



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

---

LA COMPARACIÓN DE ALMIDÓN NATIVO Y MODIFICADO DE MAIZ (*Zea mays*) Y GOMA XANTHAN EN EL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE PATÉ DE CHAMPIÑONES (*Agaricus bisporus*).

---

Trabajo de Investigación, Graduación. Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI), presentado como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

POR: MARÍA LISSENIA TORRES MORENO

TUTOR: ING. CÉSAR A. GERMAN T.

Ambato-Ecuador

2011

## **APROBACIÓN POR EL TUTOR**

Ing. César German T.

Siendo el Tutor de Trabajo de Investigación realizado bajo el tema: “La comparación de almidón nativo y modificado de maiz (*Zea mays*) y goma xanthan en el comportamiento reológico de paté de champiñones (*Agaricus bisporus*)”, por la egresada María Lissenia Torres Moreno; tengo a bien afirmar que el estudio es idóneo y reúne los requisitos de una tesis de grado de Ingeniería en Alimentos; y la graduada posee los méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Jurado Examinador que sea designado por el H. Concejo Directivo de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Ambato, Octubre de 2011

.....  
Ing. César German T.

TUTOR

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación denominado: “La comparación de almidón nativo y modificado de maiz (*Zea mays*) y goma xanthan en el comportamiento reológico de paté de champiñones (*Agaricus bisporus*)”, así como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones, corresponden exclusivamente a María Lissenia Torres Moreno; e, Ing. Cesar A. German T.; Tutor del Proyecto de Investigación

---

María Lissenia Torres M.

Autor

---

Ing. Cesar A. German T.

Tutor de la Investigación

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

Los miembros del Tribunal de grado aprueban el presente Trabajo de Graduación de acuerdo a las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato

Ambato, Diciembre de 2011

---

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**Ph.D. Milton Ramos**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**Ing William Teneda**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **DEDICATORIA**

*Un especial agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, y su Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, que me dio la oportunidad de crecer como persona, incrementar mis conocimientos y lograr mis metas profesionales.*

*Al Ing. César Gérman, director de tesis, por su paciencia y apoyo incondicional plasmados en el presente trabajo de investigación.*

*A mis padres, gracias a ellos, hoy puedo ver alcanzada esta meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Esto es por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y todo que han hecho de mí.*

*Por último mil gracias a mis amigas de carrera que estuvieron siempre conmigo en las buenas y malas durante este largo trajinar en la vida estudiantil.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Primero a Dios, por ser siempre mi guía, cuidarme y protegerme en todas las circunstancias y actos de la vida, ser mi fuerza y llenarme siempre de fe y esperanza aún en los momentos más difíciles.*

*A mi padre Ubaldino, que con su lucha constante siempre ha sido mi inspiración, un ejemplo de fe, superación y constancia.*

*A mi madre María, por todos los esfuerzos hechos por estar siempre a mi lado, su labor al educarme y su apoyo incondicional de todas las maneras posibles,*

*A mi hermano Gabriel, por ser mi ejemplo de hermano mayor, por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida gracias por tu amistad, apoyo y ayuda continúa.*

*A mi hermana Evelyn, a Bryan y Daniela que con sus ocurrencias han hecho en los días más grises encontrar el brillo tan necesario para volver a sonreír.*

*A Mamá Lidia, gracias por su apoyo y preocupación constantes en todo el tiempo que estuve a su cuidado.*

*A Cumandá, Mauricio, Lissette y Margarita mi segunda familia, que me acogieron y sintieron mis preocupaciones día a día en esta etapa de mi vida, gracias por toda su paciencia y compañía.*

*A mi familia, que conocedores de mis metas me han ayudado con sus oraciones apoyando a la realización de mi carrera y el cumplimiento final de ella, a todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.*

# ÍNDICE

**Contenido**

**Págs.:**

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

<b>1.1.</b>	Tema de investigación	1
<b>1.2.</b>	Planteamiento del problema	1
<b>1.2.1.</b>	Contextualización	1
<b>1.2.2.</b>	Análisis crítico	5
<b>1.2.3.</b>	Prognosis	7
<b>1.2.4.</b>	Formulación del problema	7
<b>1.2.5.</b>	Interrogantes	8
<b>1.2.6.</b>	Delimitación del objeto de investigación	8
<b>1.3.</b>	Justificación	8
<b>1.4.</b>	Objetivos	9
<b>1.4.1.</b>	Objetivo general	9
<b>1.4.2.</b>	Objetivos Específicos	9

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

<b>2.1.</b>	Antecedentes investigativos	11
<b>2.2.</b>	Fundamentación filosófica	14
<b>2.3.</b>	Fundamentación sociológica	15
<b>2.4.</b>	Fundamentación legal	15
<b>2.5.</b>	Categorías fundamentales	15

**Marco conceptual de la variable independiente**

2.5.1. Utilización de hidrocoloides en la industria	16
2.5.2. Propiedades	17
2.5.3. Clases	17
2.5.3.1. Almidones	17
2.5.3.2. Gomas	19
2.5.4. Hidrocoloides	21
2.5.4.1. Aplicación	22
2.5.5. Ingeniería	22
2.5.6. Métodos de análisis	22
2.5.6.1. Viscosímetro Rotacional	22
2.5.6.2. Viscosímetro Brookfield	23
<b>Marco conceptual de la variable dependiente</b>	
2.5.7. Fluidos	23
2.5.8. Reología	24
2.5.8.1. Comportamiento reológico de fluidos	25
2.5.8.2. Modelos reológicos para alimentos	27
2.5.8.3. Cálculo de Parámetros reológicos	27
2.6. Formulación de hipótesis	32
2.7. Señalamiento de variables	32

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. Enfoque	33
3.2. Modalidad básica de investigación	34
3.3. Nivel o tipo de investigación	34
3.4. Población y muestra	35
3.4.1. Diseño experimental	35
3.4.2. Respuestas experimentales	35
3.4.3. Factores de estudio	36



<b>3.4.4. Muestra</b>	37
<b>3.5. Métodos y técnicas de investigación</b>	
<b>3.5.1. Metodología para elaboración de paté</b>	37
<b>3.5.2. Procedimiento empleado para la determinación de los parámetros reológicos</b>	41
<b>3.5.3. Método de cálculo para determinar parámetros reológicos</b>	42
<b>3.5.4. Procedimientos para la determinación parámetros en materia prima y paté de champiñones</b>	45
<b>3.6. Operacionalización de variables</b>	45
Operacionalización de la variable independiente	46
Operacionalización de la variable dependiente	47
<b>3.7. Plan de recolección de la información</b>	48
<b>3.8. Plan de procesamiento y análisis de la información</b>	48

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

<b>4.1. Viscosidad aparente</b>	49
<b>4.2. Índice de comportamiento de flujo</b>	50
<b>4.3. Índice de consistencia</b>	51
<b>4.4. Valores de correlación</b>	54
<b>4.5. Esfuerzo de fluencia</b>	54
<b>4.6. Acidez y pH</b>	56
<b>4.7. Fracción líquida retenida</b>	56
<b>4.8. Tiempo de vida útil</b>	56
<b>4.9. Verificación de hipótesis</b>	57

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>5.1. Conclusiones</b>	58
<b>5.2. Recomendaciones</b>	59

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

<b>6.1.</b> Datos Informativos	61
<b>6.2.</b> Antecedentes de la Propuesta	61
<b>6.3.</b> Justificación	62
<b>6.4.</b> Objetivos	63
<b>6.4.1.</b> Objetivo General	63
<b>6.4.2.</b> Objetivos específicos	63
<b>6.5.</b> Análisis de factibilidad	63
<b>6.6.</b> Fundamentación	66
<b>6.7.</b> Metodología	68
<b>6.8.</b> Administración	70
<b>6.9.</b> Previsión de la evaluación	71
 Bibliografía	 72

### **ÍNDICE DE CUADROS**

<b>Contenido</b>	<b>Págs.:</b>
<b>Cuadro 1.</b> Producción de setas y hongos por continentes 1990-2002 (TON)	2
<b>Cuadro 2.</b> Formulación (%) para elaborar paté de hongos	38
<b>Cuadro 3.</b> Detalle del diseño 2 <sup>n</sup>	36
<b>Cuadro 4.</b> Análisis de factibilidad a nivel de planta piloto (Investigación)	64
<b>Cuadro 5.</b> Análisis de factibilidad a nivel de planta industrial	65
<b>Cuadro 6.</b> Modelo operativo (Plan de acción)	69

### **ÍNDICE DE REPRESENTACIONES GRÁFICAS**

<b>Contenido</b>	<b>Págs.:</b>
------------------	---------------

<b>Gráfico #1.</b> Participación en el volumen de la producción de setas y hongos, 2002	3
<b>Gráfico #2.</b> Árbol de Problemas	6
<b>Gráfico #3.</b> Categorías Fundamentales	16
<b>Gráfico #4.</b> Estructura del xantano	20
<b>Gráfico #5.</b> Comportamiento tipo de fluidos en alimentos. Relación entre el esfuerzo cortante requerido para inducir el flujo a varias velocidades de corte.	27
<b>Gráfico #6.</b> Diagrama de flujo de elaboración de paté de champiñones ( <i>Agaricus bisporus</i> )	37

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Contenido</b>	<b>Págs.:</b>
<b>TABLA 1.</b> Factores de conversión y dimensiones de rotores en el Viscosímetro Brookfield	42
<b>TABLA 2.</b> Rotores del Viscosímetro Brookfield empleados en paté de champiñones para cada tratamiento	42
<b>TABLA 3.</b> Valores de F calculados para parámetros reológicos en paté de champiñones	57

## ÍNDICE DE ANEXOS

### **ANEXO A. NORMAS, DETERMINACIONES Y FICHAS TÉCNICAS**

- A-1.** Especificaciones para la materia prima Champiñones
- A-2.** Determinación de humedad
- A-3.** Determinación de Sólidos Totales
- A-4.** Análisis Organoléptico de materia prima: Champiñones
- A-5.** Determinación de pH
- A-6.** Determinación de acidez titulable
- A-7.** Determinación de fracción líquida: HALF HOUR BLOTTER TEST
- A-8.** Determinación de propiedades reológicas

**A-9.** Determinación de características microbiológicas

**A-10.** Fichas Técnicas

## **ANEXO B: DATOS REGISTRADOS EN MATERIA PRIMA**

**TABLA B-1.** Caracterización de la materia prima champiñón

## **ANEXO C: DATOS REGISTRADOS EN EL PROCESO**

**TABLA C-1.** Detalle del diseño experimental y simbología utilizada

**FIGURA C-2.** Balance de materiales de elaboración de paté de champiñones

**TABLA C-3.** Datos de pH registrado en el paté final realizado

**TABLA C-4.** Datos de acidez registrada en el paté final realizado

**TABLA C-5.** Resultados fracción líquida half hour blotter test

**TABLA C-6.** Resultados Contaje Coliformes totales

**TABLA C-7.** Resultados Microbiológicos del mejor tratamiento a los 21 días

**TABLA C-8.** Cálculo tiempo de vida útil

## **ANEXO D: RESPUESTAS EXPERIMENTALES PARA PROPIEDADES REOLÓGICAS**

**TABLA D-1.** Valores de porcentaje de lectura (%fs) en el viscosímetro rotacional Brookfield en los tratamientos resultantes de paté de champiñones.

**TABLA D-2.** Valores viscosidad aparente  $\eta_f$  [Pa.s] de paté de champiñones.

**TABLA D-3.** Valores de esfuerzo de cizalla  $\tau$  [Pa.] de paté de champiñones.

**TABLA D-4.** Valores de índice de comportamiento de flujo (n) e índice de consistencia (K) [Pa.s<sup>n</sup>] de paté de champiñones calculados según Alvarado, 1996

**TABLA D-5.** Valores de esfuerzo de fluencia determinados en paté de champiñones según el modelo de Casson

**TABLA D-6.** Valores de índice de comportamiento de flujo (n) e índice de consistencia (K) [Pa.s<sup>n</sup>] de paté de champiñones calculados según modelo Herschel-Bulkley (H-B).

**TABLA D-7.** Resumen valores finales índices reológicos para de paté de champiñones

## **ANEXO E: ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

### ***ANEXO E.1 ÍNDICE DE COMPORTAMIENTO DE FLUJO $n$***

**Tabla E.1.1.** Análisis de varianza del índice de comportamiento de flujo de paté de champiñones TIPO PSEUDOPLÁSTICO

**Tabla E.1.2.** Análisis de varianza del índice de comportamiento de flujo de paté de champiñones TIPO B-H

**Cuadro E-1.1.** Tukey para el factor A

**Cuadro E-1.2.** Tukey para el factor B

**Cuadro E-1.3.** Tukey para el factor C

**Cuadro E-1.4.** Tukey para la interacción AB

**Cuadro E-1.5.** Tukey para la interacción AC

**Cuadro E-1.6.** Tukey para la interacción ABC

### ***ANEXO E.2. ÍNDICE DE CONSISTENCIA $K$***

**Tabla E.2.1.** Análisis de varianza del índice de consistencia de paté de champiñones TIPO PSEUDOPLASTICO

**Tabla E.2.2.** Análisis de varianza del índice de consistencia de paté de champiñones TIPO Herschel- Bulkley (H-B)

- **Pruebas de Tukey para fluido tipo pseudoplastico**

**Cuadro E.2.1.** Tukey para el factor A

**Cuadro E.2.2** Tukey para el factor B

**Cuadro E.2.3.** Tukey para el factor C

**Cuadro E.2.4.** Tukey para la interacción AC

**Cuadro E.2.5.** Tukey para la interacción ABC

- **Pruebas de Tukey para fluido tipo *Herschel- Bulkley (H-B)***

**Cuadro E-2.6.** Tukey para el factor A

**Cuadro E-2.7.** Tukey para el factor C

**Cuadro E-2.8.** Tukey para la interacción AB

**Cuadro E-2.9.** Tukey para la interacción AC

**Cuadro E-2.10.** Tukey para la interacción ABC

### **ANEXO E-3. *ESFUERZO DE FLUENCIA* (c)**

**Tabla E.3.1.** Análisis de varianza para el esfuerzo de fluencia de paté de champiñones

**Cuadro E.3.1.** Tukey para el factor A

**Cuadro E.3.2.** Tukey para el factor B

**Cuadro E.3.3.** Tukey para el factor C

**Cuadro E.3.4.** Tukey para la interacción AB

**Cuadro E.3.5.** Tukey para la interacción AC

**Cuadro E.3.6.** Tukey para la interacción ABC

### **ANEXO E4. *pH***

**Tabla E.4.1.** Análisis de varianza de pH de paté de champiñones

### **ANEXO E.5. *ACIDEZ***

**Tabla E.5.1.** Análisis de varianza de acidez de paté de champiñones

## **ANEXO F: GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS DATOS**

**Gráfico F- 1.** Comportamiento no newtoniano para paté de champiñón.

**Grafico F-2.** Relación entre esfuerzo de cizallamiento ( $\tau$ ) y velocidad de deformación en cizallamiento ( $\dot{\gamma}$ ) en paté de champiñones. Determinación de tixotropía: A: Ciclo ascendente y D: ciclo descendente

**FIGURA 1.** Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] ascendente en el tratamiento A0B0C0 (0%) en paté de champiñones

**FIGURA 2.** Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] descendente en el tratamiento A0B0C0 (0%) en paté de champiñones

**FIGURA 3.** Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de

deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A1B0C0 (Almidón nativo 3%) en paté de champiñones

**FIGURA 4.** Relación existente entre log viscosidad aparente  $[n_F]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  descendente en el tratamiento A1B0C0 (Almidón nativo 3%) en paté de champiñones

**FIGURA 5.** Relación existente entre log viscosidad aparente  $[n_F]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A0B1C0 (Almidón modificado 3,5%) en paté de champiñones

**FIGURA 6.** Relación existente entre log viscosidad aparente  $[n_F]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  descendente en el tratamiento A0B1C0 (Almidón modificado 3,5%) en paté de champiñones

**FIGURA 7.** Relación existente entre log viscosidad aparente  $[n_F]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A1B1C0 (Almidón nativo 3%, Almidón modificado 3,5%) en paté de champiñones

**FIGURA 8.** Relación existente entre log viscosidad aparente  $[n_F]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  descendente en el tratamiento A1B1C0 (Almidón nativo 3%, Almidón modificado 3,5%) en paté de champiñones

**FIGURA 9.** Relación existente entre log viscosidad aparente  $[n_F]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A0B0C1 (Goma Xhantan) en paté de champiñones

**FIGURA 10.** Relación existente entre log viscosidad aparente  $[n_F]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  descendente en el tratamiento A0B0C1 (Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones

**FIGURA 11.** Relación existente entre log viscosidad aparente  $[n_F]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A1B0C1 (Almidón nativo 3%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones

**FIGURA 12.** Relación existente entre log viscosidad aparente  $[n_F]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  descendente en el tratamiento A1B0C1 (Almidón nativo 3%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones

**FIGURA 13.** Relación existente entre log viscosidad aparente  $[n_F]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A0B1C1 (Almidón modificado 3,5%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones

**FIGURA 14.** Relación existente entre log viscosidad aparente  $[\eta_F]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  descendente en el tratamiento A0B1C1 (Almidón modificado 3,5%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones

**FIGURA 15.** Relación existente entre log viscosidad aparente  $[\eta_F]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A1B1C1 (Almidón nativo 3%, Almidón modificado 3,5%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones

**FIGURA 16.** Relación existente entre log viscosidad aparente  $[\eta_F]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  descendente en el tratamiento A1B1C1 (Almidón nativo 3%, Almidón modificado 3,5%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones

**FIGURA 17.** Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau - \tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  en el tratamiento A0B0C0 (0%) en paté de champiñones

**FIGURA 18.** Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau - \tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A1B0C0 (Almidón nativo 3%) en paté de champiñones

**FIGURA 19.** Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau - \tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A0B1C0 (Almidón modificado 3,5%) en paté de champiñones

**FIGURA 20.** Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau - \tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A1B1C0 (Almidón nativo 3%, Almidón modificado 3,5%) en paté de champiñones

**FIGURA 21.** Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau - \tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A0B0C1 (Goma Xhantan) en paté de champiñones

**FIGURA 22.** Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau - \tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A1B0C1 (Almidón nativo 3%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones

**FIGURA 23.** Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de



cizalla inicial  $[\tau-\tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A0B1C1 (Almidón modificado 3,5%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones

**FIGURA 24.** Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau-\tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A1B1C1 (Almidón nativo 3%, Almidón modificado 3,5%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones

**FIGURA 25.** Relación existente entre Esfuerzo de cizalla [Pa.] y Velocidad de Deformación [1/s] de los tratamientos A0B0C0, A1B0C0, A0B1C0 Y A1B1C0 en paté de champiñones

**FIGURA 26.** Relación existente entre Esfuerzo de cizalla [Pa.] y Velocidad de Deformación [1/s] de los tratamientos A0B0C1, A1B0C1, A0B1C1 Y A1B1C1 en paté de champiñones

## RESUMEN EJECUTIVO

Con el fin de comparar el comportamiento de paté de champiñones con adición de almidón nativo y modificado de maíz y goma xhantan en proporciones 3.0, 3.5, y 0.3% respectivamente, se calcularon los parámetros reológicos (índice de consistencia, índice de comportamiento de flujo y esfuerzo umbral) que se ajustaron a la Ley de la potencia y ecuación de Zuritz para viscosímetros rotacionales de cilindro simple, con valores de correlación cercanos a 1.

Los parámetros reológicos determinados en el producto establecieron que los hidrocoloides incrementan el índice de consistencia provocando geles más fuertes, y mayor solidificación. En el caso del índice de comportamiento resultó para todos los casos menores a 1 mostrando pseudoplasticidad, siendo mayor en el tratamiento 8, y disminuyendo en las muestras sin presencia de hidrocoloides en su estructura.

Se determinó al paté de champiñones como un fluido pseudoplástico de comportamiento mixto considerando el umbral de fluencia necesitado para que fluya. La tixotropía es demostrada mediante gráficos con datos de ida y vuelta mostrando la variación de cantidades aunque de manera no significativa.

Se realizaron pruebas para determinar la sinéresis en la muestra, considerando este parámetro se encontró el mejor tratamiento, al que se realizó pruebas microbiológicas para por medio de ecuaciones de primer grado encontrar el tiempo de vida útil para el producto final.

**Palabras Claves:** hidrocoloides, paté de champiñones, reología.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.5. TEMA DE INVESTIGACIÓN

La comparación de almidón nativo y modificado de maíz (*Zea mays*) y goma xanthan en el comportamiento reológico de paté de champiñones (*Agaricus bisporus*).

### 1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.6.1. Contextualización

##### 1.6.1.1. Contextualización macro:

Muchas son las teorías dadas sobre el lugar de inicio del cultivo comercial de los setas, pero la más generalizada es la que tiene como origen las cercanías de París, Francia. En la Francia de Luis XIV, la gran sagacidad del jardinero de la corte, Olivier de Serres, y los grandes conocimientos del científico botánico Tournefort habían permitido realizar lo que puede considerarse como el primer cultivo protegido de la historia, citado por Pacioni (1990).

A nivel mundial, la producción y consumo de setas cultivadas es más diversificada. El champiñón, originalmente de cultivo europeo se ha extendido por todo el mundo y

estabilizado en Europa, mientras que las setas “exóticas”, normalmente de origen asiático, tienen una fuerte tendencia a aumentar su consumo en todo el mundo. La especie *Lentinus edodes* (Shii-take) se consume ya en casi todo el mundo igual que el *Pleurotus ostreatus* (Sierra y col., 2002).

Estos sistemas productivos eran considerados extensivos, dado que en el caso del Champiñón se recolectaba del estiércol de caballo (sustrato natural de la especie) y se lo acondicionaba en graneros, dejando librado su ciclo productivo a las condiciones climáticas reinantes (Rodríguez, 2005).

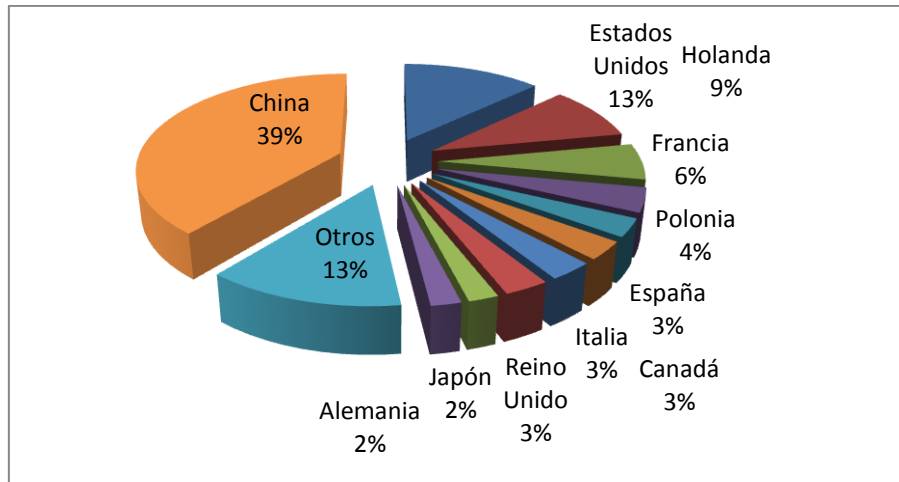
**Cuadro 1. Producción de setas y hongos por continentes 1990-2002 (TON)**

	1990	1995	1999	2000	2001	2002	Crecimiento Anual 95-02%
<b>Mundo</b>	1763,7	2060,4	2391,8	2543,3	2710,8	2961,5	6,4
<b>Asia</b>	--	11,2	11	10,5	10,3	10,2	15,3
<b>Europa</b>	--	415,5	456,8	470,2	416,2	467	0,05
<b>América</b>	--	667,9	877,7	1004,7	1162,7	1442,7	0,83
<b>Oceanía</b>	--	926,9	1000,6	1010,3	1014,1	994	0,46
<b>África</b>	23,5	38,8	45,7	47,5	47,5	47,5	0

**Fuente:** Corporación Colombiana Internacional (2005)

**Elaboración:** Torres María

La especie *Agaricus* es consumida mayoritariamente en Europa, es cultivada en setenta y cuatro ciudades y las técnicas de cultivación de setas son las más avanzadas que para otras especies. Japón es actualmente el productor más grande de *Lentiuos* y *Flammulina*. *Volvariella* es familiar de todas del sudeste de Asia, y China el principal productor. El género *Pleurotus* esta ganando popularidad en Europa y Asia (Chang, 1999).



**Gráfico #1.** Participación en el volumen de la producción de setas y hongos, 2002

**Fuente:** Corporación Colombiana Internacional (2005)

Los principales productores mundiales de setas son China y Estados Unidos, con participaciones de 39% y 13%. respectivamente. Entre 1995 y el 2002, la producción de setas en China creció un 18% promedio anual, mientras que la de Estados Unidos solo se incrementó un 4%. El resto de la producción está concentrada en Japón, Alemania, Holanda, Francia, Polonia, España y Canadá, principalmente (Corporación Colombiana Internacional, 2005).

Considerando la elaboración de productos preparados, en Europa entre los platos más apetecidos se encuentra la butifarra y paté de setas, de gran sabor (Chang, 1999), de manera que dicha materia prima mejora notablemente la aceptabilidad de los productos finales.

### 1.2.1.2. Contextualización meso

En nuestro continente la producción comercial de este cultivo es poco conocido, a consecuencia de la falta de información, difusión y promoción, mientras que en países europeos este cultivo ha llegado a constituir empresas enormes, con avances tecnológicos verdaderamente impresionantes, siendo actualmente Holanda el país vanguardista tanto en la producción como en la transferencia de tecnología a muchos otros países (Fernández, 1994).

El cultivo de hongos en América comenzó en México central en 1933, seguido por Argentina 1941, Colombia 1950, Brasil 1951, Chile 1959, Guatemala 1960, Perú 1960, Ecuador 1967, Venezuela 1968, Costa Rica 1969 y Bolivia 1989 (Medina, 2006).

Estados Unidos y Canadá son los principales importadores de hongos en el mundo; los abastecedores de mayor importancia son China, Francia, Holanda y Corea del Sur, mientras que en el Grupo Andino Venezuela y Perú constituyen un mercado interesante que puede ser ampliado mediante la aplicación de una promoción adecuada, favoreciendo a la política arancelaria pactada.

En América solo tres tipos de especies son producidas *Agaricus bisporus/ bitorquis*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*, con lo cual además de satisfacer la demanda dentro del continente, varios géneros son exportados hacia continentes como el europeo y asiático (Chang, 1999).

El consumo de hongos en Latinoamérica resulta demasiado bajo, así en Chile a pesar de que la población aumenta vertiginosamente el consumo per cápita es de 70gr/año, a diferencia de países como Holanda donde por cápita se consume 7Kg/año.

### **1.2.1.3. Contextualización micro**

El cultivo de setas comestibles en Ecuador inició en 1967 en la empresa American Mushroom Corporation S.A. (AMCESA), la misma que liquidó sus operaciones en 1974 y comenzó a funcionar Kennet S.A.; que utiliza esporas exportadas de Pennsylvania y materia prima para el compost que se produce en regiones de la sierra ecuatoriana, principalmente las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha y Cotopaxi (<http://www.oas.org>, 2007).

La comercialización de champiñones se centra en tres empresas así, Invedelca acapara el 70% de participación del mercado ecuatoriano y llega con su producto a 27 ciudades, le sigue Kennet con el 27% y Chaval con el 3%. (Puente, 2009).

En Quito, la ONG “Maquita Cusunchic MCCH” y en Guaranda la empresa “El Salinerito” reciben hongos comestibles frescos recolectados por los miembros de las comunidades inscritas, donde se procede a su respectivo lavado y posterior secado en hornos tubulares, incrementando con esto el tiempo de vida útil, las posibilidades de exportación hacia Europa y siendo una notable fuente de ingresos.

La producción de champiñones en el Ecuador alcanza las 3,5 millones de libras al año y su uso promedio por persona es de 160 gramos cada 12 meses, considerando además que su consumo es bajo en comparación con el de los vecinos de la región, donde llega a los 400 gramos per cápita anuales (DIARIO HOY, 2005)

El consumo de setas en alimentos preparados es mínimo, además de que la oferta en el mercado tan solo estipula hongos crudos o en conserva. La mayor demanda de hongos se centra en las provincias de Pichincha, Guayas, El Oro, Los Ríos y Azuay, ya sea en fresco, encurtido o seco.

## **1.6.2. ANÁLISIS CRÍTICO**

### **1.6.2.1. Análisis crítico del problema, causas y efectos**

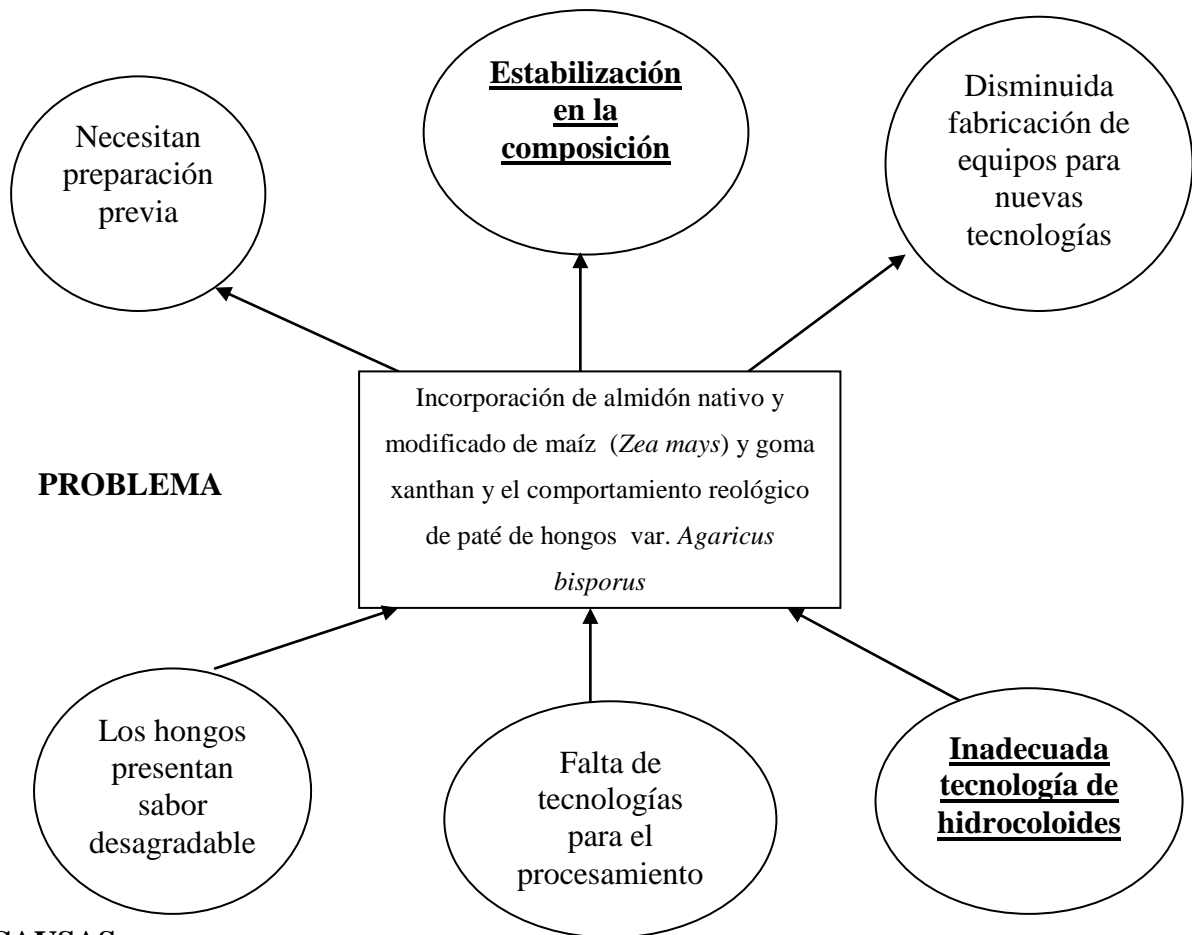
Como materia prima para la elaboración del paté se utilizó la seta *Agaricus bisporus* (champiñón), ya que existe poco empleo del mismo en productos terminados, optimizando así su uso para consumo humano.

La falta de conocimiento tecnológico no ha permitido desarrollar nuevas tecnologías para el proceso de industrialización de materias primas existentes en el país, debido a la deficiente exploración se continua con producciones tradicionales, permitiendo a partir de esta investigación obtener nuevas técnicas para mejorar la economía del país.

La principal limitación que enfrenta el aprovechamiento de champiñones en el Ecuador es la carencia de investigaciones sobre su utilización que, además de fresco o en conserva, no presenta una mayor gama de productos para la adquisición, ocasionando su poco empleo, la aceptabilidad de champiñones se muestra actualmente incrementada, lo que permite una nueva forma de utilización del producto al transformarlo en paté.

En nuestro país no es conocido extensamente el uso de champiñón, se prevé dar mayor variabilidad a los alimentos preparados con el presente estudio, que vincula nuevas formas para recurrir a este tipo de materias en la obtención de nuevos productos.

## EFFECTOS



## CAUSAS

Gráfico #2. Árbol de Problemas

Elaboración: Torres María



### **1.6.3. PROGNOSIS**

Considerando a las setas como agentes biológicos inocuos para la salud del ser humano, su rápida expansión, crecimiento y la baja cantidad de nutrientes necesarios para su desarrollo, presentan un mercado muy atractivo para la inversión, venta y consumo.

Los champiñones son poco aceptables debido al sabor desagradable presentado en el producto crudo, además últimos estudios intentan explicar la existencia de compuestos cancerígenos activos en los hongos crudos especie *Agaricus bisporus*, concluyendo que dicha sustancia aunque no puede ocasionar daños al ser consumida, fácilmente desaparece al preparar los hongos, incluso mejorando con esto la aceptabilidad final de los productos.

Se deberá buscar nuevas estrategias para la creación de productos que tengan estabilidad en la composición ya que la falta de estudios en la tecnología de hidrocoloides usada normalmente, provoca cambios de apariencia con el tiempo debido a la naturaleza propia de la formulación final.

Por último, al no resolver el problema las empresas que incursionan en nuevas tecnologías que, ante la falta de equipos y datos necesarios para la fabricación de productos, ocasionaría defectos posteriores, provocando quejas, demandas e incluso el cierre de las fábricas, bajaría la producción nacional y ganarían mercado compañías extranjeras que posean mejores tecnologías y productos finales con mayor estabilidad y sabores apetecibles.

### **1.6.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo influye la incorporación de almidón nativo y modificado de maíz (*Zea mays*) y goma xanthan en el comportamiento reológico de paté de champiñones (*Agaricus bisporus*) considerando la estabilización en la composición final del producto?

### 1.6.5. INTERROGANTES

- ¿La inadecuada tecnología de hidrocoloides en la producción de paté de hongos generará baja estabilización en la composición?
- ¿El sabor desagradable que presentan los champiñones en estado natural se eliminará con su preparación antes del consumo?
- ¿La falta de tecnologías para el procesamiento de champiñones en estado natural como materia prima provocaría disminuida fabricación de equipos para dichas tecnologías?

### 1.6.6. DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

**Campo Científico:** Investigación aplicada

**Área:** Fluidos

**Aspecto:** Hidrocoloides en paté de champiñones

**Delimitación Temporal:** La investigación se efectuó entre Junio y Octubre del 2011.

**Delimitación Espacial:** El presente trabajo de investigación se realizó en la Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos.

### 1.7. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial la población presenta deficiencias en el consumo de proteínas, siendo en nuestro país un problema de salud pública, considerando las bondades nutricionales de los hongos comestibles, con mayor contenido de proteínas que presentan ciertos vegetales y ricos en aminoácidos esenciales, se considera conveniente elaborar nuevos productos alimenticios a

partir del género *Agaricus bisporus*, que conserven sus propiedades nutricionales y permitan al ser humano beneficiarse de sus nutrientes.

Es conveniente aprovechar la producción existente de hongos comestibles poco explotada en productos de consumo rápido e instantáneo sin necesidad de preparaciones adicionales.

La presente investigación tiene una gran importancia en la industria alimentaria considerando el uso de materias primas nuevas para la elaboración de productos y la necesidad de datos que ayuden en el diseño de operaciones y maquinarias propias para cada tecnología.

## **1.8. OBJETIVOS**

### **1.8.1. Objetivo General**

- Comparar la adición de almidón nativo y modificado de maíz (*Zea mays*) y goma xanthan en el comportamiento reológico de paté de champiñones (*Agaricus bisporus*).

### **1.8.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar las materias primas (champiñones) para la realización de paté de setas.
- Ensayar los tipos y niveles de hidrocoloides en el diseño de paté de champiñones (*Agaricus bisporus*).
- Inferir el mejor tratamiento considerando las propiedades reológicas del producto final.

- Deducir la vida útil en el mejor tratamiento.
  
- Sugerir la utilización de hidrocoloides como nueva tecnología en la elaboración de paté de champiñones (*Agaricus bisporus*).

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Estudios delimitados en el desarrollo de productos a base hongos comestibles se encuentran pocos.

Así, Apolo M. y Ramos, M (2009) indican que la elaboración de productos con adición de hongos comestibles resulta totalmente factible, los hongos mejoran la textura y el sabor para finalmente apoyar en la parte física del producto mejorando su contextura final, señalan a la gelatina sin sabor 1,5% como atrapador de humedad que evita la sinéresis. Presentan además la formulación básica para la elaboración de paté de hongos considerando el de mayor aceptación en el panel de catadores y determinan un tiempo de vida útil en refrigeración de 37 días.

La mayoría de estudios sobre hongos comestibles se centran en la producción de estos y su recolección así:

Rivera A. y Paredes M. (2008) indican que la producción de hongos alimenticios variedad champiñones *Pleurotus sp*, presenta un porcentaje mayor (38%), con respecto a las otras especies pudiéndose con este tipo de hongo realizar varios tipos de alimentos, pero necesitándose estudios para otros géneros que permitan el consumo seguro de los productos finales ampliando los nichos de mercado y aumentando las posibilidades de venta.

Menéndez D. y Paredes M. (2008) indican que los hongos crecen en condiciones muy precarias, basta utilizar productos de desecho como mezclas de pseudotallo de banano y fruto de banano con aserrín para incrementar la materia orgánica, además se puede reutilizar el suelo para nuevos sembríos. Las setas producidas son conservadas en vinagre presentando una buena aceptación y recomiendan cálculos de vida útil para la conservación del producto en función del tiempo.

En cuanto a estudios de propiedades reológicas calculadas en productos existen tesis aplicadas sobre el método de determinación para dichos parámetros reológicos.

Peñañiel, M, Teneda, W. y Alvarado J. (1995) presentan datos con los valores correspondientes al comportamiento Bingham- pseudoplástico y pseudoplástico llenando el vacío existente sobre propiedades reológicas como punto base de control para el procesamiento de chocolate.

Ortega, F. y Alvarado J. (1995) indican que la viscosidad o fuerza de gel en los tubérculos contribuye en menor grado a las propiedades funcionales, pero si se desea obtener mayor tiempo de duración de los productos se puede emplear un hidrocoloide de carácter inocuo recomendando la goma xanthan en proporción 0.3.

Alvarado, J. (1996) presenta la aplicación de parámetros reológicos para caracterizar el flujo en pulpas de frutas calculando índice de consistencia, comportamiento de flujo y el valor

de energía de activación mediante el modelo de la ecuación de Arrhenius, demostrando dichos valores en diez y siete variedades de frutas existiendo diferencias significativas entre las muestras, denotando como dificultad el control de la heterogeneidad de éstas, tomado en cuenta factores como madurez, cosecha, tiempo y condiciones de transporte y almacenamiento de las frutas que finalmente influyen en estas características y se manifiestan en los parámetros presentados.

Naranjo W. y Alvarado, J, (2008) caracterizan miel de dos variedades de caña relacionando la viscosidad y los °Brix, verificando el comportamiento del fluido en el gráfico FS (%) vs N (rpm), donde la prolongación de la recta trazada por los puntos se aproxima al origen, caracterizándolo así como Newtoniano. Para finalmente basarse en modelos de líquidos newtonianos y el efecto de la temperatura entre 30°C y 70°C con coeficientes de correlación de 0,9665.

Pilamala A. y Alvarado, J, (2009) desarrollan jaleas de distintos tipos de frutas con adición de quitosano en su composición, el estudio reológico realizado muestra líquidos de tipo no newtoniano donde los índices de consistencia al adicionar quitosano tienden a ser inferiores comparados con las jaleas elaboradas con pectina; mientras que los valores del índice de comportamiento de flujo, menor a la unidad, indican que la adición de pectina o quitosano disminuye la pseudoplasticidad de las jaleas siendo este un valor útil para especificar las características de flujo del producto.

Otras entidades estudian específicamente esta clase de productos a base de champiñones e hidrocoloides, además profundizan en su comportamiento reológico así:

Zangrado, A. y col. (2004) estudian el comportamiento reológico de almidones de maíz y gomas xhantan y guar al incorporarlos en bases de aderezos para ensaladas comprobando que el almidón modificado mejora las características del producto así como la mezcla de gomas xhantan y guar incrementan la consistencia del mismo aumentando su pseudoplasticidad, pero concluyendo que la goma guar mejora notablemente todos estos parámetros.

Buchelli, M., (2005) elabora una pasta unttable a base de champiñones con la utilización de aceite 2.5% y vinagre 2.5%, caracteriza reológicamente al fluido como semisólido no newtoniano plástico de Bingham con un tiempo de vida útil de al menos cuatro semanas.

Rivadeneira, M., (2009) desarrolla un aderezo a base de champiñones, evitando el pardeamiento de la materia prima mediante escaldado a 100°C y sumergimiento de 3 minutos en salmuera al 33.3% y ácido ascórbico al 0.33%, además presenta datos propios del proceso de esterilización en la fase de calentamiento y finalmente caracteriza sus propiedades sensoriales dando una aceptabilidad positiva del 50% de catadores en la mejor formulación.

Es por ello necesario realizar investigaciones que profundicen el tema de diseño de productos terminados con setas aportando con la adquisición de parámetros experimentales que a futuro mejoren la tecnología final en producciones a nivel industrial.

## **2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

En la presente investigación se consideró un paradigma cuantitativo y positivista, los dos debido a que se enfocó exclusivamente en los investigadores y al centro de investigación donde la población no tiene que conocerlos ni discutirlos, de acuerdo con el trabajo realizado.

Además permitió explicar, predecir y controlar hechos que se presentaron, en la investigación, procurando buscar posibles problemas que sucederían en el mercado por la falta de productos competitivos, y la carencia de desarrollo de tecnologías para la elaboración de productos que se encuentran naturales en nuestro medio.



### **2.3. FUNDAMENTACIÓN SOCIOLÓGICA**

El perfil de investigación científica, fue diseñado para que se beneficie a las personas que es razón y fundamento de toda investigación, el ser humano necesita tener a su alcance nuevos elementos para su bienestar, es por ello que el trabajo planteado, por el champiñón uno de los cultivos menos aprovechados será tomado en cuenta para ayudar a los sectores que lo producen, darle un mejor uso y un aprovechamiento total a sus bondades.

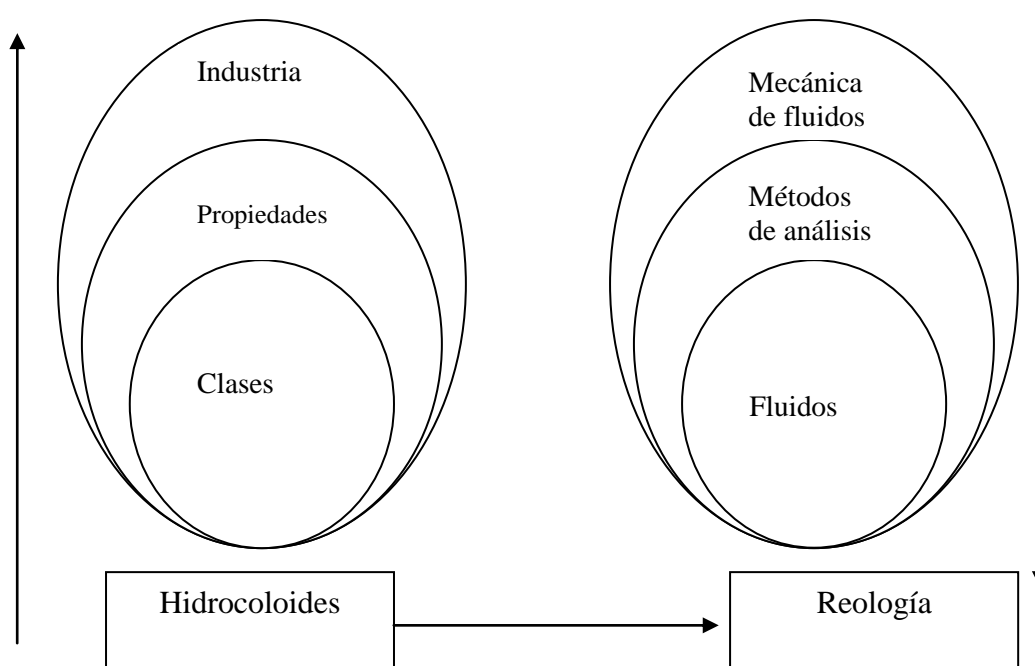
### **2.4. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

Se utilizaron las Normas:

- Norma CODEX STAN 38-1981. Norma general del codex para los hongos comestibles y sus subproductos.
- Norma NTE INEN 404 1979-01. Norma para conservas vegetales. Hongos. Requisitos
- Norma NTE INEN 1462 Norma General. Determinación de humedad.
- Norma NTE INEN 388 Conservas vegetales. Determinación de Extracto seco. Sólidos Totales.

### **2.5. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES**

El procedimiento tecnológico fue en conformidad al Gráfico #3.



**Grafico #3.** Categorías Fundamentales

**Elaboración:** María Torres

## MARCO CONCEPTUAL DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

### 2.5.1. UTILIZACIÓN DE HIDROCOLOIDES EN LA INDUSTRIA

La industria de procesamiento de alimentos, así como otras aplicaciones industriales, aprovecha los hidrocoloides por sus propiedades físicas, especialmente su viscosidad y su estructura coloidal (Pasquel, 2001).

La viscosidad de los hidrocoloides puede ser significativamente afectada por variables como la velocidad de deformación, temperatura, presión y tiempo de deformación. Cabe resaltar que el comportamiento viscoso de los productos es importante en muchas áreas de la tecnología de alimentos y puede convertirse en un factor significativo en determinados procesos, que se hacen más ineficientes a altas viscosidades (bombeo, agitación, mezclado, etc.) (Zangrado, A. y col., 2004).

A una gran variedad de alimentos como la mayonesa o la salsa ketchup, se les exige determinadas características de textura: untabilidad y flujo bajo pequeños esfuerzos, pero que mantengan su forma cuando están en reposo. Así, la viscosimetría es un importante componente de la calidad de alimentos fluidos y semifluidos (Garza, S, 1997).

## **2.5.2. PROPIEDADES**

Las propiedades específicas de los hidrocoloides son: mejorar la textura, inhibir la cristalización (hielo y azúcar), estabilizar emulsiones y espumas, suspender sólidos, reducir sinéresis y aumentar viscosidad, entre otros puntos.

Los hidrocoloides se agregan al producto a fin de aumentar la viscosidad de la solución que integra el sistema bifásico. Los productores en general eligen el tradicional almidón de maíz nativo debido principalmente a su bajo costo, teniendo como desventaja que una vez gelatinizado presenta el fenómeno de retrogradación y subsiguiente sinéresis con el transcurso del tiempo. Otros hidrocoloides, como las gomas guar y xantica pueden sustituir al almidón a nivel industrial ya que en menores concentraciones pueden brindar mayor consistencia a costos comparables y minimizar la sinéresis (Zangrado, A. y col., 2004).

## **2.5.3. CLASES**

### **2.5.3.1. Almidones**

El almidón constituye un excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos (Biliaderis, 1991). Su funcionalidad depende del peso molecular promedio de la amilosa y la amilopectina, así como de la organización molecular de estos glucanos del gránulo. (Bello, L, 2002).

#### **2.5.3.1.1. Nativos**

Los almidones nativos se obtienen a partir de las fuentes de cereales (a partir de grano o subproductos) conservando la estructura nativa del almidón, su utilidad consiste en que regulan y estabilizan la textura y por sus propiedades gelificantes y espesantes (**Yordi, E, 2004**).

Los almidones nativos se utilizan porque regulan y estabilizan la textura y por sus propiedades espesante y gelificantes. Sin embargo, la estructura nativa del almidón puede ser menos eficiente, ya que las condiciones del proceso (temperatura, pH y presión) reducen su uso en otras aplicaciones industriales, debido a la baja resistencia a esfuerzos de corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y sinéresis (Bello, L y col, 2002).

#### **2.5.3.1.2. Modificados**

Los almidones modificados como ingredientes especializados han jugado un papel muy significativo en la evolución de los alimentos procesados, de hecho, el desarrollo de los almidones modificados ha permitido el crecimiento de la industria de los alimentos. Los procesos que actualmente se utilizan y los productos que consumimos hoy en día serían inimaginables sin el uso de este tipo de almidón. (Industria alimentaria, 2008).

Ciertas limitaciones puede superarse modificando la estructura nativa por métodos químicos, físicos y enzimáticos, dando como resultado un almidón modificado; se incluye a los almidones hidroxipropilados, de enlaces cruzados y acetilados. Estos almidones generalmente muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, menor tendencia a la retrogradación y aumento en la estabilidad al congelamiento-deshielo (**Yordi, E, 2004**).

No obstante, para extender la utilización del almidón en aplicaciones industriales, se han desarrollado almidones granulares solubles en agua fría (AGSAF), los cuales confieren propiedades funcionales importantes a los productos alimenticios instantáneos, tales como una mayor viscosidad, textura suave y propiedades similares a las de los almidones pregelatinizados. (Pacheco, E. 2009)

Entre los almidones que tienen uso potencial como espesantes en salsas están los entrecruzados e hidrolizados ácidos o enzimáticos. Estas modificaciones, pueden tener aplicación en un sinnúmero de productos como: bebidas, confitados, sazonadores, postres, coberturas para pastel e inclusive en sopas y salsas. Específicamente en estos dos últimos actúan como proveedores de cuerpo e intensificadores de sabor. (Industrializadora de Maíz, 2001).

### **2.5.3.2. Gomas**

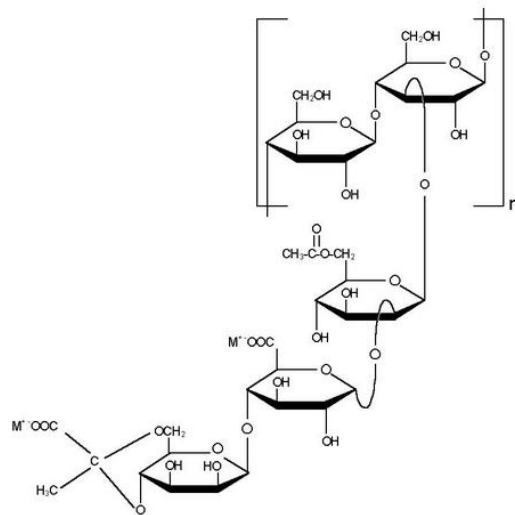
Las gomas pueden ser definidas en términos prácticos como moléculas de alto peso molecular con características o hidrofílicas o hidrofóbicas que, usualmente, tienen propiedades coloidales, con capacidad de producir geles al combinarse con el solvente apropiado.

Una goma puede ser definida en sentido amplio, como cualquier polisacárido soluble en agua, que puede ser extraído a partir de vegetales terrestres o marinos o de microorganismos, que poseen la capacidad, en solución, de incrementar la viscosidad y/o de formar geles

Entre las gomas utilizadas comúnmente en alimentos encontramos a los derivados de celulosa, goma guar, harina de algarrobo, carragenatos, xanthano, goma arábiga, pectinas, alginatos y en menor medida encontramos otros hidrocoloides como karaya y Agar (Pasquel, 2001).

#### **2.5.3.2.1. Goma xantana**

La molécula de xantano consta de una cadena principal de D-glucopiranosilo con enlace a 1-4, como en la celulosa. A la cadena se anexan cadenas laterales de trisacárido compuestas por residuos de D-manopiranosilo y de ácido D-glucopiranosilurónico. Se le asigna como fórmula promedio  $C_{32.34}H_{49.94}O_{28.34}Na_{1.38}$  (Wikipedia, 2011).



**Gráfico #4.** Estructura del xantano

Es uno de los polisacáridos más extensamente investigados. Tiene un peso molecular alto (1-2 millones) y se produce por la fermentación de un carbohidrato producido por la bacteria *Xanthomonas campestris*. Posteriormente se purifica y recupera con alcohol, se seca y muele (Sharma, B. 2011).

Sharma indica que la goma xantana es completamente soluble en agua caliente o fría, se hidrata rápidamente una vez dispersa y facilita la retención de agua produciendo soluciones altamente viscosas a baja concentración.

#### 2.5.3.2.1.1. Propiedades reológicas

La molécula de xantano tiene dos conformaciones, una de hélice y otra de cadena desordenada, dependiendo de la temperatura a la cual se realiza la disolución. Esto hace que la viscosidad de la soluciones dependa no solo de la temperatura a la cual se mide la viscosidad

sino también de la temperatura a la cual se disuelve el polisacárido. Las soluciones de xantano son estables respecto de la acción del calor en un amplio intervalo de temperaturas y su estabilidad aumenta con sales catiónicas mono y divalentes, la viscosidad es independiente del pH en presencia de sales a pH entre 1 y 13.

El comportamiento reológico de las soluciones de xantano ha sido descrito mediante la ecuación de Ostwald de Waele y la ecuación de Casson mostrando ambos modelos un excelente ajuste a los datos experimentales.

Su comportamiento reológico permite que la goma xantana contribuya a buenas cualidades sensoriales, incluyendo una sensación bucal y liberación del sabor en el alimento (<http://nanoquimica.awardspace.com/Xanth2.html>).

#### **2.5.4. HIDROCOLOIDES**

Las gomas o hidrocoloides son aquellas sustancias químicas que, por su propiedad hidrófila, actúan sobre la estructura, la consistencia y por consiguiente, sobre las propiedades funcionales de los alimentos (Baldesari, A., 2003).

El término hidrocoloide o goma empleado en la Industria Alimenticia, se refiere principalmente a polisacáridos y sus derivados de origen vegetal o microbiano que se pueden dispersar en agua fría o caliente para producir geles, dispersiones o soluciones viscosas a bajas concentraciones (Gomas Naturales S.A., 2009).

Los hidrocoloides (xantanos, carragenatos, pectinas, almidones y gelatinas) son usados ampliamente en alimentos debido a sus propiedades funcionales. Numerosos estudios se han llevado a cabo para analizar las características reológicas de los hidrocoloides individualmente o como integrantes de formulaciones alimentarias (Da Silva y Rao, 1997; White y col., 1993).

La selección de determinado hidrocoloide para ser aplicado en alimentos depende de varios factores entre los que destacan:

1. Las propiedades fisicoquímicas y funcionales requeridas.
2. Costos de las gomas y su impacto en el costo del producto final.
3. Certeza de un abasto constante.
4. Legislación e inocuidad de la goma.

#### **2.5.4.1. Aplicación**

Los hidrocoloides, tienen una amplia aplicación en la industria alimenticia gracias a su disponibilidad, sus costos accesibles y su inocuidad. Sus aplicaciones principalmente dependen de su funcionalidad y las propiedades que éstos imparten a los sistemas alimenticios ya sea en solución o a través de la formación de geles. (Gomas Naturales S.A., 2009)

#### **2.5.5. INGENIERÍA**

La Mecánica de Fluidos es parte de las ciencias físicas, y está especializada en el estudio del comportamiento de los fluidos en reposo y en movimiento. Un fluido es una sustancia que cambia su forma con relativa facilidad, los fluidos incluyen tanto a los líquidos, que cambian de forma pero no de volumen; como a los gases, que cambian fácilmente de forma y de volumen (Yzocupe, V., 2003).

La Ingeniería de Fluidos envuelve un amplio rango de aplicaciones que tienen en común la manipulación artificial de los fluidos en beneficio del hombre o del medio ambiente.

#### **2.5.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS**

##### **2.5.6.1. Viscosímetro Rotacional**

Es un instrumento constituido principalmente por dos partes: el rotor y el estator. El rotor es el cilindro externo que gira concéntricamente al estator simulando el movimiento relativo de placas cilíndricas paralelas (Bedoya, M, 2009).



El Viscosímetro rotacional proporciona lecturas diales,  $\theta N$ , para cada velocidad rotacional fijada,  $N$ . Estos son usados para calcular  $\tau_i$  y  $\gamma$ , los cuales a su vez son aplicados para hallar los parámetros reológicos.

#### **2.5.6.2. Viscosímetros Brookfield ®**

Instrumentos de medición y control de viscosidad, indispensables en el control de calidad de innumerables productos. Todos se suministran con certificado de fábrica, juego de agujas, instructivo, estuche y soporte. Todos los viscosímetros Brookfield utilizan el conocido principio de la viscosimetría rotacional; miden la viscosidad captando el par de torsión necesario para hacer girar a velocidad constante un husillo inmerso en la muestra de fluido. El par de torsión es proporcional a la resistencia viscosa sobre el eje sumergido, y en consecuencia, a la viscosidad del fluido. (<http://www.mopasa.com>)

- Son de fácil manejo e instalación, sin necesidad de un alto grado de conocimientos operativos.
- De gran versatilidad, cuentan con una amplia gama de viscosidades

### **MARCO CONCEPTUAL DE LA VARIABLE DEPENDIENTE**

#### **2.5.7. FLUIDOS**

Gratto (2002) manifiesta que la propiedad fundamental que caracteriza a los fluidos (líquidos y gases) es que carecen de rigidez y en consecuencia se deforman fácilmente. Por este motivo un fluido no tiene forma y diferentes porciones del mismo se pueden acomodar dentro del recipiente que lo contiene. En esto difieren de los sólidos, que en virtud de su rigidez tienen una forma definida, que sólo varía si se aplican fuerzas de considerable intensidad.

Regalado (2008) cita a McClements que indica la clasificación de los fluidos esta dada por las diferentes características reológicas que pueden ser descritas a través del uso de un viscosímetro

Mientras Bloomer define que los fluidos newtonianos poseen una relación lineal entre la magnitud del esfuerzo cortante aplicado ( $\tau$ ) y la velocidad de deformación ( $\dot{\gamma}$ ) resultante. Lo anterior indica una viscosidad ( $\mu$ ) constante a diferentes velocidades de corte; cuando no presentan tal característica, entonces se denominan fluidos no newtonianos y acorde a su dependencia con el tiempo se identifican como reopéctico o tixotrópico.

### **2.5.8. REOLOGÍA**

Palabra introducida por Eugene Bingham en 1929, al estudio de la deformación y el flujo de la materia, desde el punto de vista histórico el origen de la Reología se fija en la segunda mitad del siglo XVII, época en la que Robert Hooke e Isaac Newton dieron a conocer sus ideas acerca del sólido elástico y del fluido viscoso (Wikipedia, 2011).

Una definición más moderna expresa que la Reología es la ciencia de la deformación de la materia, se ocupa preferentemente de la deformación de los cuerpos aparentemente continuos y coherentes, pero con frecuencia trata también de la fricción entre sólidos, del flujo de polvos, e incluso de la reducción a partículas o molturaciones (Muller, 1973)

Alvarado (1996) indica que la reología es la ciencia de la deformación y flujo de materia, el comportamiento reológico de un fluido es caracterizado por la relación entre el esfuerzo de cizalla requerido para inducir una determinada velocidad de deformación de cizalla.

La reología es una parte de la mecánica de medios continuos. Una de las metas más importantes en reología es encontrar ecuaciones constitutivas para modelar el comportamiento de los materiales. Dichas ecuaciones son en general de carácter tensorial (Ramirez, J, 2006).

Las necesidades de conocer la reología en la industria de los alimentos son múltiples. Entre otras se pueden citar:

- Diseño de tuberías y selección de bombas
- Diseño y análisis de equipos de extrusión
- Selección y operación de equipos de mezclado
- Diseño y operación de cambiadores de calor
- Procesos en los que se realizan recubrimientos
- Selección de envases

### 2.5.8.1. Comportamiento reológico de fluidos

De acuerdo al comportamiento reológico los fluidos se dividen de la siguiente manera:

1. **Newtonianos**, hay proporcionalidad lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. La viscosidad newtoniana (Ec.1) es constante y no depende del esfuerzo cortante aplicado (Singh y Heldman, 1984; Osorio, 2001).

$$\mu = \frac{\tau}{\gamma} \text{ (Ec.1)}$$

Donde, ( $\tau$ ) es el esfuerzo cortante, ( $\mu$ ) es la viscosidad newtoniana y ( $\gamma$ ) es la velocidad de deformación de cizallamiento.

2. **No newtonianos**, no hay proporcionalidad lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. Algunos ejemplos de fluidos no newtonianos que se usan

comúnmente en la industria alimentaria son soluciones concentradas de macromoléculas (almidones, proteínas y gomas) y materiales coloidales como emulsiones, pastas o suspensiones (Muller, 1973). A su vez se dividen en:

**a) Independientes del tiempo:**

▪ **Sin esfuerzo umbral,**

**Pseudoplástico**, se produce una disminución de su viscosidad, y de su esfuerzo cortante, con la velocidad de deformación.

**Dilatantes**, se produce un aumento de su viscosidad, y de su esfuerzo cortante, con la velocidad de deformación.

▪ **Con esfuerzo umbral**

**Plásticos**, se comporta como un sólido hasta que sobrepasa un esfuerzo cortante mínimo (esfuerzo umbral) y a partir de dicho valor se comporta como un líquido.

**b) Dependientes del tiempo:**

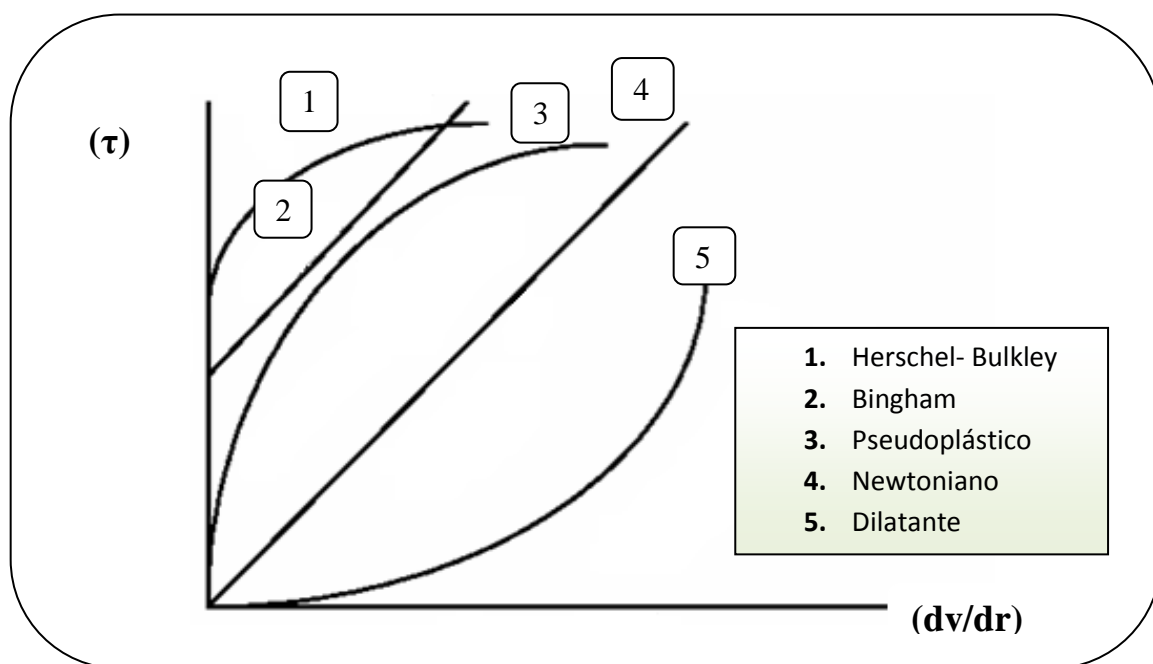
▪ **Tixotrópicos**, se produce una disminución de la viscosidad al aplicar un esfuerzo cortante y recupera su viscosidad inicial tras un tiempo de reposo.

▪ **Reopéticos**, se produce un aumento de la viscosidad al aplicar un esfuerzo cortante y recupera su viscosidad inicial tras un tiempo de reposo.

**3. Viscoelásticos**, se comportan como líquidos y sólidos, presentando propiedades de ambos, y con propiedades tanto viscosas como elásticas

### 2.5.8.2. Modelos reológicos para alimentos

Observando el comportamiento de diversos fluidos (independientes del tiempo) mostrados en la siguiente figura, se ha caracterizado el comportamiento reológico, proponiendo diversas ecuaciones que los reproducen.



**Gráfico #5.** Comportamiento tipo de fluidos en alimentos. Relación entre el esfuerzo cortante requerido para inducir el flujo a varias velocidades de corte.

**Fuente:** Ramírez, 2006

Alvarado (1996) cita a Gasparretto que propone una clasificación de los fluidos en tres grandes grupos. Fluidos que se comportan de manera independiente del tiempo cuando son sometidos a tensión; fluidos que son dependientes del tiempo y fluidos viscoelásticos. La clasificación es arbitraria, pues según a las condiciones un fluido puede presentar

características diferentes, los modelos son realizados de acuerdo al comportamiento independiente del tiempo.

### 2.5.8.3. Cálculo de parámetros reológicos

Rao, 1986. Indicó que un elevado número de los fluidos alimenticios no-newtonianos presentan un comportamiento pseudoplástico. Entre ellos: jugos concentrados de frutas, chocolate fundido, mostaza, crema de leche, huevo entero descongelado, clara de huevo, soluciones de goma a concentraciones altas, concentraciones proteicas, considerándose dentro de estos a los hidrocoloides. Steffe, 1992, reportó los datos del índice de consistencia y de índice de comportamiento al flujo, que lo caracterizan como fluidos pseudoplásticos (Alvarado, 1996).

Zuritz, 1995, explicó un método para determinar a los parámetros reológicos de productos pseudoplásticos, cuando se trabaja con viscosímetros rotacionales de cilindro simple, considerando los datos de la viscosidad aparente.

Para fluidos newtonianos la ecuación básica es:

$$\tau = -\mu(\gamma) \text{ Ec. 2}$$

Donde  $\tau$  es el esfuerzo de cizalla,  $\gamma$  es la velocidad de deformación en cizalla y  $\mu$  es la viscosidad. El esfuerzo de cizalla a una distancia radial  $r$  es definido por:

$$\tau = \frac{\Omega}{2\pi L r^2} \text{ Ec. 2.1}$$

Y la velocidad de deformación de cizalla por:

$$\gamma = r \left( \frac{dV}{dr} \right) \text{ Ec. 2.2}$$

$\Omega$  es el torque,  $L$  la longitud del cilindro y  $V$  es la velocidad angular. Por reemplazo se obtiene:

$$\left(\frac{dV}{dr}\right) = -\left(\frac{\Omega}{2\pi L\mu}\right) r^{-3} \text{ Ec. 2.3}$$

La integración realizada en la forma siguiente:

$$\int_0^{V_w} dV = -\left(\frac{\Omega}{2\pi L\mu}\right) \int_{\infty}^{R_w} r^{-3} (dr) \text{ Ec. 2.4}$$

Conduce a:

$$V_w = \left(\frac{\Omega}{4\pi L\mu}\right) \left[\left(\frac{1}{R_w^2}\right) - \left(\frac{1}{\infty}\right)\right] \text{ Ec. 2.5}$$

Como  $(1/\infty)=0$ , la ecuación anterior se simplifica a:

$$V_w = \left(\frac{\Omega}{2\mu}\right) \left(\frac{\Omega}{2\pi LR_w^2}\right) \text{ Ec. 2.6}$$

Que puede ser ordenada y por reemplazo de  $\tau$  definido por la ecuación (2.1.) se obtiene:

$$\mu(2V_w) = \left(\frac{\Omega}{2\pi LR_w^2}\right) = \tau_w \text{ Ec. 2.7}$$

Al comparar esta última ecuación con la ecuación (2), en la pared del cilindro ( $R_w$ ), la velocidad de cizalla corresponde a

$$\gamma_w = 2V_w \text{ Ec. 2.8}$$

Un procedimiento análogo hecho en la siguiente forma, para el caso de un fluido no-newtoniano, en forma específica pseudoplástico, lleva a:

$$\tau = -K(\gamma)^n \text{ Ec. 2.9}$$

$$\left(\frac{dV}{dR}\right) = -\left(\frac{\Omega}{2\pi LK}\right)^{\frac{1}{n}} r^{-\left[\frac{2}{n}+1\right]} \text{ Ec. 2.10.}$$

$$\int_0^{V_w} dV = -\left(\frac{\Omega}{2\pi LK}\right)^{\frac{1}{n}} \int_{\infty}^{R_w} r^{-\left[\frac{2}{n}+1\right]} (dr) \text{ Ec. 2.11.}$$

$$V_w = \left( \frac{\Omega}{2\pi LK} \right)^{\frac{1}{n}} \left( \frac{n}{2} \right) \left( \frac{1}{R_w^n} \right) \quad \text{Ec. 2.12.}$$

$$V_w = \left( \frac{n}{2} \right) \left( \frac{1}{K} \right)^{\frac{1}{n}} \left( \frac{\Omega}{2\pi L R_w^2} \right)^{\frac{1}{n}} \quad \text{Ec. 2.13}$$

$$K \left( \frac{2V_w}{n} \right)^n = \left( \frac{\Omega}{2\pi L R_w^2} \right) = \tau_w \quad \text{Ec. 2.14.}$$

$$\gamma_{ws} = \frac{2V_w}{n} \quad \text{Ec. 2.15.}$$

La comparación de las ecuaciones (2.8) y (2.15) indica que en un mismo instrumento, la velocidad de deformación será diferente en un fluido pseudoplástico con relación a un fluido newtoniano, por la inclusión del factor n.

Para un valor de esfuerzo de cizalla determinado, al igualar las ecuaciones (2) y (2.9), se obtiene:

$$\mu(\gamma_{1n}) = K(\gamma_{1s})^n \quad \text{Ec. 2.16.}$$

Si  $(\gamma_{1n}) = (\gamma_{1s})$ , en términos de la velocidad angular  $V = 2\pi N$ , para el caso de cilindro simple y considerando las ecuaciones (2.8) y (2.15).

$$4\pi N_n = \frac{4\pi N_s}{n} \quad \text{Ec. 2.17.}$$

La ecuación (2.16) puede ser escrita en la forma siguiente:

$$\mu_F(4\pi N_s) = K \left( \frac{4\pi N_s}{n} \right)^n = K(4\pi N_n)^n \quad \text{Ec. 2.18.}$$

En consecuencia:

$$\mu_F = K(4\pi N_n)^{n-1} \quad \text{Ec. 2.19.}$$



Utilizando logaritmos:

$$\log \mu_F = (n - 1) \log(4\pi N) + \log K \quad \text{Ec. 2.20.}$$

Un gráfico de  $\log(4\pi N/60)$  contra  $\log(\mu_F)$ , conduce a calcular  $n$  de la pendiente y del punto de corte en ordenadas  $K$  (Alvarado, 1996).

Es importante describir de manera adecuada el flujo de los fluidos por lo que se indica información acerca del esfuerzo de fluencia, siendo útil en trabajos de ingeniería para mejorar el cálculo de los factores de fricción en tuberías, García y Steffe, 1987, citados por Alvarado (1996).

Varios modelos son utilizados para cuantificar el esfuerzo mínimo de deformación de fluidos pseudoplásticos. Según Bourne, 1982, una ecuación ampliamente utilizada es la de Herschel- Bulkley (H-B) siendo posible determinar los parámetros con modelos tipos mixtos determinados:

$$\tau = K(\dot{\gamma})^n + c \quad \text{Ec. 3}$$

Donde  $\tau$  es el esfuerzo de cizalla [Pa],  $K$  índice de consistencia  $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ ,  $\dot{\gamma}$  es la velocidad de deformación en cizalla [1/s] y  $c$  es el esfuerzo requerido para iniciar el flujo o esfuerzo de fluencia [Pa].

Sttefe, 1992 presenta la forma de cálculo con la ecuación 3 que además de ser largo es poco exacto, es por esto que se considera el modelo de Casson, 1959 para calcular el valor del umbral de fluencia  $c$ :

$$(\tau_o)^{0,5} + K'(\dot{\gamma})^{0,5} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde  $\tau_o^{0,5}$  es el esfuerzo de cizalla inicial  $[\text{Pa}]^{0,5}$ ,  $K'$  índice de consistencia  $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ ,  $\dot{\gamma}^{0,5}$  es la velocidad de deformación en cizalla  $[1/\text{s}]^{0,5}$ .

El valor del esfuerzo mínimo de deformación puede ser calculado con la aplicación de la ecuación de Casson para su reemplazo en los otros modelos. El valor de la constante  $c$  está asociado con el valor del índice de consistencia, el mismo que al ser elevado al cuadrado es llamado viscosidad aparente límite o viscosidad de deformación infinita.

Prins y Bloksma (1983) advirtieron que las medidas reológicas en alimentos son complicadas por las razones siguientes: los alimentos en general son heterogéneos y constituyen sistemas de varias fases: consisten en componentes discretos como fibras, células, gotas de grasa, burbujas de aire y partículas de proteína, dispersos en una fase continua que en muchos casos es acuosa, pero también puede ser aceite. Por lo anterior, la muestra que se utiliza en las determinaciones debe ser relativamente grande para superar el problema de heterogeneidad. El comportamiento reológico de los alimentos en general no es lineal, como consecuencia las determinaciones se deben realizar en las mismas condiciones de tensión, velocidad de deformación y duración para que sean reproducibles y comparables. Las propiedades reológicas de alimentos, en general dependen de la historia de preparación de la muestra y de las condiciones de deformación a las que son sometidos.

## **2.6. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

**Ho:** no influye la adición de hidrocoloides sobre el comportamiento reológico de paté de hongos

**Hi:** influye la adición de hidrocoloides sobre el comportamiento reológico de paté de hongos

## **2.7. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

**Variable Independiente:** Almidón nativo y modificado de maíz (*Zea mays*) y goma xanthan

**Variable Dependiente:** Comportamiento reológico

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. ENFOQUE**

El trabajo investigativo propuesto tiene el enfoque constructivista, con un criterio de juicio crítico y propositivo, los conocimientos en la investigaciones fruto de la revisión bibliográfica de la autora, tiene juicio crítico por que se refleja el nivel de conocimiento adquirido en los diferentes semestres que oferta la facultad y es propositivo porque se registra una solución al problema.

Además se toma en cuenta el enfoque cuantitativo, desarrollándose un plan definido para alcanzar la hipótesis planteada, la recolección de datos como preámbulo de determinación del problema y los resultados obtenidos mediante la experimentación serán medidos de manera estadística logrando determinar sus respectivas conclusiones (Torreblanca, 2000).

Se buscaron las mejores características para el fluido tipo necesarias para estos productos de acuerdo a las proporciones de hidrocoloides finales empleadas en el producto. La metodología fue descrita de manera que su uso pueda ser posible en nuevas investigaciones.

#### **3.2. MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN**

El trabajo tuvo sustento bibliográfico- documental y experimental (Leiva, 1999):

### **3.2.1. Documental Bibliográfica**

El trabajo se apoyó de análisis teóricos contextuales y fuentes de investigación (libros, revistas, periódicos).

### **3.2.2. Experimental**

Los tratamientos dados a cada variable dependieron del investigador, provocando los cambios que el mismo desee de la manera más estrictamente posible, ayudando así a la comprobación de la hipótesis inicialmente planteada.

### **3.2.3. Descriptiva**

El trabajo escrito presenta todo el planeamiento y ejecución del experimento de manera que sea aplicable posteriormente para la ejecución de nuevas investigaciones.

## **3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El presente tema de investigación se fundamentó en la utilización de los métodos deductivo, analítico, experimental y el nivel de investigación netamente exploratorio

Es explorativa porque permitió desarrollar temas nuevos o desconocidos para su próxima aplicación, será descriptiva porque se desarrollará ampliamente criterios y contenidos de acuerdo a los datos obtenidos finalmente (Gutiérrez, 1999).

Se llega al nivel de lograr una asociación de las variables puestas en estudio ya que de esta manera se pretende obtener un paté de champiñones de buena estabilidad mediante la incorporación de hidrocoloides.

## **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.4.1. Diseño Experimental**

El propósito del proyecto fue estudiar el efecto de la incorporación de hidrocoloides (almidón nativo y modificado de maíz (*Zea mays*) y goma xanthan) en el comportamiento reológico de paté de champiñones.

Se consideró como variable el uso de hidrocoloides en distintos porcentajes usados sobre el paté de champiñones (*Agaricus bisporus*). Cada tratamiento se lo realizó por triplicado de acuerdo con las proporciones iniciales señaladas.

Se aplicó un diseño experimental 2<sup>n</sup> siendo los factores cada tipo de hidrocoloide usado y los niveles el porcentaje añadido.

### **3.4.2. Respuestas experimentales**

Se tuvo como respuestas experimentales los datos calculados partiendo de las mediciones realizadas en el viscosímetro Brookfield.

- %FE
- Viscosidad aparente
- Esfuerzo de cizallamiento
- Índice de consistencia
- Índice de comportamiento de flujo
- Esfuerzo de cizalla inicial
- Índice de consistencia prima
- Esfuerzo de fluencia

### **3.4.3. Factores de estudio**

Los factores de estudio fueron:

- Hidrocoloide
  1. Almidón nativo de maíz
  2. Almidón modificado de maíz
  3. Goma Xanthan
  
- Porcentaje (m/m) de hidrocoloide usado, los porcentajes propuestos se consideraron tomando en cuenta el límite superior e inferior de las normas establecidas así: Almidón nativo de maíz ( $\leq 3,0\%$ ) de acuerdo a lo reportado por la Norma CODEX STAN 38-1981, almidón modificado de maíz ( $\leq 3,5\%$ ) por lo indicado por Giménez, 2010 y goma xanthan ( $\leq 0,3\%$ ) con lo anunciado en la Guía de Prácticas de Manufactura para Conservas Vegetales, 2002.

**Cuadro 3. Detalle del diseño 2<sup>n</sup>**

VARIABLE	NIVEL BAJO (-)	NIVEL ALTO(+)
Almidón nativo de maíz (A)	0	3,0
Almidón modificado de maíz (B)	0	3,5
Goma Xanthan (C)	0	0,3

**Elaboración:** Torres María

Se usó la siguiente matriz para el diseño:

**Matriz del diseño 2<sup>n</sup>**

Efecto Factorial	Combinación de Factores							
	(1)	a	b	ab	c	ac	bc	abc
I	+	+	+	+	+	+	+	+
A	-	+	-	+	-	+	-	+
B	-	-	+	+	-	-	+	+
AB	+	-	-	+	+	-	-	+
C	-	-	-	-	+	+	+	+
AC	+	-	+	-	-	+	-	+
BC	+	+	-	-	-	-	+	+
ABC	-	+	+	-	+	-	-	+

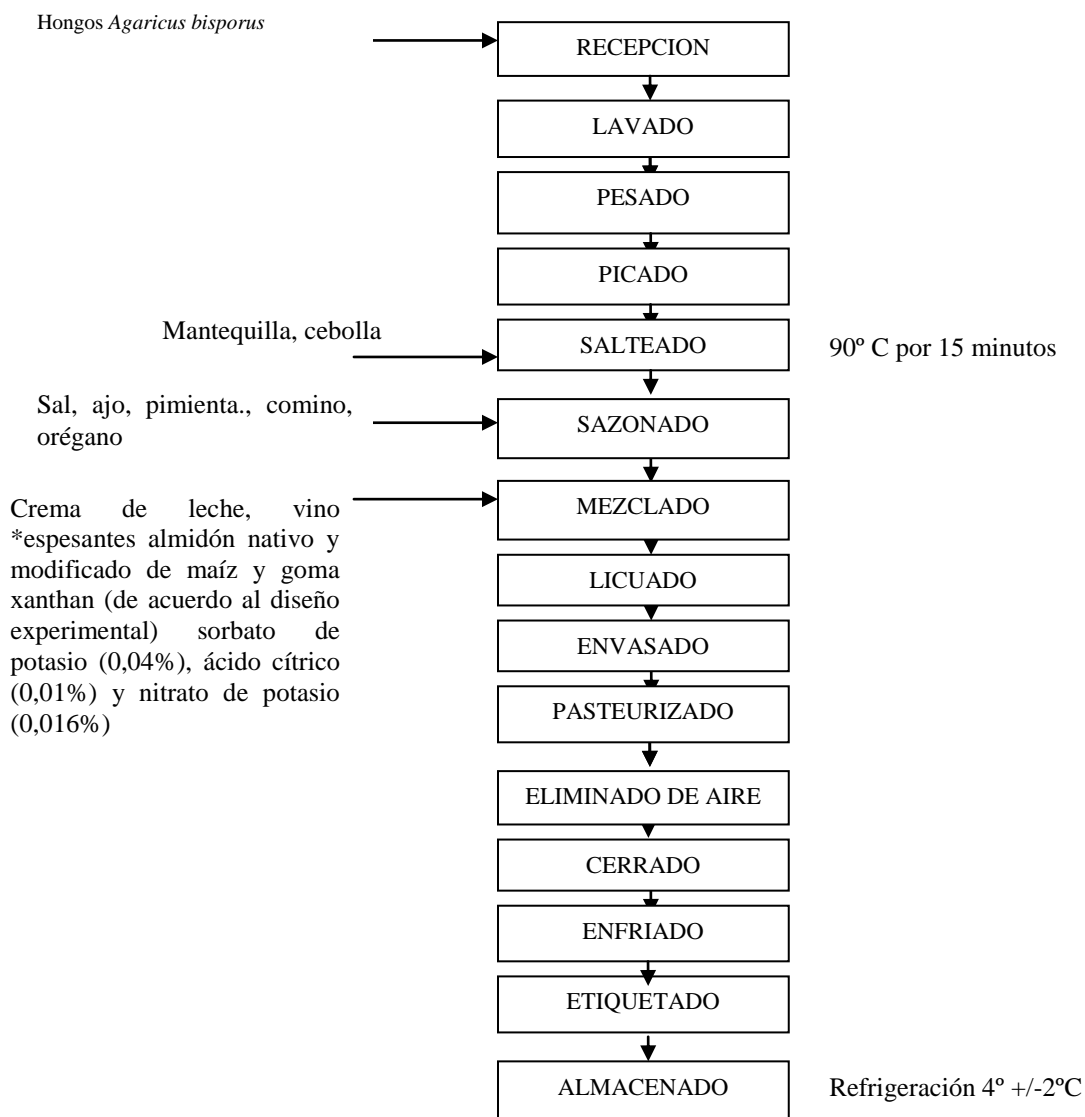
**Elaboración:** Torres María

### 3.4.4. Muestra

De acuerdo al diseño experimental planteado se trabajó con 8 tratamientos y 2 réplicas, dando un total de 24 tratamientos que fueron analizados por medio de reogramas obtenidos a partir de datos dados por el viscosímetro tipo Brookfield.

#### a. METODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

##### i. METODOLOGÍA PARA ELABORACIÓN DE PATÉ



\* Obtenidos en Químicos INTEQ- Ambato de acuerdo a fichas técnicas Anexo A-10

**Gráfico #6.** Diagrama de flujo de elaboración de paté de champiñones (*Agaricus bisporus*)

**Elaboración:** Torres María

De acuerdo al Gráfico #6:

### 3.5.1.1. Recepción de la materia prima

En la recepción de materia prima se tomó en cuenta factores que inciden en la calidad del producto final como es el transporte en frío. Se consideró el aspecto físico y organoléptico como sabor, color y apariencia de los hongos. Una vez recibido el producto se almacenó en refrigeración para garantizar su calidad.

### 3.5.1.2. Selección

Se seleccionó las setas que presenten mejores características organolépticas, los defectuosos se eliminaron ya que pueden alterar el producto final.

### 3.5.1.3. Pesado

Se pesaron las setas, ingredientes, espesantes y conservantes, cada uno por separado. En el Cuadro 2 se presenta la formulación para la elaboración de hongos, de acuerdo a lo citado por German (2007), donde los porcentajes (%) de cada uno de los ingredientes serán tabulados con respecto a su peso total.

**Cuadro 2. Formulación (%) para elaborar paté de hongos**

<b>Ingredientes</b>	<b>Porcentaje (%) en peso</b>
Champiñones	68,81
Cebolla	2,29
Crema de leche	11,47
Vino	11,47
Perejil picado	0,92
Mantequilla	3,44
Pimienta	0,23
Sal	0,23

**Fuente:** German, 2007

**Elaboración:** Torres María



#### **3.5.1.4. Lavado**

Esta operación tuvo por objetivo remover o retirar partículas contaminantes adheridas a la materia prima. Se lavaron las setas *Agaricus bisporus* y la cebolla con agua potable, y se secaron.

#### **3.5.1.5. Picado**

Se procedió a picar en trozos muy finos, los champiñones y los ingredientes como cebolla utilizando un cuchillo de cocina.

#### **3.5.1.6. Salteado**

A los champiñones picados, se agregó la mantequilla y el resto de ingredientes, en una sartén y se calentó a 90°C durante 15 minutos hasta eliminar casi en su totalidad el agua contenida en las setas.

#### **3.5.1.7. Sazonado**

A continuación, se adicionó sal y los demás condimentos, como pimienta sobre el producto para acentuar el sabor y el olor.

#### **3.5.1.8. Mezclado**

Las setas cocidas y sazonadas se colocaron en un recipiente, luego se adicionó la crema de leche, el vino y se mezclaron.

#### **3.5.1.9. Licuado**

Una vez mezclado, se procedió a licuar la mezcla, adicionando el espesante (almidón de maíz nativo, modificado y goma xanthan) y conservantes: Sorbato de potasio al 0.05%, ácido

cítrico al 0.01% y nitrito de potasio 0.016%, todo previamente pesado y diluido. Esto se repitió con el resto de espesantes, de acuerdo con la formulación indicada en el diseño experimental.

#### **3.5.1.10. Envasado**

El envase se realizó en recipientes de vidrio previamente esterilizados con sus correspondientes tapas, para mantener la calidad del producto, lo anterior permitió controlar la contaminación microbiana. Este es un punto crítico del proceso de elaboración, ya que la incorrecta manipulación del producto puede provocar la contaminación microbiológica del mismo.

#### **3.5.1.11. Pasteurizado**

El propósito de la pasteurización fue reducir la carga microbiana que pudo haber ingresado a través de las operaciones posteriores al salteado. El pasteurizado fue un tratamiento térmico de pasteurización a 85°C por un tiempo de 30 minutos. El tiempo de pasteurización se contó a partir de que el producto alcance la temperatura de 85°C en el punto frío, para esta operación al producto envasado se lo colocó en un recipiente con agua hirviente.

#### **3.5.1.12. Eliminación de aire**

La finalidad de eliminar el aire del producto es el de disminuir la concentración de oxígeno, para evitar el crecimiento de microorganismos aerobios y la oxidación del producto, para esto al producto se lo colocó en agua caliente y se mantuvo a 85°C por 30 minutos.

#### **3.5.1.13. Cerrado**

El cerrado del envase se realizó manualmente empleando tapas de cierre hermético, lo que facilita el doble cierre del producto.

#### **3.5.1.14. Enfriado**

Los envases cerrados se enfriaron con agua fría de la llave.

#### **3.5.1.15. Etiquetado**

El envase se etiquetó con una etiqueta que contiene el siguiente formato:

- Datos del fabricante
- Instrucciones de uso
- Fecha de fabricación
- Fecha de vencimiento

#### **3.5.1.16. Almacenado**

El producto fue almacenado a temperatura de refrigeración a  $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

### **ii. PROCEDIMIENTO EMPLEADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS**

Para la determinación de parámetros reológicos se utilizó un viscosímetro rotacional Brookfield LVTD acoplado con brazo protector y rotores cilíndricos LV; de acuerdo a la consistencia del paté las lecturas de %FS fueron registradas para el cálculo del esfuerzo de cizalla considerando aumento y disminución de la misma, el cálculo de viscosidad aparente fue realizado por los factores suministrados por la casa del fabricante, con la ecuación

detallada por Alvarado (1966), que por análisis de regresión se determina el índice de consistencia y el índice de comportamiento de flujo.

Todas las determinaciones para parámetros reológicos se hicieron a una temperatura de 30°C.

**TABLA 1. Factores de conversión y dimensiones de rotores en el Viscosímetro Brookfield**

<b>Velocidad de Deformación (RPM)</b>	<b>LV1</b>	<b>LV2</b>	<b>LV3</b>	<b>LV4</b>
0,3	200	1000	4000	20000
0,6	100	500	2000	10000
1,5	40	200	800	4000
3	20	100	400	2000
6	10	50	200	1000
12	5	25	100	500
30	2	10	40	200
60	1	5	20	100
<b>Longitud (m.)</b>	0,07493	0,06121	0,04846	0,03396
<b>Radio (m.)</b>	0,009421	0,005128	0,002941	0,001588
<b>Constante del Viscosímetro</b>	6,74E-05			

**Fuente:** Brookfield Engineering Laboratories Inc. (s.f.)

**TABLA 2. Rotores del Viscosímetro Brookfield empleados en paté de champiñones para cada tratamiento**

<b>TRATAMIENTO</b>	1	2	3	4	5	7	8
<b>ROTOR</b>	LV4	LV4	LV4	LV4	LV4	LV4	LV4

### 3.5.3. MÉTODO DE CÁLCULO PARA DETERMINAR PARÁMETROS REOLÓGICOS

**3.5.3.1. Velocidad de deformación ó cizalla.-** Es la variación de la velocidad de un elemento de fluido con relación a la variación de distancia.

$$\gamma = 4\pi N \quad (\text{Ec.5})$$

Donde  $\gamma$  es la velocidad de deformación o gradiente de deformación (1/s.) y N es número de revoluciones por minuto

$$N = \frac{n}{60} \quad (\text{Ec.6})$$

Donde N es el número de revoluciones por minuto y n es velocidad de rotación (rpm)

**3.5.3.2. Esfuerzo de corte ó cizalla.-** Es la fuerza por unidad de área necesaria para alcanzar una deformación.

$$\tau = \frac{\Omega}{2\pi LR_b^2} \quad (\text{Ec.7})$$

Donde  $\tau$  es el esfuerzo de cizallamiento o tensión de cizalla (Pa.),  $\Omega$  es el torque que corresponde al producto de la constante del viscosímetro por la lectura del viscosímetro expresada en forma decimal, L es la longitud del rotor (m.) y  $R_b$  es el Radio del rotor (m.)

**3.5.3.3. Viscosidad aparente o ficticia.-** Mide la facilidad que tiene una sustancia para fluir ante la aplicación de un esfuerzo cortante en determinadas condiciones. Resistencia que opone un fluido a ser deformado. En términos matemáticos es la relación de proporcionalidad entre el esfuerzo de corte y la tasa de corte No depende de las características del fluido, sino de las condiciones ambientales.

$$\eta_F = \frac{\%ES * F}{1000} \quad (\text{Ec.8})$$

Donde  $\eta_F$  es la Viscosidad Aparente o ficticia (Pa.s), %ES es el Porcentaje de Escala Total y F es el Factor de conversión que multiplica la lectura del viscosímetro.

**3.5.3.4. Punto de Cedencia (c):** Es el esfuerzo cortante mínimo requerido para que se dé la deformación del fluido. Representa el valor del esfuerzo de corte para una velocidad de deformación igual a cero. Su valor aumenta con el contenido de sólidos y disminuye con aumentos en el contenido de agua o dispersantes.

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

**3.5.3.6. Índice de Consistencia (K):** Caracterización numérica de la consistencia del fluido, es decir, es una medida indirecta de la viscosidad, pero sus unidades dependen de n. A medida que k aumenta el fluido se hace más espeso o viscoso.

**3.5.3.7. Parámetros reológicos.-** Se determinó según las ecuaciones de parámetros reológicos:

- Ecuación citada por Alvarado (1996)

$$\text{Log } \eta_F = (n - 1) \log(4\pi N) + \log K \quad (\text{Ec.9})$$

Donde N es el Número de Revoluciones por minuto,  $\eta_F$  es la Viscosidad Aparente o ficticia (Pa.s), K es el índice de consistencia y n es el índice de comportamiento de flujo (adimensional)

- Ecuación Herschel- Bulkley (H-B)

$$\tau = K(\dot{\gamma})^n + c$$

Donde  $\tau$  es el esfuerzo de cizalla [Pa], K índice de consistencia  $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ ,  $\dot{\gamma}$  es la velocidad de deformación en cizalla [1/s] y c es el esfuerzo requerido para iniciar el flujo o esfuerzo de fluencia [Pa].

- Ecuación de Casson, 1959:

$$(\tau_o)^{0,5} + K'(\dot{\gamma})^{0,5}$$

Donde  $\tau_o^{0,5}$  es el esfuerzo de cizalla inicial [Pa]<sup>0.5</sup>, K' índice de consistencia Pa.s<sup>n</sup>,  $\dot{\gamma}^{0,5}$  es la velocidad de deformación en cizalla [1/s]<sup>0.5</sup>.

Una vez corregidos todos los tratamientos y con las respuestas experimentales (parámetros reológicos) se realizaron pruebas de varianza y Tukey, por último se determinó el mejor tratamiento con el cual se realizó el análisis de vida útil tomando en cuenta el parámetro UFC respecto al tiempo.

#### **3.5.4. PROCEDIMIENTOS PARA LA DETERMINACIÓN PARÁMETROS EN MATERIA PRIMA Y PATÉ DE CHAMPIÑONES**

**3.5.4.1. Humedad:** Según Norma INEN 1462

**3.5.4.2. Sólidos Totales.-** Según Norma INEN 388

**3.5.4.3. pH.-** Mediante uso de potenciómetro.

**3.5.4.4. Acidez.-** Según norma Norma 381.

**3.5.4.5. Retención de líquido.-** Según manual de Bridge and Company printers and stationers.

**3.5.4.6. Recuento de coliformes totales.-** Guías de interpretación y fichas técnicas:

1. Placas Petrifilm para recuento de Coliformes,
2. Placas Petrifilm para recuento de Aeróbios Mesófilos

3. Placas Petrifilm para recuento de Mohos y Levaduras.

### 3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Variable independiente:**

Almidón nativo y modificado de maíz (*Zea mays*) y goma xanthan.

**Variable dependiente:**

Comportamiento reológico



**OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE:** Almidón nativo y modificado de maíz (*Zea mays*) y goma xanthan

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
La incorporación de almidón nativo y modificado de maíz ( <i>Zea mays</i> ) y goma xanthan	Caracterización de materias primas	<p>Análisis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Humedad</li> <li>▪ Sólidos totales</li> <li>▪ Organolépticos</li> </ul>	¿Cumplirán las materias primas las normas específicas de calidad inicial?	<p>Norma NTE INEN 1462</p> <p>Norma NTE INEN 0388</p> <p>Hoja de recepción de materia prima Anexo A-4.</p>
	Tipos y niveles de hidrocoloides	<p>Almidón nativo de maíz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0,0%</li> <li>▪ 3,0%</li> </ul> <p>Almidón modificado de maíz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0,0%</li> <li>▪ 3,5%</li> </ul> <p>Goma Xanthan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0.0%</li> <li>▪ 0.3%</li> </ul>	¿Serán el tipo y nivel de hidrocoloides necesarios para mantener las características del paté?	Balanzas

**Elaboración:** Torres María

## OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE:

### Comportamiento reológico

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El comportamiento reológico	Análisis reológico	Respuestas: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ %FE</li> <li>▪ Esfuerzo de cizalla</li> <li>▪ Índice de comportamiento de flujo</li> <li>▪ Índice de consistencia</li> <li>▪ Esfuerzo de fluencia</li> </ul>	¿Cambiará el comportamiento reológico de acuerdo a la formulación?	Hoja guía laboratorio Alvarado, 2010  Viscosímetro Brookfield
	Calidad del paté	Vida útil <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ UFC</li> </ul>	¿Tendrá buena calidad el paté con mejor comportamiento reológico?	Hoja guía laboratorio Alvarado, 2010

**Elaboración:** Torres María

### **3.7. PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

La información y datos para el presente estudio fueron recolectados con la utilización del Viscosímetro Brookfield, y reogramas que consideren el esfuerzo cortante vs la gradiente de velocidad calculados de acuerdo a las trayectorias de ida y vuelta dadas por el aparato de acuerdo a la variación descrita en los tratamientos. Se analizaron los efectos de la incorporación de hidrocoloides sobre las propiedades reológicas de las muestras de paté de hongos realizados.

### **3.8. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Para el procesamiento y análisis de información y datos se utilizó Word, Excel y Statgraphic Plus © en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos-UTA, con el fin de obtener los mejores resultados y comparar estadísticamente la existencia de diferencias entre los tratamientos.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Considerando el comportamiento reológico en paté se estudia al flujo de manera pseudoplástica tomando en cuenta la ecuación linealizada citada por Alvarado, 1996 y la ecuación Herschel- Bulkley (H-B) para el cálculo de valores de  $n$  y  $K$ ; además se presentan valores de esfuerzo de fluencia  $c$  calculado a través de la ecuación de potencia de Casson, 1959 considerando el caso de fluido de tipo mixto.

#### 4.10. Viscosidad aparente

La viscosidad aparente (Tabla D.2.) decrece cuando aumenta la gradiente de velocidad de deformación, comprobando así su comportamiento no-Newtoniano, donde por reorganización de la estructura molecular de la muestra da menor resistencia al flujo debido a los altos pesos moleculares de los hidrocoloides usados.

Se encuentra que los resultados más significativos para el análisis son el tratamiento 8 (3% almidón nativo, 3,5% almidón modificado y 0,3% goma xhantan), 6 (3% almidón nativo y 0,3% goma xhantan) y 7 (3,5% almidón modificado y 0,3% goma xhantan) que presentan valores altos, esto debido a la estructura reticular tridimensional provocada por la unión de moléculas de los hidrocoloides, no así el tratamiento 1 (testigo) y 2 (3% almidón nativo) que provocan debilitamiento en el paté sin favorecer la unión de moléculas y el descenso de untabilidad con el tiempo, sobre todo en el tratamiento 1 donde dicho parámetro disminuye de manera mayor.

Así, cuando se ocupan mayor cantidad de hidrocoloides la viscosidad tiende a aumentar considerando la velocidad de deformación presentada.

#### **4.11. Índice de comportamiento de flujo**

El parámetro indica el grado de desviación con relación al comportamiento newtoniano que presentan los fluidos, con valores menores a 1 existe mayor pseudoplasticidad.

##### **Fluido tipo pseudoplástico**

Los valores del índice de comportamiento de flujo son reportados en la tabla D-4, se observa que el tratamiento 8 (3% almidón nativo, 3.5% almidón modificado y 0.3% goma xantán), 4 (3% almidón nativo y 3,5% almidón modificado) y 3 (3,5% almidón modificado) incrementan la pseudoplasticidad, así se concluye que el uso de almidón modificado mejora la textura notablemente; no así los tratamientos 5 (0,3% goma xantán), 7 (3,5% almidón modificado y 0,3% goma xantán) y 6 (3% almidón nativo y 0,3% goma xantán) donde la pseudoplasticidad disminuye con datos: 0.23, 0.23 y 0.20 respectivamente, por lo tanto se comprueba que la adición de hidrocoloides aumenta la pseudoplasticidad, provocando un mejor orden en los componentes llevando el flujo hacia un comportamiento elástico.

En el análisis de varianza (Tabla E.1.1.) se determina la existencia de diferencia estadística significativa a un nivel  $\alpha = 0.05$  con referencia al hidrocoloide usado y además para las interacciones AB y AC.

Por las pruebas de diferenciación DMS y Tukey mediante los promedios se establece:

Con relación al factor A y B se tiene diferencia significativa entre los niveles, por lo que presenta influencia para el valor de índice de comportamiento de flujo, siendo mayor cuando se ocupa el nivel 0, caso contrario para el factor C que indica datos mayores en el nivel 1.

En cuanto las interacciones presentadas AB el índice de comportamiento de flujo se incrementa en el nivel 0 de los dos factores, y la interacción AC es mayor en el nivel 0 de almidón nativo y nivel 1 de goma xantán. De manera global las interacciones que presentan mayor índice de comportamiento son las que poseen la mezcla de almidón modificado con goma xantán y en la incorporación de goma xantán en nivel 1.

Finalmente se determina que al usar goma xantán se incrementa notablemente el índice de comportamiento de flujo con valores 0.227, mientras que este parámetro tiende a disminuir cuando ocupan los tres hidrocoloides en conjunto y la mezcla de almidón nativo y modificado con valores de 0.072 y 0.103.

#### **Fluido tipo Herschel- Bulkley (H-B)**

Según los valores del índice de comportamiento de flujo reportados en la tabla D-6 se observa que el tratamiento 3 (3,5% almidón modificado) y 1 (testigo) incrementan el parámetro analizado, así se concluye que el uso de almidón modificado disminuye la pseudoplasticidad, no así los tratamientos 2 (3% almidón nativo) y 6 (3% almidón nativo y 0,3% goma xantán) donde el parámetro disminuye siendo 0.48 y 0.56, respectivamente.

En el análisis de varianza (Tabla E.1.2.) no se determina la existencia de diferencia estadística significativa a un nivel  $\alpha= 0.05$  entre los niveles y factores de hidrocoloide utilizados.

#### **4.12. Índice de consistencia**

Los valores de índice de comportamiento de flujo indican cómo se interrelacionan los compuestos en el producto.

#### **Fluido tipo pseudoplástico**

En la tabla D-4 se reportan los valores de índice de consistencia, se observa que los tratamientos 8 (3% almidón nativo, 3.5% almidón modificado y 0.3% goma xantán), 6 (3% almidón nativo y 0,3% goma xantán) y 7 (3,5% almidón modificado y

0,3% goma xhantan ) presentan valores altos, así 115.5 Pa.s<sup>n</sup>, 106.02 Pas.<sup>n</sup> y 79.99 Pas.<sup>n</sup>, respectivamente; indicando que la goma xhantan incrementa la gelificación del producto además, cuando se utilizan todos los hidrocoloides resulta un sólido poco untable.

La mezcla de hidrocoloides tratamiento 4 (3% almidón nativo y 3,5% almidón modificado) y tratamiento 5 (0,3% goma xhantan) incrementaron el parámetro estudiado con valores de 72.87 Pas.<sup>n</sup> y 65.92 Pas.<sup>n</sup>, respectivamente; caso contrario sucede al adicionar 3% almidón nativo y la muestra testigo donde la consistencia disminuye siendo notoria la falta de untabilidad y gelificación del producto.

Aplicando el análisis estadístico para  $\alpha=0.05$  (Tabla E.2.1.) se establece que los factores A, B y C y la interacción AC influyen en el índice de consistencia; realizando pruebas de diferencia DMS y Tukey considerando los promedios se tiene:

Con referencia al factor A, B y C presentes en niveles 0 y 1 difieren significativamente entre sí, siendo el índice de consistencia mayor cuando se ocupa el nivel 1.

En el caso de la interacción AC, el valor es mayor cuando se ocupa el nivel 1 de almidón nativo y goma xhantan. De manera global presenta mayor valor la interacción A1B1C1, caso contrario sucede cuando se ocupa almidón nativo y la muestra testigo.

Finalmente se determina que al usar la mezcla de goma xhantan con almidón nativo y cuando se ocupan todos los hidrocoloides en nivel 1 se incrementa notablemente el índice de comportamiento de flujo con valores 106.023 Pas.<sup>n</sup>, y 115.502 Pas.<sup>n</sup>, mientras que este parámetro tiende a disminuir cuando se utiliza el almidón nativo y en la muestra testigo con valores de 47.085 Pas.<sup>n</sup> y 39.458 Pas.<sup>n</sup>.

### **Fluido tipo Herschel- Bulkley (H-B)**

En la tabla D-6 se reportan los valores de índice de comportamiento de flujo, se observa que los tratamientos 6 (3% almidón nativo y 0,3% goma xhantan) y 7 (3,5%

almidón modificado y 0,3% goma xhantan ) presentan valores altos así 228.59 Pa.s<sup>n</sup> y 115.91 Pas.<sup>n</sup>, respectivamente indicando que la goma xhantan incrementa la gelificación del producto.

La mezcla de hidrocoloides tratamiento 8 (3% almidón nativo, 3,5% almidón modificado y 0,3% goma xhantan) incrementaron el parámetro estudiado con valores de 70.93 Pas.<sup>n</sup>, caso contrario sucede al adicionar 3,5% almidón modificado que indica que la consistencia disminuye.

Aplicando el análisis estadístico para  $\alpha=0.05$  (Tabla E.2.2.) se establece que los factores A y C y las interacciones AB y AC influyen en el índice de consistencia, realizando pruebas de diferencia DMS y Tukey considerando los promedios se tiene:

Con referencia al factor A y C presentes en niveles 0 y 1 difieren significativamente entre sí, siendo el índice de consistencia mayor cuando se ocupa el nivel 1.

En el caso de la interacción AB el valor es mayor cuando se ocupa el nivel 1 de almidón nativo y nivel 0 de almidón modificado. Para la interacción AC el índice de consistencia es mayor cuando se utiliza almidón nativo con goma xhantan. De manera global presenta mayor valor la interacción A1B0C1, caso contrario sucede cuando se tiene almidón nativo y la mezcla de almidón nativo y modificado.

Finalmente se determina que al usar almidón nativo en mezcla se incrementa notablemente el índice de comportamiento de flujo con valores 255.193 Pas.<sup>n</sup>, y 113.1 Pas.<sup>n</sup>, mientras que este parámetro tiende a disminuir cuando ocupa el almidón modificado con valor de 0,61 Pas.<sup>n</sup>.

Para la comparación se propone valores en pulpa de níspero, una fruta con alta viscosidad, reportados por Andrade, R y Col, 2009 se encuentran en el rango 77,51 Pa\*s<sup>n</sup> a 129,19 Pa\*s<sup>n</sup>, considerando así que los datos encontrados para paté sumamente superiores están dentro de las limitaciones esperadas.

#### **4.13. Valores de correlación**



En la tabla Tabla D-7 se reporta el resumen de los valores finales para índices reológicos de paté de champiñones, observándose los valores según los modelos pseudoplástico, tipo mixto y modelo Herschel- Bulkley (H-B), encontrándose mayor correlación en el tipo pseudoplástico con valores cercanos a 1, no así en el modelo tipo mixto donde los valores tienden a disminuir y denotándose mayor descenso de correlación en el modelo *Herschel- Bulkley (H-B)*.

Se determina según los datos experimentales presentados al paté de champiñones, como un fluido pseudoplástico tipo mixto que necesita de un esfuerzo de fluencia  $c$  para comenzar su movimiento.

#### **4.14. Esfuerzo de fluencia ( $c$ )**

En la tabla D-5 se reportan los valores de esfuerzo de fluencia, este indica el esfuerzo requerido para iniciar el flujo o esfuerzo de fluencia, dependiendo precisamente de la composición, distribución y características de las partículas suspendidas. Los resultados presentados son directamente proporcionales a los datos de  $\tau_0$  en el modelo de la potencia de Casson.

Se encontró que los resultados más significativos para el análisis son el tratamiento 8 (3% almidón nativo, 3.5% almidón modificado y 0.3% goma xhantan) y 4 (3% almidón nativo y 3.5% almidón modificado) que incrementan el esfuerzo de fluencia, así se concluye que el uso de almidón modificado en mezclas incrementa la textura ocasionando geles más resistentes; mientras que el tratamiento 5 (0.3% goma xhantan), 3 (3.5% almidón modificado) y 7 (3.5% almidón modificado y 0.3% goma xhantan) presentan valores muy parecidos similares entre sí, 39.17 Pa., 37.36Pa. y 37.61Pa., respectivamente; no así, el tratamiento 1 (3% almidón nativo) y testigo donde el parámetro disminuye siendo 28.49 Pa y 27.61 Pa., respectivamente; por lo tanto se comprueba que la adición de goma xhantan y almidón modificado aumentan el esfuerzo de fluencia, provocando geles más resistentes que necesitan mayor esfuerzo para su movimiento.

En el análisis de varianza (Tabla E.3.1.) se determina la existencia de diferencia estadística significativa a un nivel  $\alpha= 0.05$  con referencia al hidrocoloide usado factor A, B y C y las interacción AB y AC.

Por las pruebas de diferenciación DMS y Tukey mediante los promedios se establece:

Con relación al factor A, B y C se tiene diferencia significativa entre los niveles por lo que presenta influencia significativa para esfuerzo de fluencia siendo mayor cuando se ocupa el nivel 1.

En cuanto a las interacciones presentadas AB y AC se incrementa el esfuerzo de fluencia en los niveles 1 de los dos factores. De manera global la interacción que presenta mayor índice de fluencia es la que posee nivel 1 de todos los hidrocoloides, seguido por la mezcla de almidón nativo y modificado en nivel 1.

Finalmente se determina que la mezcla de almidón nativo y modificado y la mezcla de todos los hidrocoloides incrementan considerablemente el esfuerzo de fluencia con valores 57.219 Pa., y 85.719 Pa., mientras que este parámetro tiende a disminuir cuando se ocupan solamente almidón nativo y la muestra testigo con valores de 30.567 Pa. y 27.614 Pa., respectivamente.

Considerando los valores de esfuerzo de fluencia presentados por Alvarado, 1996 para pulpas de banano en rangos de 14.923 a 23.858 a 30°C, se observa que los datos estimados para este parámetro en paté son superiores, indicando mayor fuerza requerida para que el producto inicie su flujo.

#### **4.15. Acidez y pH**

Los datos obtenidos para pH y acidez se reportan en las Tablas C-3 y C-4, donde el resultado corresponde al promedio de dos ensayos para cada tratamiento, observándose que se encuentran dentro de los rangos determinados en la norma INEN.

El análisis estadístico (Tabla E.4.1) muestra efecto similares para todos los tratamientos, es decir la adición de hidrocoloides no cambia el pH en el producto dependiendo de la formulación inicial, mientras que para la acidez (Tabla E.5.1.) existe diferencia significativa en el factor B y la interacción AC.

#### **4.16. Fracción líquida retenida**

De acuerdo con los resultados expuestos en la Tabla C-4 se aprecian los resultados obtenidos del método half hour blotter test que indica la sinéresis presentada en la muestra, se realiza por duplicado la determinación considerando los cuatro puntos cardinales y con el promedio de los mismos, resultando a mayor valor reportado existe mayor sinéresis de la muestra.

Se observa que los tratamientos 2 (3% almidón nativo) y 1 (testigo) presentan mayor sinéresis ya que no permanece el gel inquebrantable de manera general provocando su separación finalmente, a diferencia de los otros tratamientos que mantienen mejor el gel, cabe destacar el tratamiento 8 (3% almidón nativo, 3.5% almidón modificado y 0.3% goma xantán) donde sin embargo de que el valor es bajo, la muestra resulta demasiado espesa provocando una masa poco untable, a diferencia de la mezcla realizada en el tratamiento 6 ( 3.5% almidón modificado y 0.3% goma xantán) que mejora la característica evitando la sinéresis pero manteniendo la forma unttable característica.

#### **4.17. Tiempo de vida útil**

De acuerdo con los resultados de la Tabla C-6 se determina como microorganismo indicador a coliformes totales que presentan como límite  $1 \cdot 10^2$  ufc/gr, para el cálculo se ocupa la Tabla C-8, tomando el crecimiento de microorganismos de acuerdo a cinéticas de primer orden en el lapso de 3 semanas, obteniendo un tiempo de vida útil de 56 días, aún con características microbiológicamente aceptables.

La Tabla C-7 indica los contajes totales a los 21 días donde se determina que el producto presenta hasta este tiempo características microbiológicamente aceptables.

El crecimiento microbiológico resulta bajo debido a las condiciones de asepsia y adición de preservantes dados en la elaboración del producto, sin embargo el tiempo puede incrementarse con controles más exhaustivos en la cadena de producción descrita en el presente trabajo.

#### 4.18. Verificación de hipótesis

Las hipótesis planteadas fueron:

**Ho:** no influye la adición de hidrocoloides sobre el comportamiento reológico de paté de hongos

**Hi:** influye la adición de hidrocoloides sobre el comportamiento reológico de paté de hongos

**TABLA 3. Valores de F calculados para parámetros reológicos en paté de champiñones**

Parámetro	F Tablas	F calculado
Índice de comportamiento (n)	2,2490	38,214
Índice de consistencia (K)	2,2490	114,44
Esfuerzo de Fluencia (c)	2,657	29,099

**Elaboración:** Torres María

Se determinó que la adición de hidrocoloides en el paté de champiñones si influye en su comportamiento reológico a un nivel de significancia del 5%, como lo demuestra la Tabla 3, donde los valores de F de tablas son menores a los valores F de parámetros reológicos, rechazándose la hipótesis nula y aceptándose la alternativa.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

El modelo citado por Alvarado (1996), para fluidos no newtonianos tipo pseudoplásticos se ajusta satisfactoriamente a los datos experimentales obtenidos con todas las muestras considerando al paté de champiñones como un fluido pseudoplástico tipo mixto con la necesidad de esfuerzo de fluencia  $c$  para iniciar el flujo. En todas las muestras el índice de comportamiento de flujo  $n$  es menor que la unidad indicando un comportamiento pseudoplástico, se infiere que cuando en las muestras se reemplaza el almidón nativo por el modificado el coeficiente de consistencia aumenta notablemente. Cuando se incrementa la concentración de goma en las muestras para una misma concentración de un mismo tipo de almidón, el coeficiente de consistencia resulta superior, el almidón modificado mejora notablemente la consistencia de las formulaciones cuando se compara con el nativo. Así mismo el agregado de goma xhantan incrementa la consistencia en el paté. De manera general, un aumento en la concentración de goma incrementa el coeficiente de consistencia y disminuye el índice de flujo aumentando la pseudoplasticidad.

La materia prima para la realización del paté fue el champiñón, que presenta color característico blanco sin defectos, especialmente los aplastamientos que permiten pérdida de rendimiento final por desintegración de la materia prima. Los sólidos totales y humedad fueron parámetros fundamentales, con estos datos se podrá deducir

desperdicios posteriores, debido a que en el salteado se pierde la mayoría de humedad, necesiéndose materias en lo posible menos húmedas para incrementar los rendimientos finales.

Los tipos de hidrocoloides utilizados: almidón nativo y modificado de maíz (*Zea mays*) y goma xhantan son aptos para el alimento elaborado, los niveles se predisponen de acuerdo a normas establecidas para su uso, así en conservas vegetales se recomienda el uso de estos en proporciones 3.0, 3.5 y 0.3%, respectivamente, pudiéndose mezclar los mismos para una mejor consistencia en el paté o gelificación del mismo.

Para la elección del mejor tratamiento se eligió como prueba base la fracción líquida dada por el blotter test debido a que los parámetros reológicos dan una idea significativa de lo que ocurre con el fluido, pero se necesitó un prueba más específica que denote la falta o no de sinéresis en la muestra, siendo el que provoca menor sinéresis la mezcla de almidón nativo y almidón modificado de maíz que además de preservar la untosidad evita la descomposición del gel.

El tiempo de vida estimado para el paté realizado a temperatura de refrigeración 4°C es de 56 días, considerando al parámetro coliformes totales como el más significativo para este tipo de productos y con cuantificaciones microbiológicas dentro de los límites presentados para aerobios mesófilos, levaduras y hongos.

Se sugiere el uso de hidrocoloides en proporción 3,5% de almidón modificado de maíz y 0,3% de goma xhantan para la realización de paté de champiñones que permite conservar la untosidad y evitar la sinéresis en la muestra con relación al tiempo de almacén.

## **5.2. Recomendaciones**

- Utilizar otros tipos de hidrocoloides y verificar el comportamiento reológico con la opción de tener más datos para investigaciones futuras.

- Dar pretratamientos adicionales a los champiñones antes de su proceso debido a su fácil deterioro en ambientes húmedos, muchas veces difíciles de controlar por tiempos largos de almacén.
- Utilizar almidón modificado en proporción 3,5% y goma xhantan 0,3% para realización de paté de champiñones.
- Realizar cataciones a los mejores tratamientos de paté seleccionado.

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTA

#### 6.1. Datos Informativos

- **Título:** “Uso de almidón modificado de maíz y goma xhantan para la elaboración de paté de setas (*Boletus luteus ixocomus*)”.
- **Institución ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
- **Beneficiarios:** Fundación Maquita Cusunchic MCCH
- **Ubicación:** Cantón: Quito. Provincia: Pichincha
- **Tiempo estimado para la ejecución:** 5 meses
- **Equipo técnico responsable:** Egda. María Torres Moreno

#### 6.2. Antecedentes de la Propuesta

La Fundación MCCH recibe setas de los miembros inscritos, las seca en hornos tubulares y se empacan para la exportación a Europa. La manera de preparación descrita muestra la humidificación de la materia y su posterior uso como hongo puro, no se encuentran otros tipos de productos para exportación a partir de hongos dentro de la Fundación.

Las setas son organismos que han superado la vida unicelular y se desarrollan solamente a nivel de tejidos, sin llegar a formar órganos diferenciados. Crecen en varios parajes del Ecuador, incluso muchas veces sin ningún tipo de cuidado adicional. La aceptación por el consumidor local, externo y en especial por chefs ha crecido, convirtiéndose en la actualidad en un cultivo importante al momento de considerar la preparación de alimentos gourmet de buen sabor.



Sin embargo que el consumo en Ecuador es bajo, en Europa entre los platos más apetecidos se encuentra el paté de setas, de gran sabor, siendo un mercado potencial para empresas que requieran seguir en la línea de alimentos preparados.

La utilización de hidrocoloides mejoran la textura y la apariencia, la sensación y el sabor delicioso de los alimentos procesados, se consideran imprescindibles para garantizar la textura final y eficientes en productos lácteos, cárnicos y conservas, donde: mejoran el rendimiento (mezcla con agua), proporcionan una textura suave y jugosa, controlan la sinéresis, mejoran la apariencia final del producto y por consiguiente se obtiene la elaboración de productos rentables

Es esencial indicar que los consumidores están exigiendo un producto mucho estable con el tiempo, que evite la sinéresis generalizado con el paso del tiempo, impidiendo con este defecto cerrar mercados que brindan grandes posibilidades de exportación.

La adición de hidrocoloides en el paté de setas es una alternativa para mejorar la estabilidad de los productos, tradicionalmente las conservas no presentan hidrocoloides en su textura impidiendo con esto su duración con respecto al tiempo.

La propuesta de la presente investigación se fundamenta en utilizar hidrocoloides como agentes que mejoren la consistencia de paté, mejorando la estabilidad con el tiempo de la pasta unttable, ayudando además con este estudio a la economía de las industrias de conservas que pocas veces ocupan hidrocoloides de bajos costos con respecto a la cantidad usada, que en producciones mayores generan un gran ahorro en el producto final.

### **6.3. Justificación**

La mezcla de hidrocoloides presentan una alternativa para mejora la textura de las pastas unttables aumentando la consistencia sin dejar la característica propia de untblidad de la misma, mejorando las condiciones finales de la conserva e incrementado con esto su aceptabilidad al momento de la compra.

Considerando la no existencia de gamas de productos terminados a base de setas y la baja cantidad de estudios en conservas sobre el uso de hidrocoloides en estas, se ve la necesidad de usarlos en estos tipos de productos untables que refuercen su textura, tales como pasta untables y sin subir su costo final provean de apariencias mejoradas y agradables ante el consumidor.

## **6.4. Objetivos**

### **6.4.1. Objetivo General**

- Proponer las concentraciones adecuadas de almidón modificado de maíz y goma xhantan para elaborar paté de setas (*Boletus luteus ixocomus*).

### **6.4.2. Objetivos específicos**

- Presentar la metodología de elaboración de paté de setas (*Boletus luteus ixocomus*) con adición de hidrocoloides a la fundación MCCH, destinada al mejoramiento de textura del producto.
- Aplicar esta investigación para en futuro realizar estudios tanto de producto a partir de setas (*Boletus luteus ixocomus*) como con adición de hidrocoloides en su formulación.
- Evaluar la calidad del producto final de acuerdo a parámetros microbiológicos y estabilidad del paté con respecto al tiempo.

## **6.5. Análisis de factibilidad**

En la fase de investigación de este proyecto se realiza la elaboración de paté de setas (*Boletus luteus ixocomus*) con adición de hidrocoloides, dando una manera tecnológica apropiada para el uso de esta seta que pocas veces es utilizada en productos terminados.

El análisis de factibilidad muestra los costos a nivel de planta piloto para iniciar con la investigación, encontrando así la mejor proporción a ser añadida al producto especificado de manera masiva posteriormente.

**Cuadro 4. Análisis de factibilidad a nivel de planta piloto (Investigación)**

Detalle	Cantidad	Unidad	Precio kg	Subtotal
Setas	8	kg	2,50	20
Cebolla	0,266	kg	0,54	0,144
Crema de leche	1,334	kg	4,00	5,334
Copa vino	1,334	kg	14,00	18,669
Perejil picado	0,107	kg	0,50	0,053
Mantequilla	0,400	kg	2,45	0,980
Pimienta	0,027	kg	2,00	0,053
Sal	0,027	kg	1,20	0,032
Almidón modificado de maíz	0,407	kg	2,56	1,042
Goma xhantan	0,035	kg	14,00	0,488
Químicos	0,009	kg	10,00	0,088
<b>Subtotal</b>	<b>11,953</b>	<b>kg</b>	<b>53,75</b>	<b>\$ 46,885</b>
% merma	1,00	kg		
<b>Producto terminado</b>	<b>11,834</b>	<b>kg</b>		
<b>Valor neto de producción</b>				<b>\$ 3,96</b>

DEPRECIACIÓN							
Activos Fijos	Costo	Vida útil (años)	Costo anual	Costo día	Costo hora	Hora utilizada	Costo parada
Marmita	1145,78	10	114,58	0,46	0,06	1,5	0,086
Licuada	500,46	10	50,05	0,20	0,03	1	0,025
Cocina	648,9	10	64,89	0,26	0,03	2	0,065
Refrigeradora	1456,7	10	145,67	0,58	0,07	0,5	0,036
						<b>Total</b>	<b>\$ 0,21</b>

SUELDOS						
Sueldo	# Personal	Costo mes	Costo día	Costo hora	Costo parada	
280	2	560	28	3,5	12,25	
					<b>Total</b>	<b>\$ 12,25</b>

SUMINISTROS				
Detalle	Cantidad	V. Unitario	V. Anual	
Energía eléctrica (Kw)	5	0,07	0,35	
Agua (lt)	50	0,0001	0,01	
Gas (Kg)	1	3,5	3,5	
Detergente (Kg)	0,25	2,27	0,57	
			<b>Total</b>	<b>\$ 4,42</b>

Costo de Producción	
Materia Prima	\$ 3,96
Activos fijos	\$ 0,21
Sueldo	\$ 12,25
Suministros	\$ 4,42
<b>Total Costo de producción</b>	\$ 20,85
<b>Precio Unitario</b>	\$ 2,32
<b>Utilidad 30%</b>	\$ 0,69
<b>P.V.P</b>	<b>\$ 3,01</b>

Elaborado por: Torres María

Se debe considerar que en el análisis el precio del producto tiene un costo elevado por ser nivel de investigación, debido a que el precio de la materia prima es alto, inversamente, a nivel industrial en especial al obtener este producto desde el productor, este costo disminuye y el precio del producto final tiende a bajar, siendo mucho más aceptable para su comercialización en el mercado.

**Cuadro 5. Análisis de factibilidad a nivel de planta industrial**

Detalle	Porcentaje (%) en peso	Cantidad	Unidad	Precio kg	Subtotal
Setas	68,81	8	kg	1,56	12,48
Cebolla	2,29	0,266	kg	0,40	0,106
Crema de leche	11,47	1,334	kg	1,40	1,867
Copa vino	11,47	1,334	kg	8,00	10,668
Perejil picado	0,92	0,107	kg	0,25	0,027
Mantequilla	3,44	0,400	kg	1,25	0,500
Pimienta	0,23	0,027	kg	1,00	0,027
Sal	0,23	0,027	kg	0,60	0,016
Almidón modificado de maíz	3,5	0,407	kg	2,56	1,042
Goma xhantan	0,3	0,035	kg	14,00	0,488
Químicos		0,009	kg	10,00	0,088
<b>Subtotal</b>		11,953	kg	41,02	\$ 27,309
<b>% merma</b>		1,00	kg		
<b>Producto terminado</b>		11,834	kg		
<b>Valor neto de producción</b>					<b>\$ 2,31</b>

DEPRECIACIÓN							
Activos Fijos	Costo	Vida útil (años)	Costo anual	Costo día	Costo hora	Hora utilizada	Costo parada
Marmita	1145,78	10	114,58	0,46	0,06	1,5	0,086
Licuadaora	500,46	10	50,05	0,20	0,03	1	0,025
Cocina	648,9	10	64,89	0,26	0,03	2	0,065
Refrigeradora	1456,7	10	145,67	0,58	0,07	0,5	0,036
						<b>Total</b>	<b>\$ 0,21</b>

SUELDOS					
Sueldo	# Personal	Costo mes	Costo día	Costo hora	Costo parada
280	2	560	28	3,5	12,25
<b>Total</b>					<b>\$ 12,25</b>

SUMINISTROS			
Detalle	Cantidad	V. Unitario	V. Anual
Energía eléctrica (Kw)	5	0,07	0,35
Agua (lt)	50	0,0001	0,01
Gas (Kg)	1	3,5	3,5
Detergente (Kg)	0,25	2,27	0,57
<b>Total</b>			<b>\$ 4,42</b>

Costo de Producción	
Materia Prima	\$ 2,31
Activos fijos	\$ 0,21
Sueldo	\$ 12,25
Suministros	\$ 4,42
<b>Total Costo de producción</b>	<b>\$ 19,19</b>
Precio Unitario	\$ 2,13
Utilidad 30%	\$ 0,64
<b>P.V.P</b>	<b>\$ 2,77</b>

Elaborado por: Torres María

## 6.6. Fundamentación

La investigación va fundamentada al desarrollo y la aplicación de nuevos productos, los cuales van a ayudar a los consumidores tanto en su aspecto como estabilidad, así es como esta investigación con la utilización de una mezcla de hidrocoloides, está aportando a la estabilidad del producto y abriendo una puerta para las industrias de conservas, en donde el champiñón solamente presenta una pequeña cantidad de productos terminados en el mercados.

La investigación se fundamenta además en las normas CODEX STAN 38-1981 e INEN 404 1979-01, para hongos y subproductos y elaboración de conservas, obteniéndose así todos los estándares necesarios para obtener un producto de excelente calidad.

Para fundamentar de manera más específica, a continuación se detallan los conceptos básicos inmiscuidos en la propuesta:

### **Paté:**

Es una mezcla de ingredientes que tiene una consistencia semilíquida. El objetivo del paté es acompañar a otras comidas, por este motivo suelen tener sabores relativamente marcados, y listos para su consumo.

### **Seta (*Boletus luteus ixocomus*):**

Vulgarmente conocido como "Boleto comestible". El diámetro de su sombrero puede medir entre 6 y 20 cm. de diámetro, con un pie de dimensiones bastante notables, de color que va del blanco al marrón con una redecilla blanca.

De sabor tirando a dulzón no muy definido. En ocasiones alcanzando un peso de hasta 3 kg. Es una especie que crece en los bosques de pinos desde la primavera al otoño. Algunos años es muy abundante, y otros, sin causa aparente no crece.

### **Hidrocoloide:**

El término hidrocoloide o goma empleado en la Industria Alimenticia, se refiere principalmente a polisacáridos y sus derivados de origen vegetal o microbiano que se pueden dispersar en agua fría o caliente para producir geles, dispersiones o soluciones viscosas a bajas concentraciones.

### **Comportamiento reológico:**

Según Regalado, (2008) la reología ocupa en lugar muy importante para el desarrollo, procesamiento, envase y la conservación de los alimentos, así considerando entre los objetivos más importantes el determinar la funcionalidad de ingredientes durante el desarrollo de productos y el control de calidad en proceso o a productos final.

**Vida útil:**

La determinación de tiempo de vida útil es muy necesaria para estimar el tiempo de anaquel del producto y con esto el periodo máximo de venta, contribuyendo así para el aseguramiento del consumidor y evitando además intoxicaciones de manera general causada por ETAs o microorganismos que sobreviven muchas veces incluso al tratamiento térmico.

**6.7. Metodología**

Para el desarrollo de la propuesta se elabora paté de setas (*Boletus luteus ixocomus*), se caracteriza a la seta y se la utiliza antes de ser secada, usando en la formulación almidón modificado de maíz y goma xhantan, luego se realizan pruebas de reológicas para verificar la diferencia presentada en la textura con cada uno de los componentes mencionados, se determinará por medio de la prueba de estabilidad Half Hour Booter el tratamiento con el porcentaje óptimo de adición de hidrocoloide para mejorar la textura en paté de setas, muestra a la cual se le realizará pruebas microbiológicas para determinación de vida útil de la conserva.

**Cuadro 6. Modelo operativo (Plan de acción)**

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formular la propuesta	Justificar la importancia de la utilización de hidrocoloides en conservas	Revisión bibliográfica Normas CODEX Normas INEN	Investigador	Humano Técnico Económico	15	30 días
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Elaborar y formular el paté de setas ( <i>Boletus luteus ixocomus</i> ) con almidón modificado de maíz y goma xhantan	Desarrollar el paté de setas ( <i>Boletus luteus ixocomus</i> )	Investigador	Humano Técnico Económico	50	15 días
3. Implementación de la propuesta	Ejecutar normas y fichas técnicas para la utilización de hidrocoloides en paté de champiñones	Elaboración fichas técnicas y redacción de artículos técnicos	Investigador	Humano Técnico Económico	20	60 días
4. Evaluación de la propuesta	Comprobar la estabilidad del producto y tiempo de vida útil final	Análisis de estabilidad Half hour blotter  Análisis físicos -químicos microbiológicos	Investigador  Laboratorista	Humano Técnico Económico	50	30 días

**Elaborado por:** Torres María



## 6.8. Administración

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
La baja estabilidad de paté de setas ( <i>Boletus luteus ixocomus</i> )	La utilización de hidrocoloides para la elaboración en conservas untables	Un paté de setas ( <i>Boletus luteus ixocomus</i> ) con la utilización de hidrocoloides, los mismos que puedan ayudar a mejorar notablemente su textura y estabilidad final	<p>Elaborar paté de setas (<i>Boletus luteus ixocomus</i>) con diferentes porcentajes de adición de hidrocoloides, Almidón nativo de maíz 3%, Almidón modificado de maíz 3,5 y goma xhantan 0,3%</p> <p>Determinar mediante el análisis reológico y de Half hour blotter cual es el mejor tratamiento de estabilidad el producto</p> <p>Desarrollar análisis microbiológicos para la determinación de la vida útil del mejor tratamiento</p>	Investigador: María Torres

Elaborado por: Torres María

## 6.9. Previsión de la evaluación

<b>PREGUNTAS BÁSICAS</b>	<b>EXPLICACIÓN</b>
¿Quiénes solicitan evaluar?	Personal técnico de la Fundación MCCH
¿Por qué evaluar?	Verificar la calidad de los productos
¿Para qué evaluar?	Para optimizar la estabilidad del producto final garantizando tiempo mayor de vida útil en anaquel
¿Qué evaluar?	La adición de hidrocoloide durante el procesamiento de la conserva
¿Quién evalúa?	El investigador
¿Cuándo evaluar?	Todo el proceso desde materia prima hasta tiempo de vida en anaquel
¿Cómo evaluar?	Aplicando condiciones de producción respecto al peso y porcentaje indicado
¿Con qué evaluar?	Métodos microbiológicos que indiquen la estabilidad microbiológica del producto

**Elaborado por:** Torres María

## BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE, R., y col. 2009. “Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de níspero (*Achras sapota* L.)”. *Rev. Fac. Agron.*[online]. Vol.26, No.4 p.599-612. En línea. Consulta: 1 Jun. 2011

Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182009000400008&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182009000400008&lng=es&nrm=iso).

APOLO M, y RAMOS, M. 2009. “Empleo de estabilizantes en el tiempo de vida útil del paté de hongos *Pleurotus strear* var florida Cap 1184”. Informe de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos otorgado por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Págs.:49-53, 94-95.

ALVARADO, Juan de Dios. 1996. “Principios de Ingeniería aplicados a alimentos”. Radio Comunicaciones. Quito-Ecuador. Págs.: 102-107

BALDESARI, A. 2003. Química de Alimentos. En línea. Consulta: 2 Jun. 2011. Disponible en: <http://www.grupobuenosaires.org.ar/jornadas/Proyectos/baldessari.htm>.

BEDOYA, M. 2009 Estudio comparativo de modelos reológicos para lodos de perforación. Universidad nacional de Colombia Colombia-Medellin. Pág.s: 37

BELLO, L. 2002. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano musa paradisiaca L (var. Macho). *Revista Agrociencia*. Volumen 36. Texcoco, México. Págs.: 169-180

BILIADERIS, C. 1991. The structure and interactions of starch with food constituents. *Candian Journal* Vol. 69. Pages. 60-78

BUCHELI, María. 2005. “Desarrollo de una pasta untable a base de champiñones (*Agaricus bisporus*) en la Escuela Agrícola Panamericana”. Proyecto de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras. Págs.: 7-10

BUSTO, De Pablo y MORANGAS, M. 2008. Recopilación de normas microbiológicas de los alimentos y asimilados y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario. Bilbao-España. Pág: 15-16

CHANG, S. 1999. "Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact" CRC Press. Pages: 275

CORPORACIÓN COLOMBIANA INTERNACIONAL. 2005. Setas y Hongos. Perfil del producto #21. Inteligencia de Mercados. Bogotá Colombia. Págs.: 6 En línea. Consulta: 1 Jun. 2011. Disponible en:  
[http://www.cci.org.co/cci/cci\\_x/Sim/Perfil%20de%20Productos/perfil%20producto%2021%20setas.pdf](http://www.cci.org.co/cci/cci_x/Sim/Perfil%20de%20Productos/perfil%20producto%2021%20setas.pdf) .

DA SILVA, M.S. and Rao, M.A. 1995. Rheology of structure development in high/methoxyl pectin/sugar systems. Food Technology 49. Pages: 70–73.

DIARIO HOY. 2005. Artículo Hongos gourmet salen a competir con las carnes. Quito-Ecuador.

DZIEZAK, J. 1991. A focus on gums. Food Technology, Vol.45, n°3, p.115

FERNÁNDEZ, M. Fco. 1994. "El cultivo del champiñón". Revista Agrocultura. No.27. Editorial Matro S.A. de C.V. Jal. México. pag. 37-39

FICHA Viscosímetro Brookfiel. Págs.: 2. En línea. Consulta: 10 Jun. 2011. Disponible en: <http://www.mopasa.com>

GARZA, S. 1997. Caracterización reológicas y microbiológica, y cinéticas de deterioro en cremogenados de melocotón. Universidad de Leida, España. 168pp.

GERMAN, C. 2007. Elaboración de paté de hongos. Hoja Guía Laboratorio de Nuevos Productos. Universidad técnica de Ambato. Facultad de ciencia e Ingeniería en alimentos.

GIMENEZ, Jorgelina. Almidones modificados aplicaciones. En línea. Consulta: 15 Jun. 2011. Disponible en:  
<http://calidadbromatologica.blogspot.com/2010/06/almidones-modificados-aplicaciones.html>

GOMAS NATURALES S.A. 2009. México D.F. En línea. Consulta: 7 Ago. 2011. Disponible en:  
<http://www.alfaeditores.com/carnilac/Dic%2004%20%20Enero%2005/Aplicaci%F3n%20de%20Hidrocoloides.pdf>

GRATTO, Julio. 2002. Introducción a la mecánica de fluidos. Buenos Aires-Argentina. En línea. Consulta: 17 Jun. 2011. Disponible en:  
[http://www.lfp.uba.ar/Julio\\_Gratton/fluidos/Fluidos.pdf](http://www.lfp.uba.ar/Julio_Gratton/fluidos/Fluidos.pdf) Consulta: Junio 2011

GUÍA DE PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA CONSERVAS VEGETALES. 2000. Buenos Aires Argentina. En línea. Consulta: 5 Jun. 2011. Disponible en:  
<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/bpa/normtec/varios/37.pdf>

GUTIERREZ, Abraham. 1999. “Metodología de la Investigación” Editorial Serie Didáctica A.G. Quito- Ecuador Págs: 74-76.

INDUSTRIA ALIMENTARIA. 2008. Almidones a la vanguardia. En línea. Consulta: 21 Ago. 2011. Disponible en:  
[http://www.industriaalimenticia.com/Archives\\_Davinci?article=1415](http://www.industriaalimenticia.com/Archives_Davinci?article=1415)

INDUSTRIALIZACIÓN DE HONGOS COMESTIBLES. 2007. Organización de estados Americanos. En línea. Consulta: 10 Ago. 2011. Disponible en:  
<http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea60s/ch20.htm#TopOfPage>

INDUSTRIALIZADORA DE MAÍZ, S.A. de C.V. 2001. Información técnica. México Consulta: 21 Ago. 2011. Disponible en:  
<http://www.fpy.org.mx/index.php?id=utilizaciondealmidones>

LEIVA, Francisco. 1999. Nociones de Metodología de Investigación Científica, 222 Preguntas y respuestas. Editorial Tipoffset. Quito- Ecuador. Págs: 26-30

MANUAL de Bridge and Company printers and stationer. 2011. En línea. Consulta: 10 Jun. 2011. Disponible en: [www.bridgeandco.com/plant-list.php](http://www.bridgeandco.com/plant-list.php)

MEDINA, Rubén. 2006. Mercado de Hongos exóticos en Chile. Micotec Ltda. En línea. Consulta: 10 Jun. 2011. Disponible en: [http://www.micotec.cl/Mercado\\_Hongos\\_Ex%F3ticos\\_en\\_Chile.pdf](http://www.micotec.cl/Mercado_Hongos_Ex%F3ticos_en_Chile.pdf)

MÉNENDEZ, D., y PAREDES, M. 2008 “Mezclas de residuos de cultivo de banano y de madera de laurel (*Cordia alliodo*) en la obtención de sustratos para el cultivo industrial de Shiitake (*Lentinula edades*)” Informe de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos otorgado por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Págs.:104-107

MULLER, H. 1973, Introducción a la Reología de Alimentos. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 174 p

NANOQUÍMICA. 2003 En línea. Consulta: 10 Jun. 2011. Disponible en: <http://nanoquimica.awardspace.com/Xanth2.html>

NARANJO, W. y Alvarado, J. 2008 “Caracterización reológica y térmica de miel de dos variedades de caña” Informe de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos otorgado por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Págs.: 18,51

Norma CODEX STAN 38-1981. Norma general del codex para los hongos comestibles y sus subproductos.

Norma NTE INEN 1462. Determinación de humedad.

Norma NTE INEN 0388. Conservas vegetales. Determinación de sólidos totales.

Norma NTE INEN 381. Determinación de acidez

ORTEGA, F. y Alvarado, J. 1995 “Determinación de parámetros reológicos en suspensión de raíces y tubérculos” Informe de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos otorgado por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Págs.: 75-76

OSORIO, F. 2001. Propiedades reológicas de alimentos fluidos. En: Métodos para medir propiedades físicas en Industrias de Alimentos, Juan de Dios Alvarado y José Miguel Aguilera (ed.). Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España.

PACHECO, E. 2009. Propiedades químicas y funcionales del almidón nativo y modificado de ñame (*dioscorea alata*). INCI. Vol 34. Págs.:280-285

PACIONI, Giovanni.1990 Cultivo Moderno del Champiñón. Editorial De Vecchi S.A. Barcelona España Págs.: 42

PASQUEL, A. 2001. “Gomas: Una aproximación a la industria de alimentos” Revista Amazónica de Investigación Alimentaria. V.1 #1 Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias UNAP, Iquitos-Perú

PEÑAFIEL, M., Teneda, W. y Alvarado J. 1995 “Uso de las propiedades reológicas como índices de control en la elaboración de chocolate” Informe de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos otorgado por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Págs.: 36, 60-63

PILAMALA, A. y Alvarado, J. 2010. “Estudio del mejoramiento de textura para jaleas de naranjilla (*Solanum quitoense*), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) y uvilla (*Physalis peruviana*) utilizando Quitosano. Informe de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos otorgado por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Págs.: 90-100

PUENTE, P. 2009. Estudio de mercado para la comercialización de hongos frescos. En línea. Consulta: 11 Sep. 2011. Disponible en:  
<http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/2053/2/T-ESPE-019325.pdf>

RAMIREZ, J. 2006. Fundamentos de reología de alimentos. Libro de trabajo. 58pp

RAO, M. 1999. Rheology of Fluid and Semisolid Foods. Principles an Application. Aspen Publishers, Inc., Usa.

REGALADO, Antonio. 2008. Comportamiento reológico de un fluido. Revista Ciencia y Mar.XI,. México D.F. Pág: 35-42

REGLAMENTO de control sanitario y productos. 1999. México D.F. Consulta: 22 Sep. 2011. Disponible en:  
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rcsps.html>

RIVADENEIRA, M. 2009. Desarrollo de una base de champiñones y especias secas y estudio de su tratamiento térmico. Tesis de Grado. Escuela Superior Politecnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. Págs.: 54-55

RIVERA A., y PAREDES, M. 2008. “La subutilización de residuos agrícolas y su incidencia en la producción del Hongo medicinal Reish (*Garodema lucidum*) en la Sierra ecuatoriana”. Informe de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos otorgado por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Págs.: 49-50

RODRIGUEZ, Gustavo. 2005. “Cultivo de hongos comestibles” En línea. Consulta: 8 Jun. 2011. Disponible en:  
<http://publicarg.com/agro/24cultivodehongos.html>

SHARMA, B. 2011. La goma xantana en la industria de alimentos. Mundo alimentario mayo/abril 2011 En línea. Consulta: 9 Jun. 2011 Disponible en:  
[http://www.alimentariaonline.com/media/ma041\\_gxan.pdf](http://www.alimentariaonline.com/media/ma041_gxan.pdf)



SIERRA, Jose Luis y col. 2002. Lo que ud. debe saber de: setas cultivadas. Sociedad Micológica Leonesa "SAN JORGE. Caja España Carilla de divulgación 11. Pág. 16. En línea. Consulta: 15 Jun. 2011. Disponible en: <http://www.saber.es/web/biblioteca/libros/setas-cutilvadas/setas-cutilvadas.pdf>

SINGH y HELDMAN. 1984. Introduction to Food Engineering. Orlando, Florida. Academis Press, Inc. Pages: 80-101.

TORREBLANCA. 2000. Principales enfoques de investigación Departamento de Ciencia Política y Administración. Universidad Nacional de Educación a distancia. Zaragoza- España. Pág.: 24 En línea. Consulta: 17 Jun. 2011. Disponible en: [http://www.uned.es/dcpa/Asignaturas/Intropol/UDI/Intropol\\_UD\\_I\\_capitulo\\_dos.pdf](http://www.uned.es/dcpa/Asignaturas/Intropol/UDI/Intropol_UD_I_capitulo_dos.pdf).

UNAM. 2010. Tamaño molecular a partir de medidas de viscosidad. México. Págs.:8. En línea. Consulta: 20 Jun. 2011. Disponible en: [http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/josem/static/viscosimetria.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/josem/static/viscosimetria.pdf)

WIKIPEDIA. 2011. Reología. En línea. Consulta: 14 Jun. 2011. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Reolog%C3%ADa>.

WHITE, V. & col. 1993. A capillary viscometer for characterization of fluid foods. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal, 26, Pages:109-129.

YORDI, E, 2004. "Almidón de los cereales nativos y modificados: propiedades y aplicaciones en la alimentación" Compendio bibliográfico. Universidad de la Habana-Cuba **Págs.: 15**

YZOCUPE, Víctor. 2003. Campos de aplicación de la ingeniería de fluidos Investigación e Ingeniería Hidráulica. Revista Hidráulica y Termo fluidos, Año 2, N.º 2, EAPIMF- UNMSM, Lima, Págs.: 14-15

ZANGRADO, A. y col. 2004. Estudio reológico de bases para aderezos de ensaladas con distintos hidrocoloides en su formulación. Facultad Regional de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 7 pp.

*A NEXOS*

**ANEXO A. NORMAS, DETERMINACIONES Y FICHAS  
TÉCNICAS**

### A-1. Especificaciones para la materia prima Champiñones

ESPECIFICACIÓN	PORCENTAJE %
Humedad	90
Proteínas	3,5
Materia Grasa	0,3
Hidratos de Carbono	4,0
Minerales	1,0

**Elaborado por:** Torres María

**Fuente:** Tabla de composición de los Alimentos. Universidad de Granada, 2003.

DEFECTOS	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN
Dañados	No permitido	A los que le falta más del ¼ del sombrero
Aplastados	No permitido	Partes de hongos menores al tamaño normal del hongo
Deteriorados	No permitido	Hongos parduscos o podridos por microorganismos o mohos
Dañados por larvas	>1% m/m	Con agujeros producidos por larvas
Impurezas orgánicas	>6% m/m	Presencia de otros hongos y restos de plantas u hojas

**Elaborado por:** Torres María

**Fuente:** Norma Codex Stan 38

## A-2. Determinación de humedad

### Descripción

La determinación de secado en estufa se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. Para esto se requiere que la muestra sea térmicamente estable y que no tenga una cantidad significativa de compuestos volátiles.

### Materiales y Equipos

- cápsulas
- estufa
- desecador
- balanza precisión 0.1gr

### Procedimiento

1. Llevar la muestra a una temperatura aproximada de 20 °C y mezclarla suavemente hasta homogenizar
2. La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada
3. Pesar la cápsula previamente secada en la estufa, inmediatamente transferir a la cápsula y pesar aproximadamente 5 gramos de muestra.
4. Incorporar en la estufa a 110°C por 24 horas
5. Transferir la cápsula en el desecador y pesar con aproximación de 0.1 mg. El porcentaje de humedad se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{M2 - M1}{M2 - M}$$

Donde:

M= masa de la cápsula vacía en gr.

M1= masa de la cápsula después de la desecación en gr.

M2= masa de la capsula con la muestra inicial en gr.

**Elaborado por:** Torres María

**Fuente:** Norma INEN 1462

### A-3 Determinación de Sólidos Totales

#### Descripción

La determinación del contenido de sólidos totales se basa en la evaporación total de una muestra de agua. Separando por filtración el material suspendido, se puede conocer por diferencia, el contenido de este último y del material disuelto.

#### Materiales y Equipos

- cápsulas
- estufa
- desecador
- balanza precisión 0.1gr

#### Procedimiento

1. Llevar la muestra a una temperatura aproximada de 20 °C y mezclarla suavemente hasta homogenizar
2. La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada
3. Pesar la cápsula previamente secada en la estufa, inmediatamente transferir a la cápsula y pesar aproximadamente 5 gramos de muestra.
4. Incorporar en la estufa a 110°C por 24 horas
5. Transferir la cápsula en el desecador y pesar con aproximación de 0.1 mg. El porcentaje de humedad se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Sólidos Totales} = \frac{M1 - M}{M2 - M}$$

Donde:

M= masa de la cápsula vacía en gr.

M1= masa de la cápsula con los sólidos totales (después de l desecación) en gr.

M2= masa de la capsula (antes de la desecación) en gr.

**Elaborado por:** Torres María

**Fuente:** Norma INEN 388

**A-4. Análisis Organoléptico de materia prima: Champiñones**

**HOJA DE RECEPCIÓN DE CHAMPIÑÓN**

**Fecha:**

**Hora:**

<b>Lote</b>	_____
<b>Humedad %</b>	_____
<b>Sólidos Totales %</b>	_____
<b>Apariencia</b>	_____
<b>Color</b>	_____
<b>Olor</b>	_____
<b>Deterioros</b>	_____

**OBSERVACIONES:**

---

---

---

**Firma**

---

**Elaboración:** Torres María

## **A-5. Determinación de pH**

### **Descripción**

Desde una aproximación simplificada, el pH puede definirse como una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala que varía entre 0 y 14.

### **Materiales y Equipos**

- Vasos de precipitación
- pH-metro
- Agua destilada

### **Procedimiento**

1. Homogenizar la muestra con ayuda de una pequeña cantidad de agua destilada recientemente hervida y enfriada mediante agitación.
2. Calibrar el pH metro con la solución buffer
3. Colocar en un vaso de precipitación aproximadamente de 10 gr o 10 ml de la muestra preparada añadir 100 ml de agua destilada y agitar suavemente.
4. Si existen partículas en suspensión dejar en reposo el recipiente para que las partículas sólidas decanten.

**Elaborado por:** Torres María

**Fuente:** Norma INEN 398



## A-6. Determinación de acidez titulable

### Descripción

La presente Norma establece el método para determinar la acidez titulable en los productos elaborados a partir de frutas y hortalizas

### Materiales y Equipos

- Bureta Graduada de 50 ml.
- Material de Laboratorio
- Soluciones tampón de pH conocido.
- Solución 0.1N de hidróxido de sodio.

### Procedimiento

1. Pesar aproximadamente 20 g de muestra en el erlenmeyer
2. Diluir contenido con un volumen de agua destilada dos veces mayor, añadir 5 gotas de fenolftaleína.
3. Agregar la solución de NaOH 0.1 hasta conseguir un color rosado persistente que desaparece lentamente. Continuar agregando hasta que el color rosado persiste durante 30 segundos.
4. Leer en la bureta el volumen de solución consumida.
5. Calcular la acidez titulable mediante la ecuación siguiente:

$$A = \left( \frac{F(V * N)}{M} \right) * 100$$

Donde:

A= acidez titulable en porcentaje de ácido específico

V= volumen de álcali empleado en la titulación en ml.

N= normalidad de la solución de NaOH

M= peso de la muestra

F= factor 0,070

**Elaborado por:** Torres María

**Fuente:** Norma 381

## **A-7. Determinación de fracción líquida: HALF HOUR BLOTTER TEST**

### **Descripción**

La determinación de fracción líquida se basa en la sinéresis dada en la muestra en un tiempo determinado, desde el punto centro hacia las cuatro direcciones previamente graduadas, así a más valor existe mayor sinéresis de la muestra.

### **Materiales y Equipos**

- Vasos de precipitación
- Jeringuilla de plástico
- Blottercards
- Cronómetro

### **Procedimiento**

- Homogenizar la muestra
- Con la ayuda de una jeringuilla de plástico poner 7 ml de muestra en el papel
- Colocar en la parte superior de un vaso de precipitación
- Después de media hora medir la distancia que emergió del centro en las cuatro direcciones.
- Cuanto mayor sea el valor mayor es el nivel de la actual sinéresis en la muestra.

**Elaboradopor:** Torres María

**Fuente:** Bridge and Company printers and stationers

## **A-8. Determinación de propiedades reológicas**

### **Descripción**

Se mide la deformación de un muelle en espiral cuando la tensión del mismo equilibra el esfuerzo de oposición que presenta el fluido a que un determinado husillo gire, en su seno, a una determinada velocidad.

### **Materiales y Equipos**

- Vasos de precipitación 600ml
- Baño termostatizado 30°C
- Termómetros
- Viscosímetro brookfield adaptadores 3 y 4
- Varilla de agitación
- Cronómetro
- Soporte

### **Procedimiento**

- Armar el viscosímetro rotacional; asegurarse que el equipo este fijo al soporte, nivelado y con el brazo protector. De acuerdo a la consistencia de la muestra será necesario ensayar con otros rotores
- Colocar 500cm<sup>3</sup> de la muestra en un vaso alto de 600ml y mantenerlo en un baño de agua a 20°C
- Introducir en la muestra el sistema rotacional de medida del viscosímetro hasta la marca indicada en el rotor.
- Con el rotor apagado fijar la velocidad 12 rpm y calibra con el adminículo correspondiente ajustar a 0 y apagar.
- Fijar la velocidad en 0.3 y prender el equipo
- A los cinco minutos, o cuando la lectura no cambien en  $\pm 0.2$ , hacer la lectura correspondiente
- Apagar el motor
- Fijar la velocidad en 0.6
- Prenderlo y hacer la lectura
- Comprobar los valores disminuyendo las velocidades desde 60 rpm

**Elaborado por:** Torres María

**Fuente:** Manual de Uso ViscosimetroBrookfield

## A-9. Determinación de características microbiológicas

### Materiales y Equipos

- Placas petrifilm
- Muestra
- Incubadoras
- Placas de contaje de colonias

### Procedimiento

1. Mantener las placas a temperatura ambiente antes de al fecha de caducidad.
2. Preparar la muestra con agua peptonada de ser necesario, incorporar NaO1N en alimentos ácidos hasta alcanzar pH de 6.5-7.5 y homogenizar.
3. Inocular la muestra en la placa procurando la esterilizada y la mezcla uniforme de ésta con el aplicador para alta sensibilidad, no girar ni deslizar, retirar el aplicador.
4. Esperar de 2 a 3 minutos para que se solidifique el gel.
5. Incubar  
Para coliformes totales: 24h  $\pm$  2h a 35°C  $\pm$  1°C.<sup>1</sup>  
Para aerobios mesófilos: 78h  $\pm$  2h a 30°C  $\pm$  2°C.<sup>2</sup>  
Para levaduras y mohos: 5 días a 20°C.<sup>3</sup>
6. Leer con un contador de colonias.

**Elaborado por:** Torres María

**Fuente:** Guías de interpretación y fichas técnicas:

4. Placas petrifilm para recuento de Coliformes,
5. Placas Petrifilm recuento de aeróbios mesófilos
6. Placas Petrifilm recuento de mohos y levaduras.

## **A-10. FICHAS TÉCNICAS**

- *ALMIDÓN MODIFICADO DE MAÍZ*
  - *GOMA XHANTAN*

## **ANEXO B: DATOS REGISTRADOS EN MATERIA PRIMA**

**TABLA B-1 Caracterización de la materia prima champiñón**

<b>Lote</b>	<b>Humedad %</b>	<b>Sólidos Totales%</b>	<b>Apariencia</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Deterioros</b>
1	82,5	17,5	Normal	Blanco	Característico	Ninguno
2	78,1	21,9	Normal	Blanco	Característico	Ninguno
3	72,9	27,1	Poco negruzco	Amarillento	Poco Característico	Pequeñas manchas negras- Aplastamientos
4	64,2	35,8	Normal	Blanco	Característico	Aplastamientos en los costados

**Fuente:** Laboratorio De Procesos Alimentarios FCIAL.

**Elaborado por:** María Torres



**ANEXO C: DATOS REGISTRADOS EN EL  
PROCESO**

**TABLAC-1 Detalle del diseño experimental y simbología utilizada**

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	<b>A<sub>0</sub>B<sub>0</sub>C<sub>0</sub></b>	0% Almidón nativo de maíz, 0% Almidón modificado de maíz, 0% Goma Xhantan
2	<b>A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>0</sub></b>	3% Almidón nativo de maíz, 0% Almidón modificado de maíz, 0% Goma Xhantan
3	<b>A<sub>0</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub></b>	0% Almidón nativo de maíz, 3.5% Almidón modificado de maíz, 0% Goma Xhantan
4	<b>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub></b>	3% Almidón nativo de maíz, 3.5% Almidón modificado de maíz, 0% Goma Xhantan
5	<b>A<sub>0</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub></b>	0% Almidón nativo de maíz, 0% Almidón modificado de maíz, 0.3% Goma Xhantan
6	<b>A<sub>0</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub></b>	0% Almidón nativo de maíz, 3.5% Almidón modificado de maíz, 0.3% Goma Xhantan
7	<b>A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub></b>	3% Almidón nativo de maíz, 0% Almidón modificado de maíz, 0.3% Goma Xhantan
8	<b>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub></b>	3% Almidón nativo de maíz, 3.5% Almidón modificado de maíz, 0.3% Goma Xhantan

**Fuente:** Laboratorio De Procesos Alimentarios FCIAL.

**Elaborado por:** María Torres

**Siendo:**

**A<sub>0</sub>:** 0% Almidón nativo de maíz

**B<sub>0</sub>:** 0% Almidón modificado de maíz

**C<sub>0</sub>:** 0% Goma xhantan

**A<sub>1</sub>:** 3% Almidón nativo de maíz

**B<sub>1</sub>:** 3,5% Almidón modificado de maíz

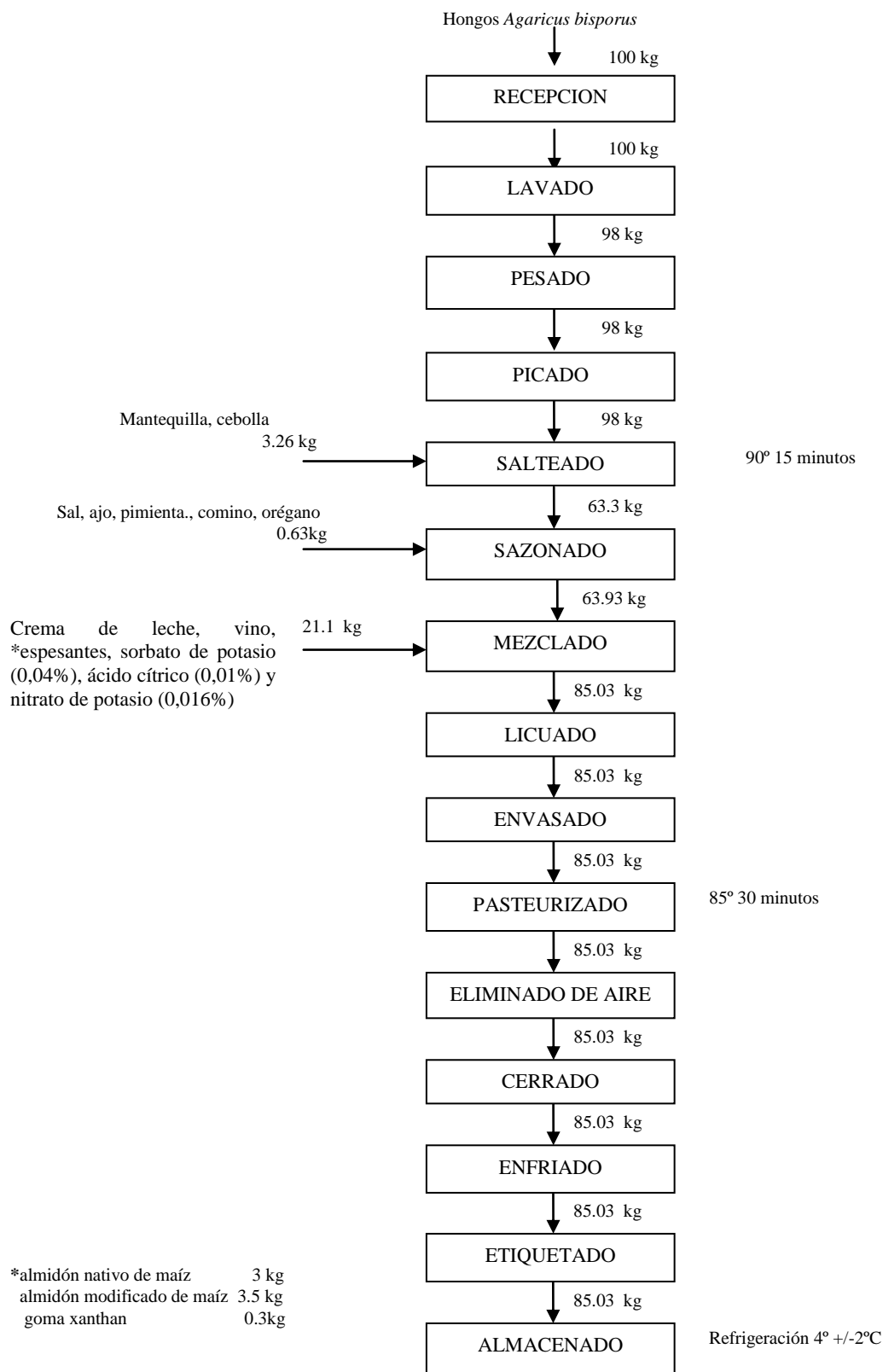
**C<sub>1</sub>:** 0.3% Goma xhantan

**R<sub>1</sub>:** Réplica 1

**R<sub>2</sub>:** Réplica 2

**R<sub>3</sub>:** Réplica 3

## FIGURA C-2. BALANCE DE MATERIALES DE ELABORACIÓN DE PATÉ DE CHAMPIÑONES



**Gráfico 5:** Diagrama de flujo de elaboración de paté de champiñones (*Agaricus bisporus*)

**Elaboración:** Torres María

**TABLA C-3 Datos de pH registrado en el paté final**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
<b>A<sub>0</sub>B<sub>0</sub>C<sub>0</sub></b>	5,4	5,5	5,5
<b>A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>0</sub></b>	5,5	5,6	4,7
<b>A<sub>0</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub></b>	5,5	5,6	5,5
<b>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub></b>	5,5	5,1	4,9
<b>A<sub>0</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub></b>	5,6	5,5	5,5
<b>A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub></b>	5,6	5,4	5,5
<b>A<sub>0</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub></b>	5,1	4,7	4,9
<b>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub></b>	5,4	5,1	5,4

**Fuente:** Laboratorio De Procesos Alimentarios FCIAL.

**Elaborado por:** María Torres

**TABLA C-4 Datos de acidez registrada en el paté final**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
<b>A<sub>0</sub>B<sub>0</sub>C<sub>0</sub></b>	1,42	1,44	1,44
<b>A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>0</sub></b>	1,44	1,47	1,23
<b>A<sub>0</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub></b>	1,44	1,47	1,44
<b>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub></b>	1,44	1,34	1,28
<b>A<sub>0</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub></b>	1,47	1,44	1,44
<b>A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub></b>	1,47	1,42	1,44
<b>A<sub>0</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub></b>	1,34	1,23	1,28
<b>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub></b>	1,42	1,34	1,42

**Fuente:** Laboratorio De Procesos Alimentarios FCIAL.

**Elaborado por:** María Torres

**TABLAC-5 Resultados fracción líquida Half Hour Blotter Test**

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Promedio (cm)*</b>
<b>1</b>	<b>A<sub>0</sub>B<sub>0</sub>C<sub>0</sub></b>	8,8
<b>2</b>	<b>A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>0</sub></b>	9,2
<b>3</b>	<b>A<sub>0</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub></b>	1,5
<b>4</b>	<b>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub></b>	1,3
<b>5</b>	<b>A<sub>0</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub></b>	1,5
<b>6</b>	<b>A<sub>0</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub></b>	0,8
<b>7</b>	<b>A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub></b>	1,9
<b>8</b>	<b>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub></b>	0,4

\* Promedio de 2 determinaciones en los cuatro puntos cardinales para cada muestra

**Fuente:** Laboratorio De Procesos Alimentarios FCIAL.

**Elaborado por:** María Torres

**TABLA C-6 Resultados Contaje Coliformes totales**

Tiempo	Contaje 1 *10 <sup>1</sup>	Contaje 2 *10 <sup>1</sup>	Contaje 3 *10 <sup>1</sup>	Promedio ufc/gr	ln ufc/gr
0	<10	<10	<10	<10	--
7	2,1	2,6	2,4	2,37	0,861
14	3,4	4,8	4,1	4,10	1,411
21	4,8	5,7	5,1	5,20	1,649

**Fuente:** Laboratorio de Microbiología.

**Elaborado por:** Torres María

**TABLA C-7 Resultados Microbiológicos del mejor tratamiento a los 21 días**

Contajes microbiológicos	ufc/gr <sup>(a.)</sup>	Límite ufc/gr
Recuento total de coliformes totales	5,2*10 <sup>1</sup>	1*10 <sup>2(c.)</sup>
Recuento total de mesófilos aeróbios	3*10 <sup>1</sup>	1*10 <sup>4 (b.)</sup>
Recuento total mohos y levaduras	<10	2.5*10 <sup>2(c.)</sup>

**Fuente:**

a. Laboratorio de Microbiología

b. Recopilación de normas microbiológicas, 2008

c. Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios, 1999.

**Elaborado por:** Torres María

**TABLA C-8 Cálculo de tiempo de vida útil**

<b>Ecuación de primer orden</b>	<b>LnC= lnCo + kt</b>
<b>Contaje máximo</b>	1*10 <sup>2</sup>
<b>Ln C</b>	4.605
<b>Ecuación de regresión</b>	y=0.0785t+0.156
<b>Datos</b>	C=1*10 <sup>2</sup> Co=0.156 k=0.0785
<b>Cálculo</b>	Ln C=0.156+0.0785t 4.605=0.156+0.0785t
<b>RESULTADO TIEMPO DE VIDA ÚTIL</b>	<b>56 días</b>

**Fuente:** Alvarado, 1996

**Elaborado por:** Torres María

**ANEXO D: RESPUESTAS EXPERIMENTALES PARA  
PROPIEDADES REOLÓGICAS**



**TABLA D-1. VALORES DE PORCENTAJE DE LECTURA (%FS) EN EL VISCOSIMETRO ROTACIONAL BROOKFIELD EN LOS TRATAMIENTOS RESULTANTES DE PATÉ DE CHAMPIÑONES**

RPM	T1:A0B0C0						T2:A1B0C0						T3:A0B1C0						T4:A1B1C0					
	R1		R2		R3		R1		R2		R3		R1		R2		R3		R1		R2		R3	
	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
0,3	22,8	20,7	22,0	20,2	23,8	12,3	26,6	26,7	20,8	22,2	24,6	24,4	13,4	14,7	21,6	24,3	40,5	34,8	47,5	43,5	46,7	43,3	45,4	45,0
0,6	19,5	21,7	27,4	26,5	24,9	13,9	28,9	29,2	24,8	25,7	25,9	24,7	17,5	16,7	25,7	26,4	43,1	39,0	48,2	45,8	49,7	47,1	47,5	46,4
1,5	21,7	23,1	29,0	28,7	28,8	21,3	33,4	34,5	27,9	26,4	27,8	26,4	22,1	24,0	30,4	34,4	53,2	45,7	52,0	46,7	52,8	49,9	49,4	47,8
3,0	31,8	29,3	31,4	32,3	31,4	24,1	40,1	41,0	31,6	31,5	31,0	30,1	30,2	28,2	42,2	39,7	51,7	51,0	53,8	47,9	60,7	55,5	56,2	50,1
6,0	36,0	33,3	32,5	35,3	35,0	28,9	43,2	45,7	35,3	33,9	34,3	34,3	33,0	32,8	45,1	43,3	55,5	53,6	55,8	50,7	66,2	60,9	59,9	54,6
12,0	38,3	35,6	33,2	37,3	39,6	33,9	45,8	51,9	37,1	37,1	39,8	37,9	35,0	30,2	49,5	46,2	60,7	61,5	59,2	57,4	73,3	66,5	66,0	61,3
30,0	45,8	45,1	39,0	43,4	45,7	38,0	56,3	62,7	45,0	51,7	42,1	51,4	36,6	31,9	51,1	49,0	64,0	62,8	66,6	62,2	81,5	71,0	74,3	67,1
60,0	49,1	48,7	43,7	46,6	47,5	44,5	73,4	74,5	57,9	60,2	51,9	64,3	39,4	36,6	53,6	52,3	69,2	69,3	70,8	70,4	85,2	83,3	80,2	76,1

Fuente: Laboratorio De Ingeniería Alimentaria FCIAL.

Elaborado por: María Torres

**TABLA D-1. VALORES DE PORCENTAJE DE LECTURA (%FS) EN EL VISCOSIMETRO ROTACIONAL BROOKFIELD EN LOS TRATAMIENTOS RESULTANTES DE PATÉ DE CHAMPIÑONES (Cont.)**

RPM	T5:A0B0C1						T6:A1B0C1						T7:A0B1C1						T8:A1B1C1					
	R1		R2		R3		R1		R2		R3		R1		R2		R3		R1		R2		R3	
	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
<b>0,3</b>	33,4	28,3	28,1	27,1	26,9	25,5	54,3	47,5	51,5	51,0	52,3	48,7	34,6	33,7	36,8	33,0	38,7	34,4	82,5	80,5	72,9	75,7	72,4	73,5
<b>0,6</b>	36,1	31,4	29,8	32,0	33,2	31,3	57,9	52,7	55,3	56,7	56,7	54,3	41,4	36,7	41,3	38,7	39,8	35,3	83,9	81,4	74,1	76,8	73,7	75,5
<b>1,5</b>	49,6	35,4	40,3	37,7	41,7	34,1	63,6	60,5	67,2	65,4	62,9	65,9	46,2	46,8	49,5	45,1	49,3	42,9	89,1	88,7	85,1	85,0	82,3	82,0
<b>3,0</b>	52,6	45,0	48,3	44,7	49,5	42,2	77,2	71,5	84,9	75,3	77,0	74,9	62,1	58,5	57,4	54,6	56,8	48,5	--	--	--	--	--	--
<b>6,0</b>	71,8	54,6	57,0	53,7	57,9	51,7	93,2	90,1	92,5	90,0	90,0	90,6	77,7	72,0	67,5	64,5	65,9	57,6	--	--	--	--	--	--
<b>12,0</b>	74,5	64,8	64,3	62,1	63,2	59,2	--	--	--	--	--	--	88,6	89,9	78,8	79,6	78,6	70,7	--	--	--	--	--	--
<b>30,0</b>	85,2	81,4	79,0	77,1	74,6	72,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>60,0</b>	97,7	98,0	96,1	94,9	86,0	87,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Fuente:** Laboratorio De Ingeniería Alimentaria FCIAL.  
**Elaborado por:** Torres María

**TABLA D-2. VALORES VISCOSIDAD APARENTE  $\eta_f$  [Pa.s] DE PATÉ DE CHAMPIÑONES**

Velocidad de deformación (1/s)		T1:A0B0C0			T2:A1B0C0			T3:A0B1C0			T4:A1B1C0		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0,06	A	456,0	440,0	476,0	531,0	415,0	491,0	267,0	432,0	810,0	949,0	934,0	907,0
	D	414,0	403,0	245,0	534,0	444,0	487,0	294,0	485,0	695,0	870,0	865,0	899,0
0,13	A	195,0	273,5	248,5	289,0	247,5	258,5	174,5	256,5	431,0	482,0	497,0	475,0
	D	217,0	265,0	139,0	291,5	256,5	246,5	166,5	263,5	390,0	458,0	471,0	464,0
0,31	A	86,6	116,0	115,0	133,4	111,6	111,0	88,4	121,4	212,6	208,0	211,0	198,0
	D	92,2	114,6	85,0	138,0	105,6	105,6	96,0	137,4	182,6	187,0	199,0	191,0
0,63	A	63,5	62,8	62,8	80,2	63,2	61,9	60,4	84,4	103,4	108,0	121,0	112,0
	D	58,5	64,6	48,1	81,9	62,9	60,1	56,3	79,3	101,9	95,7	111,0	100,0
1,26	A	36,0	32,5	35,0	43,2	35,3	34,3	33,0	45,1	55,5	55,8	66,2	59,9
	D	33,3	35,3	28,9	45,7	33,9	34,3	32,8	43,3	53,6	50,7	60,9	54,6
2,51	A	19,1	16,6	19,8	22,9	18,6	19,9	17,5	24,7	30,4	29,6	36,6	33,0
	D	17,8	18,6	16,9	26,0	18,5	18,9	15,1	23,1	30,7	28,7	33,3	30,6
6,28	A	9,2	7,8	9,1	11,3	9,0	8,4	7,3	10,2	12,8	13,3	16,3	14,9
	D	9,0	8,7	7,6	12,5	10,3	10,3	6,4	9,8	12,6	12,4	14,2	13,4
12,57	A	4,9	4,4	4,8	7,3	5,8	5,2	3,9	5,4	6,9	7,1	8,5	8,0
	D	4,9	4,7	4,5	7,5	6,0	6,4	3,7	5,2	6,9	7,0	8,3	7,6

**Fuente:** Laboratorio De Ingeniería Alimentaria FCIAL.

**Elaborado por:** Torres María

**TABLA D-2. VALORES VISCOSIDAD APARENTE  $\eta_F$  [ Pa.s] DE PATÉ DE CHAMPIÑONES (Cont.)**

Velocidad de deformación (1/s)		T5:A0B0C1			T6:A1B0C1			T7:A0B1C1			T8:A1B1C1		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0,06	A	668,0	562,0	538,0	1085,0	1029,0	1045,0	691,0	736,0	774,0	1649,0	1458,0	1448,0
	D	566,0	542,0	510,0	949,0	1019,0	974,0	674,0	660,0	688,0	1610,0	1514,0	1470,0
0,13	A	361,0	298,0	332,0	579,0	553,0	567,0	414,0	412,5	398,0	838,5	741,0	737,0
	D	314,0	320,0	313,0	527,0	567,0	543,0	367,0	387,0	353,0	814,0	767,5	755,0
0,31	A	198,0	161,0	167,0	254,0	269,0	251,0	184,8	197,8	197,2	356,2	340,2	329,2
	D	142,0	151,0	136,0	242,0	262,0	263,0	187,0	180,4	171,6	354,6	339,8	327,8
0,63	A	105,0	96,6	99,0	154,0	170,0	154,0	124,2	114,8	113,5	--	--	--
	D	90,0	89,4	84,4	143,0	151,0	150,0	116,9	109,2	97,0	--	--	--
1,26	A	71,8	57,0	57,9	93,2	92,5	90,0	77,7	67,5	65,9	--	--	--
	D	54,6	53,7	51,7	90,1	90,0	90,6	72,0	64,5	57,6	--	--	--
2,51	A	37,3	32,2	31,6	--	--	--	44,3	39,4	39,3	--	--	--
	D	32,4	31,1	29,6	--	--	--	44,9	39,8	35,4	--	--	--
6,28	A	17,0	15,8	14,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	D	16,3	15,4	14,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,57	A	9,8	9,6	8,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	D	9,8	9,5	8,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Laboratorio De Ingeniería Alimentaria FCIAL.

Elaborado por: Torres María

**TABLA D-3. VALORES DE ESFUERZO DE CIZALLA  $\tau$  [Pa.] DE PATÉ DE CHAMPIÑONES**

Velocidad de deformación (1/s)		T1:A0B0C0			T2:A1B0C0			T3:A0B1C0			T4:A1B1C0		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0,06	A	28,5	27,5	29,8	33,2	26,0	30,7	16,7	27,0	50,7	59,4	58,5	56,8
	D	25,9	25,2	15,3	33,4	27,8	30,5	18,4	30,4	43,5	54,5	54,2	56,3
0,13	A	24,4	34,2	31,1	36,2	31,0	32,4	21,8	32,1	54,0	60,3	62,2	59,4
	D	27,2	33,2	17,4	36,5	32,1	30,9	20,8	33,0	48,8	57,3	58,9	58,1
0,31	A	27,1	36,3	36,0	41,8	34,9	34,7	27,7	38,0	66,5	65,1	66,1	61,9
	D	28,9	35,9	26,6	43,2	33,1	33,1	30,0	43,0	57,2	58,5	62,4	59,8
0,63	A	39,8	39,3	39,3	50,2	39,6	38,8	37,8	52,8	64,7	67,3	75,9	70,4
	D	36,6	40,4	30,1	51,3	39,4	37,6	35,2	49,6	63,8	59,9	69,4	62,7
1,26	A	45,1	40,7	43,8	54,1	44,1	42,9	41,3	56,5	69,4	69,9	82,9	75,0
	D	41,7	44,1	36,1	57,2	42,4	42,9	41,0	54,2	67,0	63,5	76,2	68,3
2,51	A	47,9	41,6	49,5	57,3	46,5	49,8	43,8	61,9	76,0	74,1	91,7	82,6
	D	44,6	46,6	42,4	65,0	46,4	47,4	37,8	57,8	76,9	71,9	83,3	76,7
6,28	A	57,3	48,8	57,2	70,4	56,3	52,7	45,8	64,0	80,1	83,4	102,0	93,0
	D	56,5	54,3	47,5	78,5	64,7	64,3	39,9	61,3	78,6	77,9	88,9	83,9
12,57	A	61,5	54,7	59,5	91,9	72,5	64,9	49,3	67,1	86,6	88,6	106,6	100,4
	D	60,9	58,3	55,7	93,3	75,4	80,5	45,8	65,5	86,8	88,1	104,3	95,3

Fuente: Laboratorio De Ingeniería Alimentaria FCIAL.  
Elaborado por: Torres María

**TABLA D-3. VALORES DE ESFUERZO DE CIZALLA  $\tau$  [Pa.] DE PATÉ DE CHAMPIÑONES (Cont.)**

Velocidad de deformación (1/s)		T5:A0B0C1			T6:A1B0C1			T7:A0B1C1			T8:A1B1C1		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0,06	A	41,8	35,2	33,7	67,9	64,4	65,4	43,3	46,1	48,5	103,2	91,3	90,6
	D	35,4	33,9	31,9	59,4	63,8	61,0	42,2	41,3	43,1	100,8	94,8	92,0
0,13	A	45,2	37,3	41,6	72,4	69,2	71,0	51,8	51,6	49,8	105,0	92,8	92,3
	D	39,3	40,1	39,2	66,0	70,9	67,9	45,9	48,5	44,2	101,9	96,1	94,5
0,31	A	62,1	50,5	52,2	79,6	84,1	78,7	57,8	61,9	61,7	111,5	106,5	103,0
	D	44,3	47,2	42,7	75,7	81,9	82,4	58,5	56,5	53,7	111,0	106,4	102,6
0,63	A	65,9	60,5	62,0	96,7	106,3	96,4	77,8	71,9	71,1	--	--	--
	D	56,3	56,0	52,8	89,5	94,2	93,8	73,2	68,4	60,7	--	--	--
1,26	A	89,9	71,4	72,5	116,7	115,8	112,6	97,2	84,5	82,5	--	--	--
	D	68,4	67,2	64,7	112,8	112,7	113,4	90,1	80,8	72,1	--	--	--
2,51	A	93,3	80,5	79,1	--	--	--	110,9	98,7	98,3	--	--	--
	D	81,1	77,8	74,1	--	--	--	112,5	99,6	88,5	--	--	--
6,28	A	106,7	98,9	93,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	D	101,9	96,5	90,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,57	A	122,3	120,3	107,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	D	122,7	118,8	109,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Laboratorio De Ingeniería Alimentaria FCIAL.  
Elaborado por: Torres María

**TABLA D-4. VALORES DE ÍNDICE DE COMPORTAMIENTO DE FLUJO (n) E ÍNDICE DE CONSISTENCIA (K) [Pa.s<sup>n</sup>] DE PATÉ DE CHAMPIÑONES CALCULADOS SEGÚN ALVARADO, 1996**

Tratamiento	Código	N						m [Pa.s <sup>n</sup> ]					
		R1		R2		R3		R1		R2		R3	
		A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
1	A0B0C0	0,18	0,13	0,20	0,18	0,13	0,20	39,84	41,06	37,48	39,84	41,06	37,48
2	A1B0C0	0,19	0,18	0,16	0,19	0,18	0,16	54,27	43,33	43,66	54,27	43,33	43,66
3	A0B1C0	0,19	0,17	0,12	0,19	0,17	0,12	33,65	48,76	66,75	33,65	48,76	66,75
4	A1B1C0	0,09	0,12	0,11	0,09	0,12	0,11	68,88	77,38	72,40	68,88	77,38	72,40
5	A0B0C1	0,23	0,24	0,22	0,23	0,24	0,22	70,20	64,85	62,73	70,20	64,85	62,73
6	A0B1C1	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	104,33	108,45	105,29	104,33	108,45	105,29
7	A1B0C1	0,27	0,22	0,20	0,27	0,22	0,20	86,11	79,14	74,71	86,11	79,14	74,71
8	A1B1C1	0,06	0,09	0,08	0,06	0,09	0,08	118,24	116,59	111,68	118,24	116,59	111,68

**Fuente:** Laboratorio De Ingeniería Alimentaria FCIAL.  
**Elaborado por:** Torres María

**TABLA D-5. VALORES DE ESFUERZO DE FLUENCIA DETERMINADOS EN PATÉ DE CHAMPIÑONES SEGÚN EL MODELO DE CASSON**

Tratamiento	Código	$T_o^{0.5}$ [Pa] <sup>0.5</sup>			(c) [Pa]			$K'$ [Pa.s <sup>0.5</sup> ]		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	A0B0C0	5,16	5,57	5,02	26,63	31,06	25,15	0,86	0,61	0,84
2	A1B0C0	5,89	5,29	5,39	34,71	27,93	29,06	1,11	0,97	0,91
3	A0B1C0	4,89	5,96	7,25	23,95	35,51	52,63	0,68	0,76	0,66
4	A1B1C0	7,52	7,68	7,50	56,48	58,91	56,26	0,56	0,82	0,73
5	A0B0C1	6,49	6,12	6,17	42,07	37,42	38,02	1,44	1,48	1,33
6	A0B1C1	7,17	7,30	7,23	51,40	53,25	52,34	3,13	3,15	3,08
7	A1B0C1	5,95	6,21	6,23	35,36	38,59	38,87	3,09	2,47	2,23
8	A1B1C1	9,70	9,02	9,04	94,04	81,40	81,72	1,49	2,25	1,93

**Fuente:** Laboratorio De Ingeniería Alimentaria FCIAL.

**Elaborado por:** Torres María



**TABLA D-6. VALORES DE INDICE DE COMPORTAMIENTO DE FLUJO (n) E ÍNDICE DE CONSISTENCIA (K) [Pa.s<sup>n</sup>] DE PATÉ DE CHAMPIÑONES CALCULADOS SEGÚN MODELO Herschel- Bulkley (H-B)**

Tratamiento	Código	N			K[Pa.s <sup>n</sup> ]		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	A0B0C0	0,95	0,33	0,55	0,95	0,33	0,55
2	A1B0C0	0,48	0,76	0,76	13,63	0,37	0,34
3	A0B1C0	1,27	0,23	0,28	0,003	8,81	41,36
4	A1B1C0	0,62	0,57	0,71	0,30	4,85	0,71
5	A0B0C1	0,65	0,54	0,78	20,76	20,25	5,19
6	A0B1C1	0,56	0,56	0,57	228,59	288,53	248,46
7	A1B0C1	0,72	0,61	0,55	155,91	107,28	76,11
8	A1B1C1	0,28	0,64	0,68	70,93	109,44	80,45

**Fuente:** Laboratorio De Ingeniería Alimentaria FCIAL.  
**Elaborado por:** Torres María

**TABLA D-7. RESUMEN VALORES FINALES DE ÍNDICES REOLÓGICOS PARA DE PATÉ DE CHAMPIÑONES**

Tratamiento	Código	MODELO PSEUDOPLÁSTICO			MODELO TIPO MIXTO				MODELO Herschel- Bulkley (H-B)		
		n*	K[Pa.s <sup>n</sup> ]	r*	$\tau_0$	c	K [Pa.s <sup>n</sup> ]	r	n*	K[Pa.s <sup>n</sup> ]	r
1	A0B0C0	0,17	39,46	0,9980	27,56	27,61	0,593	0,876	0,95	0,06	0,661
2	A1B0C0	0,18	47,09	0,9983	30,47	30,57	0,980	0,974	0,48	13,63	0,961
3	A0B1C0	0,16	49,72	0,9960	36,48	37,36	0,490	0,729	1,27	0,003	0,641
4	A1B1C0	0,10	72,89	0,9990	57,15	57,22	0,490	0,954	0,62	0,30	0,967
5	A0B0C1	0,23	65,93	0,9995	39,19	39,17	2,016	0,920	0,65	20,76	0,880
6	A0B1C1	0,20	106,02	0,9983	52,27	52,33	9,734	0,993	0,56	228,59	0,995
7	A1B0C1	0,23	79,99	0,9987	37,58	37,61	6,760	0,984	0,72	155,91	0,983
8	A1B1C1	0,07	115,50	0,9994	85,56	85,72	3,572	0,945	0,72	70,93	0,906

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

**Fuente:** Laboratorio De Ingeniería Alimentaria FCIAL.  
**Elaborado por:** Torres María

## **ANEXO E**

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

## ANEXO E.1 ÍNDICE DE COMPORTAMIENTO DE FLUJO *n*

**Tabla E.1.1. Análisis de varianza del índice de comportamiento de flujo de paté de champiñones TIPO PSEUDOPLÁSTICO**

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	VALOR P	F de Tablas
RÉPLICAS	0,0009	2	0,00045	0,67	0,5241	3,68
EFECTOS PRINCIPALES						
A: A Nativo	0,0198375	1	0,0198375	29,74*	0,0001	4,54
B: A Modificado	0,0155042	1	0,0155042	23,25*	0,0002	4,54
C: G Xhantan	0,00570417	1	0,00570417	8,55*	0,0105	4,54
INTERACCIONES						
AB	0,0126042	1	0,0126042	18,90*	0,0006	4,54
AC	0,00700417	1	0,00700417	10,50*	0,0055	4,54
BC	0,000704167	1	0,000704167	1,06	0,3205	4,54
RESIDUAL	0,0100042	15	0,000666944			
TOTAL (CORREG.)	0,0722625	23				

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

**Tabla E.1.2. Análisis de varianza del índice de comportamiento de flujo de paté de champiñones TIPO B-H**

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	VALOR P	F de Tablas
RÉPLICAS	0,104008	2	0,0520042	0,79	0,4710	3,68
EFECTOS PRINCIPALES						
A: A Nativo	0,0030375	1	0,0030375	0,05	0,8326	4,54
B: A Modificado	0,0045375	1	0,0045375	0,07	0,7962	4,54
C: G Xhantan	0,00570417	1	0,00570417	0,09	0,7722	4,54
INTERACCIONES						
AB	0,000104167	1	0,000104167	0,00	0,9688	4,54
AC	0,0301042	1	0,0301042	0,46	0,5087	4,54
BC	0,0000375	1	0,0000375	0,00	0,9813	4,54
RESIDUAL	0,984963	15	0,0656642			
TOTAL (CORREG.)	1,1325	23				

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

## PRUEBA DE TUKEY - ÍNDICE DE COMPORTAMIENTO DE FLUJO $n$

### FLUIDO TIPO PSEUDOPLÁSTICO

#### PRUEBA DE TUKEY PARA EL FACTOR A

**Cuadro E-1.1. Tukey para el factor A**

	A1	A0	
		0,137	0,194
			TUKEY
A1	0,137	<sup>b</sup> 0,000	<sup>a</sup> <u>0,057*</u>
A0	0,194		0,000

\* denota una diferencia estadísticamente significativa

Elaborado por: Torres, María

#### PRUEBA DE TUKEY PARA EL FACTOR B

**Cuadro E-1.2. Tukey para el factor B**

	B1	B0	
		0,140	0,191
			TUKEY
B1	0,140	<sup>b</sup> 0,000	<sup>a</sup> <u>0,051*</u>
B0	0,191		0,000

Elaborado por: Torres, María

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

#### PRUEBA DE TUKEY PARA EL FACTOR C

**Cuadro E-1.3. Tukey para el factor C**

	C0	C1	
		0,150	0,181
			TUKEY
C0	0,150	<sup>b</sup> 0,000	<sup>a</sup> <u>0,03*</u>
C1	0,181		0,000

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

#### PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN FACTOR AB

**Cuadro E-1.4. Tukey para la interacción AB**

	A1B1	A1B0	A0B1	A0B0	
		0,088	0,186	0,192	0,196
					TUKEY
A1B1	0,088	<sup>b</sup> 0,000	<sup>a</sup> <u>0,098*</u>	<sup>a</sup> <u>0,104*</u>	<sup>a</sup> <u>0,108*</u>
A1B0	0,186		0,000	0,006	0,010
A0B1	0,192			0,000	0,004
A0B0	0,196				0,000

\* denota una diferencia estadísticamente significativa

Elaborado por: Torres, María

<sup>a b c d</sup> Grupos con letras diferentes denotan diferencia estadística

## PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN FACTOR AC

**Cuadro E-1.5. Tukey para la interacción AC**

	A1C1	A1C0	A0C0	A0C1	TUKEY
	0,134	0,139	0,160	0,228	
<b>A1C1</b>	0,134	<sup>b</sup> 0,000	<sup>b</sup> 0,005	0,026	<b>0,093*</b>
<b>A1C0</b>	0,139		0,000	<sup>b</sup> 0,021	<b>0,088*</b>
<b>A0C0</b>	0,160			0,000	<sup>a</sup> <b>0,068*</b>
<b>A0C1</b>	0,228				0,000

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

## PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN FACTOR ABC

**Cuadro E-1.6. Tukey para la interacción ABC**

	A1B1C1	A1B1C0	A0B1C0	A0B0C0	A1B0C0	A1B0C1	A0B1C1	A0B0C1	TUKEY
	0,072	0,103	0,155	0,165	0,175	0,197	0,227	0,227	
<b>A1B1C1</b>	0,072	<sup>d</sup> 0,000	<sup>d</sup> 0,032	<sup>c</sup> <b>0,083*</b>	<sup>c</sup> <b>0,093*</b>	<b>0,103*</b>	<b>0,125*</b>	<b>0,155*</b>	<b>0,063</b>
<b>A1B1C0</b>	0,103		0,000	0,052	0,062	<sup>b</sup> <b>0,072*</b>	<sup>b</sup> <b>0,093*</b>	<b>0,123*</b>	
<b>A0B1C0</b>	0,155			0,000	0,010	0,020	0,042	<sup>a</sup> <b>0,072*</b>	<sup>a</sup> <b>0,072*</b>
<b>A0B0C0</b>	0,165				0,000	0,032	0,062	0,062	
<b>A1B0C0</b>	0,175					0,000	0,022	0,052	
<b>A1B0C1</b>	0,197						0,000	0,030	
<b>A0B1C1</b>	0,227							0,000	
<b>A0B0C1</b>	0,227								0,000

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

**a b c d** Grupos con letras diferentes denotan diferencia estadística

## ANEXO E.2. ÍNDICE DE CONSISTENCIA K

**Tabla E.2.1. Análisis de varianza del índice de consistencia de paté de champiñones  
TIPO PSEUDOPLASTICO**

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	VALOR P	F de Tablas
RÉPLICAS	1,69223	2	0,846117	0,01	0,9867	3,68
EFECTOS PRINCIPALES						
A: A Nativo	4242,89	1	4242,89	67,17*	0,0000	4,54
B: A Modificado	1332,06	1	1332,06	21,07*	0,004	4,54
C: G Xhantan	9395,5	1	9395,5	148,64*	0,0000	4,54
INTERACCIONES						
AB	45,0456	1	45,0456	0,71	0,4118	4,54
AC	753,312	1	753,312	11,92*	0,0036	4,54
BC	58,7814	1	58,7814	0,93	0,3502	4,54
RESIDUAL	948,137	15	63,2091			
TOTAL (CORREG.)	16780,4	23				

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

**Tabla E.2.2. Análisis de varianza del índice de consistencia de paté de champiñones  
TIPO Herschel- Bulkley (H-B)**

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	VALOR P	F de Tablas
RÉPLICAS	472,168	2	236,084	0,12	0,8879	3,68
EFECTOS PRINCIPALES						
A: A Nativo	15458,5	1	15458,5	7,85*	0,0134	4,54
B: A Modificado	1229,8	1	1229,8	0,62	0,4418	4,54
C: G Xhantan	74783,2	1	74783,2	37,96*	0,0000	4,54
INTERACCIONES						
AB	30436,6	1	30436,6	15,45*	0,0074	4,54
AC	18855,2	1	18855,2	9,57*	0,2655	4,54
BC	2635,93	1	2635,93	1,34	0,8879	4,54
RESIDUAL	29548,7	15	1969,91			
TOTAL (CORREG.)	173420,0	23				

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

# PRUEBAS DE TUKEY- ÍNDICE DE CONSISTENCIA K

## FLUIDO TIPO PSEUDOPLÁSTICO

### PRUEBA DE TUKEY PARA EL FACTOR A

**Cuadro E.2.1. Tukey para el factor A**

	A0	A1	TUKEY
A0	58,771	85,374	4,885
A1	85,374	0,000	0,000

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

### PRUEBA DE TUKEY PARA EL FACTOR B

**Cuadro E.2.2 Tukey para el factor B**

	B0	B1	TUKEY
B0	64,623	79,522	4,885
B1	79,522	0,000	0,000

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

### PRUEBA DE TUKEY PARA EL FACTOR C

**Cuadro E.2.3. Tukey para el factor C**

	C0	C1	TUKEY
C0	52,286	91,859	4,885
C1	91,859	0,000	0,000

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

### PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN AC

**Cuadro E.2.4.: Tukey para la interacción AC**

	A0C0	A1C0	A0C1	A1C1	TUKEY
A0C0	44,587	59,985	72,955	110,763	9,364
A1C0	59,985	0,000	12,970*	50,778*	
A0C1	72,955		0,000	37,808*	
A1C1	110,763			0,000	

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

a b c d Grupos con letras diferentes denotan diferencia estadística



## PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN ABC

**Cuadro E.2.5 Tukey para la interacción ABC**

	A0B0C0	A1B0C0	A0B1C0	A0B0C1	A1B1C0	A0B1C1	A1B0C1	A1B1C1	TUKEY	
	39,458	47,085	49,715	65,925	72,885	79,985	106,023	115,502		
<b>A0B0C0</b>	39,458	0,000 <sup>d</sup>	7,627 <sup>d</sup>	10,257 <sup>d</sup>	<u>*26,467<sup>c</sup></u>	<b>33,427*</b>	<b>40,527*</b>	<b>66,565*</b>	<b>76,043*</b>	<b>19,635</b>
<b>A1B0C0</b>	47,085		0,000	2,630	18,840	<b>25,800*</b>	<b>32,900*</b>	<b>58,938*</b>	<b>68,417*</b>	
<b>A0B1C0</b>	49,715			0,000	16,210	<u>*23,170<sup>b</sup></u>	<u>*30,270<sup>b</sup></u>	<b>56,308*</b>	<b>65,787*</b>	
<b>A0B0C1</b>	65,925				0,000	6,960	14,060	<b>40,098*</b>	<b>49,577*</b>	
<b>A1B1C0</b>	72,885					0,000	7,100	<b>33,138*</b>	<b>42,617*</b>	
<b>A0B1C1</b>	79,985						0,000	<u>*26,038<sup>a</sup></u>	<u>*35,517<sup>a</sup></u>	
<b>A1B0C1</b>	106,023							0,000	9,478	
<b>A1B1C1</b>	115,502								0,000	

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

**a b c d** Grupos con letras diferentes denotan diferencia estadística

## PRUEBAS DE TUKEY- ÍNDICE DE CONSISTENCIA K

### FLUIDO TIPO Herschel- Bulkley (H-B)

#### PRUEBA DE TUKEY PARA EL FACTOR A

**Cuadro E-2.6. Tukey para el factor A**

		A0	A1	
		36,458	87,217	TUKEY
A0	36,458	<sup>b</sup> 0,000	<sup>a</sup> <u>50,758*</u>	27,270
A1	87,217		0,000	

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

#### PRUEBA DE TUKEY PARA EL FACTOR C

**Cuadro E-2.7. Tukey para el factor C**

		C0	C1	
		6,017	117,658	TUKEY
C0	6,017	<sup>b</sup> 0,000	<sup>a</sup> <u>111,642*</u>	27,270
C1	117,658		0,000	

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

#### PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN FACTOR AB

**Cuadro E-2.8. Tukey para la interacción AB**

		A0B0	A1B1	A0B1	A1B0	
		8,005	44,447	64,912	129,987	TUKEY
A0B0	8,005	<sup>c</sup> 0,000	<sup>c</sup> 36,442	<sup>b</sup> <u>56,907*</u>	121,982*	52,275
A1B1	44,447		0,000	20,465	<u>85,540*</u>	
A0B1	64,912			0,000	<sup>a</sup> <u>65,075*</u>	
A1B0	129,987				0,000	

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

#### PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN FACTOR AC

**Cuadro E-2.9. Tukey para la interacción AC**

		A1C0	A0C0	A0C1	A1C1	
		3,367	8,667	64,250	171,067	TUKEY
A1C0	3,367	<sup>c</sup> 0,000	<sup>c</sup> 5,300	<b>60,883*</b>	<b>167,700*</b>	52,275
A0C0	8,667		0,000	<sup>b</sup> <u>55,583*</u>	<b>162,400*</b>	
A0C1	64,250			0,000	<sup>a</sup> <u>106,817*</u>	
A1C1	171,067				0,000	

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

<sup>a b c d</sup> Grupos con letras diferentes denotan diferencia estadística

## PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN FACTOR ABC

**CuadroE-2.10. Tukey para la interacción ABC**

	A0B0C0	A1B1C0	A1B0C0	A0B0C1	A0B1C0	A1B1C1	A0B1C1	A1B0C1	TUKEY	
	0,610	1,953	4,780	15,400	16,723	86,940	113,100	255,193		
<b>A0B0C0</b>	0,610	<sup>c</sup> 0,000	<sup>c</sup> 1,343	<sup>c</sup> 4,170	<sup>c</sup> 14,790	<sup>c</sup> 16,113	<sup>c</sup> 86,330	<b>112,490*</b>	<b>254,583*</b>	109,628
<b>A1B1C0</b>	1,953		0,000	2,827	13,447	14,770	84,987	<sup>b</sup> <b>111,147*</b>	<b>253,240*</b>	
<b>A1B0C0</b>	4,780			0,000	10,620	11,943	82,160	108,320	<b>250,413*</b>	
<b>A0B0C1</b>	15,400				0,000	1,323	71,540	97,700	<b>239,793*</b>	
<b>A0B1C0</b>	16,723					0,000	70,217	96,377	<b>238,470*</b>	
<b>A1B1C1</b>	86,940						0,000	26,160	<b>168,253*</b>	
<b>A0B1C1</b>	113,100							0,000	<sup>a</sup> <b>142,093*</b>	
<b>A1B0C1</b>	255,193								0,000	

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

**a b c d** Grupos con letras diferentes denotan diferencia estadística

**ANEXO E-3 Esfuerzo de fluencia (c)**

**Tabla E.3.1. Análisis de varianza para el esfuerzo de fluencia de paté de champiñones**

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	VALOR P	F de Tablas
RÉPLICAS	7,85306	2	3,92653	0,08	0,9204	3,68
EFECTOS PRINCIPALES						
A: A Nativo	2651,04	1	2651,04	56,29*	0,0000	4,54
B: A Modificado	1745,58	1	1745,58	37,07*	0,0000	4,54
C: G Xhantan	1444,6	1	1444,6	30,67*	0,0001	4,54
INTERACCIONES						
AB	1008,29	1	1008,29	21,41*	0,0003	4,54
AC	554,882	1	554,882	11,78*	0,0037	4,54
BC	7,84327	1	7,84327	0,17	0,6890	4,54
RESIDUAL	639,529	15	42,6353			
TOTAL (CORREG.)	8126,51	23				

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

**PRUEBAS DE TUKEY- Esfuerzo de fluencia (c)**

**PRUEBA DE TUKEY PARA EL FACTOR A**

**Cuadro E.3.1. Tukey para el factor A**

	A0	A1	TUKEY
	35,438	56,458	
A0	35,438	<sup>b</sup> 0,000	<sup>a</sup> <b>21,020*</b>
A1	56,458	0,000	<b>4,012</b>

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

**a b c d** Grupos con letras diferentes denotan diferencia estadística

## PRUEBA DE TUKEY PARA EL FACTOR B

**Cuadro E.3.2. Tukey para el factor B**

	B0	B1	TUKEY
	37,420	54,477	
B0	37,42	<sup>b</sup> 0,000	<sup>a</sup> <u>17,057*</u>
B1	54,477	0,000	<b>4,012</b>

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

## PRUEBA DE TUKEY PARA EL FACTOR C

**Cuadro E.3.3. Tukey para el factor C**

	C0	C1	TUKEY
	38,190	53,707	
C0	38,190	<sup>b</sup> 0,000	<sup>a</sup> <u>15,517*</u>
C1	53,707	0,000	<b>4,012</b>

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

## PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN AB

**Cuadro E.3.4. Tukey para la interacción AB**

	A0B0	A0B1	A1B0	A1B1	TUKEY
	33,392	37,485	41,448	71,468	
A0B0	33,392	<sup>c</sup> 0,000	<sup>c</sup> 4,093	<sup>b</sup> <u>8,057*</u>	<b>38,077*</b>
A0B1	37,485	0,000	3,963	<sup>a</sup> <u>33,983*</u>	
A1B0	41,448		0,000	<sup>a</sup> <u>30,020*</u>	
A1B1	71,468			0,000	<b>7,609</b>

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

## PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN AC

**Cuadro E.3.5. Tukey para la interacción AC**

	A0C0	A0C1	A1C0	A1C1	TUKEY
	32,488	38,388	43,892	69,025	
A0C0	32,488	<sup>c</sup> 0,000	<sup>c</sup> 5,900	<sup>b</sup> <u>11,403*</u>	<b>36,537*</b>
A0C1	38,388	0,000	5,503	<sup>a</sup> <u>30,637*</u>	
A1C0	43,892		0,000	<sup>a</sup> <u>25,133*</u>	
A1C1	69,025			0,000	<b>7,609</b>

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

<sup>a b c d</sup> Grupos con letras diferentes denotan diferencia estadística

## PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN ABC

**Cuadro E.3.6. Tukey para la interacción ABC**

	A0B0C0	A1B0C0	A0B1C0	A0B1C1	A0B0C1	A1B0C1	A1B1C0	A1B1C1	TUKEY
	27,613	30,567	37,363	37,607	39,170	52,330	57,217	85,720	
<b>A0B0C0</b>	27,613	<sup>d</sup> 0,000	<sup>d</sup> 2,953	<sup>d</sup> 9,750	<sup>d</sup> 9,993	<sup>d</sup> 11,557	<b>24,717*</b>	<b>29,603*</b>	<b>58,107*</b>
<b>A1B0C0</b>	30,567		0,000	6,797	7,040	8,603	<sup>c</sup> <b>21,763*</b>	<b>26,650*</b>	<b>55,153*</b>
<b>A0B1C0</b>	37,363			0,000	0,243	1,807	14,967	<b>19,853*</b>	<b>48,357*</b>
<b>A0B1C1</b>	37,607				0,000	1,563	14,723	<b>19,610*</b>	<b>48,113*</b>
<b>A0B0C1</b>	39,170					0,000	13,160	<sup>b</sup> <b>18,047*</b>	<b>46,550*</b>
<b>A1B0C1</b>	52,330						0,000	4,887	<b>33,390*</b>
<b>A1B1C0</b>	57,217							0,000	<sup>a</sup> <b>28,503*</b>
<b>A1B1C1</b>	85,72								0,000

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Elaborado por: Torres, María

**a b c d** Grupos con letras diferentes denotan diferencia estadística

## ANEXO E4. pH

**Tabla E.4.1. Análisis de varianza de pH de paté de champiñones**

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	VALOR P	F de Tablas
RÉPLICAS	0,185833	2	0,0929167	0,0929167	0,2097	3,68
EFECTOS PRINCIPALES						
A: A Nativo	0,015	1	0,015	0,015	0,6042	4,54
B: A Modificado	0,281667	1	0,281667	0,281667	0,0366	4,54
C: G Xhantan	0,015	1	0,015	0,015	0,6042	4,54
INTERACCIONES						
AB	0,0266667	1	0,0266667	0,0266667	0,4910	4,54
AC	0,24	1	0,24	0,326667	0,0259	4,54
BC	0,185833	1	0,185833	0,24	0,0513	4,54
RESIDUAL	0,8025	15	0,0535	0,0535		
TOTAL (CORREG.)	1,89333	23				

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

## ANEXO E.5. Acidez

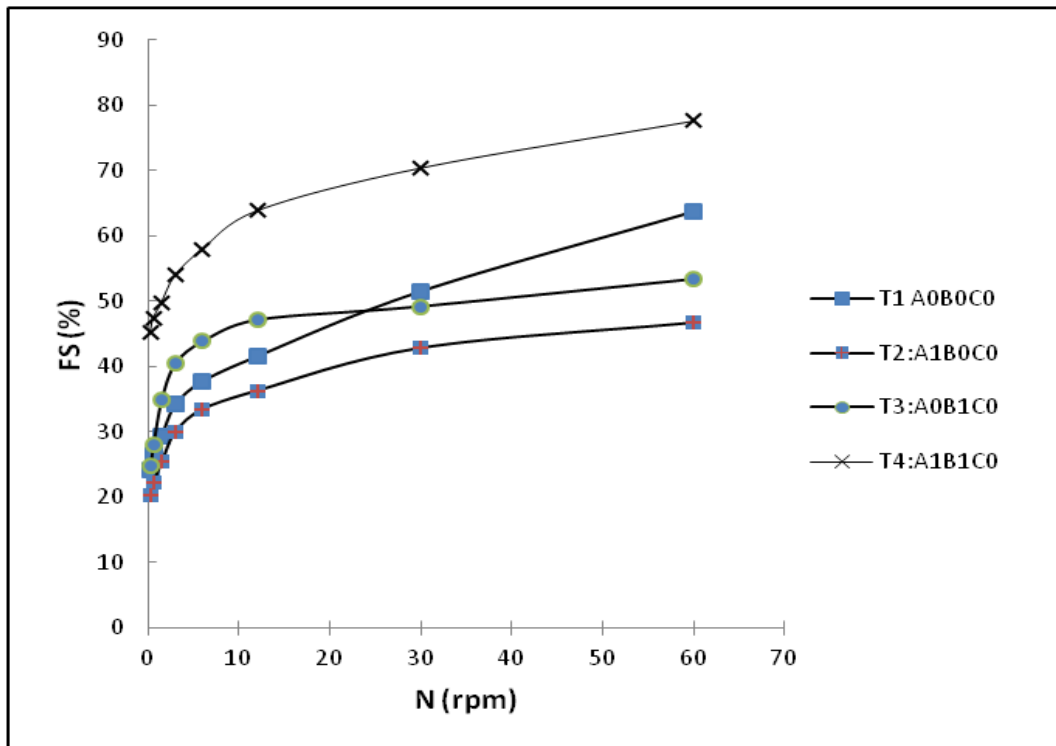
**Tabla E.5.1. Análisis de varianza de acidez de paté de champiñones**

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	VALOR P	F de Tablas
RÉPLICAS	0,0140583	2	0,00702917	1,89	0,1858	3,68
EFECTOS PRINCIPALES						
A: A Nativo	0,000816667	1	0,000816667	0,22	0,6464	4,54
B: A Modificado	0,0192667	1	0,0192667	5,17*	0,0381	4,54
C: G Xhantan	0,000816667	1	0,000816667	0,22	0,6464	4,54
INTERACCIONES						
AB	0,00201667	1	0,00201667	0,54	0,4732	4,54
AC	0,0240667	1	0,0240667	6,46*	0,0226	4,54
BC	0,0160167	1	0,0160167	4,30	0,0558	4,54
RESIDUAL	0,055875	15	0,003725			
TOTAL (CORREG.)	0,132933	23				

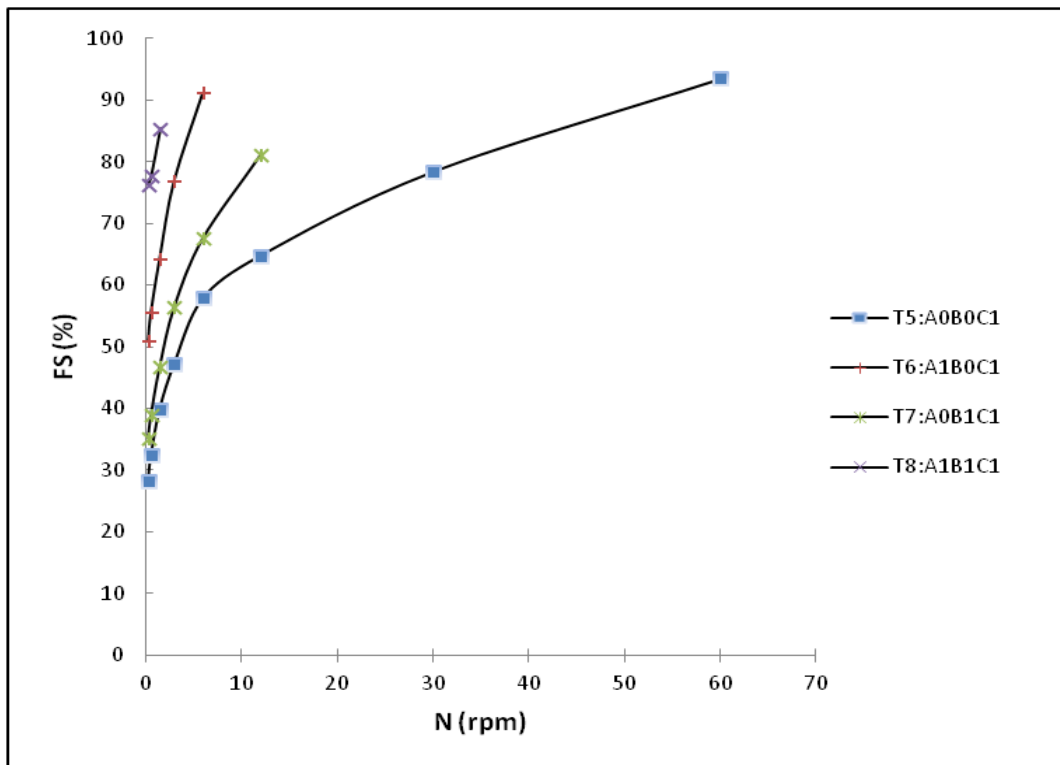
\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

**F: GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE  
LOS DATOS**



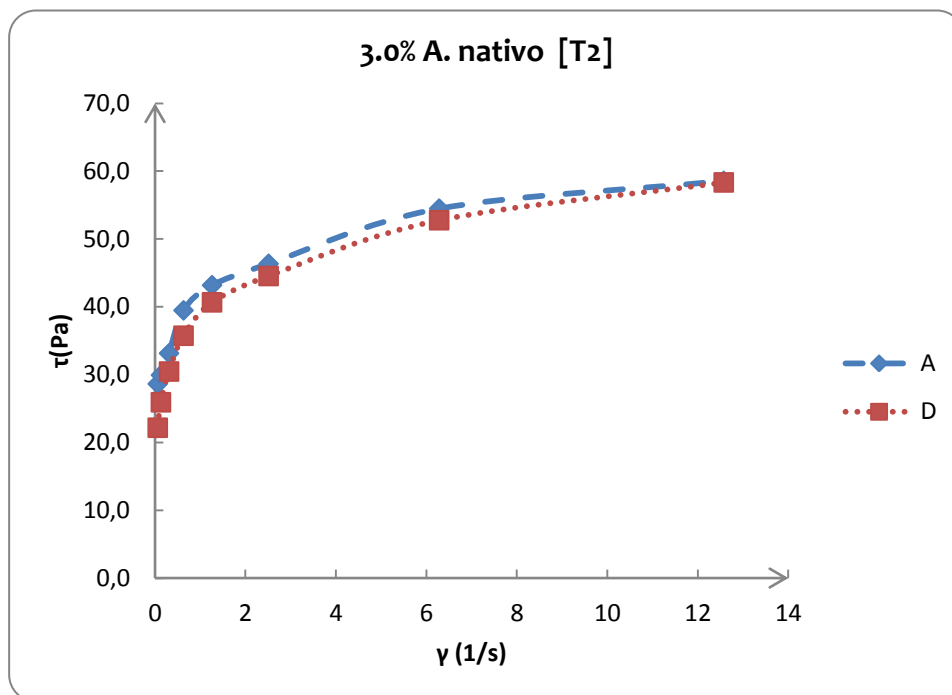
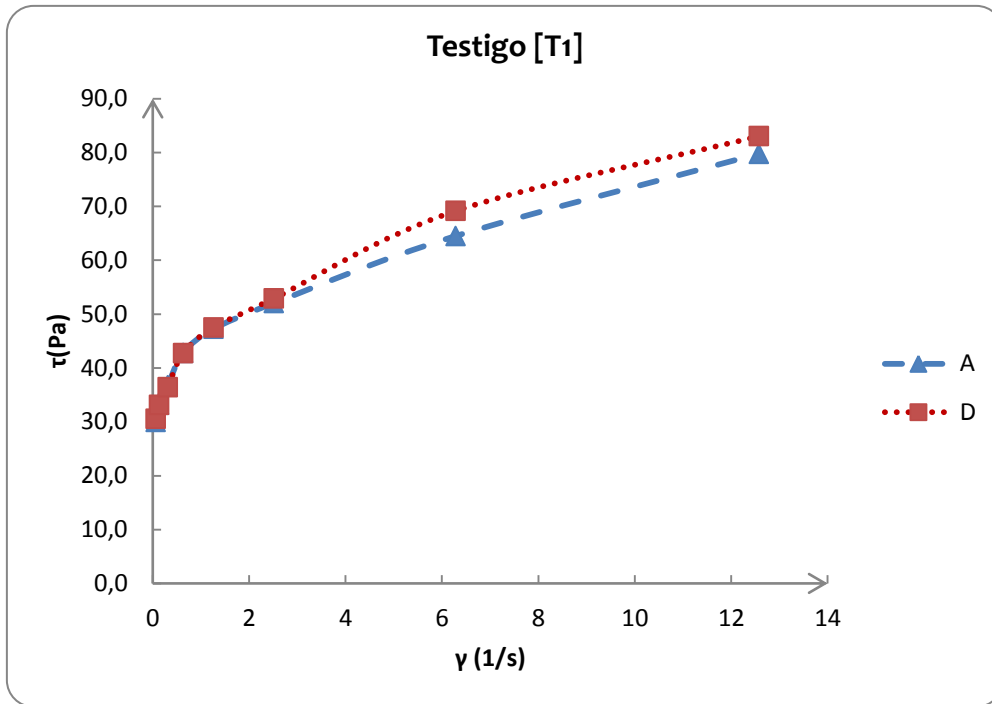


\* Tratamientos 1, 2, 3, 4.

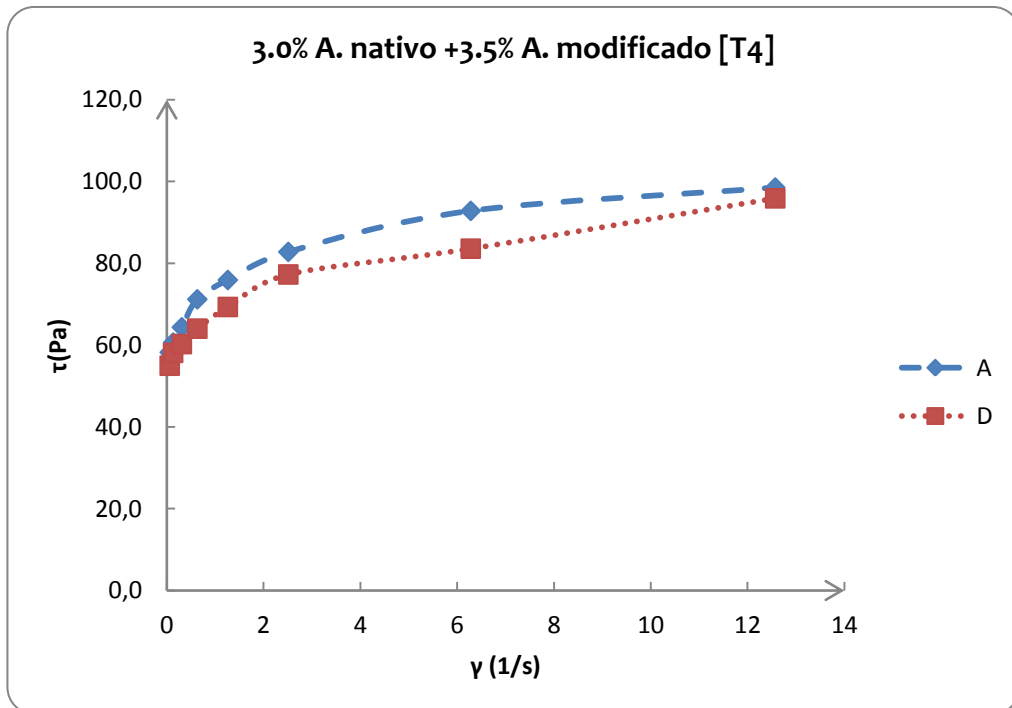
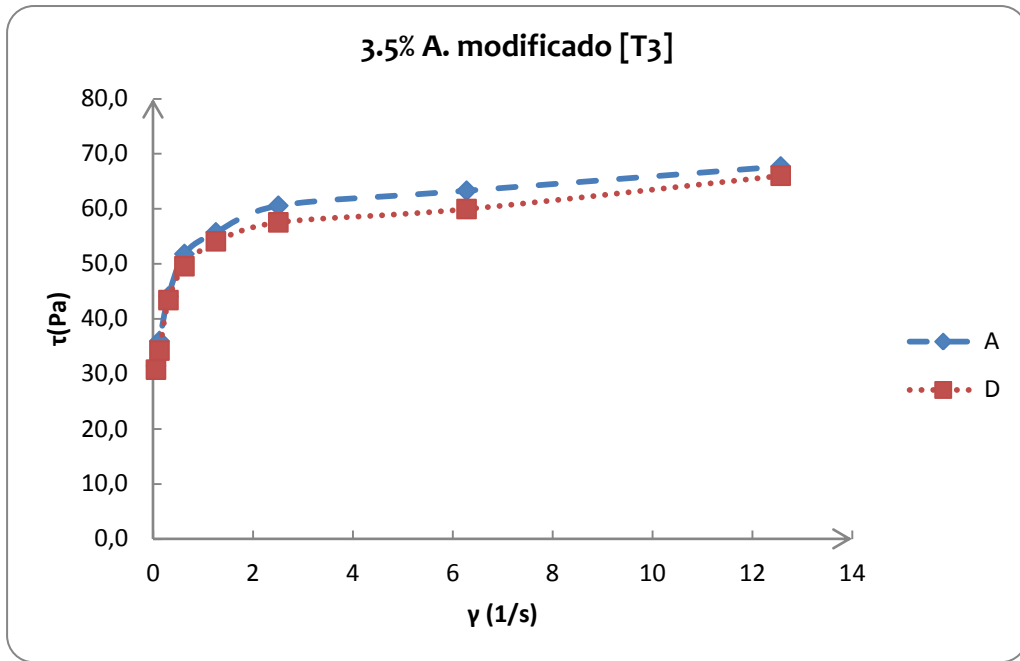


\* Tratamientos 5, 6, 7, 8

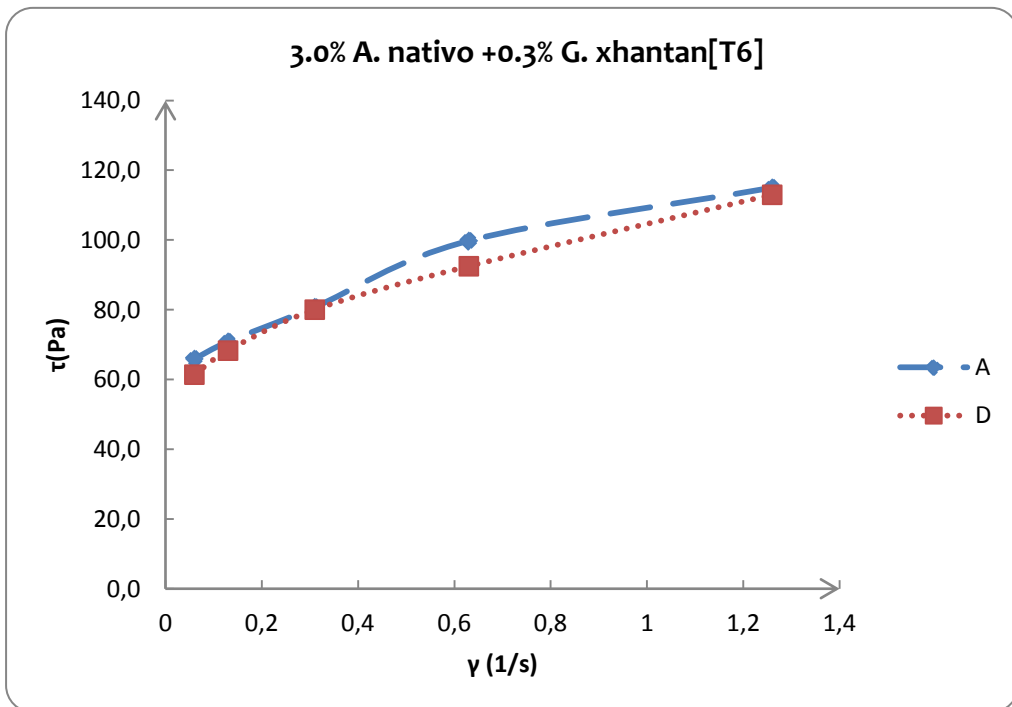
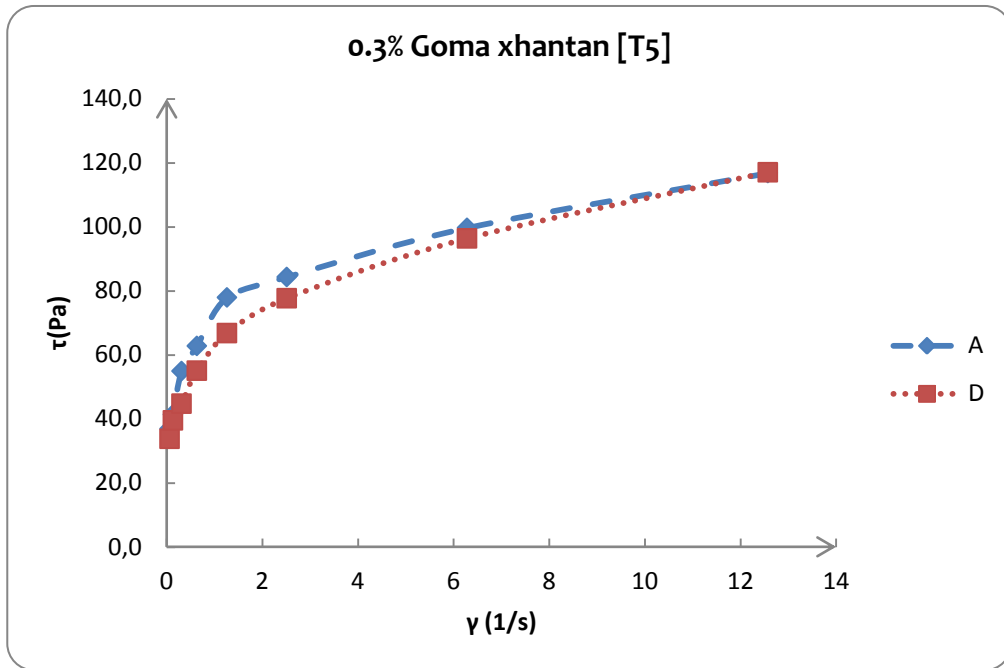
**Gráfico F- 1. Comportamiento no newtoniano para paté de champiñón.**



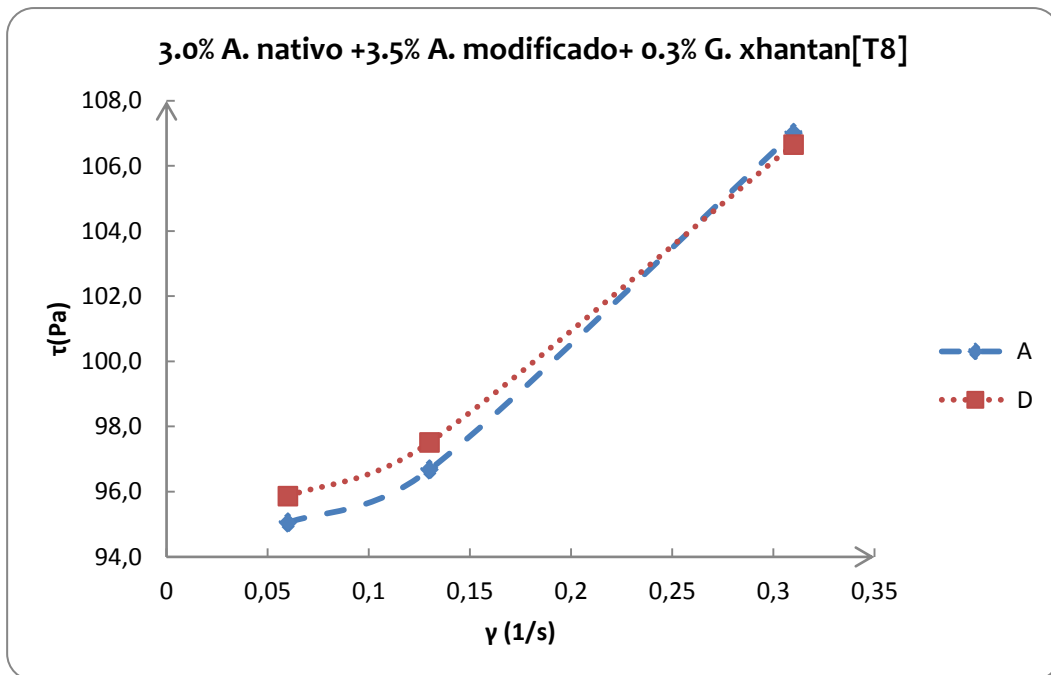
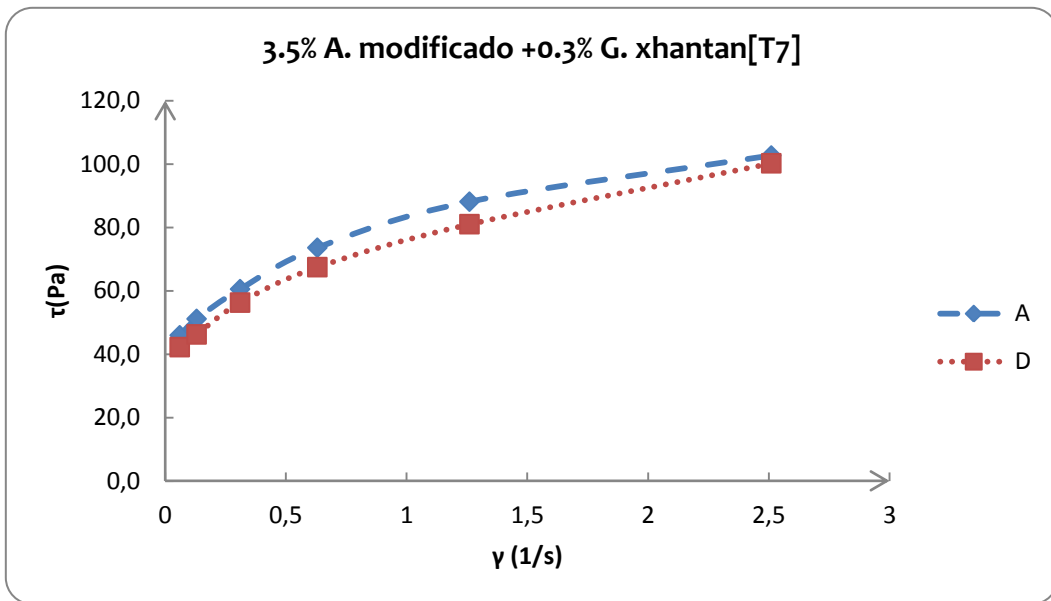
**Grafico F-2. Relación entre esfuerzo de cizallamiento ( $\tau$ ) y velocidad de deformación en cizallamiento ( $\gamma$ ) en paté de champiñones. Determinación de tixotropía: A: Ciclo ascendente y D: ciclo descendente**



**Grafico F-2. Relación entre esfuerzo de cizallamiento ( $\tau$ ) y velocidad de deformación en cizallamiento ( $\gamma$ ) en paté de champiñones (CONT.).**  
**Determinación de tixotropía: A: Ciclo ascendente y D: ciclo descendente**

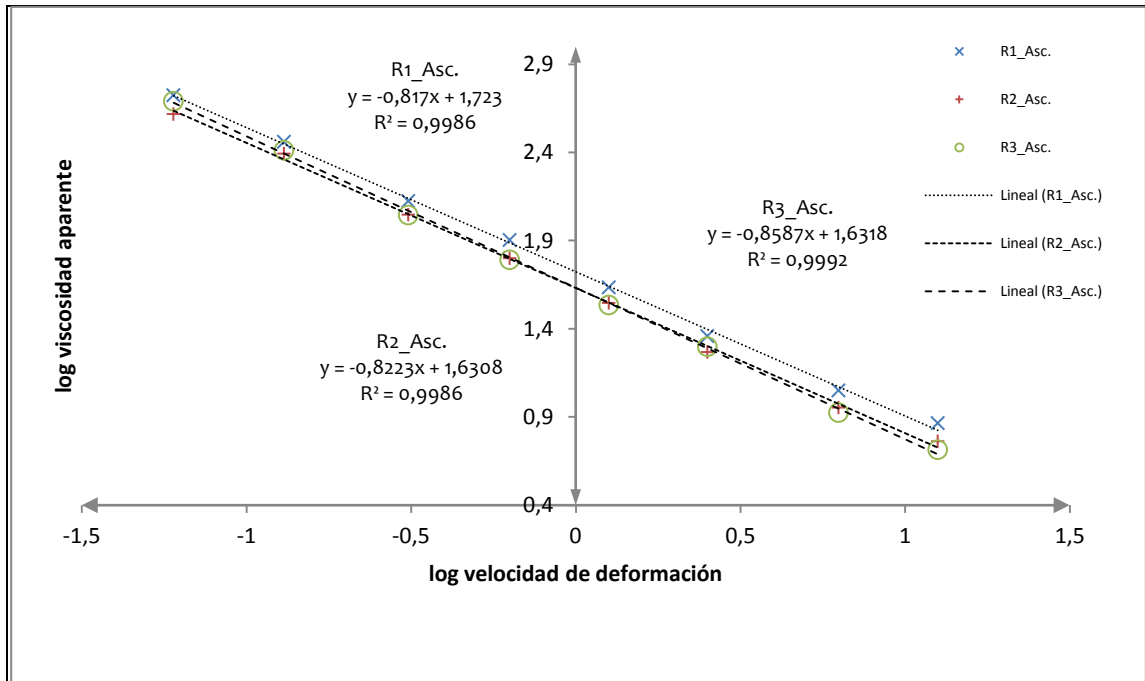


**Grafico F-2. Relación entre esfuerzo de cizallamiento ( $\tau$ ) y velocidad de deformación en cizallamiento ( $\gamma$ ) en paté de champiñones (CONT.)**  
**Determinación de tixotropía: A: Ciclo ascendente y D: ciclo descendente**



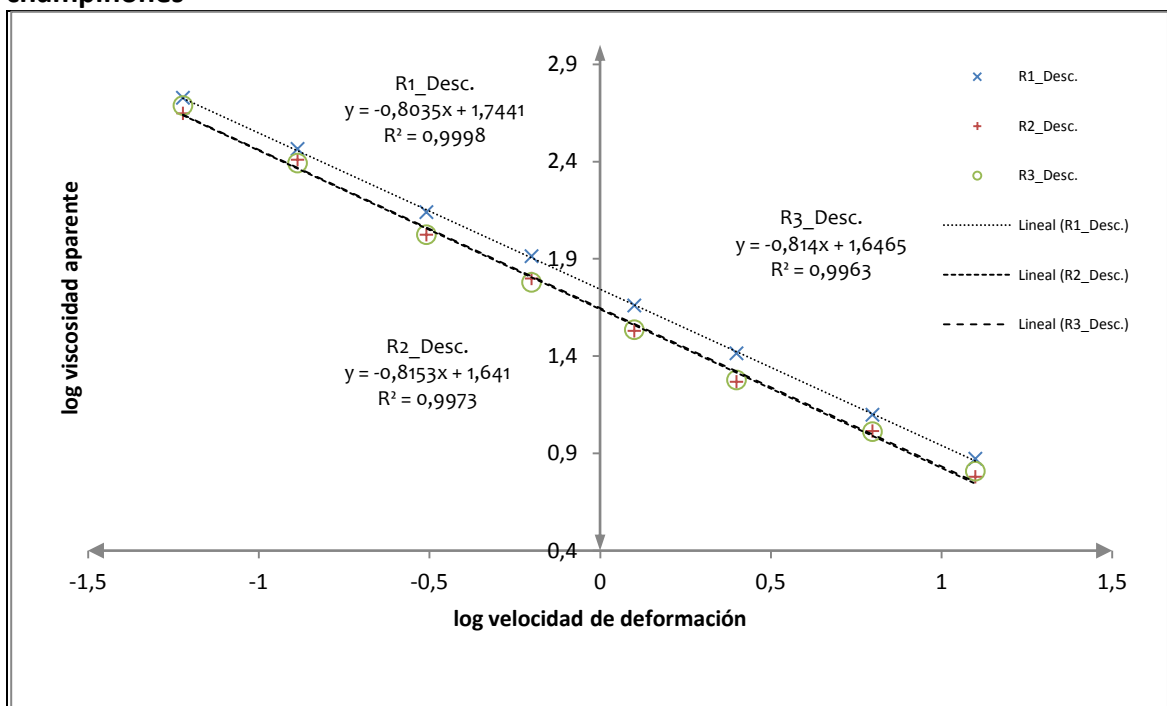
**Grafico F-2. Relación entre esfuerzo de cizallamiento ( $\tau$ ) y velocidad de deformación en cizallamiento ( $\gamma$ ) en paté de champiñones. (CONT.)**  
**Determinación de tixotropía: A: Ciclo ascendente y D: ciclo descendente**

**FIGURA 1. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] ascendente en el tratamiento A0B0C0 (0%) en paté de champiñones**



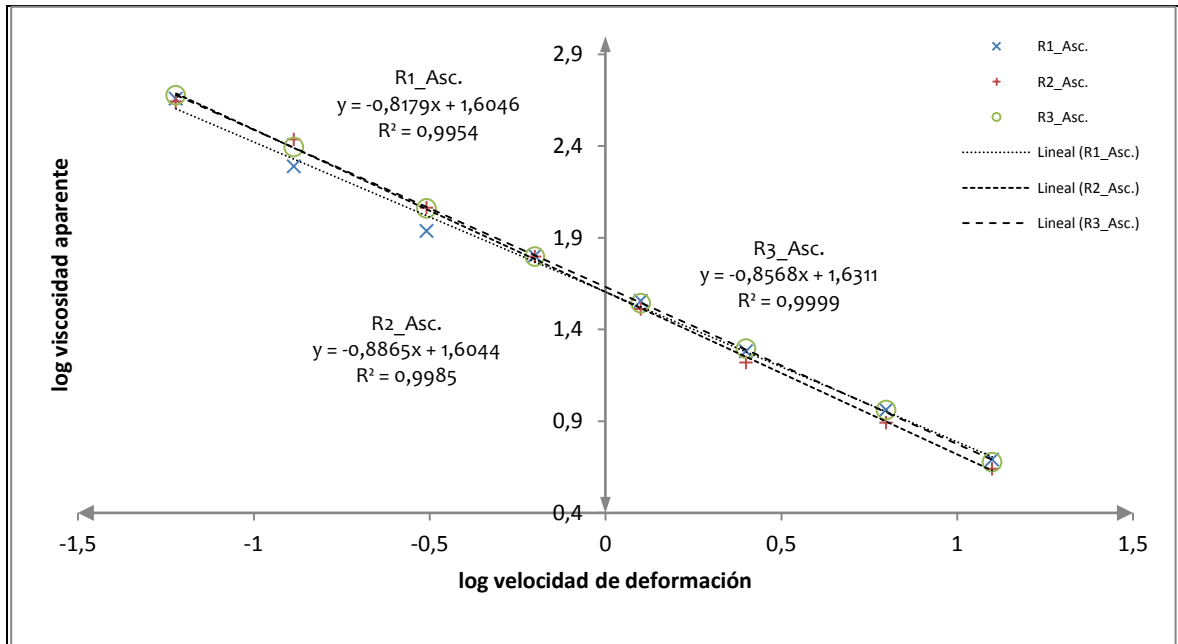
R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

**FIGURA 2. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] descendente en el tratamiento A0B0C0 (0%) en paté de champiñones**



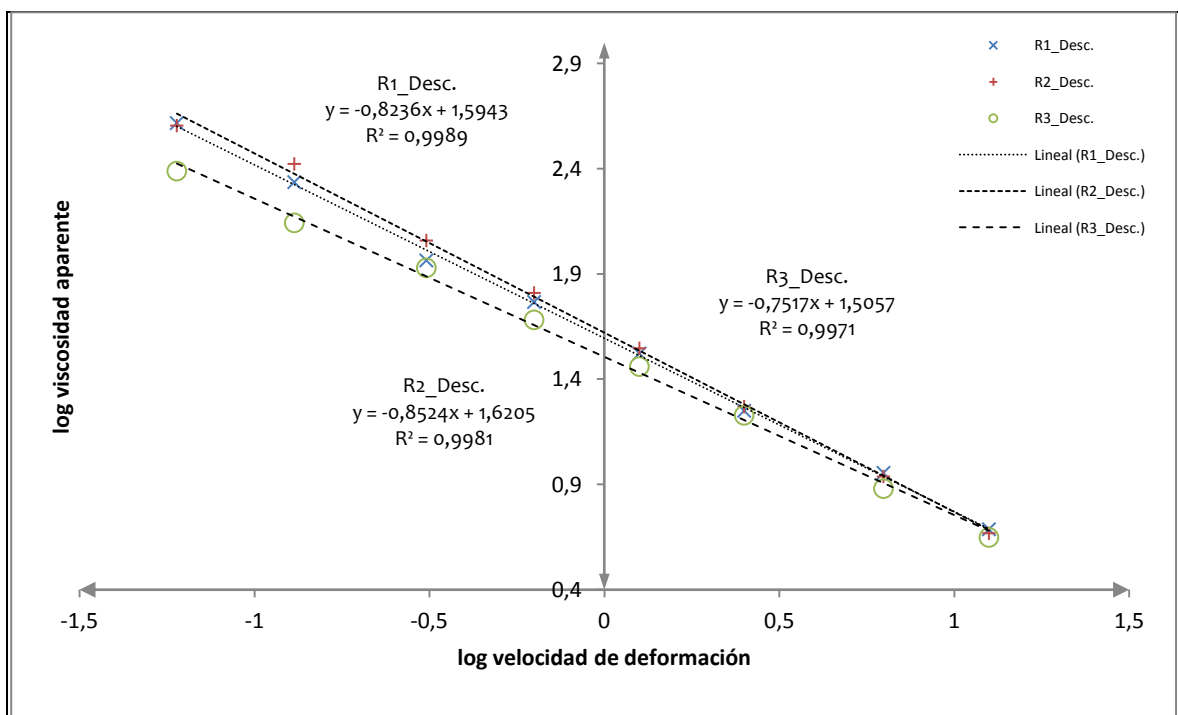
R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

**FIGURA 3. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] ascendente en el tratamiento A1B0C0 (Almidón nativo 3%) en paté de champiñones**



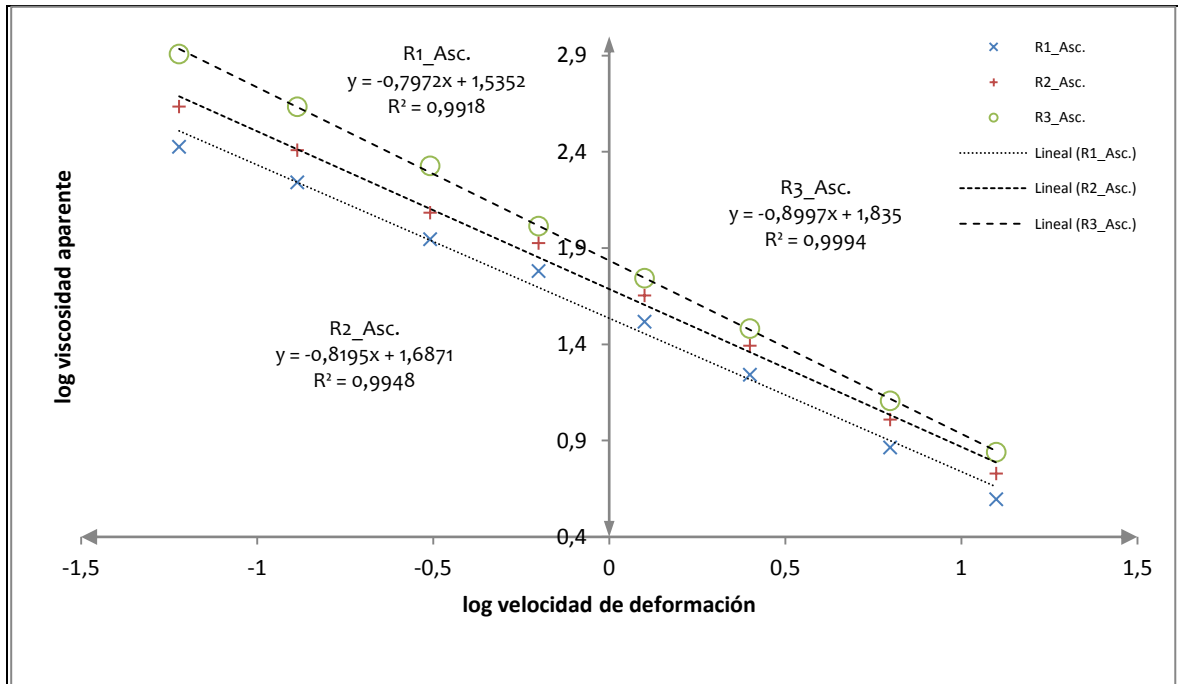
R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

**FIGURA 4. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] descendente en el tratamiento A1B0C0 (Almidón nativo 3%) en paté de champiñones**



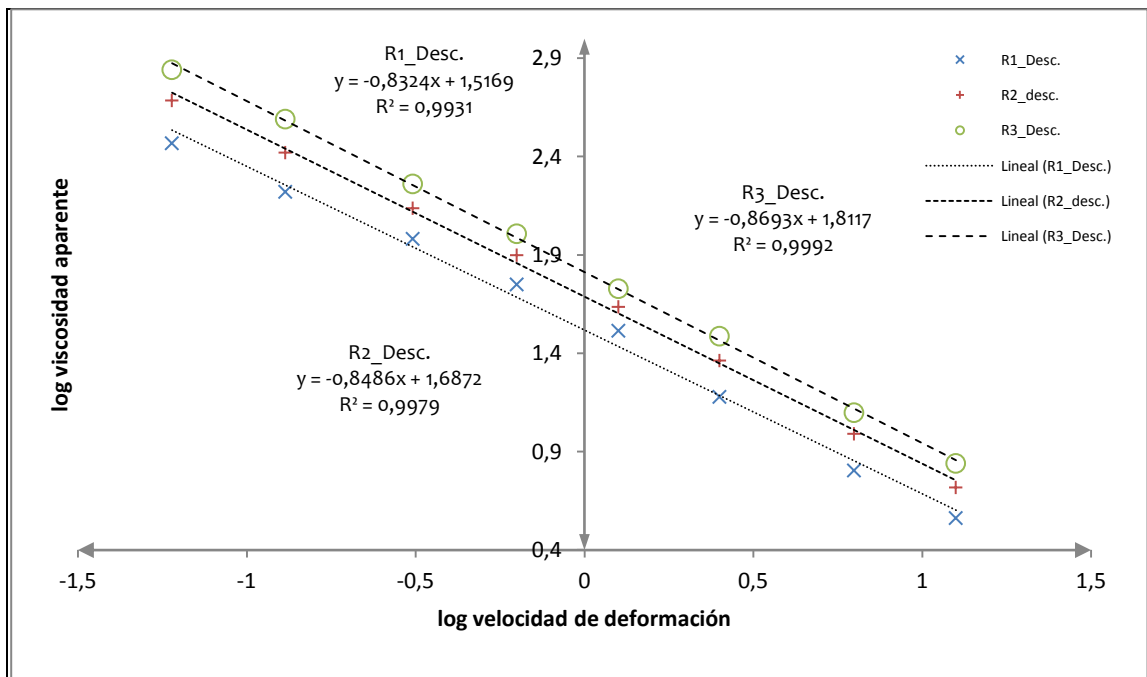
R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

**FIGURA 5. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] ascendente en el tratamiento A0B1C0 (Almidón modificado 3,5%) en paté de champiñones**



R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

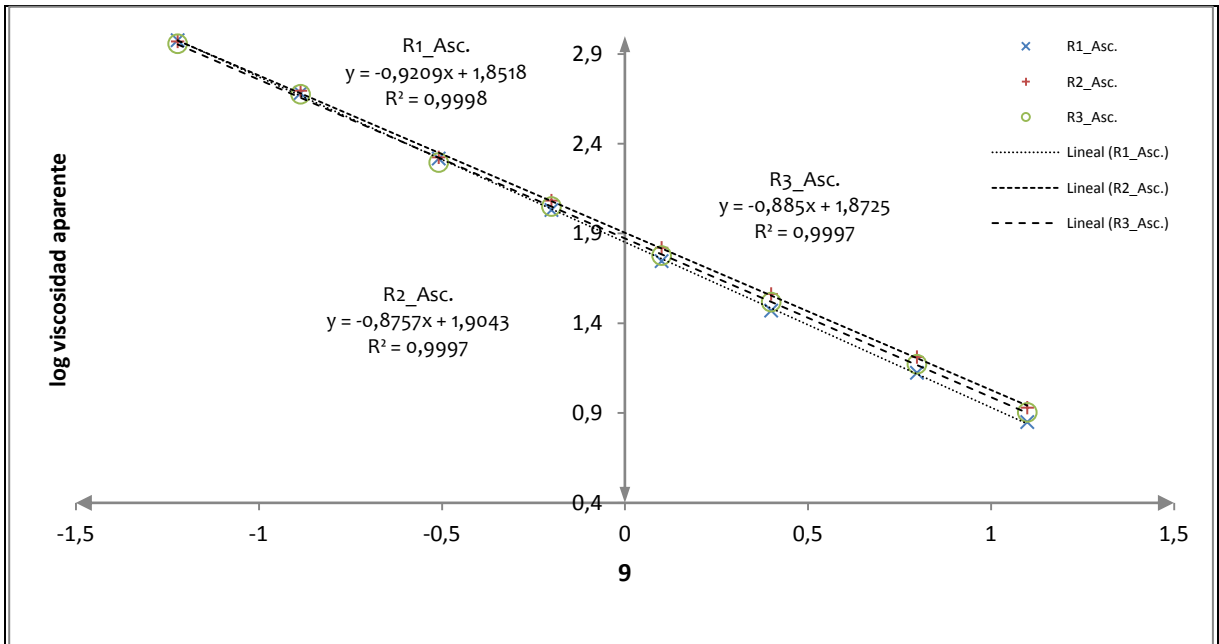
**FIGURA 6. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] descendente en el tratamiento A0B1C0 (Almidón modificado 3,5%) en paté de champiñones**



R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

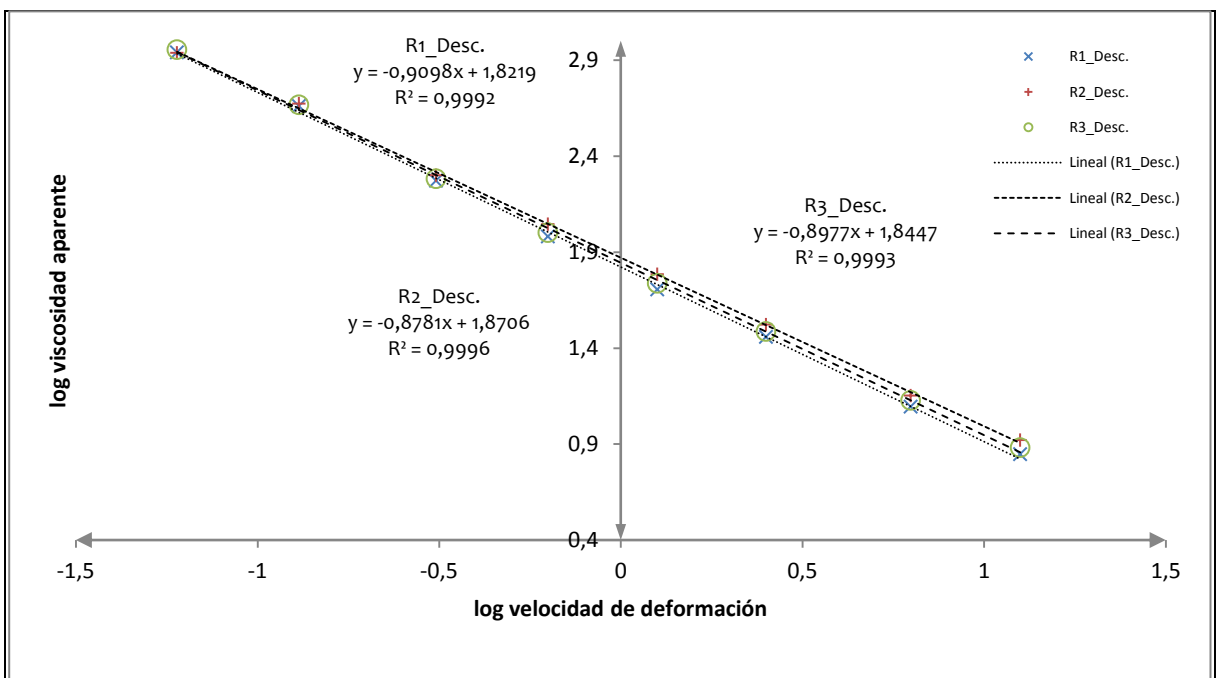


**FIGURA 7. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] ascendente en el tratamiento A1B1C0 (Almidón nativo 3%, Almidón modificado 3,5%) en paté de champiñones**



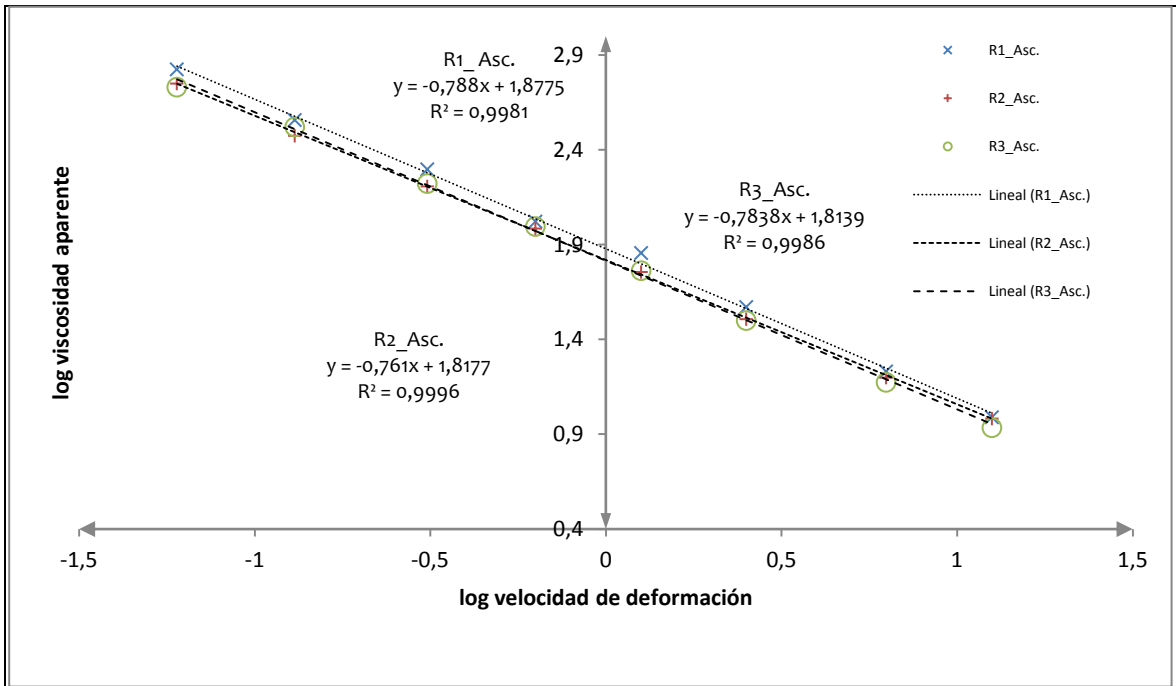
R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

**FIGURA 8. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] descendente en el tratamiento A1B1C0 (Almidón nativo 3%, Almidón modificado 3,5%) en paté de champiñones**



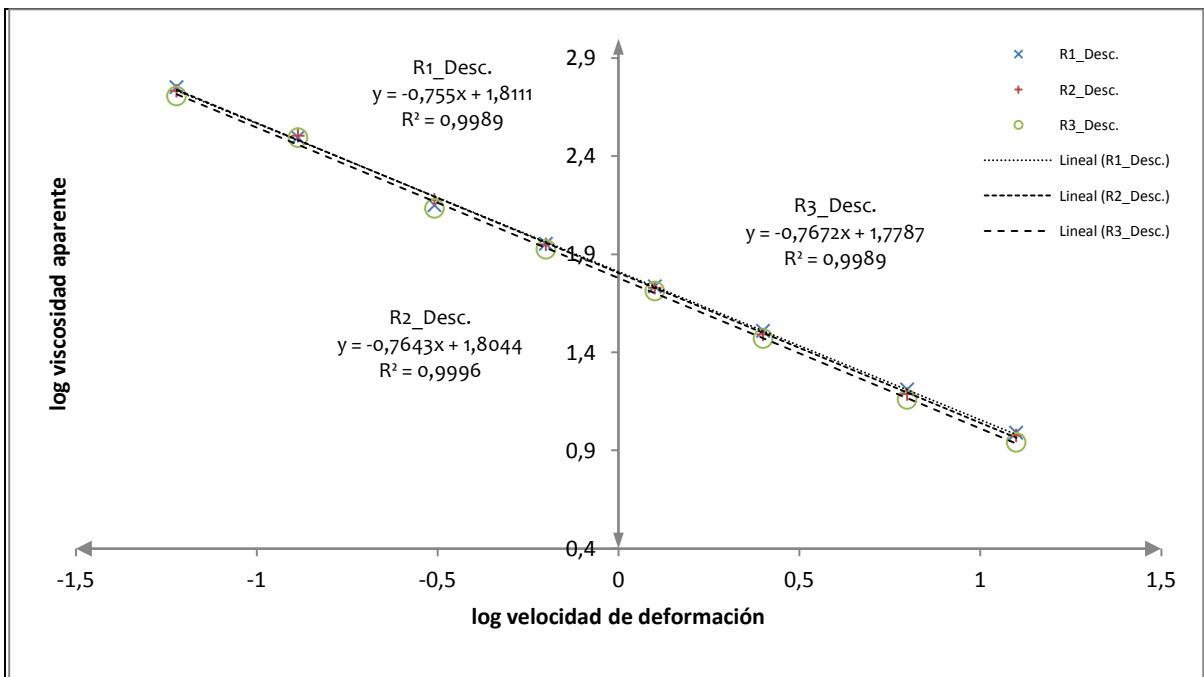
R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

**FIGURA 9. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] ascendente en el tratamiento A0B0C1 (Goma Xhantan) en paté de champiñones**



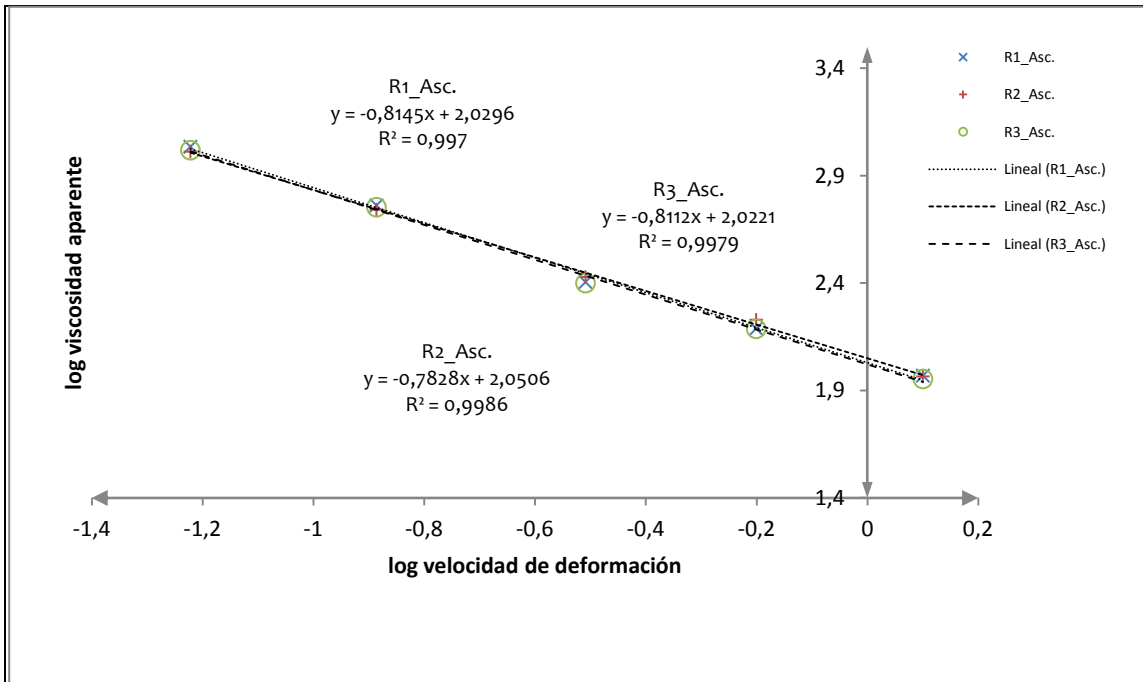
R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

**FIGURA 10. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] descendente en el tratamiento A0B0C1 (Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones**



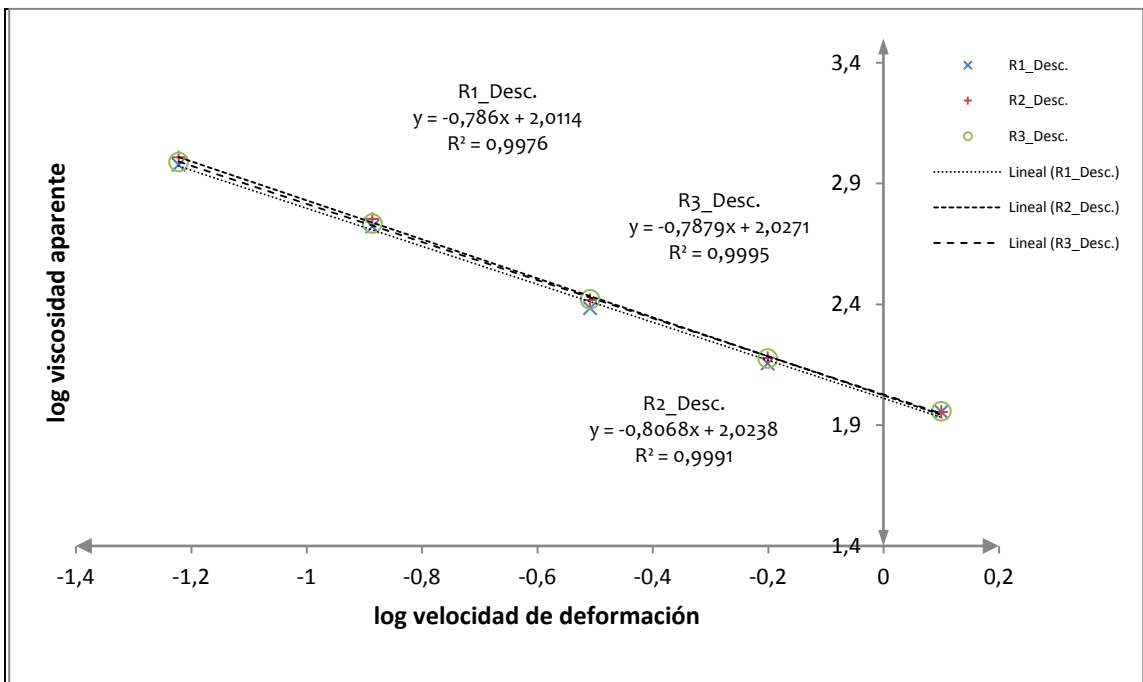
R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

**FIGURA 11. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] ascendente en el tratamiento A1B0C1 (Almidón nativo 3%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones**



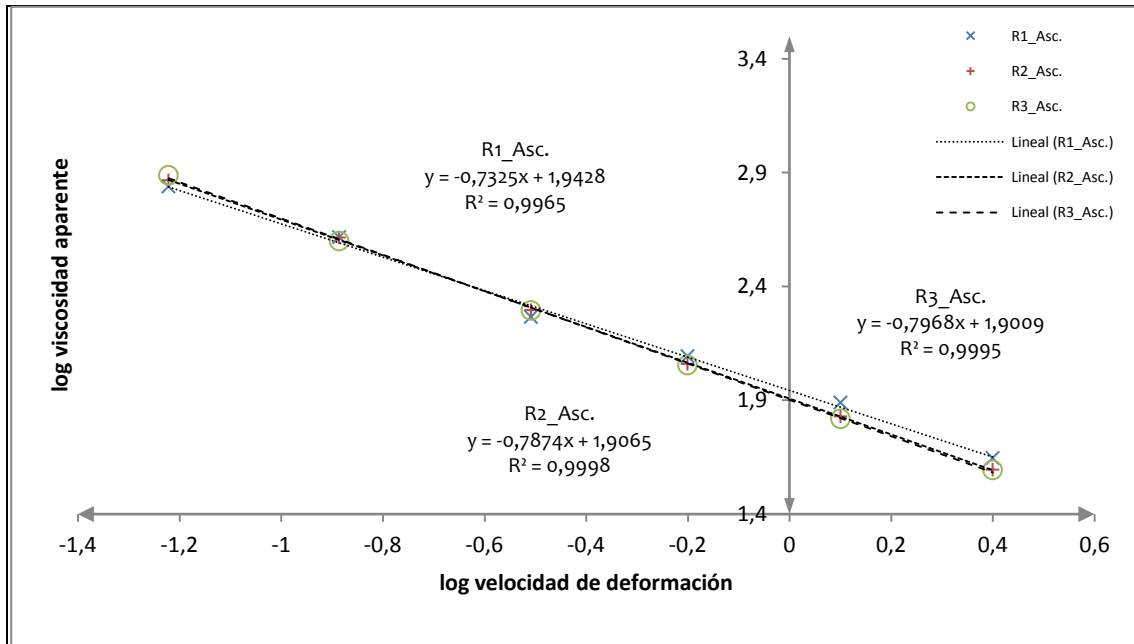
R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

**FIGURA 12. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] descendente en el tratamiento A1B0C1 (Almidón nativo 3%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones**



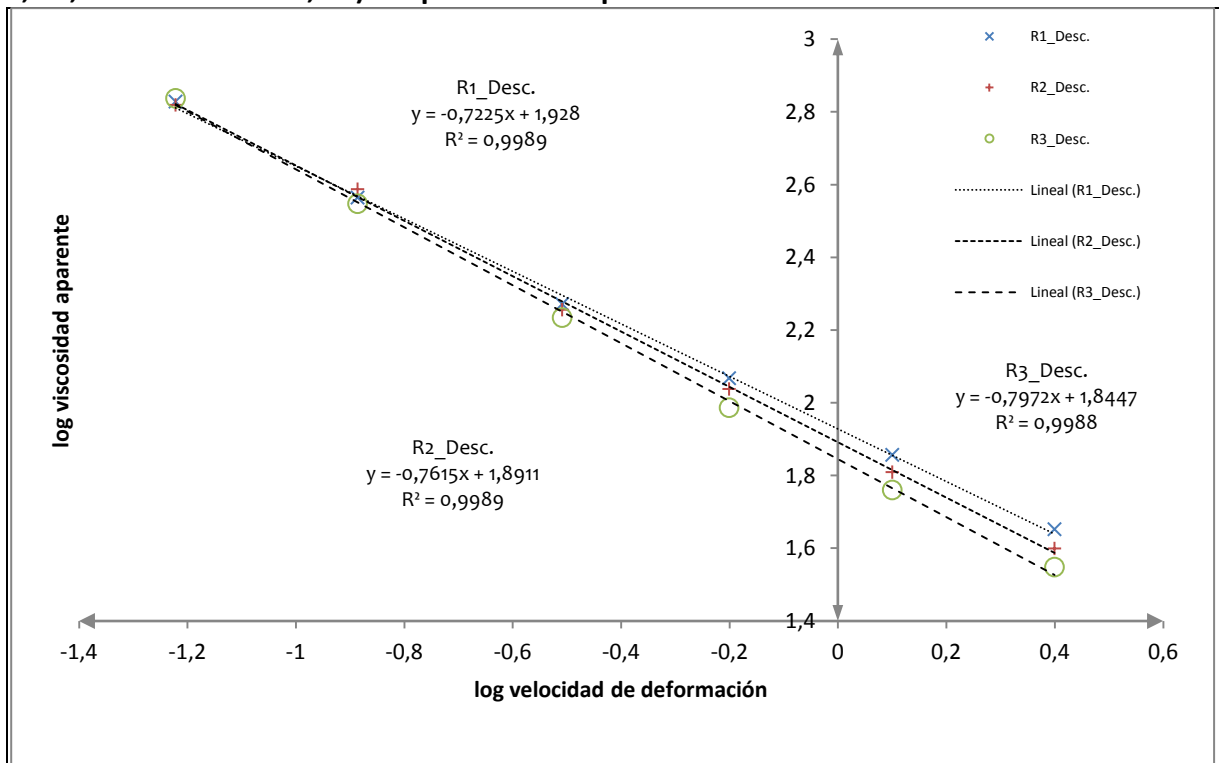
R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

**FIGURA 13. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] ascendente en el tratamiento A0B1C1 (Almidón modificado 3,5%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones**



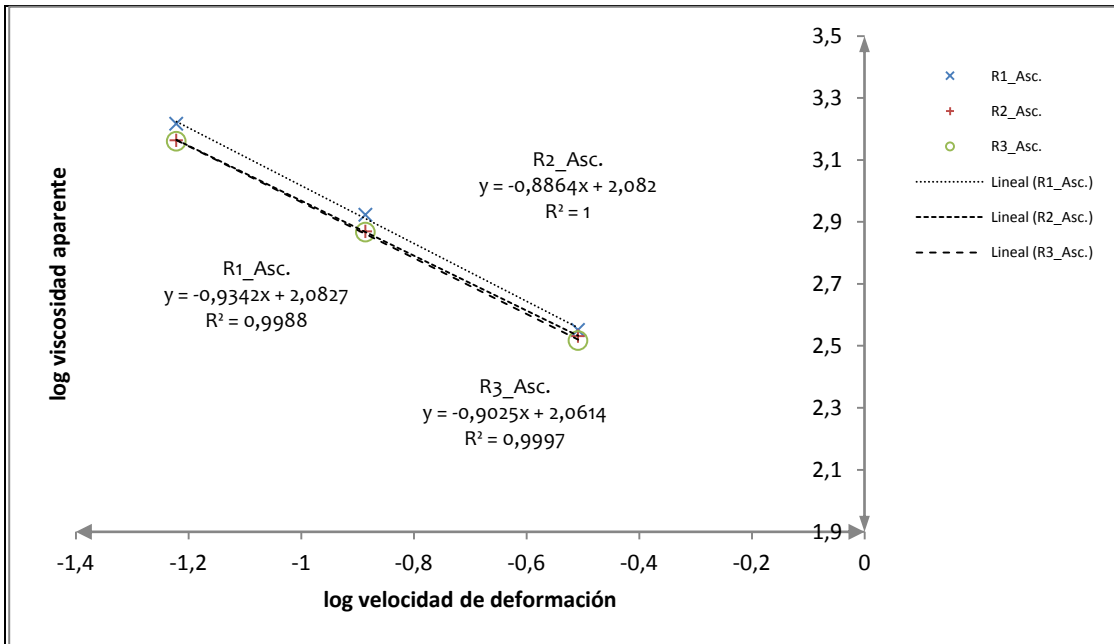
R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

**FIGURA 14. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] descendente en el tratamiento A0B1C1 (Almidón modificado 3,5%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones**



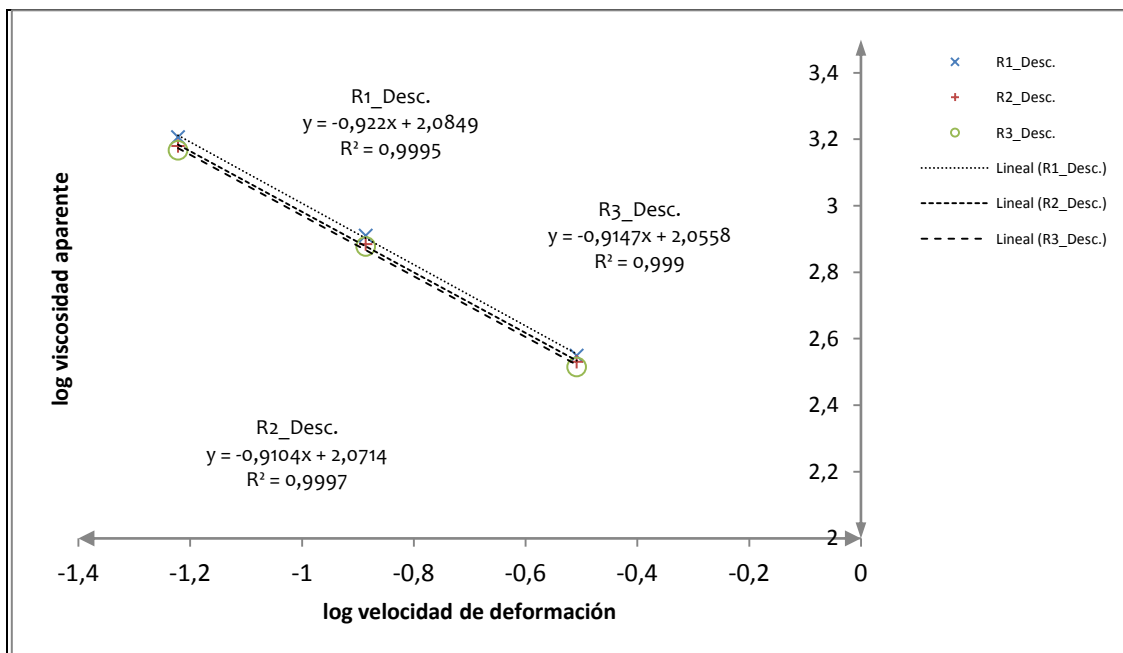
R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

**FIGURA 15. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] ascendente en el tratamiento A1B1C1 (Almidón nativo 3%, Almidón modificado 3,5%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones**



R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

**FIGURA 16. Relación existente entre log viscosidad aparente [ $n_F$ ] y log de velocidad de deformación [ $4\pi N$ ] descendente en el tratamiento A1B1C1 (Almidón nativo 3%, Almidón modificado 3,5%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones**



R1: Réplica 1- R2: Réplica 2- R3: Réplica 3

GRÁFICAS Herschel- Bulkley (H-B)

FIGURA 17. Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau-\tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  en el tratamiento A0B0C0 (0%) en paté de champiñones

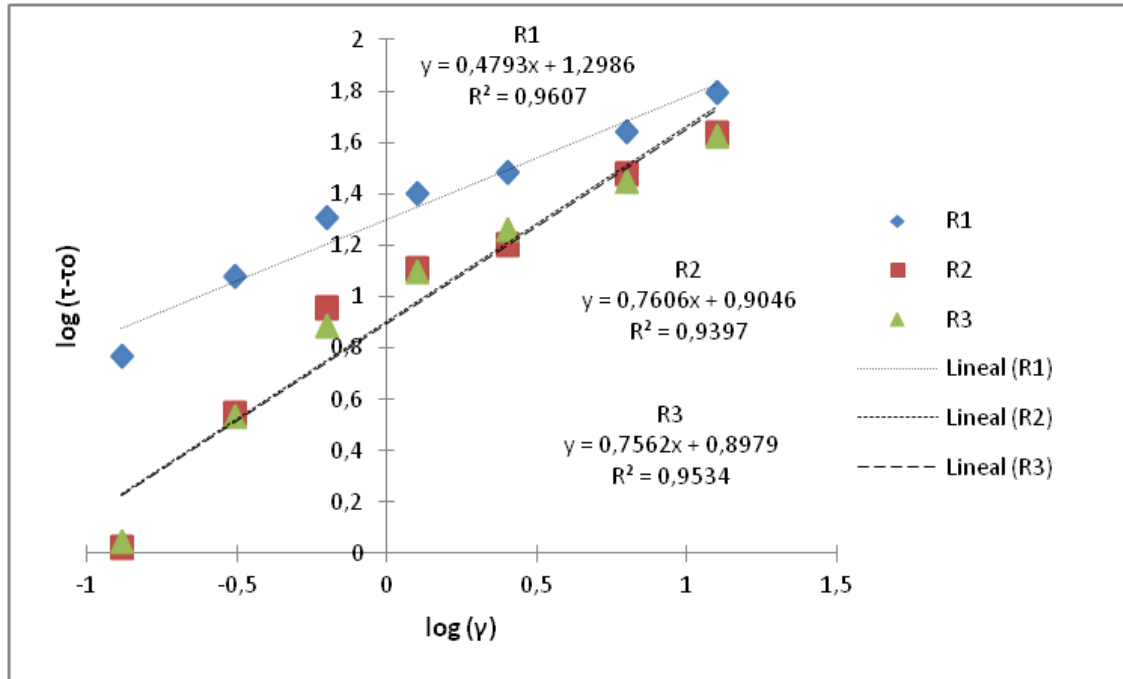


FIGURA 18. Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau-\tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A1B0C0 (Almidón nativo 3%) en paté de champiñones

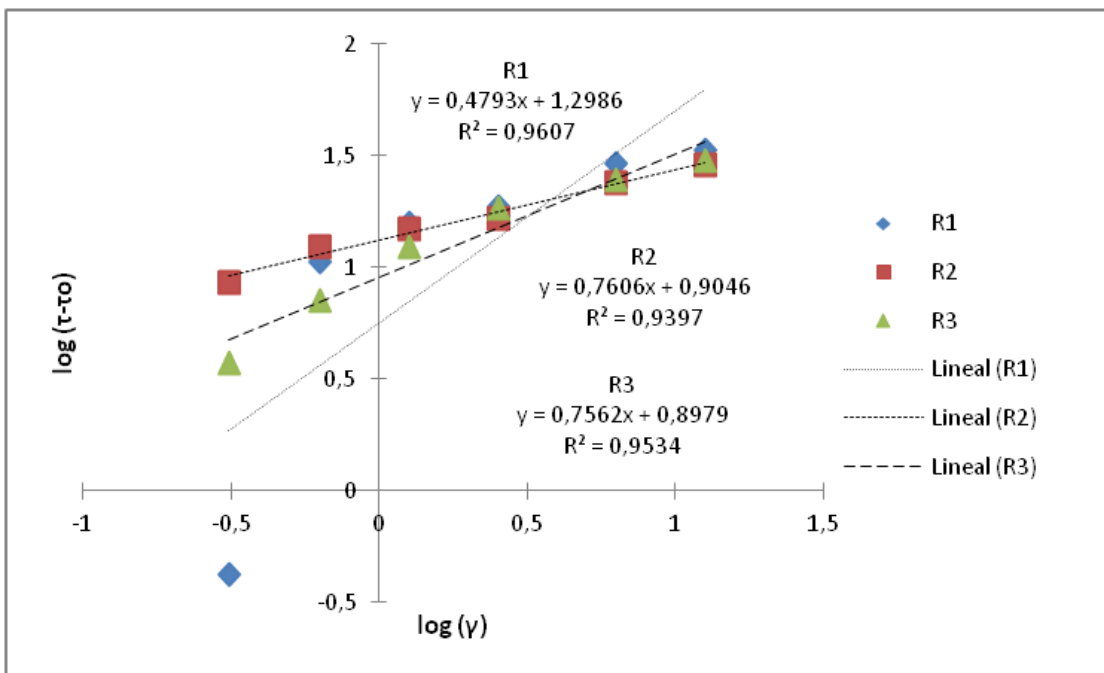


FIGURA 19. Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau-\tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A0B1C0 (Almidón modificado 3,5%) en paté de champiñones

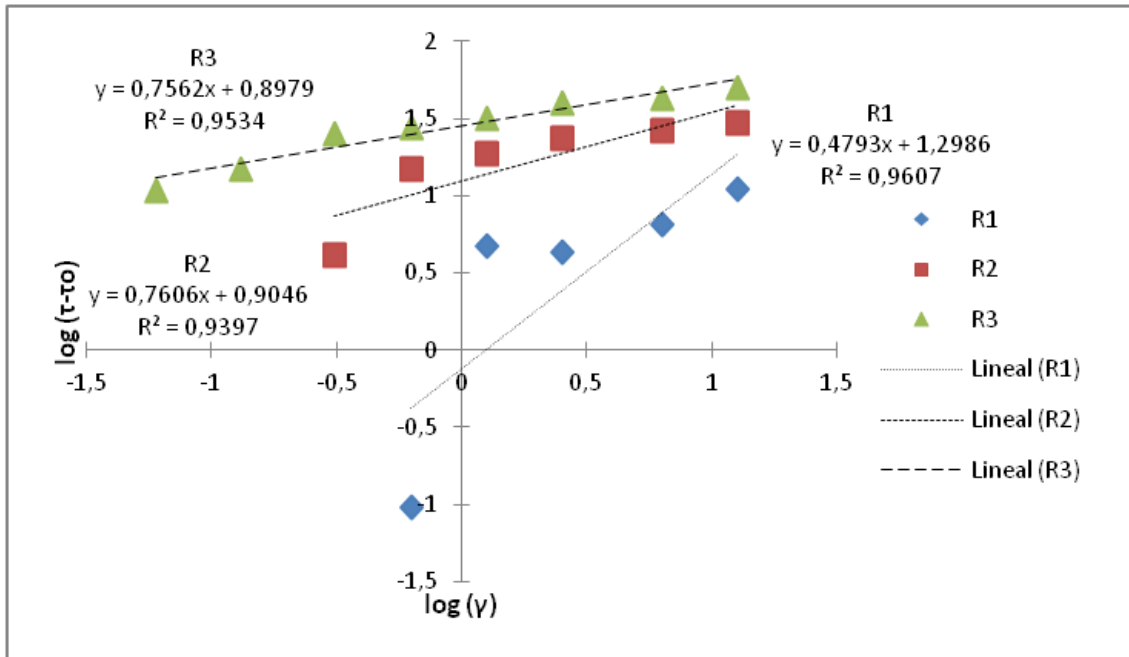


FIGURA 20. Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau-\tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A1B1C0 (Almidón nativo 3%, Almidón modificado 3,5%) en paté de champiñones

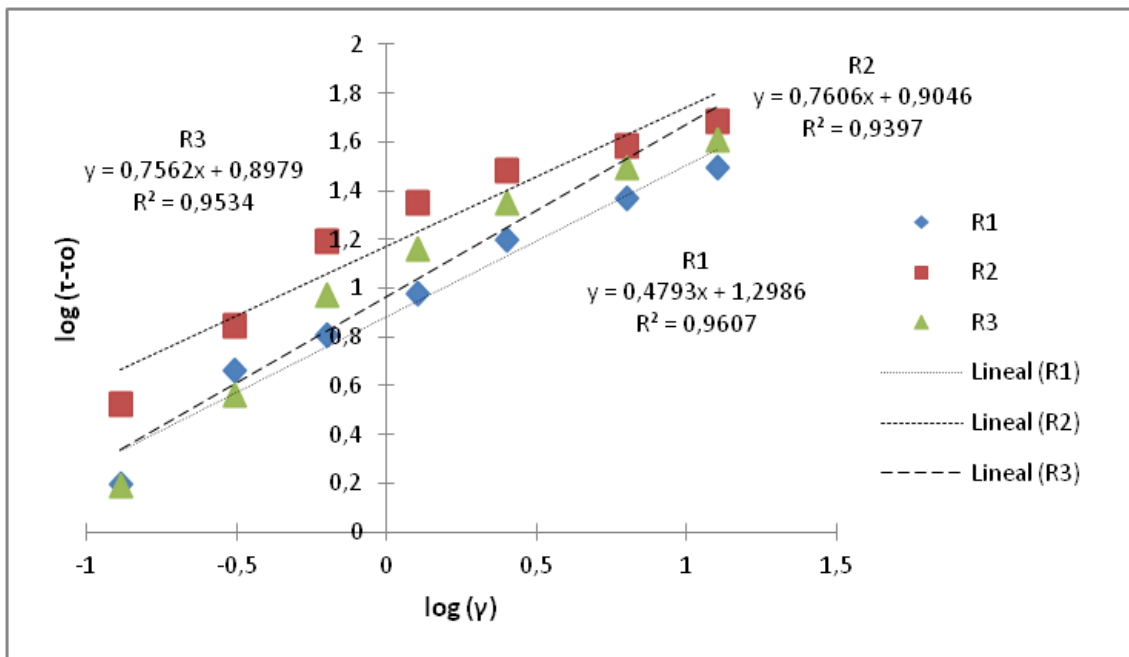


FIGURA 21. Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau-\tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A0B0C1 (Goma Xhantan) en paté de champiñones

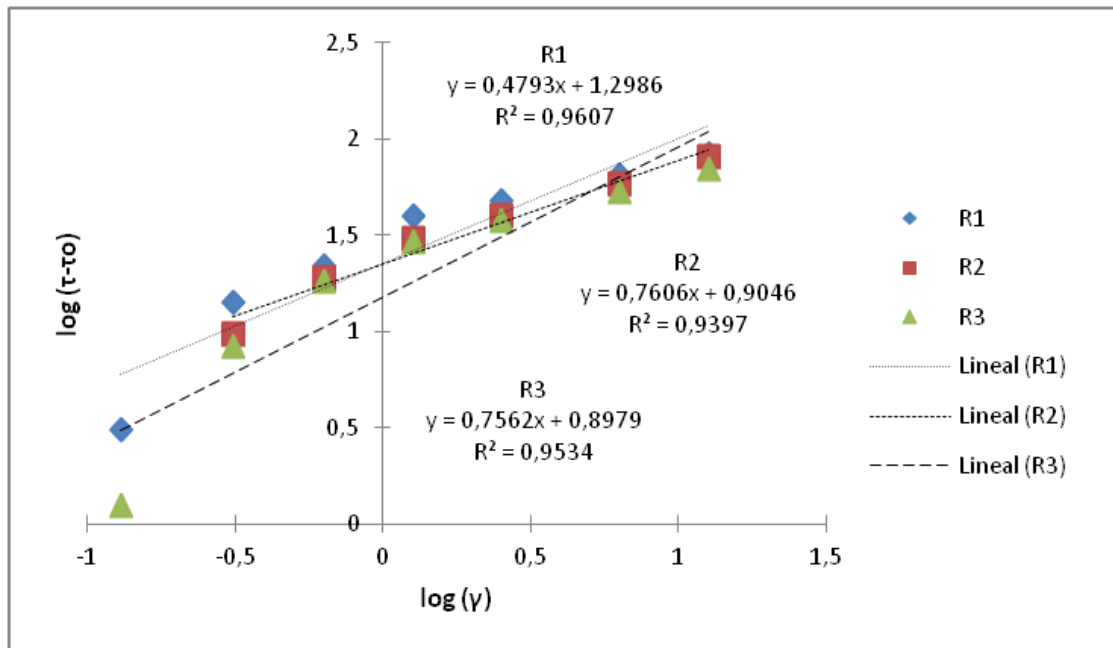
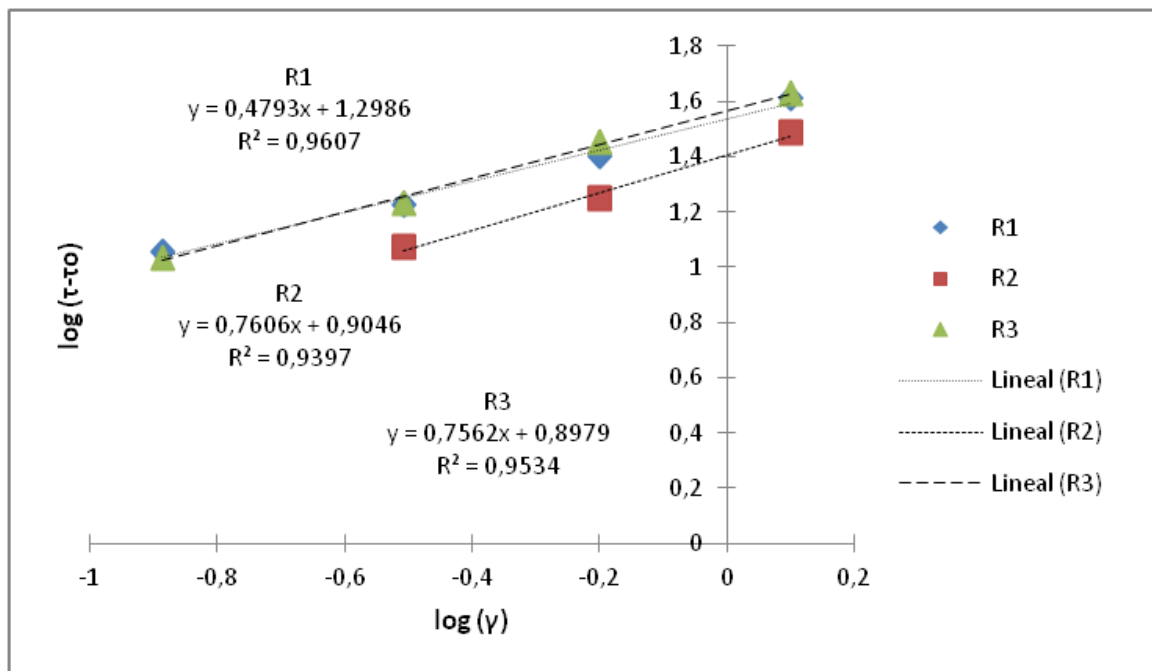
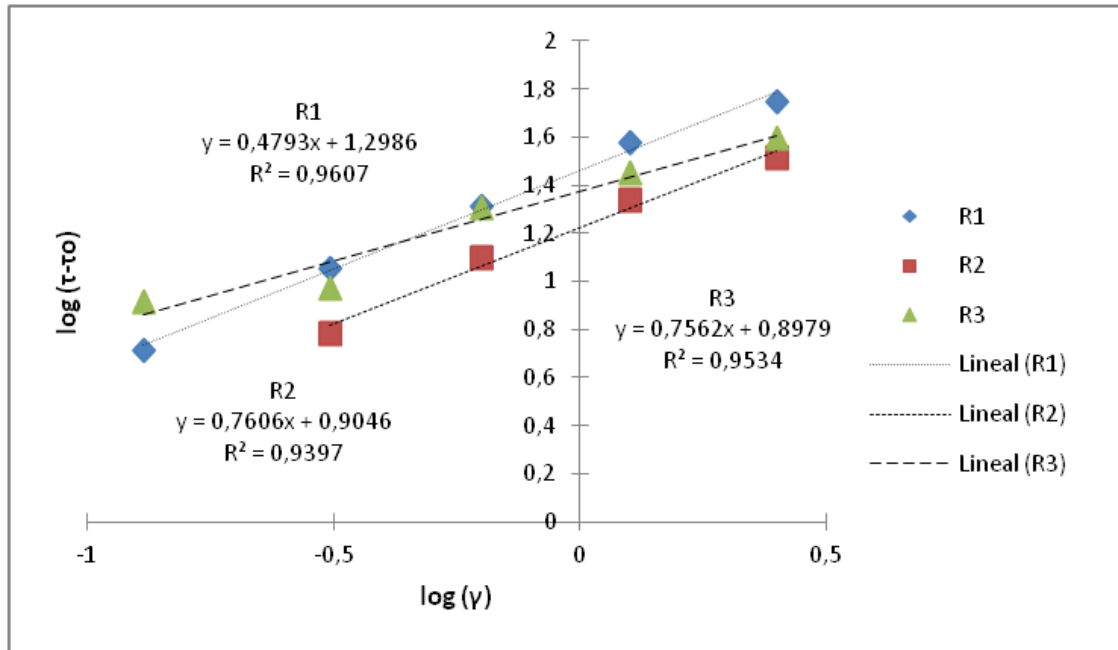


FIGURA 22. Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau-\tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A1B0C1 (Almidón nativo 3%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones

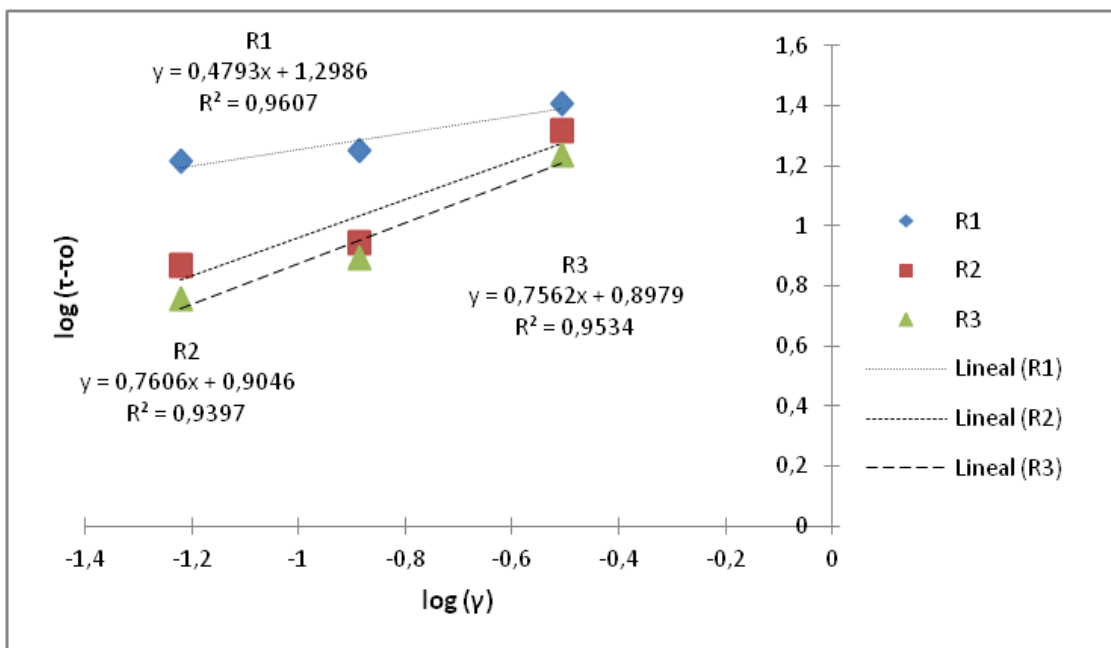




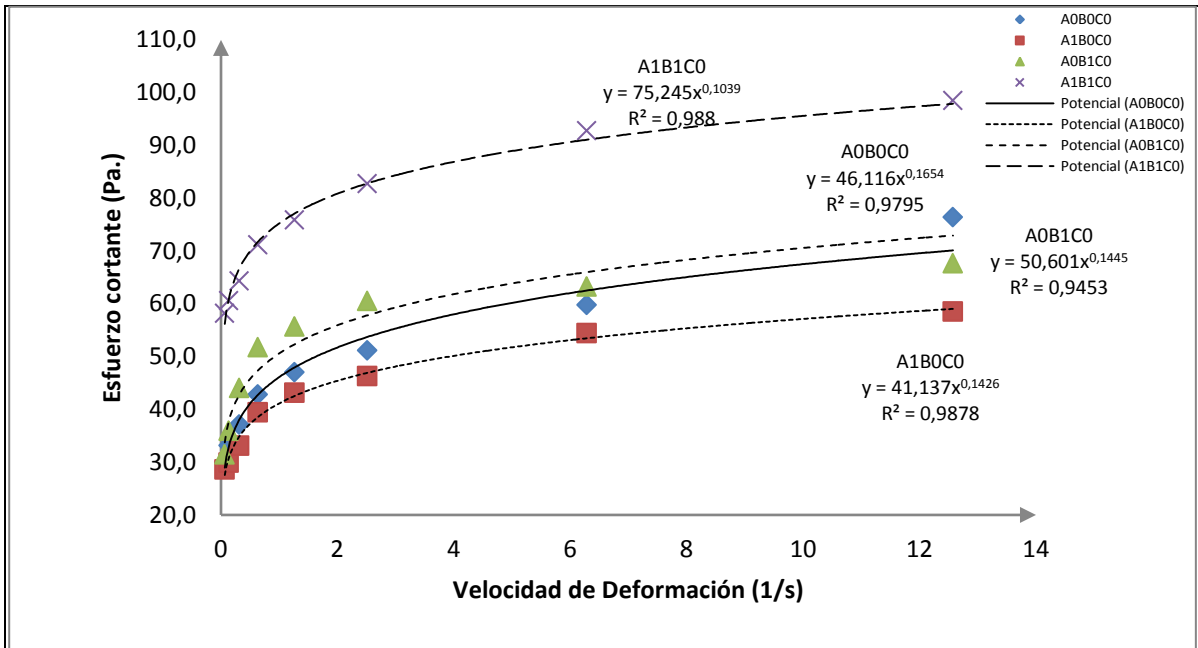
**FIGURA 23.** Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau-\tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A0B1C1 (Almidón modificado 3,5%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones



**FIGURA 24.** Relación existente entre log esfuerzo de cizalla final menos esfuerzo de cizalla inicial  $[\tau-\tau_0]$  y log de velocidad de deformación  $[4\pi N]$  ascendente en el tratamiento A1B1C1 (Almidón nativo 3%, Almidón modificado 3,5%, Goma Xhantan 0,3%) en paté de champiñones



**FIGURA 25. Relación existente entre Esfuerzo de cizalla [Pa.] y Velocidad de Deformación [1/s] de los tratamientos A0B0C0, A1B0C0, A0B1C0 Y A1B1C0 en paté de champiñones**



**FIGURA 26. Relación existente entre Esfuerzo de cizalla [Pa.] y Velocidad de Deformación [1/s] de los tratamientos A0B0C1, A1B0C1, A0B1C1 Y A1B1C1 en paté de champiñones**

