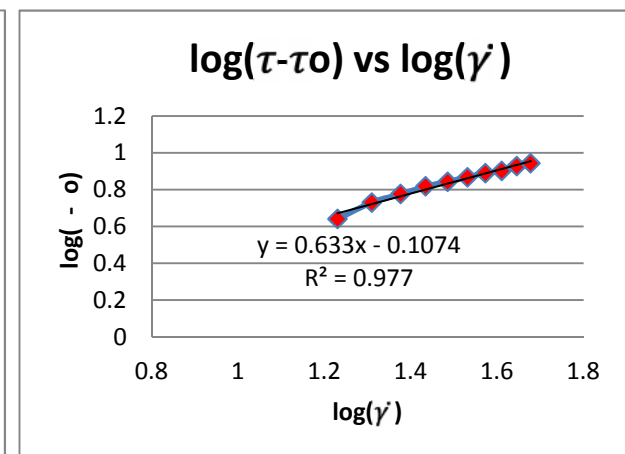
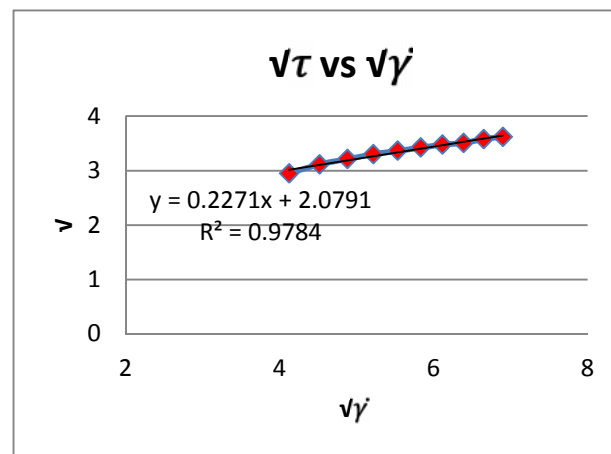
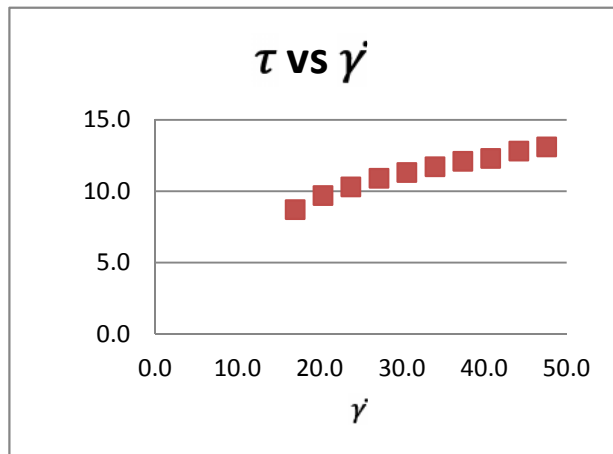
$$\rightarrow n = 0.595$$

$$\rightarrow \log k = -0.316 \quad k = 0.4830588 \text{ Pa.s}^n$$

**Anexo 13.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 0.0% harina de maca. Día 21.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 21 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.1	514.0	8.7	17.0	4.12310563	2.94957624	1.23044892	0.64125185
60	10.7	496.4	9.7	20.4	4.51663592	3.1144823	1.30963017	0.73060134
70	11.6	432.8	10.3	23.8	4.87852437	3.20936131	1.37657696	0.7765384
80	12.3	413.4	10.9	27.2	5.21536192	3.3015148	1.4345689	0.81807796
90	13.2	378.5	11.3	30.6	5.53172667	3.36154726	1.48572143	0.84371597
100	13.6	368.3	11.7	34.0	5.83095189	3.42052628	1.53147892	0.86792446
110	14.1	342.6	12.1	37.4	6.11555394	3.47850543	1.5728716	0.89085448
120	14.5	328.1	12.3	40.8	6.38748777	3.50713558	1.61066016	0.90188091
130	14.9	308.3	12.8	44.2	6.64830806	3.57770876	1.64542227	0.92828107
140	15.1	279.5	13.1	47.6	6.89927532	3.61939221	1.67760695	0.94338365



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2271x + 2.0791 \rightarrow \tau_0 = 4.3222^2 = 18.681413 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

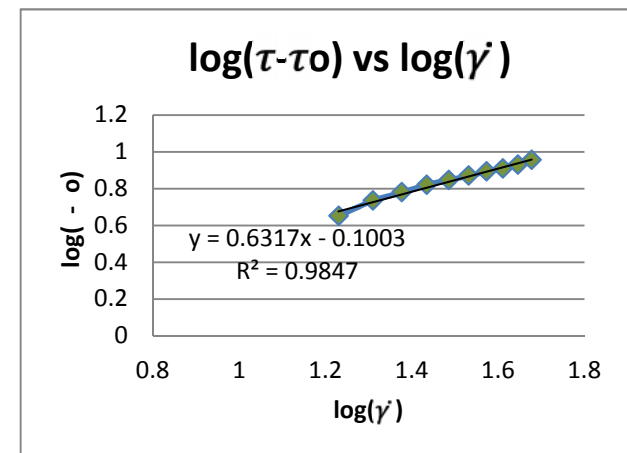
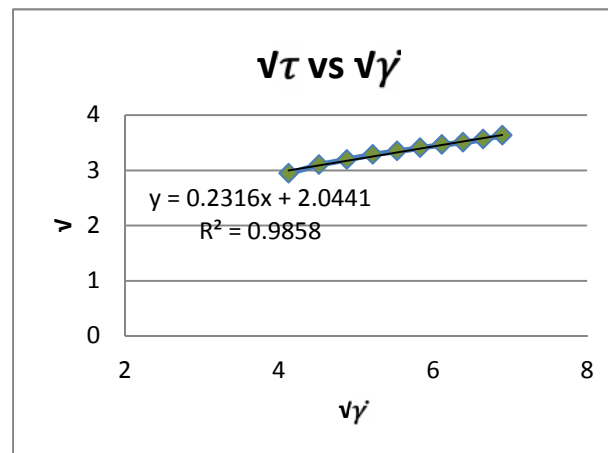
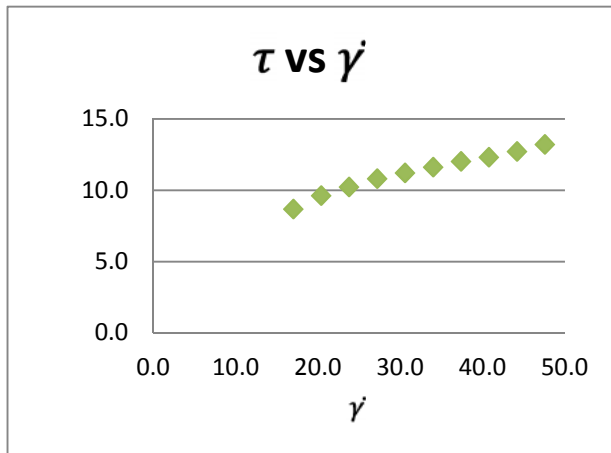
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.633x - 0.1074$$

$$\rightarrow n = 0.633$$

$$\rightarrow \log k = -0.107 \quad k = 0.7816278 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 21 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.1	505.0	8.7	17.0	4.12310563	2.94448637	1.23044892	0.65244594
60	10.8	466.7	9.6	20.4	4.51663592	3.1	1.30963017	0.73496488
70	11.7	428.6	10.2	23.8	4.87852437	3.19374388	1.37657696	0.77974537
80	12.4	393.8	10.8	27.2	5.21536192	3.28633535	1.4345689	0.82099337
90	13.1	366.7	11.2	30.6	5.53172667	3.34664011	1.48572143	0.84646478
100	13.7	342.5	11.6	34.0	5.83095189	3.40587727	1.53147892	0.87052469
110	14.1	322.7	12.0	37.4	6.11555394	3.46410162	1.5728716	0.89332137
120	14.5	300.0	12.3	40.8	6.38748777	3.50713558	1.61066016	0.90966641
130	14.9	286.5	12.7	44.2	6.64830806	3.56370594	1.64542227	0.93054479
140	15.2	271.4	13.2	47.6	6.89927532	3.63318042	1.67760695	0.9553059



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2316x + 2.0441 \rightarrow \tau_0 = 4.1779^2 = 17.454848 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

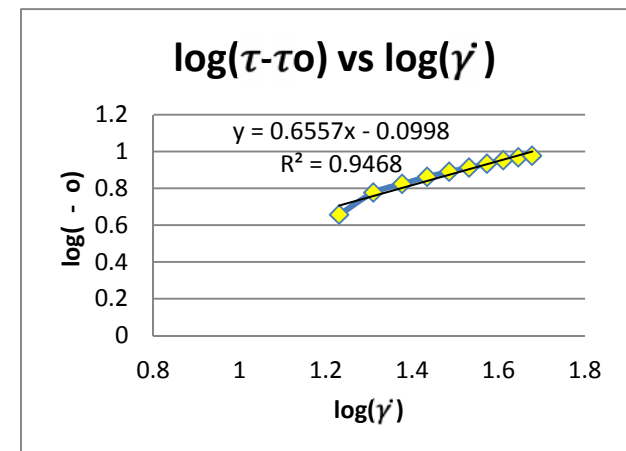
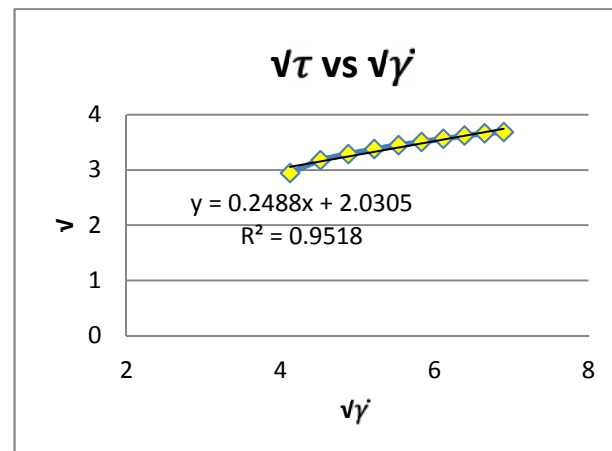
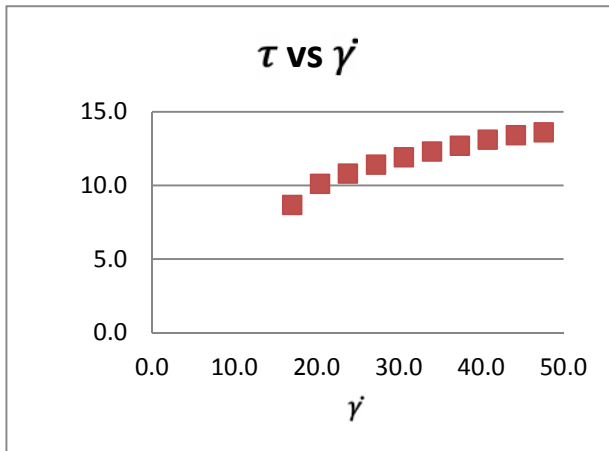
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6317x - 0.1003$$

$$\rightarrow n = 0.631$$

$$\rightarrow \log k = -0.1 \quad k = 0.7943282 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 21 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
50	10.1	515.0	8.7	17.0	4.12310563	2.94278779	1.23044892	0.65696975
60	10.7	495.8	10.1	20.4	4.51663592	3.17804972	1.30963017	0.77663582
70	11.4	453.6	10.8	23.8	4.87852437	3.28633535	1.37657696	0.82471795
80	11.9	418.8	11.4	27.2	5.21536192	3.3763886	1.4345689	0.86207769
90	12.6	368.9	11.9	30.6	5.53172667	3.44963766	1.48572143	0.89092935
100	13.3	362.5	12.3	34.0	5.83095189	3.50713558	1.53147892	0.91270552
110	13.9	368.6	12.7	37.4	6.11555394	3.56370594	1.5728716	0.93344173
120	14.2	320.8	13.1	40.8	6.38748777	3.61939221	1.61066016	0.95323281
130	14.5	303.8	13.4	44.2	6.64830806	3.66060104	1.64542227	0.96750586
140	14.9	287.5	13.6	47.6	6.89927532	3.68781778	1.67760695	0.9767671



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2488x + 2.0305 \rightarrow \tau_0 = 4.1209^2 = 16.981816 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6557x - 0.0998$$

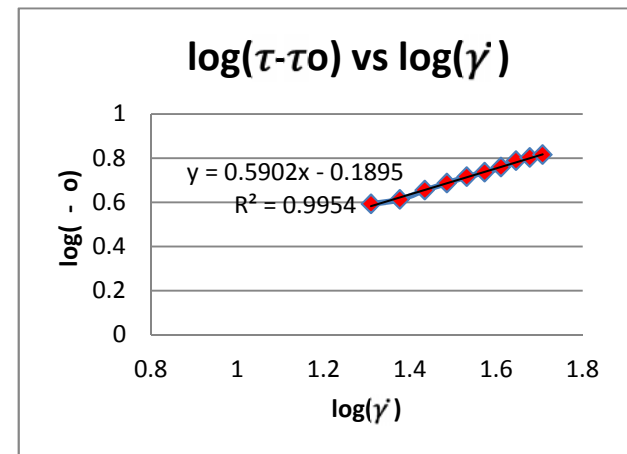
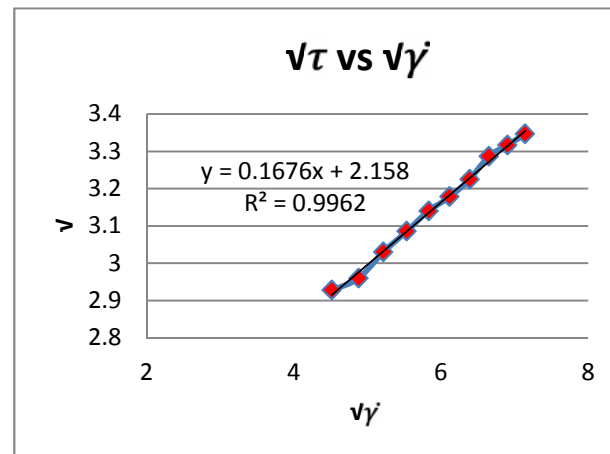
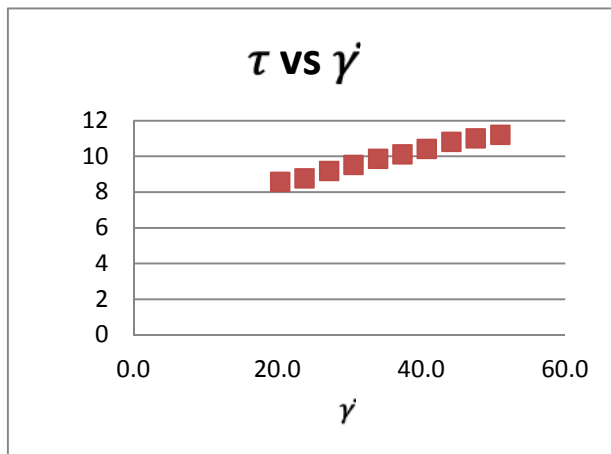
$$\rightarrow n = 0.655$$

$$\rightarrow \log k = -0.099 \quad k = 0.7961594 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$$

**Anexo 14.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 5.0% harina de maca. Día 21.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 21 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
60	10.1	402.3	8.57	20.4	4.51663592	2.92745623	1.30963017	0.59251384
70	10.5	367.9	8.8	23.8	4.87852437	2.95972972	1.37657696	0.61310533
80	11.0	337.5	9.2	27.2	5.21536192	3.02985148	1.4345689	0.65543004
90	11.9	311.1	9.5	30.6	5.53172667	3.08544972	1.48572143	0.68690748
100	12.3	292.5	9.9	34.0	5.83095189	3.14006369	1.53147892	0.71625683
110	13.0	270.7	10.1	37.4	6.11555394	3.17804972	1.5728716	0.73584121
120	13.4	260.3	10.4	40.8	6.38748777	3.2249031	1.61066016	0.75914154
130	13.6	240.4	10.8	44.2	6.64830806	3.28633535	1.64542227	0.78838306
140	14.0	230.4	11.0	47.6	6.89927532	3.31662479	1.67760695	0.80229718
150	14.5	220.0	11.2	51.0	7.14142843	3.34664011	1.70757018	0.81577931



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1676x + 2.158 \rightarrow \tau_0 = 4.6570 = 21.68765 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

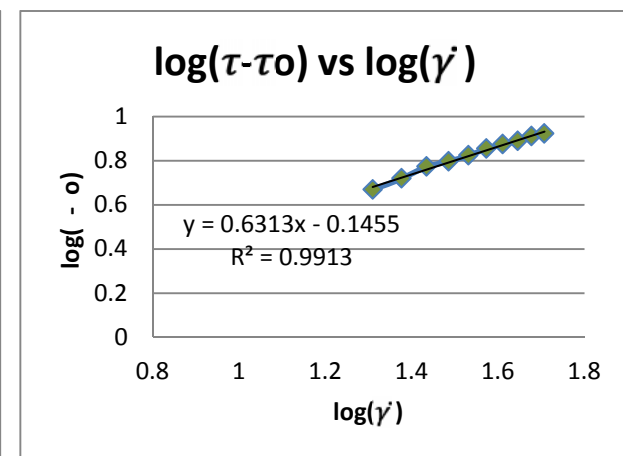
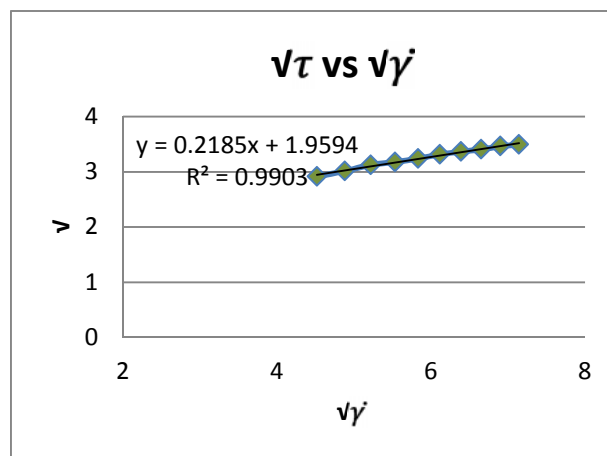
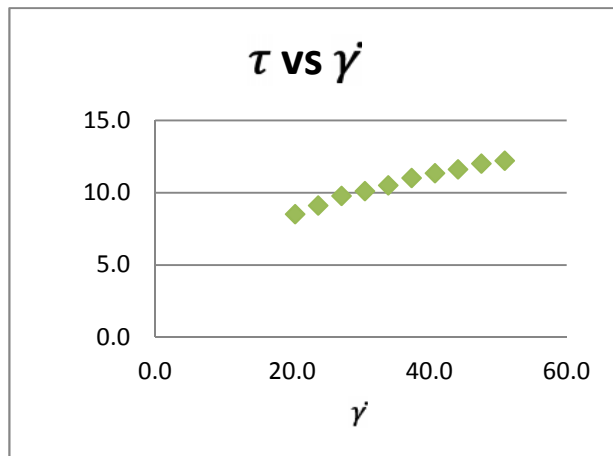
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.5902x - 0.1895$$

$$\rightarrow n = 0.59$$

$$\rightarrow \log k = -0.189 \quad k = 0.6471426 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 21 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ ( $s^{-1}$ )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
60	10.1	412.5	8.5	20.4	4.51663592	2.91547595	1.30963017	0.66860199
70	10.6	382.1	9.1	23.8	4.87852437	3.01496269	1.37657696	0.7203511
80	11.1	356.1	9.8	27.2	5.21536192	3.12569992	1.4345689	0.7732245
90	12.0	330.6	10.1	30.6	5.53172667	3.17804972	1.48572143	0.79673519
100	12.4	310.0	10.5	34.0	5.83095189	3.24037035	1.53147892	0.82362542
110	13.0	293.2	11.0	37.4	6.11555394	3.31662479	1.5728716	0.85505366
120	13.4	279.1	11.3	40.8	6.38748777	3.36600654	1.61066016	0.87461626
130	13.7	263.5	11.6	44.2	6.64830806	3.40587727	1.64542227	0.88999149
140	14.0	250.0	12.0	47.6	6.89927532	3.46410162	1.67760695	0.91181356
150	14.4	240.0	12.2	51.0	7.14142843	3.49284984	1.70757018	0.92232673



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2185x + 1.9594 \rightarrow \tau_0 = 3.8377 = 14.72794 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

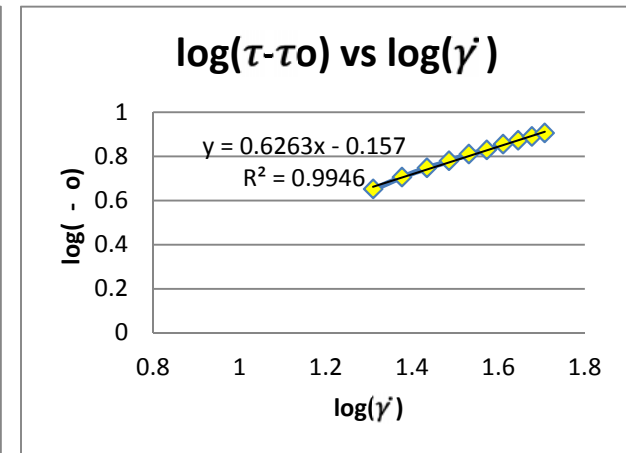
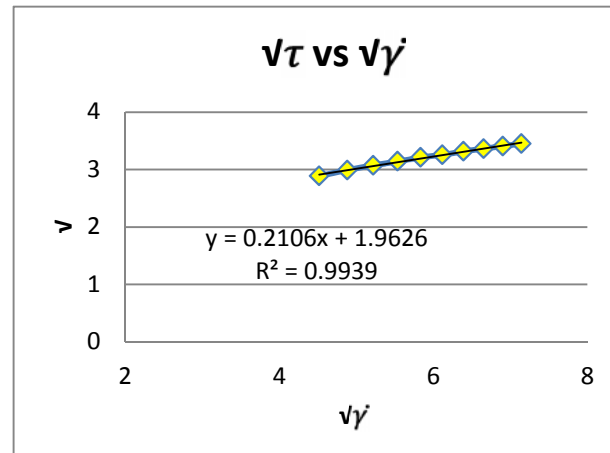
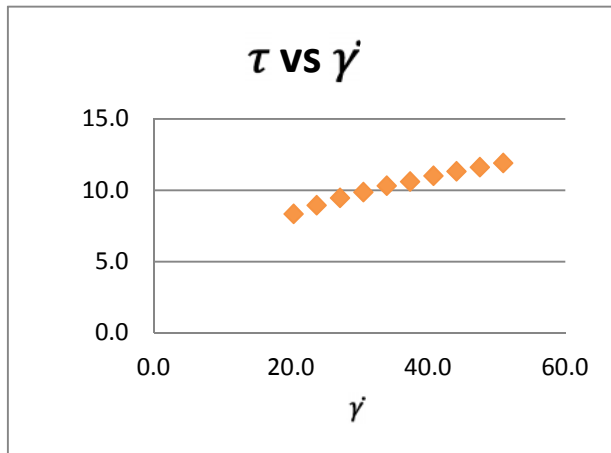
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6313x - 0.1455$$

$$\rightarrow n = 0.631$$

$$\rightarrow \log k = -0.145 \quad k = 0.7161434 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 21 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
60	10.1	404.2	8.3	20.4	4.51663592	2.88617394	1.30963017	0.65133191
70	10.4	375.0	8.9	23.8	4.87852437	2.98831056	1.37657696	0.70591124
80	11.1	346.9	9.4	27.2	5.21536192	3.0724583	1.4345689	0.747455
90	11.6	322.2	9.9	30.6	5.53172667	3.14006369	1.48572143	0.77891465
100	12.0	300.0	10.3	34.0	5.83095189	3.20936131	1.53147892	0.80959715
110	12.5	284.1	10.6	37.4	6.11555394	3.25576412	1.5728716	0.82933954
120	13.0	270.8	11.0	40.8	6.38748777	3.31662479	1.61066016	0.85433981
130	13.3	255.8	11.3	44.2	6.64830806	3.36154726	1.64542227	0.87218868
140	13.7	244.6	11.6	47.6	6.89927532	3.40587727	1.67760695	0.88933286
150	14.0	235.0	11.9	51.0	7.14142843	3.44963766	1.70757018	0.90582588



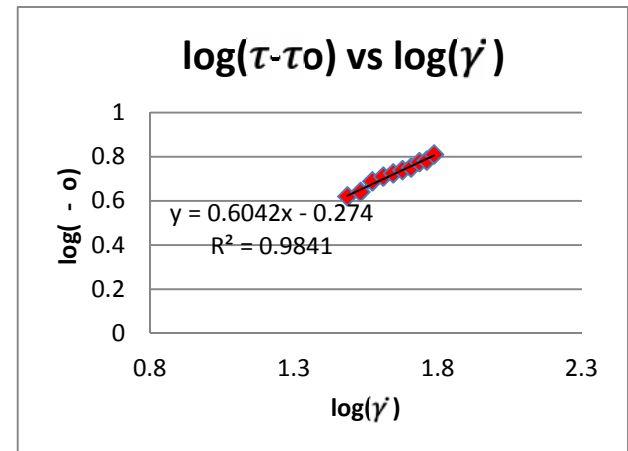
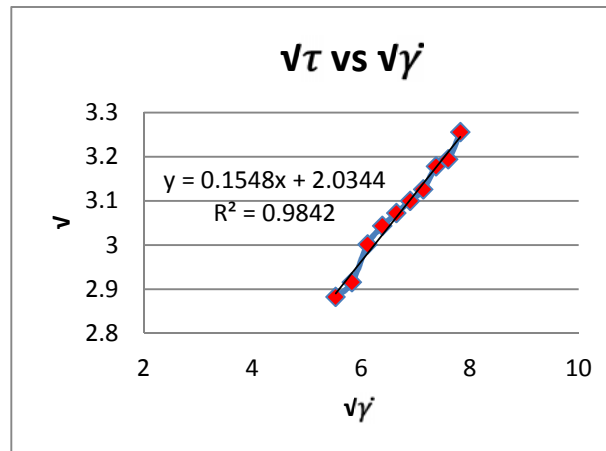
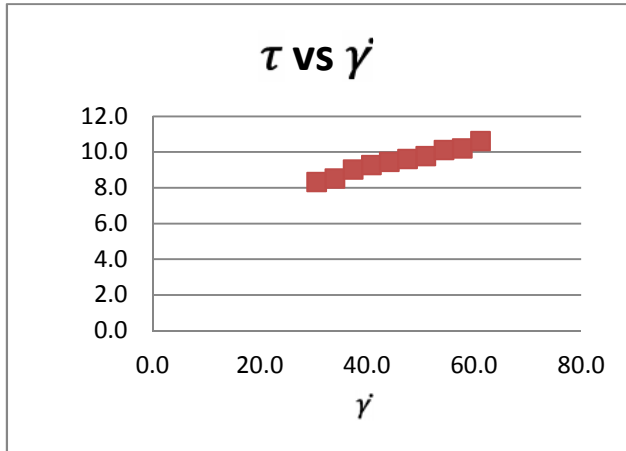
- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$   
 $y = 0.2106x + 1.9626 \rightarrow \tau_0 = 3.8494 = 14.817880 \text{ Pa}$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6263x - 0.157$   
 $\rightarrow n = 0.626$   
 $\rightarrow \log k = -0.157 \quad k = 0.6966265 \text{ Pa.s}^n$

**Anexo 15.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 7.5% harina de maca. Día 21.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 21 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
90	10.1	279.0	8.3	30.6	5.53172667	2.88270706	1.48572143	0.62043215
100	10.3	262.4	8.5	34.0	5.83095189	2.91547595	1.53147892	0.63976968
110	10.7	247.1	9.0	37.4	6.11555394	3.0016662	1.5728716	0.68778251
120	11.1	236.9	9.3	40.8	6.38748777	3.04302481	1.61066016	0.70951113
130	11.3	210.4	9.4	44.2	6.64830806	3.0724583	1.64542227	0.72450885
140	11.7	200.0	9.6	47.6	6.89927532	3.1	1.67760695	0.73821307
150	12.0	192.9	9.8	51.0	7.14142843	3.12569992	1.70757018	0.75072772
160	12.2	185.0	10.1	54.4	7.37563557	3.17804972	1.7355989	0.77545345
170	12.4	179.7	10.2	57.8	7.60263112	3.19374388	1.76192784	0.78267639
180	12.7	172.1	10.6	61.2	7.82304289	3.25576412	1.78675142	0.81042367



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1548x + 2.0344 \rightarrow \tau_0 = 4.1372 = 17.116424 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6042x - 0.274$$

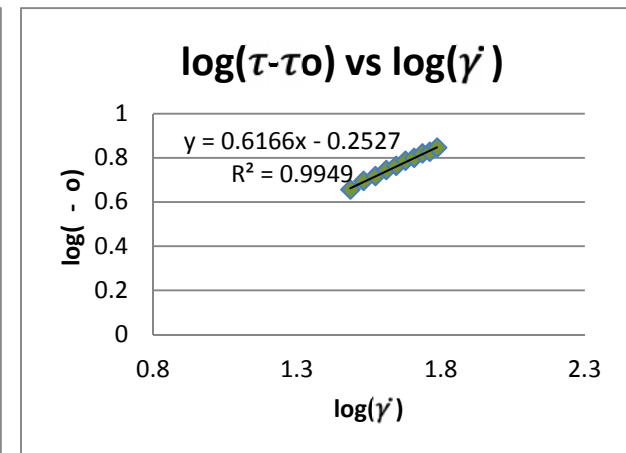
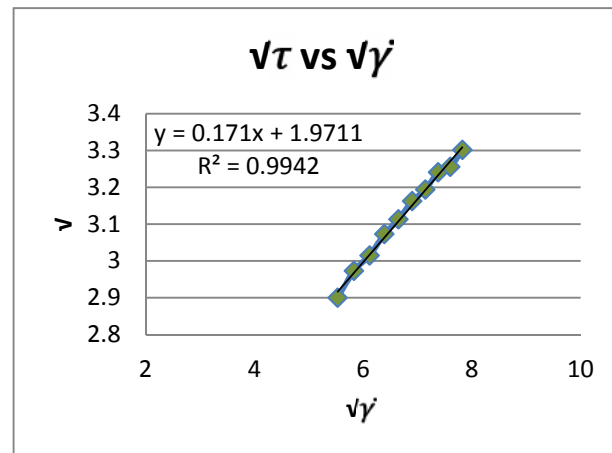
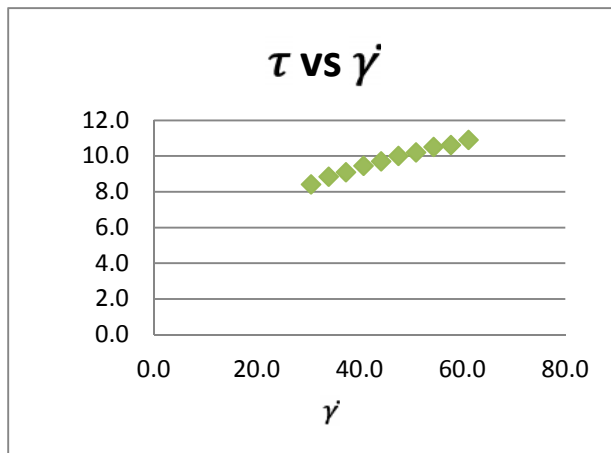
$$\rightarrow n = 0.604$$

$$\rightarrow \log k = -0.274 \quad k = 0.5321083 \text{ Pa.s}^n$$



Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 21 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
90	10.1	277.0	8.4	30.6	5.53172667	2.9	1.48572143	0.65563384
100	10.3	260.0	8.8	34.0	5.83095189	2.97321375	1.53147892	0.69505759
110	10.7	243.2	9.1	37.4	6.11555394	3.01496269	1.5728716	0.716434
120	11.1	231.3	9.4	40.8	6.38748777	3.0724583	1.61066016	0.74469649
130	11.4	219.2	9.7	44.2	6.64830806	3.11287648	1.64542227	0.76381412
140	11.7	208.9	10.0	47.6	6.89927532	3.16227766	1.67760695	0.78640775
150	12.0	200.0	10.2	51.0	7.14142843	3.19374388	1.70757018	0.80038429
160	12.2	190.9	10.5	54.4	7.37563557	3.24037035	1.7355989	0.82054029
170	12.5	183.8	10.6	57.8	7.60263112	3.25576412	1.76192784	0.8270563
180	12.7	166.4	10.9	61.2	7.82304289	3.3015148	1.78675142	0.84603752



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.171x + 1.9711 \rightarrow \tau_0 = 3.8848 = 15.091671 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

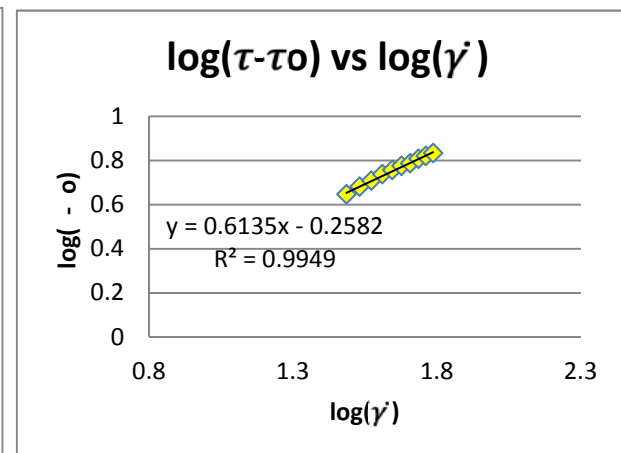
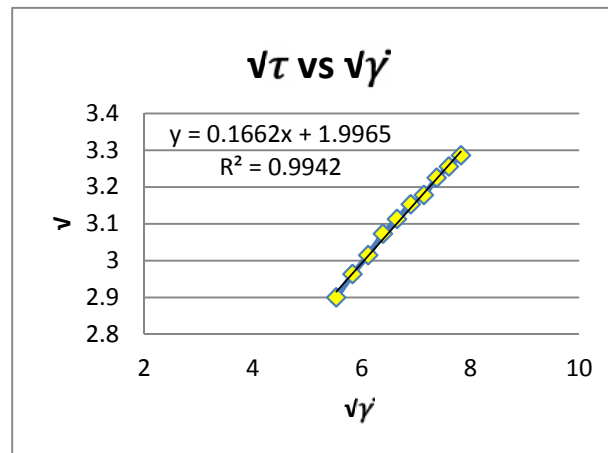
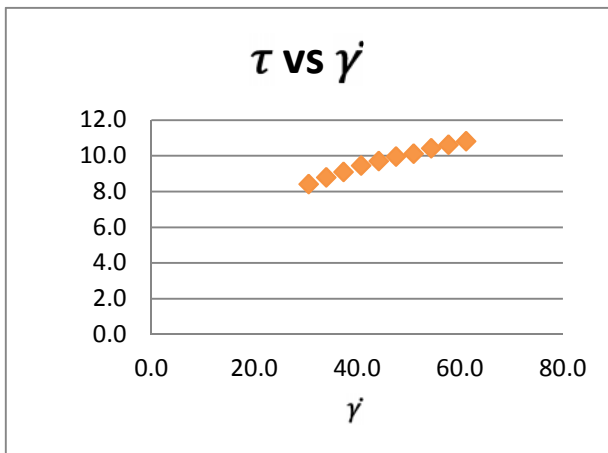
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6166x - 0.2527$$

$$\rightarrow n = 0.616$$

$$\rightarrow \log k = -0.252 \quad k = 0.5597576 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 21 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
90	10.1	272.2	8.4	30.6	5.53172667	2.9	1.48572143	0.64600984
100	10.3	257.5	8.8	34.0	5.83095189	2.96310648	1.53147892	0.68087773
110	10.7	245.5	9.1	37.4	6.11555394	3.01496269	1.5728716	0.70807945
120	11.0	231.3	9.4	40.8	6.38748777	3.0724583	1.61066016	0.73687309
130	11.4	219.2	9.7	44.2	6.64830806	3.11287648	1.64542227	0.75633055
140	11.7	210.1	9.9	47.6	6.89927532	3.15277655	1.67760695	0.77495352
150	12.0	200.0	10.1	51.0	7.14142843	3.17804972	1.70757018	0.78646634
160	12.2	196.6	10.4	54.4	7.37563557	3.2249031	1.7355989	0.80726327
170	12.5	185.3	10.6	57.8	7.60263112	3.25576412	1.76192784	0.82059445
180	12.7	176.4	10.8	61.2	7.82304289	3.28633535	1.78675142	0.83352856



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1662x + 1.9965 \rightarrow \tau_0 = 3.9840 = 15.872256 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6135x - 0.2582$$

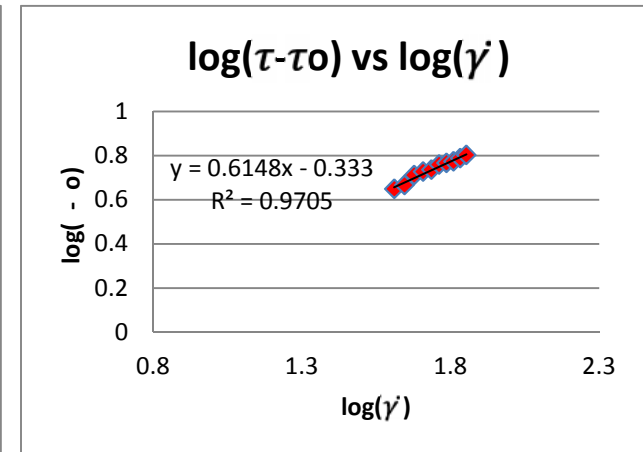
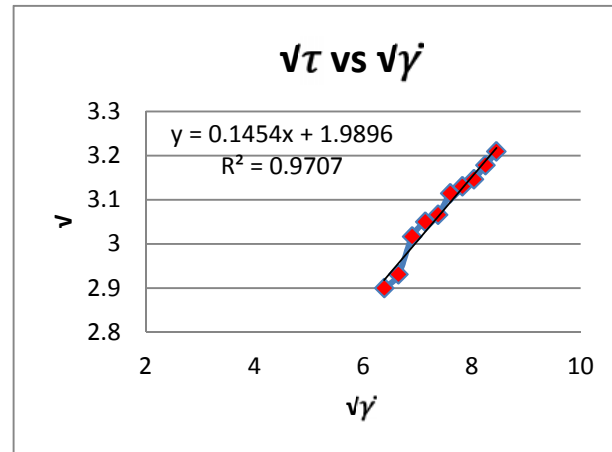
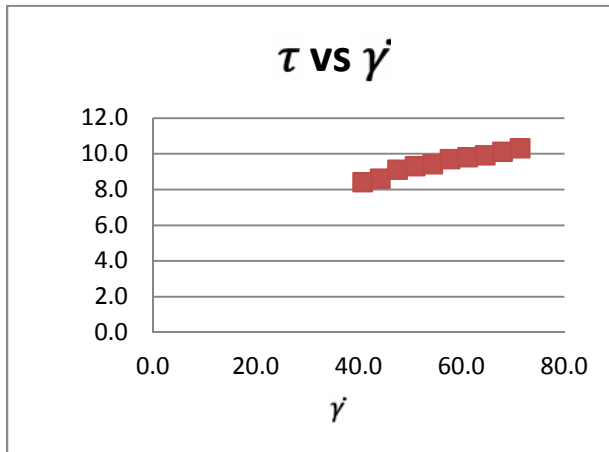
$$\rightarrow n = 0.613$$

$$\rightarrow \log k = -0.258 \quad k = 0.5520774 \text{ Pa.s}^n$$

**Anexo 16.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 10.0% harina de maca. Día 21.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 21 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
120	10.1	203.4	8.4	40.8	6.38748777	2.9	1.61066016	0.64873841
130	13.4	190.3	8.6	44.2	6.64830806	2.93087018	1.64542227	0.66594469
140	10.6	184.5	9.1	47.6	6.89927532	3.01662063	1.67760695	0.71129074
150	10.9	175.5	9.3	51.0	7.14142843	3.04959014	1.70757018	0.72785662
160	11.1	161.6	9.4	54.4	7.37563557	3.06594194	1.7355989	0.73590846
170	11.4	160.0	9.7	57.8	7.60263112	3.1144823	1.76192784	0.75920528
180	11.7	149.2	9.8	61.2	7.82304289	3.13049517	1.78675142	0.76670122
190	11.9	141.2	9.9	64.6	8.03741252	3.14642654	1.81023252	0.77406996
200	12.1	135.6	10.1	68.0	8.24621125	3.17804972	1.83250891	0.78844265
210	12.3	131.0	10.3	71.4	8.44985207	3.20936131	1.85369821	0.80235489



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1454x + 1.9896 \rightarrow \tau_0 = 3.9561 = 15.6507272 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

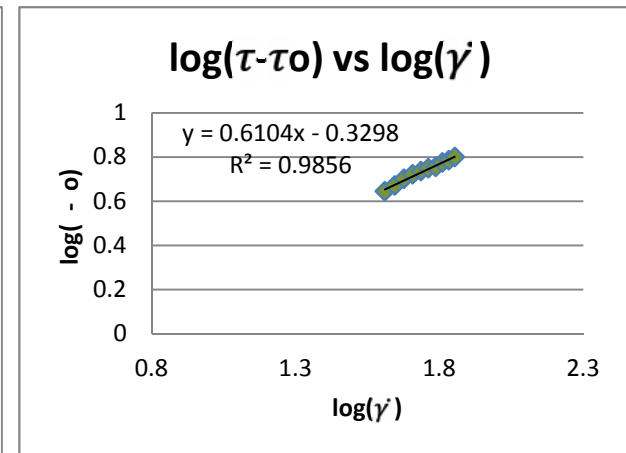
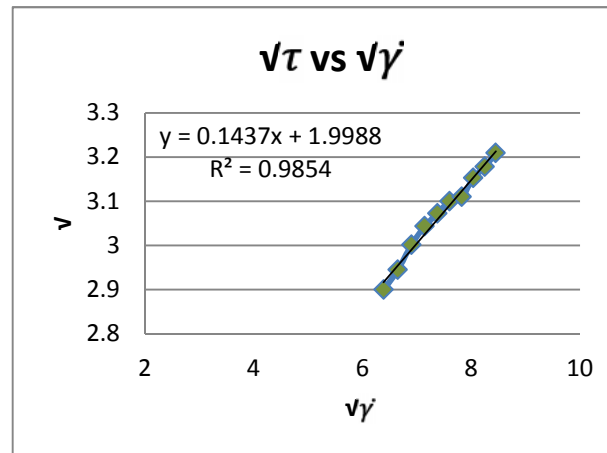
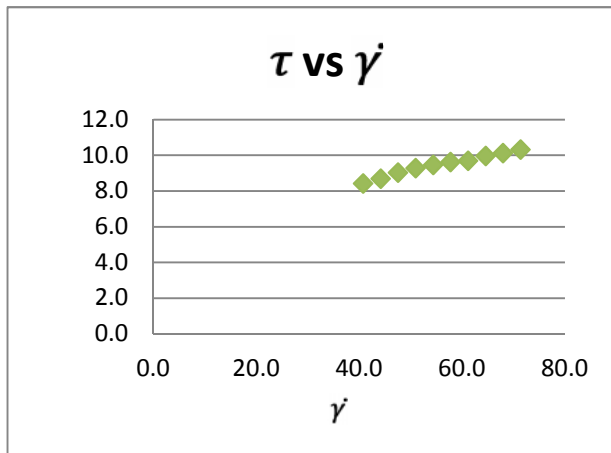
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6148x - 0.333$$

$$\rightarrow n = 0.614$$

$$\rightarrow \log k = -0.333 \quad k = 0.4645153 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 21 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
120	10.1	206.2	8.4	40.8	6.38748777	2.9	1.61066016	0.64522532
130	10.3	198.1	8.7	44.2	6.64830806	2.94448637	1.64542227	0.67005985
140	10.6	187.5	9.0	47.6	6.89927532	3.0016662	1.67760695	0.70053031
150	10.8	180.0	9.3	51.0	7.14142843	3.04302481	1.70757018	0.72164544
160	11.0	161.9	9.4	54.4	7.37563557	3.0724583	1.7355989	0.73623678
170	11.3	167.6	9.6	57.8	7.60263112	3.1	1.76192784	0.74958143
180	11.5	162.5	9.7	61.2	7.82304289	3.10966236	1.78675142	0.75419508
190	11.8	153.9	9.9	64.6	8.03741252	3.15277655	1.81023252	0.77437067
200	12.0	148.7	10.1	68.0	8.24621125	3.17804972	1.83250891	0.78589874
210	12.1	146.0	10.3	71.4	8.44985207	3.20936131	1.85369821	0.79989141



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1437x + 1.9988 \rightarrow \tau_0 = 3.9920 = 15.936064 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

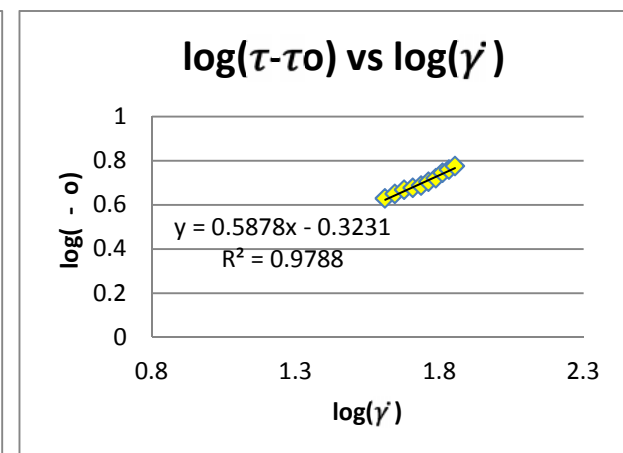
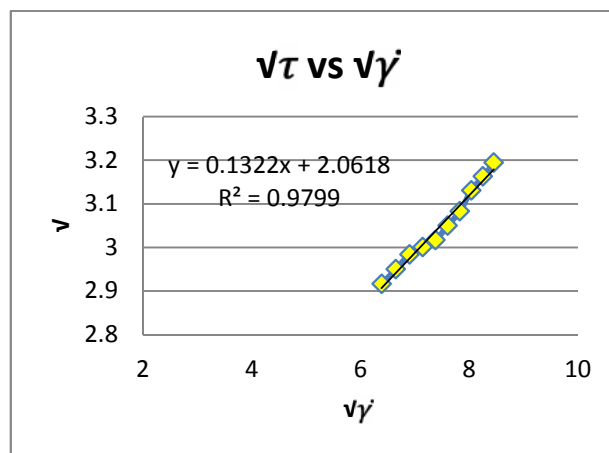
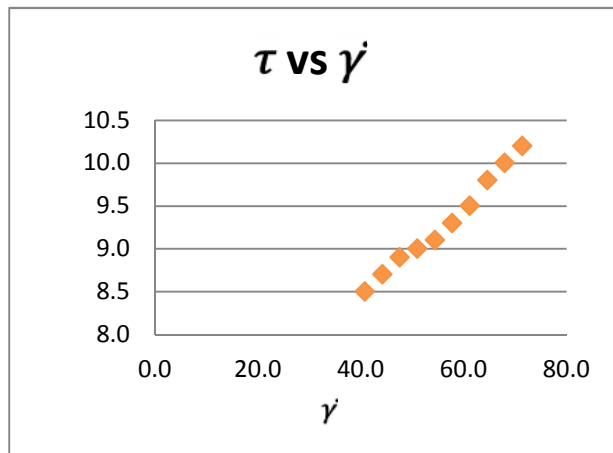
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6104x - 0.3298$$

$$\rightarrow n = 0.624$$

$$\rightarrow \log k = -0.329 \quad k = 0.4688134 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 21 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
120	10.1	200.0	8.5	40.8	6.38748777	2.91547595	1.61066016	0.62862175
130	10.4	189.6	8.7	44.2	6.64830806	2.94957624	1.64542227	0.64858237
140	10.6	180.8	8.9	47.6	6.89927532	2.98328678	1.67760695	0.66766575
150	10.8	171.4	9.0	51.0	7.14142843	3	1.70757018	0.67690193
160	11.0	165.0	9.1	54.4	7.37563557	3.01662063	1.7355989	0.68594576
170	11.2	157.8	9.3	57.8	7.60263112	3.04959014	1.76192784	0.70348733
180	11.6	150.0	9.5	61.2	7.82304289	3.082207	1.78675142	0.72034779
190	1.9	144.4	9.8	64.6	8.03741252	3.13049517	1.81023252	0.74447128
200	12.0	140.0	10.0	68.0	8.24621125	3.16227766	1.83250891	0.75983994
210	12.2	136.2	10.2	71.4	8.44985207	3.19374388	1.85369821	0.77468328



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1322x + 2.0618 \rightarrow \tau_0 = 4.2477 = 18.042955 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.5878x - 0.3231$$

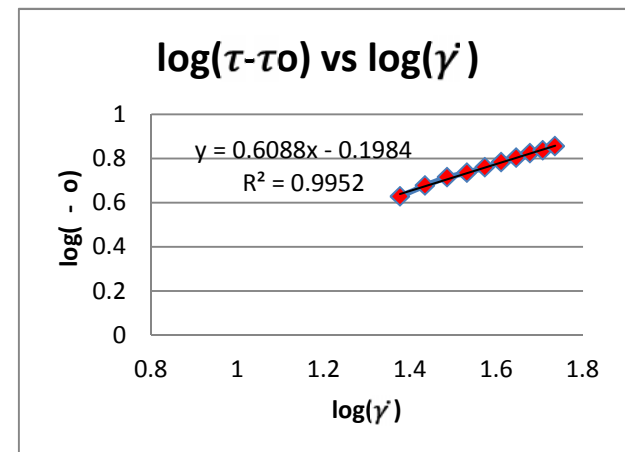
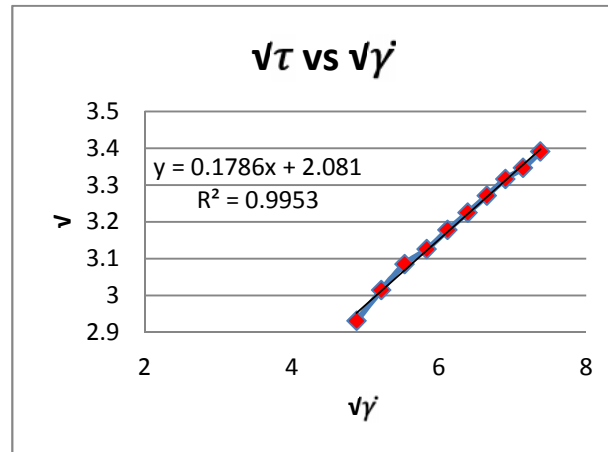
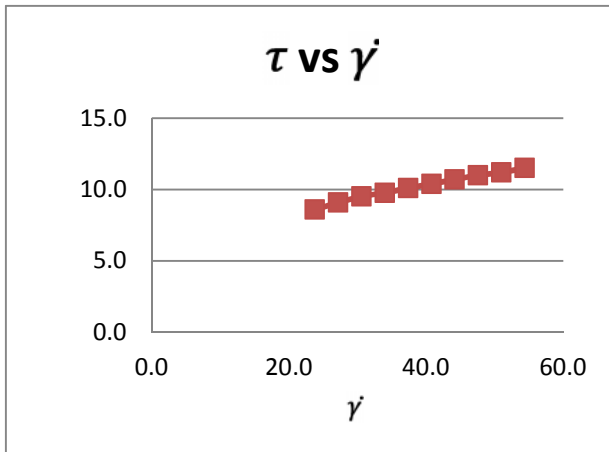
$$\rightarrow n = 0.587$$

$$\rightarrow \log k = -0.323 \quad k = 0.4753352 \text{ Pa.s}^n$$

**Anexo 17.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 0.0% harina de maca. Día 28.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 28 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\sqrt{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
70	10.1	420.7	8.6	23.8	4.87852437	2.93087018	1.37657696	0.6293524
80	10.7	389.6	9.1	27.2	5.21536192	3.01496269	1.4345689	0.67755576
90	11.6	360.7	9.5	30.6	5.53172667	3.08544972	1.48572143	0.71512041
100	12.5	334.4	9.8	34.0	5.83095189	3.12569992	1.53147892	0.73555411
110	13.0	308.3	10.1	37.4	6.11555394	3.17804972	1.5728716	0.76113359
120	13.7	287.5	10.4	40.8	6.38748777	3.2249031	1.61066016	0.78314855
130	14.1	270.5	10.7	44.2	6.64830806	3.27108545	1.64542227	0.80410118
140	14.5	256.3	11.0	47.6	6.89927532	3.31662479	1.67760695	0.8240893
150	14.9	244.2	11.2	51.0	7.14142843	3.34664011	1.70757018	0.83692127
160	15.3	230.4	11.5	54.4	7.37563557	3.39116499	1.7355989	0.8548517

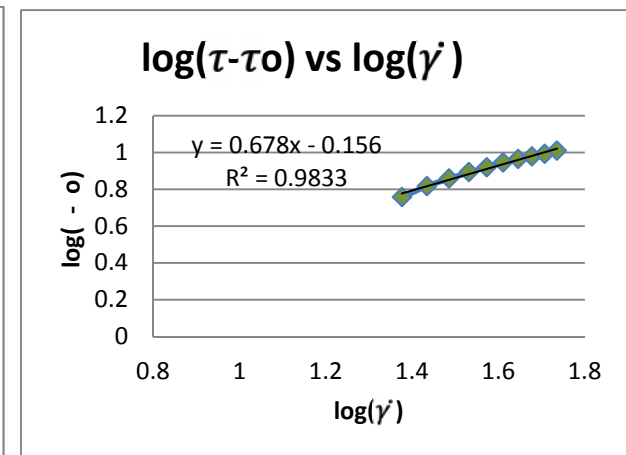
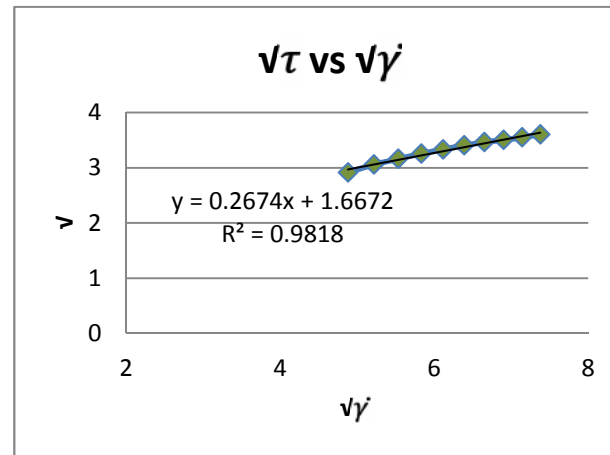
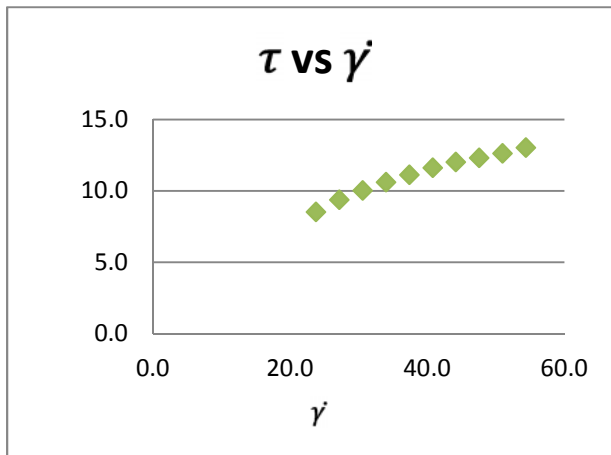


- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$   
 $y = 0.1786x + 2.081 \rightarrow \tau_0 = 4.3306 = 18.754096 \text{ Pa}$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6088x - 0.1984$   
 $\rightarrow n = 0.608$   
 $\rightarrow \log k = -0.198 \quad k = 0.6338697 \text{ Pa.s}^n$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 28 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ ( $s^{-1}$ )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
70	10.1	425.0	8.5	23.8	4.87852437	2.91547595	1.37657696	0.75748037
80	10.8	390.6	9.4	27.2	5.21536192	3.05777697	1.4345689	0.8176388
90	11.7	363.9	10.0	30.6	5.53172667	3.16227766	1.48572143	0.85860402
100	12.4	340.0	10.6	34.0	5.83095189	3.25576412	1.53147892	0.89326845
110	13.1	320.5	11.1	37.4	6.11555394	3.33166625	1.5728716	0.92018132
120	13.7	300.0	11.6	40.8	6.38748777	3.40587727	1.61066016	0.94552329
130	14.1	286.5	12.0	44.2	6.64830806	3.46410162	1.64542227	0.96478325
140	14.5	271.4	12.3	47.6	6.89927532	3.50713558	1.67760695	0.97868763
150	14.9	258.6	12.6	51.0	7.14142843	3.54964787	1.70757018	0.99216062
160	15.2	248.4	13.0	54.4	7.37563557	3.60555128	1.7355989	1.0094981

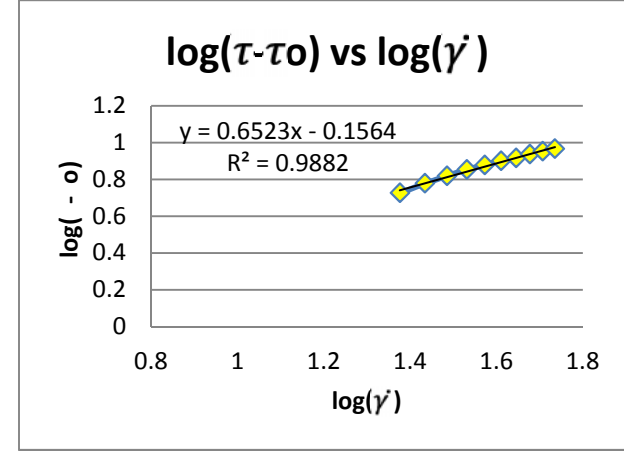
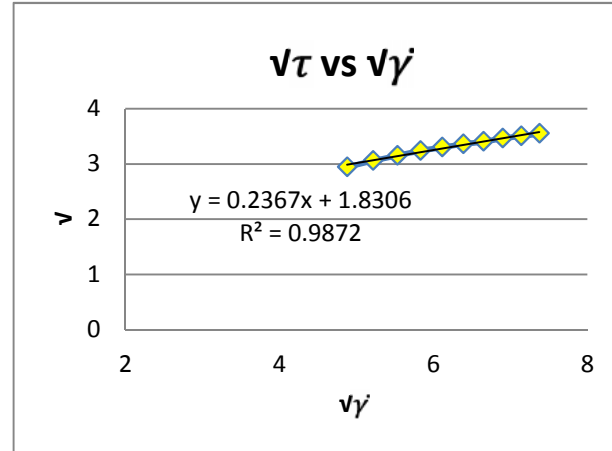
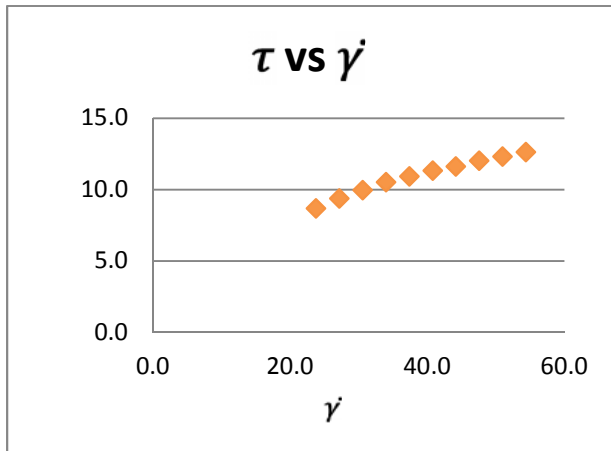


- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$   
 $y = 0.2674x + 1.6672 \rightarrow \tau_0 = 2.7789 = 7.72228 \text{ Pa}$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.678x - 0.156$   
 $\rightarrow n = 0.678$   
 $\rightarrow \log k = -0.156 \quad k = 0.6982324 \text{ Pa} \cdot s^n$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 0.0%. Día 28 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
70	10.1	417.2	8.7	23.8	4.87852437	2.94448637	1.37657696	0.72600142
80	10.7	384.2	9.4	27.2	5.21536192	3.05777697	1.4345689	0.77823086
90	11.6	355.6	9.9	30.6	5.53172667	3.15277655	1.48572143	0.8189579
100	12.6	332.5	10.5	34.0	5.83095189	3.24037035	1.53147892	0.85437285
110	13.1	344.4	10.9	37.4	6.11555394	3.3015148	1.5728716	0.87801022
120	13.6	295.8	11.3	40.8	6.38748777	3.36154726	1.61066016	0.90042722
130	14.0	278.8	11.6	44.2	6.64830806	3.40587727	1.64542227	0.91651185
140	14.4	264.3	12.0	47.6	6.89927532	3.46410162	1.67760695	0.93707133
150	14.8	251.7	12.3	51.0	7.14142843	3.50713558	1.70757018	0.95187641
160	15.3	240.6	12.6	54.4	7.37563557	3.54964787	1.7355989	0.96619338



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2367x + 1.8306 \rightarrow \tau_0 = 3.3489 = 11.2151312 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6523x - 0.1564$$

$$\rightarrow n = 0.652$$

$$\rightarrow \log k = -0.156 \quad k = 0.6982324 \text{ Pa.s}^n$$

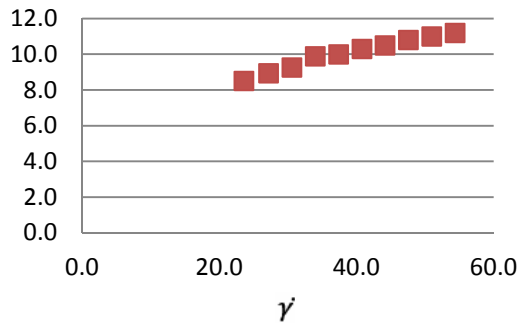


**Anexo 18.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 5.0% harina de maca. Día 28.

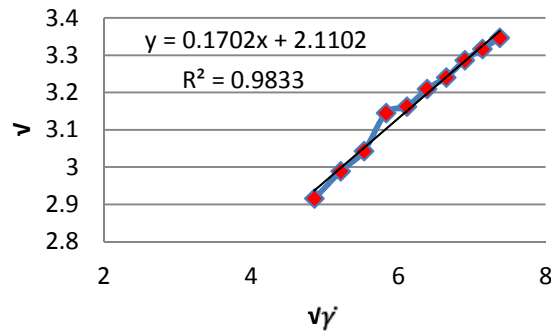
Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 28 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
70	10.1	357.1	8.5	23.6	4.85798312	2.91547595	1.372912	0.60722978
80	10.6	328.1	8.9	27.2	5.21536192	2.98831056	1.4345689	0.65107439
90	11.1	302.8	9.3	30.6	5.53172667	3.04302481	1.48572143	0.68195543
100	11.7	285.0	9.9	34.0	5.83095189	3.14483704	1.53147892	0.73543122
110	12.0	265.9	10.0	37.4	6.11555394	3.16227766	1.5728716	0.74412862
120	12.3	250.0	10.3	40.8	6.38748777	3.20936131	1.61066016	0.76699994
130	12.5	238.5	10.5	44.2	6.64830806	3.24037035	1.64542227	0.7816046
140	12.9	226.8	10.8	47.6	6.89927532	3.28633535	1.67760695	0.80263008
150	13.1	215.0	11.0	51.0	7.14142843	3.31662479	1.70757018	0.81610204
160	13.5	207.8	11.2	54.4	7.37563557	3.34664011	1.7355989	0.82916864

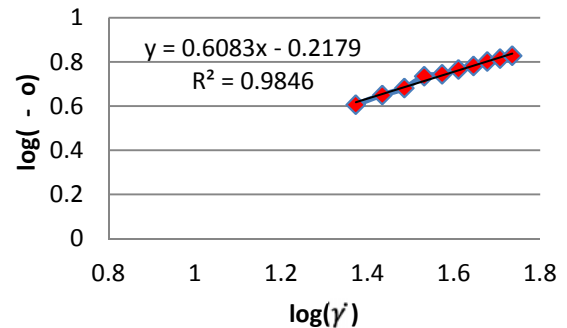
$\tau$  vs  $\dot{\gamma}$



$\sqrt{\tau}$  vs  $\sqrt{\dot{\gamma}}$



$\log(\tau - \tau_0)$  vs  $\log(\dot{\gamma})$



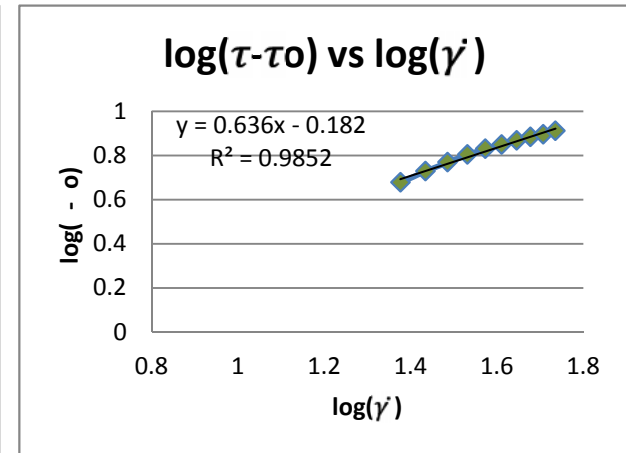
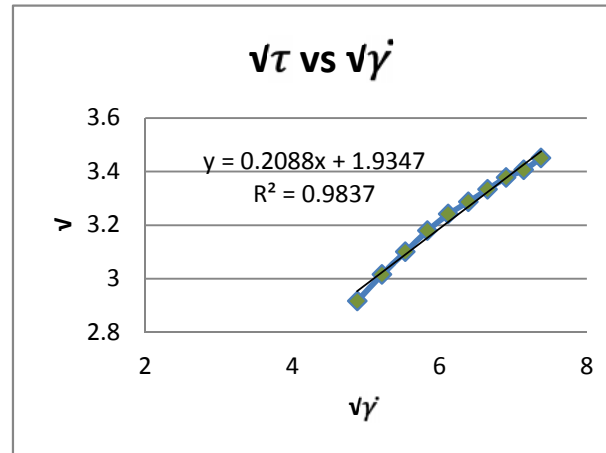
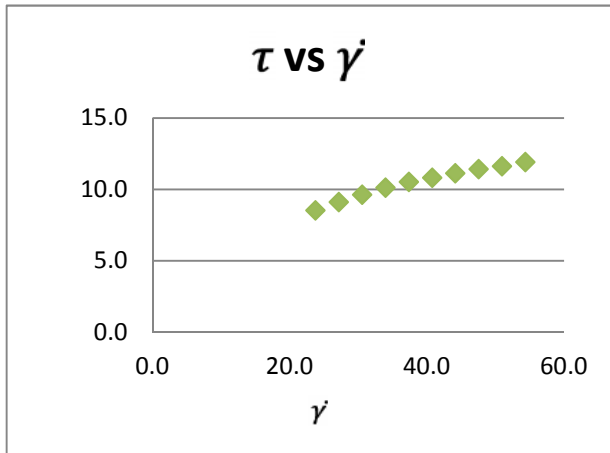
- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1702x + 2.1102 \rightarrow \tau_0 = 4.4521 = 19.821194 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:  
 $\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6083x - 0.2179$   
 $\rightarrow n = 0.608$   
 $\rightarrow \log k = -0.217 \quad k = 0.6067363 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 28 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ ( $s^{-1}$ )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
70	10.1	357.1	8.5	23.8	4.87852437	2.91547595	1.37657696	0.67757447
80	10.6	334.4	9.1	27.2	5.21536192	3.01496269	1.4345689	0.72832488
90	11.1	313.9	9.6	30.6	5.53172667	3.1	1.48572143	0.76861176
100	12.0	295.0	10.1	34.0	5.83095189	3.17804972	1.53147892	0.80343281
110	12.4	279.5	10.5	37.4	6.11555394	3.24037035	1.5728716	0.82992382
120	13.0	262.5	10.8	40.8	6.38748777	3.28633535	1.61066016	0.8487828
130	13.4	251.9	11.1	44.2	6.64830806	3.33316666	1.64542227	0.86744651
140	13.7	239.3	11.4	47.6	6.89927532	3.3763886	1.67760695	0.88420859
150	14.0	228.3	11.6	51.0	7.14142843	3.40587727	1.70757018	0.89540288
160	14.4	218.8	11.9	54.4	7.37563557	3.44963766	1.7355989	0.91167121



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2088x + 1.9347 \rightarrow \tau_0 = 3.7404 = 13.99059 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

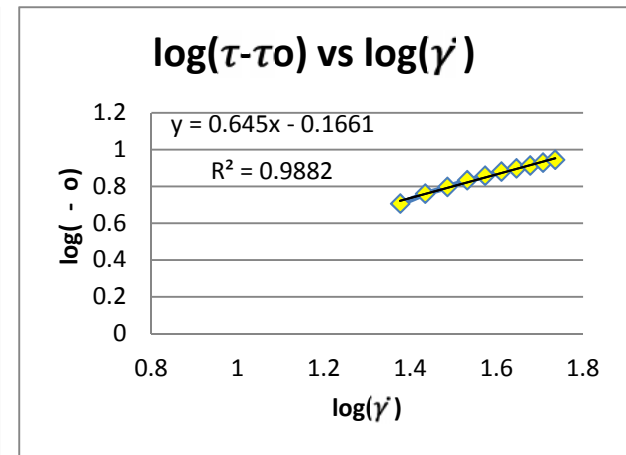
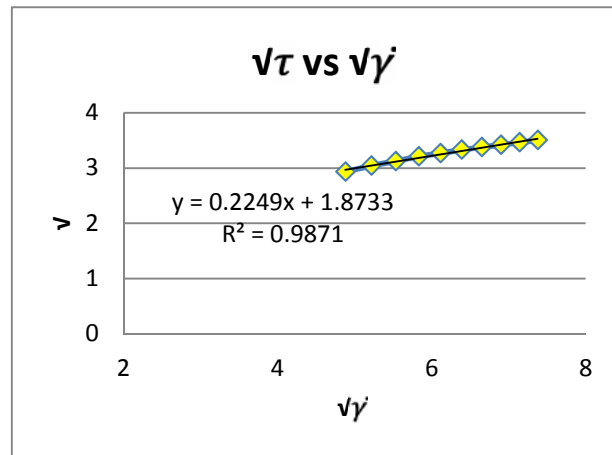
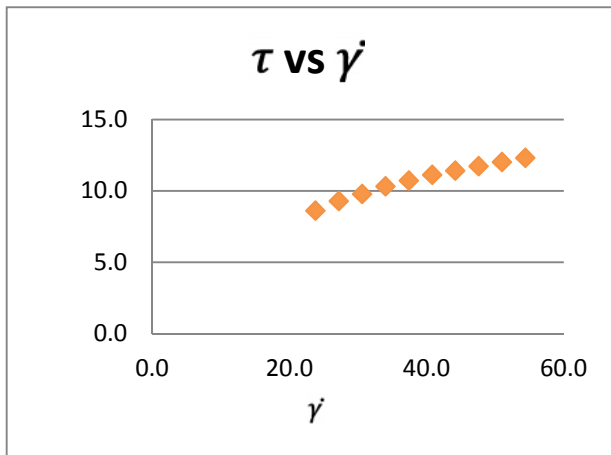
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.636x - 0.182$$

$$\rightarrow n = 0.636$$

$$\rightarrow \log k = -0.182 \quad k = 0.6576578 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 5.0%. Día 28 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
70	10.1	360.1	8.6	23.8	4.87852437	2.93087018	1.37657696	0.70602364
80	10.4	340.6	9.3	27.2	5.21536192	3.04302481	1.4345689	0.75980914
90	11.1	319.4	9.8	30.6	5.53172667	3.12569992	1.48572143	0.79670412
100	11.6	300.0	10.3	34.0	5.83095189	3.20936131	1.53147892	0.83198943
110	12.0	284.1	10.7	37.4	6.11555394	3.27108545	1.5728716	0.85684189
120	12.5	270.8	11.1	40.8	6.38748777	3.33166625	1.61066016	0.88034882
130	13.0	259.7	11.4	44.2	6.64830806	3.3763886	1.64542227	0.89717998
140	13.3	246.4	11.7	47.6	6.89927532	3.42052628	1.67760695	0.9133831
150	13.7	236.7	12.0	51.0	7.14142843	3.46410162	1.70757018	0.92900339
160	14.0	226.6	12.3	54.4	7.37563557	3.50713558	1.7355989	0.94408131



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.2249x + 1.8733 \rightarrow \tau_0 = 3.5081 = 12.306765 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.645x - 0.1661$$

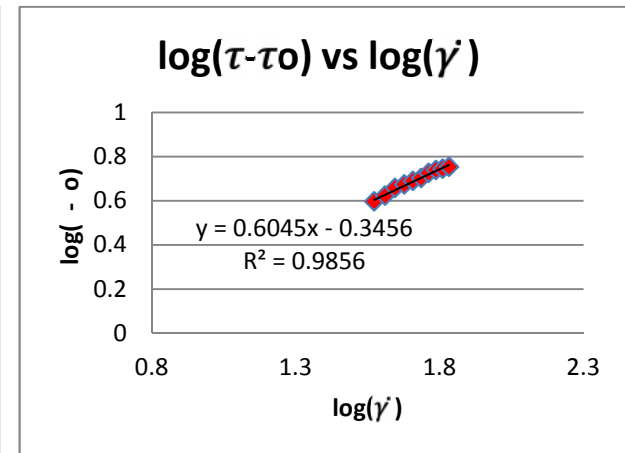
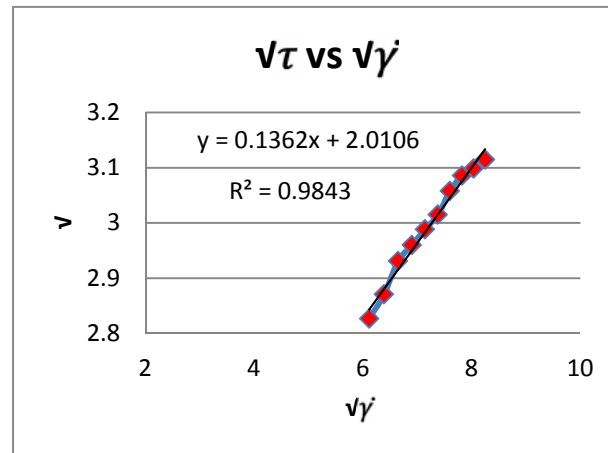
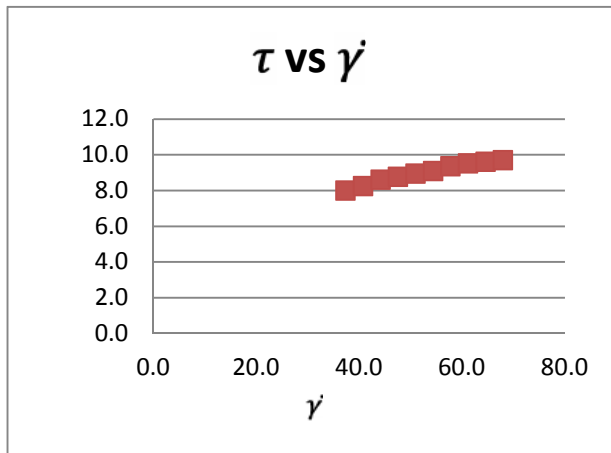
$$\rightarrow n = 0.645$$

$$\rightarrow \log k = -0.166 \quad k = 0.6823387 \text{ Pa.s}^n$$

**Anexo 19.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 7.5% harina de maca. Día 28.

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 28 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
120	10.1	206.2	8.0	37.4	6.11555394	2.82665881	1.5728716	0.5965861
130	10.6	192.3	8.2	40.8	6.38748777	2.87054002	1.61066016	0.62323895
140	10.9	182.1	8.6	44.2	6.64830806	2.93087018	1.64542227	0.65800185
150	11.1	175.0	8.8	47.6	6.89927532	2.95972972	1.67760695	0.6739328
160	11.3	168.8	8.9	51.0	7.14142843	2.98831056	1.70757018	0.68929998
170	11.5	161.8	9.1	54.4	7.37563557	3.01496269	1.7355989	0.70328278
180	12.0	155.6	9.4	57.8	7.60263112	3.05777697	1.76192784	0.72508634
190	12.2	148.7	9.5	61.2	7.82304289	3.08544972	1.78675142	0.73877263
200	12.3	142.5	9.6	64.6	8.03741252	3.09838668	1.81023252	0.74506698
210	12.4	134.5	9.7	68.0	8.24621125	3.1144823	1.83250891	0.75280876



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1362x + 2.0106 \rightarrow \tau_0 = 4.0401 = 16.322408 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

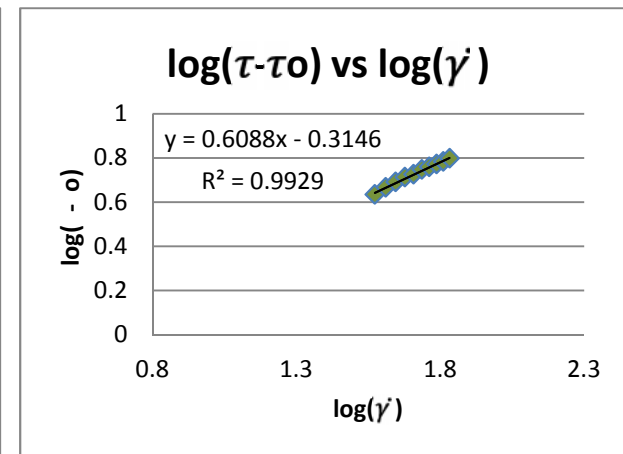
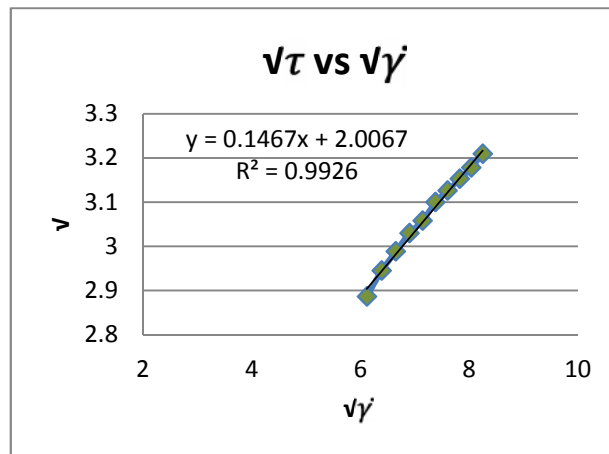
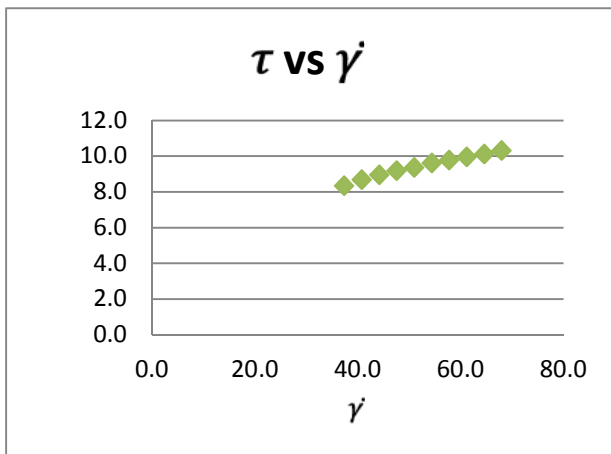
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.645x - 0.3456$$

$$\rightarrow n = 0.604$$

$$\rightarrow \log k = -0.345 \quad k = 0.4518559 \text{ Pa.s}^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 28 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ ( $s^{-1}$ )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
120	10.1	204.2	8.3	37.4	6.11555394	2.88617394	1.5728716	0.63407039
130	10.3	196.2	8.7	40.8	6.38748777	2.94448637	1.61066016	0.66707584
140	10.7	187.2	8.9	44.2	6.64830806	2.98831056	1.64542227	0.69072436
150	11.1	180.0	9.2	47.6	6.89927532	3.02985148	1.67760695	0.71230988
160	11.4	173.4	9.4	51.0	7.14142843	3.05777697	1.70757018	0.72639823
170	11.7	166.2	9.6	54.4	7.37563557	3.1	1.7355989	0.74709813
180	12.0	159.7	9.8	57.8	7.60263112	3.12569992	1.76192784	0.7593629
190	12.2	153.9	9.9	61.2	7.82304289	3.15277655	1.78675142	0.77202552
200	12.5	148.7	10.1	64.6	8.03741252	3.17804972	1.81023252	0.78361519
210	12.7	144.0	10.3	68.0	8.24621125	3.20936131	1.83250891	0.79768044



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1467x + 2.0067 \rightarrow \tau_0 = 4.0240 = 16.192576 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

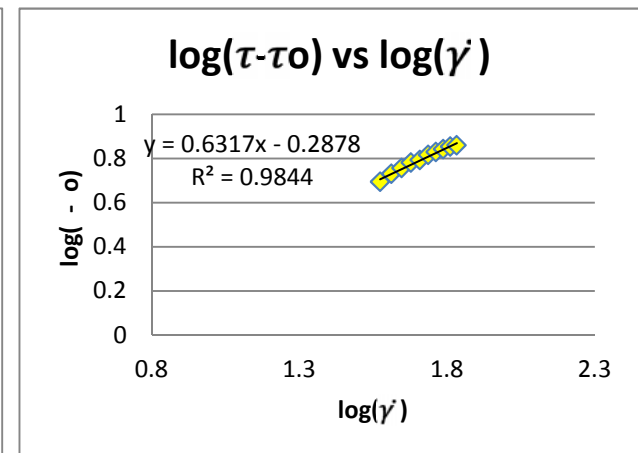
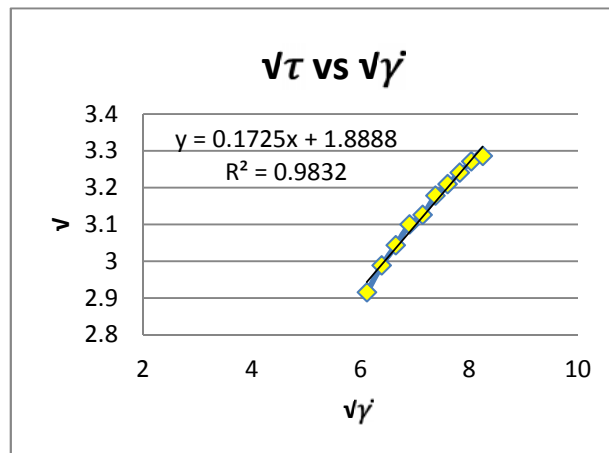
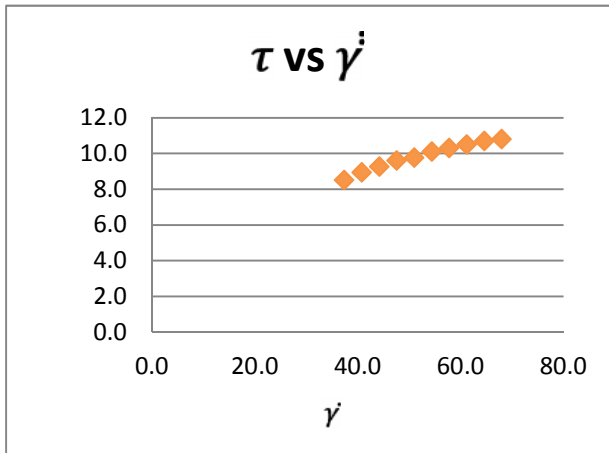
$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6088x - 0.3146$$

$$\rightarrow n = 0.608$$

$$\rightarrow \log k = -0.314 \quad k = 0.4852885 \text{ Pa} \cdot s^n$$

Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 7.5%. Día 28 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
120	10.1	208.3	8.5	37.4	6.11555394	2.91547595	1.5728716	0.69332728
130	10.3	200.0	8.9	40.8	6.38748777	2.98831056	1.61066016	0.72960664
140	10.7	194.6	9.3	44.2	6.64830806	3.04302481	1.64542227	0.7555285
150	11.0	185.0	9.6	47.6	6.89927532	3.1	1.67760695	0.78142906
160	11.4	182.3	9.8	51.0	7.14142843	3.12569992	1.70757018	0.7927737
170	11.7	175.0	10.1	54.4	7.37563557	3.17804972	1.7355989	0.8152759
180	12.0	168.4	10.3	57.8	7.60263112	3.20936131	1.76192784	0.828367
190	12.2	163.2	10.5	61.2	7.82304289	3.24037035	1.78675142	0.84107502
200	12.5	157.5	10.7	64.6	8.03741252	3.27108545	1.81023252	0.85342173
210	12.7	153.6	10.8	68.0	8.24621125	3.28633535	1.83250891	0.85946591



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1725x + 1.8888 \rightarrow \tau_0 = 3.5645 = 12.705660 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6317x - 0.2878$$

$$\rightarrow n = 0.631$$

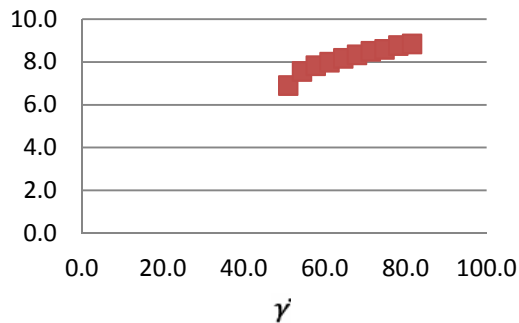
$$\rightarrow \log k = -0.287 \quad k = 0.5164164 \text{ Pa.s}^n$$

**Anexo 20.** Comportamientos reológicos de leche fermentada con 10.0% harina de maca. Día 28.

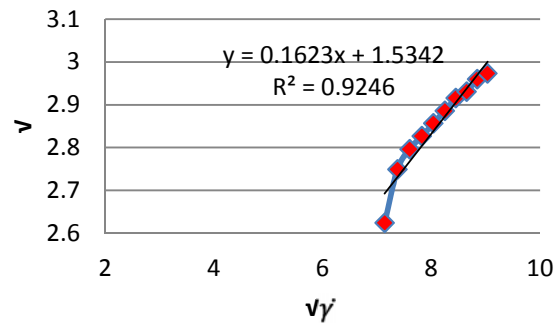
Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 28 (primera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
150	10.1	161.3	6.9	51.0	7.14142843	2.62488095	1.70757018	0.65675385
160	10.3	159.4	7.6	54.4	7.37563557	2.74954542	1.7355989	0.71657457
170	10.5	151.9	7.8	57.8	7.60263112	2.79642629	1.76192784	0.73773668
180	10.6	141.7	8.0	61.2	7.82304289	2.82665881	1.78675142	0.75103602
190	10.7	139.1	8.2	64.6	8.03741252	2.85657137	1.81023252	0.76394016
200	10.9	135.1	8.3	68.0	8.24621125	2.88617394	1.83250891	0.77647192
210	11.1	130.6	8.5	71.4	8.44985207	2.91547595	1.85369821	0.78865219
220	11.5	126.3	8.6	74.8	8.64869932	2.93087018	1.8739016	0.79496488
230	11.9	122.5	8.8	78.2	8.84307639	2.95972972	1.89320675	0.80664415
240	12.1	117.9	8.8	81.6	9.03327183	2.97321375	1.91169016	0.81203345

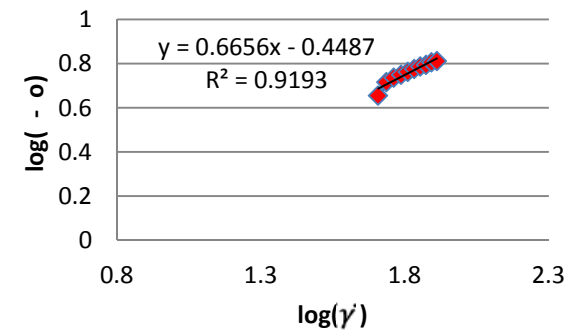
$\tau$  vs  $\dot{\gamma}$



$\sqrt{\tau}$  vs  $\sqrt{\dot{\gamma}}$



$\log(\tau - \tau_0)$  vs  $\log(\dot{\gamma})$



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1623x + 1.5342 \rightarrow \tau_0 = 2.3532 = 5.53755 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6656x - 0.4487$$

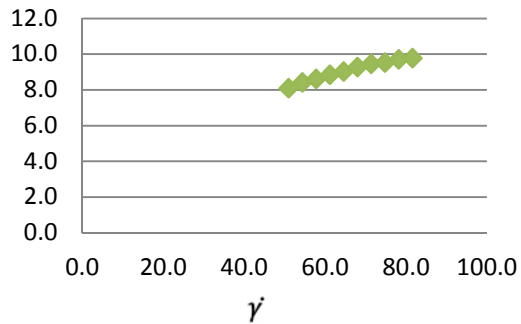
$$\rightarrow n = 0.665$$

$$\rightarrow \log k = -0.448 \quad k = 0.3564511 \text{ Pa.s}^n$$

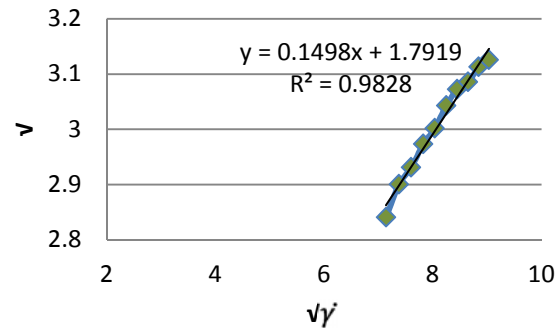
Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 28 (segunda repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ ( $s^{-1}$ )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
150	10.0	158.3	8.1	51.0	7.14142843	2.84077454	1.70757018	0.68684345
160	10.3	154.7	8.4	54.4	7.37563557	2.9	1.7355989	0.71619698
170	10.6	150.0	8.6	57.8	7.60263112	2.93087018	1.76192784	0.73096943
180	10.8	144.4	8.8	61.2	7.82304289	2.97321375	1.78675142	0.75068724
190	11.0	139.7	9.0	64.6	8.03741252	3.0016662	1.81023252	0.7636016
200	11.3	135.0	9.3	68.0	8.24621125	3.04302481	1.83250891	0.78192181
210	11.5	131.0	9.4	71.4	8.44985207	3.0724583	1.85369821	0.79464967
220	11.8	128.4	9.5	74.8	8.64869932	3.08544972	1.8739016	0.80018894
230	12.0	123.9	9.7	78.2	8.84307639	3.11287648	1.89320675	0.8117304
240	12.1	118.7	9.8	81.6	9.03327183	3.12569992	1.91169016	0.81705734

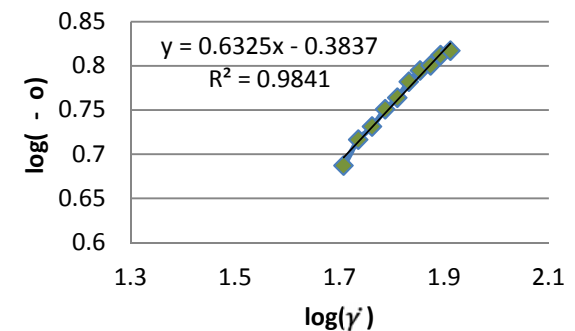
$\tau$  vs  $\dot{\gamma}$



$\sqrt{\tau}$  vs  $\sqrt{\dot{\gamma}}$



$\log(\tau - \tau_0)$  vs  $\log(\dot{\gamma})$



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1498x + 1.7919 \rightarrow \tau_0 = 3.2077 = 10.28934 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6325x - 0.3837$$

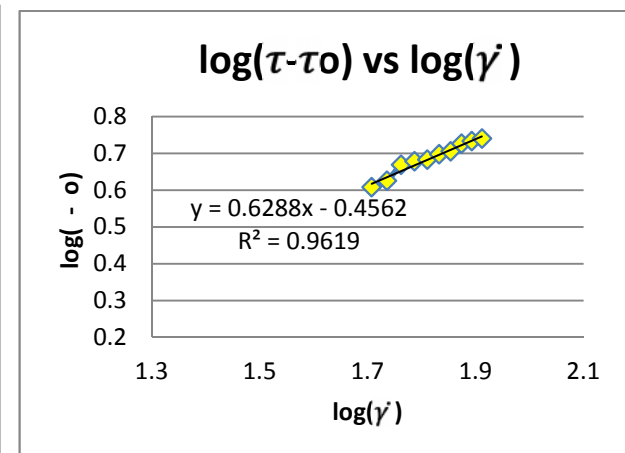
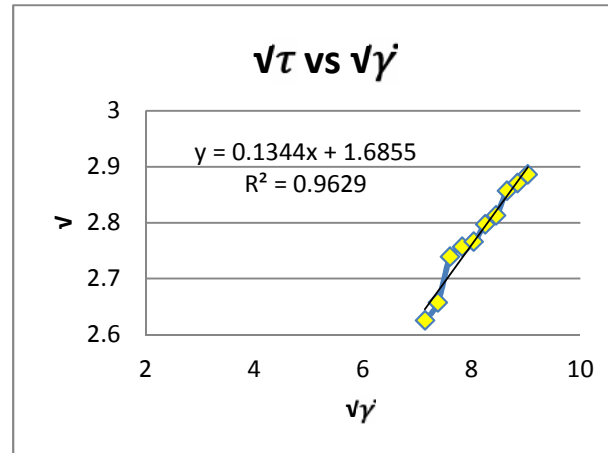
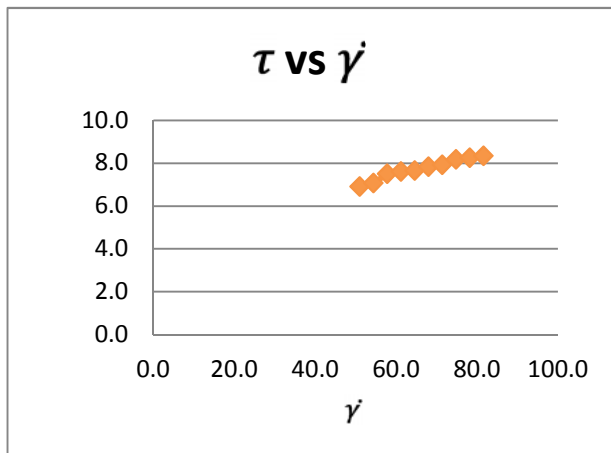
$$\rightarrow n = 0.632$$

$$\rightarrow \log k = -0.383 \quad k = 0.4139997 \text{ Pa.s}^n$$



Cuadro de datos obtenidos de las lecturas en reómetro rotacional harina de maca 10.0%. Día 28 (tercera repetición)

RPM	Torque (%)	$\mu_a$ (mPa.s)	$\tau$ (Pa)	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )	$\sqrt{\dot{\gamma}}$	$\bar{\tau}$	$\log(\dot{\gamma})$	$\log(\tau - \tau_0)$
150	10.1	164.6	6.9	51.0	7.14142843	2.62488095	1.70757018	0.60753812
160	10.3	158.3	7.1	54.4	7.37563557	2.65706605	1.7355989	0.6253922
170	10.5	154.4	7.5	57.8	7.60263112	2.73861279	1.76192784	0.66845814
180	10.7	144.6	7.6	61.2	7.82304289	2.75680975	1.78675142	0.67767766
190	11.0	138.3	7.7	64.6	8.03741252	2.76586334	1.81023252	0.68221505
200	11.2	134.4	7.8	68.0	8.24621125	2.79642629	1.83250891	0.69729692
210	11.4	129.4	7.9	71.4	8.44985207	2.81247222	1.85369821	0.70507434
220	11.5	125.0	8.2	74.8	8.64869932	2.85657137	1.8739016	0.72597489
230	11.6	121.1	8.2	78.2	8.84307639	2.87054002	1.89320675	0.73245608
240	12.0	117.5	8.3	81.6	9.03327183	2.88617394	1.91169016	0.73963365



- Modelo de Casson:  $\tau^{0.5} = k \cdot (\dot{\gamma})^{0.5} + \tau_0^{0.5}$

$$y = 0.1344x + 1.6855 \rightarrow \tau_0 = 2.8392 = 8.061057 \text{ Pa}$$

- Linealizando la ecuación del modelo de Herschel Buckley:

$$\log(\tau - \tau_0) = \log k + n \log(\dot{\gamma}) \Leftrightarrow y = 0.6288x - 0.4562$$

$$\rightarrow n = 0.628$$

$$\rightarrow \log k = -0.456 \quad k = 0.3499452 \text{ Pa.s}^n$$

**Anexo 21.** Porcentaje de acidez expresado en láctico en leche fermentada con harina de maca.

<b>Harina de maca (%)</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>	<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>	<b>Promedio</b>
<b>0.0</b>	<b>0</b>	0.85	0.86	0.87	0.86
<b>5.0</b>	<b>0</b>	0.87	0.87	0.86	0.87
<b>7.5</b>	<b>0</b>	0.86	0.86	0.86	0.86
<b>10.0</b>	<b>0</b>	0.86	0.86	0.86	0.86
<b>0.0</b>	<b>7</b>	0.90	0.89	0.90	0.90
<b>5.0</b>	<b>7</b>	0.89	0.90	0.89	0.89
<b>7.5</b>	<b>7</b>	0.90	0.90	0.90	0.90
<b>10.0</b>	<b>7</b>	0.90	0.90	0.90	0.90
<b>0.0</b>	<b>14</b>	1.15	1.15	1.16	1.15
<b>5.0</b>	<b>14</b>	1.16	1.16	1.15	1.16
<b>7.5</b>	<b>14</b>	1.15	1.15	1.16	1.15
<b>10.0</b>	<b>14</b>	1.16	1.16	1.16	1.16
<b>0.0</b>	<b>21</b>	1.35	1.36	1.33	1.35
<b>5.0</b>	<b>21</b>	1.35	1.36	1.36	1.36
<b>7.5</b>	<b>21</b>	1.35	1.34	1.35	1.35
<b>10.0</b>	<b>21</b>	1.35	1.35	1.36	1.35
<b>0.0</b>	<b>28</b>	1.38	1.39	1.39	1.39
<b>5.0</b>	<b>28</b>	1.39	1.38	1.38	1.38
<b>7.5</b>	<b>28</b>	1.38	1.38	1.38	1.38
<b>10.0</b>	<b>28</b>	1.39	1.38	1.38	1.38

**Anexo 22.** Porcentaje de sinéresis en leche fermentada con harina de maca.

<b>Harina de maca (%)</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>	<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>	<b>Promedio</b>
0.0	0	81.86	80.86	80.43	81.05
5.0	0	80.56	80.02	79.87	80.15
7.5	0	79.22	79.62	79.25	79.36
10.0	0	77.64	77.69	77.06	77.46
0.0	7	80.65	79.97	80.23	80.28
5.0	7	80.07	79.50	80.09	79.89
7.5	7	79.26	79.05	79.21	79.17
10.0	7	77.17	77.52	77.29	77.33
0.0	14	81.06	81.03	80.73	80.94
5.0	14	79.99	80.27	80.06	80.11
7.5	14	79.82	79.32	79.56	79.57
10.0	14	77.44	77.65	77.61	77.57
0.0	21	80.49	80.60	79.95	80.35
5.0	21	80.17	79.96	79.79	79.97
7.5	21	79.72	79.16	79.32	79.40
10.0	21	77.08	76.17	76.88	76.71
0.0	28	80.09	80.76	79.98	80.28
5.0	28	79.05	79.67	79.37	79.36
7.5	28	78.08	78.29	79.28	78.55
10.0	28	77.32	76.05	77.65	77.01

**Anexo 23.** Viscosidad aparente (Pa) en leche fermentada con harina de maca.

<b>Harina de maca (%)</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>	<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>	<b>Promedio</b>
0.0	0	340.4	342.9	314.3	332.5
5.0	0	288.5	309.0	307.7	301.7
7.5	0	273.2	292.3	276.9	280.8
10.0	0	239.0	275.0	263.5	259.3
0.0	7	265.9	314.3	308.9	296.4
5.0	7	272.5	276.9	291.7	280.4
7.5	7	340.8	328.9	330.8	333.5
10.0	7	321.2	319.2	315.0	318.5
0.0	14	273.1	303.8	301.8	292.9
5.0	14	263.5	265.4	284.5	271.1
7.5	14	226.9	236.5	234.6	232.7
10.0	14	213.5	219.2	205.8	212.8
0.0	21	308.3	286.5	303.8	299.5
5.0	21	240.4	263.5	255.8	253.2
7.5	21	210.4	219.2	219.2	216.3
10.0	21	190.3	198.1	189.6	192.7
0.0	28	270.5	286.5	278.8	278.6
5.0	28	238.5	251.9	259.7	250.0
7.5	28	192.3	196.2	200.0	196.2

**Anexo 24.** Tensión de fluencia (Pa) en leche fermentada.

<b>Harina de maca (%)</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>	<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>	<b>Promedio</b>
<b>0.0</b>	<b>0</b>	15.6	15.6	14.4	15.2
<b>5.0</b>	<b>0</b>	13.3	14.0	13.1	13.5
<b>7.5</b>	<b>0</b>	13.0	12.9	12.2	12.7
<b>10.0</b>	<b>0</b>	12.0	12.2	11.6	11.9
<b>0.0</b>	<b>7</b>	15.0	15.0	14.6	14.9
<b>5.0</b>	<b>7</b>	11.0	12.2	11.9	11.7
<b>7.5</b>	<b>7</b>	10.0	10.0	10.2	10.1
<b>10.0</b>	<b>7</b>	9.8	9.6	9.4	9.6
<b>0.0</b>	<b>14</b>	14.4	14.4	14.4	14.4
<b>5.0</b>	<b>14</b>	11.6	11.7	12.7	12.0
<b>7.5</b>	<b>14</b>	10.0	10.5	10.4	10.3
<b>10.0</b>	<b>14</b>	9.4	9.7	9.1	9.4
<b>0.0</b>	<b>21</b>	12.8	12.7	13.4	13.0
<b>5.0</b>	<b>21</b>	10.8	11.6	11.3	11.2
<b>7.5</b>	<b>21</b>	9.4	9.7	9.7	9.6
<b>10.0</b>	<b>21</b>	8.6	8.7	8.7	8.7
<b>0.0</b>	<b>28</b>	10.7	12.0	11.6	11.4
<b>5.0</b>	<b>28</b>	10.5	11.1	11.4	11.0
<b>7.5</b>	<b>28</b>	8.2	8.7	8.9	8.6

**Anexo 25.** Índice de comportamiento de fluido (adimensional).

<b>Harina de maca (%)</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>	<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>	<b>Promedio</b>
<b>0.0</b>	<b>0</b>	0.675	0.646	0.652	0.658
<b>5.0</b>	<b>0</b>	0.617	0.627	0.600	0.615
<b>7.5</b>	<b>0</b>	0.617	0.630	0.6179	0.622
<b>10.0</b>	<b>0</b>	0.604	0.700	0.632	0.645
<b>0.0</b>	<b>7</b>	0.608	0.608	0.607	0.608
<b>5.0</b>	<b>7</b>	0.605	0.547	0.614	0.589
<b>7.5</b>	<b>7</b>	0.602	0.609	0.613	0.608
<b>10.0</b>	<b>7</b>	0.590	0.614	0.609	0.604
<b>0.0</b>	<b>14</b>	0.577	0.568	0.569	0.571
<b>5.0</b>	<b>14</b>	0.607	0.616	0.629	0.617
<b>7.5</b>	<b>14</b>	0.599	0.618	0.633	0.617
<b>10.0</b>	<b>14</b>	0.593	0.624	0.595	0.604
<b>0.0</b>	<b>21</b>	0.633	0.631	0.655	0.640
<b>5.0</b>	<b>21</b>	0.590	0.631	0.626	0.616
<b>7.5</b>	<b>21</b>	0.604	0.616	0.613	0.611
<b>10.0</b>	<b>21</b>	0.614	0.624	0.587	0.608
<b>0.0</b>	<b>28</b>	0.608	0.678	0.652	0.646
<b>5.0</b>	<b>28</b>	0.608	0.636	0.645	0.630
<b>7.5</b>	<b>28</b>	0.604	0.608	0.631	0.614
<b>10.0</b>	<b>28</b>	0.665	0.632	0.628	0.642

**Anexo 26.** Índice de consistencia de fluido (Pa.s<sup>n</sup>)

<b>Harina de maca (%)</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>	<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>	<b>Promedio</b>
<b>0.0</b>	<b>0</b>	0.9727	1.003	0.9572	0.978
<b>5.0</b>	<b>0</b>	0.7816	0.9528	0.8913	0.875
<b>7.5</b>	<b>0</b>	0.7816	0.7780	0.7362	0.765
<b>10.0</b>	<b>0</b>	0.6353	0.5023	0.7063	0.615
<b>0.0</b>	<b>7</b>	0.8872	0.8872	0.8872	0.887
<b>5.0</b>	<b>7</b>	0.6324	0.9705	0.7798	0.794
<b>7.5</b>	<b>7</b>	0.5741	0.5888	0.5943	0.586
<b>10.0</b>	<b>7</b>	0.5105	0.5458	0.5358	0.531
<b>0.0</b>	<b>14</b>	0.8670	0.8318	0.8590	0.853
<b>5.0</b>	<b>14</b>	0.6982	0.7313	0.7745	0.735
<b>7.5</b>	<b>14</b>	0.5521	0.6026	0.6067	0.587
<b>10.0</b>	<b>14</b>	0.4909	0.5383	0.4831	0.504
<b>0.0</b>	<b>21</b>	0.7816	0.7943	0.7962	0.791
<b>5.0</b>	<b>21</b>	0.6471	0.7161	0.6966	0.687
<b>7.5</b>	<b>21</b>	0.5321	0.5998	0.5521	0.561
<b>10.0</b>	<b>21</b>	0.4645	0.4688	0.4553	0.463
<b>0.0</b>	<b>28</b>	0.6339	0.6982	0.6982	0.677
<b>5.0</b>	<b>28</b>	0.6067	0.6577	0.6823	0.649
<b>7.5</b>	<b>28</b>	0.4519	0.4853	0.5164	0.485
<b>10.0</b>	<b>28</b>	0.3565	0.4140	0.3499	0.373

**Anexo 27.** Cartilla de evaluación de aceptabilidad general.

## CARTILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ACEPTABILIDAD GENERAL

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

PRODUCTO: LECHE FERMENTADA CON HARINA DE MACA

Pruebe las muestras que se le presentan e indique, según la escala, su opinión sobre ellas.

Marque con un aspa el renglón que corresponda a la calificación para la muestra.

## ESCALA

9. Me gusta totalmente
8. Me gusta mucho
7. Me gusta moderadamente
6. Me gusta ligeramente
5. Ni me gusta ni me desagrada
4. Me desagrada ligeramente
3. Me desagrada moderadamente
2. Me desagrada mucho
1. Me desagrada totalmente

ACEPTABILIDAD GENERAL

MUESTRA	CALIFICACIÓN
123	.....
456	.....
789	.....
357	.....



**Anexo 28.** Evaluación de aceptabilidad general de leche fermentada con harina de maca.

<b>Harina de maca (%)</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>	<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición n 3</b>	<b>Promedio</b>
0.0	0	8.0	8.1	8.1	8.1
5.0	0	6.0	6.2	5.7	6.0
7.5	0	5.3	5.0	5.1	5.1
10.0	0	4.8	4.3	3.9	4.3
0.0	7	8.0	8.1	8.2	8.1
5.0	7	6.1	5.9	5.9	6.0
7.5	7	5.1	4.8	4.7	4.9
10.0	7	4,,4	4.5	4.2	4.4
0.0	14	6.6	7.4	7.2	7.1
5.0	14	5.4	5.8	5.4	5.5
7.5	14	4.4	4.5	4.5	4.5
10.0	14	2.5	1.9	1.9	2.1
0.0	21	3.4	3.3	3.3	3.3
5.0	21	3.3	3.0	3.1	3.1
7.5	21	2.7	2.5	2.8	2.7
10.0	21	2.1	2.2	2.3	2.2
0.0	28	1.0	1.0	1.0	1.0
5.0	28	1.0	1.0	1.0	1.0
7.5	28	1.0	1.0	1.0	1.0
10.0	28	1.0	1.0	1.0	1.0

## Anexo 29. Ficha técnica de leche en polvo descremada.



## Medium Heat Skim Milk Powder

### Product Bulletin

#### Description

Synlait Medium Heat Skim Milk Powder is a highly nutritious premium quality natural ingredient, ideal for incorporation into a large variety of dairy / food nutritional products.

Synlait Medium Heat Skim Milk Powder is a protein products obtained from premium New Zealand milk collected from pasture fed cows.

Extreme care is taken throughout the entire process to ensure the highest quality product is produced. The collection on farm, throughout the spray drying process, the packaging is carefully monitored and controlled to ensure product safety, consistency and quality.

#### Typical Analysis

Parameter	Typical	Specification
Protein (% N*6.38 as SNF)	34.4	Min. 34
Milk fat (%)	1.05	Max. 1.5%
Moisture (%)	3.8	Max. 4.0
Foreign matter	Not Detected	Not Detected
Flavour	Clean/pleasant	Comply
Colour	Pale cream	Comply
WPNI	2.9	1.51 – 5.99

#### Nutritional Information

	Per 100g
Energy (kJ)	1,540
Protein (g)	32.9
Fat (g)	1.05
Carbohydrate (g)	55.7

#### Microbial Analysis

Aerobic plate count (cfu/g)	Max.10,000
Coliforms (fg)	Max.10
E.coli (fg)	Not Detected
Yeasts and moulds (cfu/g)	Max.50
Coag +ve S.aureus (fg)	Not Detected
Salmonella (f/750g)	Not Detected

#### Product Characteristics

- Pleasant milk flavour.
- Free flowing.
- Pale cream colour.

Synlait Milk Ltd  
1028 Heslerton Road  
RD13, Rakais 7783  
New Zealand  
P +64 3 373 3000  
E ingredients@synlait.com

#### Suggested Applications

- Nutritional formulations.
- Ingredient for recombined dairy / food products.
- Replacement of not-fat liquid.
- Beverage, yoghurt and ice cream formulations.

#### Quality Assurance

Synlait Milk Ltd operates with strict quality control procedures as detailed in its Risk Management Programme (RMP).

The RMP incorporates HACCP principles, and ensures products are safe, wholesome and truthfully labelled.

Each bag is uniquely identified, providing full traceability.

#### Packaging and Storage

- Synlait Medium Heat Skim Milk Powder is packed in 25kg bags.
- No staples or metal fasteners are used.
- This product should be kept in a cool, dry ventilated place.
- Temperatures below 25°C, relative humidity below 65% and an odour free environment will extend storage life.
- Packages should not be in direct contact with the floor or walls.
- Stock should be used in rotation, use within a month once bag is opened.

#### Suggested Shelf Life

When stored under optimal conditions, this product has a shelf life of 2 years from the date of manufacture.

#### Genetic Modification

This product contains no genetically modified materials.

#### Product Ingredients / Processing Aids

Synlait Medium Heat Skim Milk Powder meets Halal standards.



Disclaimer: This information sheet has been prepared and approved by Synlait Milk Limited. All information contained herein is given in good faith and Synlait Milk Limited will accept no liability for any errors or omissions. Opinions, recommendations or suggestions relating to this document do not constitute a guarantee or represent a warranty of product suitability for its intended use. Information contained within this sheet is subject to change without notice.

TCH 06.1v03 Nov 2011

**Anexo 30.** Ficha técnica de cultivos de yogurt.

Ditta  
CALZA CLEMENTE Srl  
Via Chiesa 18 – 26020  
Acquanegra Cremonese (CR)  
Tel. +39 0372 70012  
Fax: +39 0372 729544  
Email: info.calza@cagliocalza.it  
Web: www.cagliocalza.it  
P.IVA e CF: 00169210192

**YV-PL814**

## Conformity sheet

**Physical Properties**

Description	Concentrate freeze-dried culture
Composition	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subs. Bulgaricus</i>
Standar data	Batch : F1533911
Production date	08.2013
expiry date	08.2015

**Microbiological Properties**

Coliforms	< 10 CFU/g
Yeasts and moulds	< 10 CFU/g
Listeria	Absent in 1 g
Salmonella spp.	Absent in 25 g
<i>Staphylococcus aureus</i>	< 10 CFU/g
<i>Listeria monocytogenes</i>	Absent in 1 g

**Packaging**

PET AL PE and aluminium bags.

**Expiration date**

12 months since production date.

Ditta **CALZA CLEMENTE** s.r.l.  
Fabbricazione Gaglio  
Via Chiesa n. 18  
Tel. (0372) 70012, Fax (0372) 729544  
26020 ACQUANEGRA CREMONESE (CR)  
Cod. Fisc. e Part. I.V.A.: 00169210192

**Anexo 31.** Ficha técnica de cultivo probiótico.

CENTRO SPERIMENTALE DEL LATTE

**Certificato d'analisi**

CERTIFICATE OF ANALYSIS

**N° CERTIFICATO:** 2850  
CERTIFICATE N°

**PRODOTTO:** BIFI D4  
PRODUCT

**LOTTO:** 649F  
LOT

**DATA PRODUZIONE:** '12/11  
PRODUCTION DATE

**USARE PRIMA DEL:** '12/13  
BEST BEFORE

**Specifiche**  
SPECIFICATION

**Limiti di accettazione**  
ACCEPTANCE RANGE

**Risultati**  
RESULTS

<b>Bifidobatteri</b> COLIFORMS	$\geq 300 \times 10^9$ ufc	3000
<b>Colifomi</b> COLIFORMS	< 10 ufc/g	<10
<b>Enterococchi</b> ENTEROCOCCI	<1000 ufc/g	<10
<b>Lieviti e Muffe</b> YEASTS AND MOULDS	<10 ufc/g	ASS

NOTE:

**APPROVATTO**  
APPROVED

**DATA**  
DATE

01/12/11

**IL RESPONSABILE CONTROLLO QUALITA':**Luca Palladino


Centro Sperimentale del Latte S.p.A.  
Strada per Merlino ,3 26839 Zelo Buon Persico (LO) P.IVA 00886520154  
Telefono 02.90.69.

**Anexo 32.** Ficha técnica de harina de maca**TECHNICAL SHEET****MACA Powder**

Product	Raw maca powder
Botanical name	Lepidium meyenii
Botanical family	Brassicaceae
Raw material provenience	Perù
Used plant part	Root
Preparation meth	Raw maca powder Dried and milling
Moisture	10% max
Ashes	4% max
Appearance	Light brown powder
Odor	Characteristic
Taste	Characteristic
Relative Density	500 g/l max
Hydrosolubility	Slightly soluble
Glucosinolates	<1.0 %
Active constituents	Proteins, essential aminoacids, lipids, carbohydrates, vitamins, minerals, phytosterols, aromatic glucosinolates, alkaloids, poliinsaturated fatty acids.
Biological marker	---
Physiological and healthy goals	Nutritive, Tonical, Aphrodisiac, Antisterility
Excipients	Absent
Added conservant	Absent
Added antioxidant	Absent
Pesticides	According to Ph.Eur. New Edition
Aflatoxin	Aflatoxin B1 < 5ppb. Total aflatoxin (B1,B2,G1,G2) < 10 ppb
Total bacterial count	10 000 ufc/g max
Yeast and moulds	100 ufc/g max
Pathogenous agents	Salmonella: absent in 10 g; Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Pseudomonas: absent in 1 gr.
Remark	GMO free; GLUTEN free; MACA powder does not contain any of the ingredients listed in the directive 2003/89 CE - Annex 3a regarding allergenic substances.
Toxicological Remarks	Because of its natural origin it is not available any data concerning the possibility of acute toxicology; For analogy with similar chemical products it is possible to hypotize a modest acute toxicology
Suggestions	Do not use in pregnancy and in breast-feeding period.
Storage	It must be stored in cool and dry ambient. Its storage life is 1 year in the original bag/box and under dry and cool conditions.
Packaging	It is available in heavy-duty bags or boxes of 25 kg net.



**Anexo 33. Ficha técnica de sucralosa.**

 <b>cimpa</b> <sup>®</sup> s.a.s. Insumos y tecnología para la Industria alimentaria	<b>FICHA TÉCNICA SUCRALOSA</b>	CI-260 / 011
		Versión 002
		Página 1 de 3
		Fecha de Emisión:09-07-13

**Descripción**

La sucralosa es un edulcorante de alta densidad derivado del azúcar ordinario, pero sin las calorías de éste; polvo cristalino blanco a blanquecino, totalmente soluble en agua, en metanol y en alcohol, ligeramente soluble en acetato de etilo.

**Áreas de aplicación**

Alimentos Líquidos (bases para jugos, café, te, productos lácteos, salsas, bebidas, mermeladas).  
 Aderezos para ensaladas (grasas y aceites).  
 Postres (helados, flanes, rellenos, frutas procesadas, coberturas).  
 Productos horneados y mezclas para hornear.  
 Dulces (chocolates, goma de mascar).

**Beneficios**

Es un producto 600 veces más dulce que el azúcar.  
 En sus aplicaciones puede ser manipulada igual que el azúcar, sin perder su sabor dulce, incluso siendo expuesta a altas temperaturas por períodos prolongados.  
 No es calórica ni cariogénica.  
 Soluble y dispersable en Solventes Comunes  
 No es reconocida por el cuerpo como azúcar o hidrato de carbono, de modo que personas con problemas de diabetes, pueden consumirla con seguridad.  
 No requiere advertencias especiales en el etiquetado.

**Dosis**


Según el producto a elaborar y su formulación.

**Composición**

Sucralosa

**Especificaciones físico-químicas**

Cenizas Sulfatadas, %:	0.7 máx.
Impurezas, %:	0.1 máx.
Apariencia:	Polvo Blanco Cristalino
Pureza, %:	98.0 min. – 102 máx.
Rotación específica aD20, °:	+84.0° ~ 87.5° máx.
Humedad, %:	2.0 máx.

 <p><b>cimpa</b><sup>®</sup>s.a.s. Insumos y tecnología para la Industria alimentaria</p>	<p><b>FICHA TÉCNICA SUCRALOSA</b></p>	CI-260 / 011
		Versión 002
		Página 2 de 3
		Fecha de Emisión:09-07-13

pH al 10%:	5 min. – 8 máx.
Metanol, %:	0.1 máx.
Productos de hidrólisis, %:	0.1 máx.
Sustancias relacionadas:	0.5 máx.
Residuo por ignición, %:	0.7 máx.

#### Especificaciones microbiológicas

Recuento total en placa, CFU/g	250 máx.
E Coli, NMP/g	3.0 máx.
S. aureus	Negativo
Salmonella	Negativo
Mohos y Levaduras, CFU/g	50 máx.

#### Especificaciones de metales pesados

Arsénico, ppm	3 máx.
Plomo, ppm	1 máx.

#### Datos nutricionales

Producto de bajas calorías.

#### Almacenamiento

Conservar en un lugar seco y fresco.

#### Embalaje

Saco por 25 kg.

#### Pureza y legislación

Deben siempre consultarse las regulaciones locales en materia de alimentación referentes a la situación de este producto, ya que la legislación sobre su uso puede variar de un país a otro. Podemos facilitar más información sobre el estado legal de ese producto a petición.

#### Seguridad y manipulación

La hoja de seguridad del material está disponible según se requiera.

	<b>FICHA TÉCNICA SUCRALOSA</b>	CI-260 / 011
		Versión 002
		Página 3 de 3
		Fecha de Emisión:09-07-13

**País de origen**

China.

**Certificación Kosher**

Disponible según requerimiento.

**GMO**

Disponible según requerimiento.

**Alérgenos**

Disponible según requerimiento.



CIMPA S.A.S, declara que los resultados reportados en el presente certificado, son tomados de la información suministrada por nuestro Proveedor, por lo tanto se fundamenta en sus técnicas de análisis autorizados. Dicha información no exime a Nuestros Clientes de realizar sus propios análisis.



**Anexo 34.** Ficha técnica de carragenina.

 <b>cimpa</b> <sup>®</sup> s.a.s. Insumos y tecnología para la Industria alimentaria	<b>FICHA TÉCNICA</b> <b>CARRALACT DSC</b> <b>5347</b>	CI-260 / 011
		Versión 001
		Página 1 de 3
		Fecha de Emisión: 26-06-13

**Descripción**

CARRALACT DSC 5347 es una Carragenina estandarizada diseñada para aportar viscosidad o formar geles suaves en leche.

**Áreas de aplicación**

Diseñada para ser usada como agente gelificante en productos lácteos.

**Beneficios**

Recomendado para productos lácteos con alta concentración de sólidos.  
 Aporta excelente palatabilidad.  
 Recomendada como agente espesante de postres de leche.  
 Aporta textura muy suave.

**Dosis**

Se recomienda utilizar dosis entre 0.1% y 0.4% en peso del producto final.

**Composición**

Mezcla de Carragenina kappa – lambda.

**Especificaciones físico-químicas**

Aspecto:	polvo blanco crema sin olor
Tamaño de partícula:	95% < 210 Micrones U.S Stand. No.70
pH (1.5 %, 50°C):	7.0 – 10.0
Solubilidad:	Dispersable en leche fría, soluble en leche caliente.
Viscosidad en leche (0,5%, 75°C):	10 – 40 cP
Fuerza de gel en leche (0.5%, 20°C)	< 30 g /cm2 (s/is)
Sulfato (como SO <sub>4</sub> ):	15 – 40 %

**Especificaciones microbiológicas**

Recuento total	< 3000 cfu/g
Hongos y levaduras	< 200 cfu/g
E. Coli	negativo

 <b>cimpa</b> <sup>®</sup> s.a.s. Insumos y tecnología para la industria alimentaria	<b>FICHA TÉCNICA          CARRALACT DSC          5347</b>	CI-260 / 011
		Versión 001
		Página 2 de 3
		Fecha de Emisión:26-06-13

#### Especificaciones de metales pesados

Arsénico	< 3 ppm
Plomo	< 5 ppm
Metales pesados (como Pb)	< 20 ppm

#### Datos nutricionales

No aplica.

#### Almacenamiento

Se debe almacenar en un área fresca y seca, debe ser conservado en su envase original.  
 Vida útil: Se garantiza una duración de 18 meses teniendo en cuenta las condiciones de almacenamiento.

#### Embalaje

Saco por 25 kg.

#### Pureza y legislación

La Carragenina en CARRALACT DSC 5347 cumple con las especificaciones de calidad y pureza para Carragenina del Food Chemical Codex (FCC), del U.S Code of Federal Regulations (21 CFR 172.620, 172.626 y 182.725) y de las Directrices de la Comunidad Económica Europea (E407), del Japan Food Additive Codex y del Food and Nutrition Paper de la FAO (2001).

#### Seguridad y manipulación

La hoja de seguridad del material está disponible según se requiera.

#### País de origen

Chile.

#### Certificación Kosher

Disponible según requerimiento.

 <p><b>cimpa</b><sup>®</sup>s.a.s.</p> <p>Insumos y tecnología para la industria alimentaria</p>	<p>FICHA TÉCNICA CARRALACT DSC 5347</p>	CI-260 / 011
		Versión 001
		Página 3 de 3
		Fecha de Emisión:26-06-13

**GMO**

No aplica.

**Alérgenos**

El producto no contiene alérgenos.

**CONTROL DE CALIDAD**

CIMPA S.A.S. declara que los resultados reportados en el presente certificado, son tomados de la información suministrada por nuestro Proveedor, por lo tanto se fundamenta en sus técnicas de análisis autorizados. Dicha información no exime a Nuestros Clientes de realizar sus propios análisis.