

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
"TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA" DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS**

**"INFLUENCIA DEL pH, TIEMPO DE ALMACENAMIENTO Y  
TEMPERATURA DEL SUERO DE LECHE EN LA RECUPERACIÓN  
DE PROTEÍNAS POR LA TÉCNICA DE MICROFILTRADO"**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Presentado por:**

**Bach. VÍCTOR ANDRÉS CHÁVEZ JULCA  
Bach. ALBERT ANTONIO MANCO PÉREZ**

**Asesor:**

**Ms.C. FERNÁNDEZ JERI ARMSTRONG**



**27 NOV 2015**

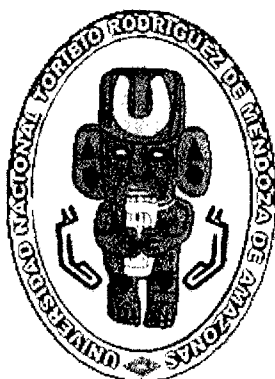
**Co-asesor**

**Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN**

**Amazonas-Perú**

**2015**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS:**

**“INFLUENCIA DEL pH, TIEMPO DE ALMACENAMIENTO Y  
TEMPERATURA DEL SUERO DE LECHE EN LA RECUPERACIÓN  
DE PROTEÍNAS POR LA TÉCNICA DE MICROFILTRADO”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Presentado por:**

**Bach. VÍCTOR ANDRÉS CHÁVEZ JULCA  
Bach. ALBERT ANTONIO MANCO PÉREZ**

**Asesor:**

**Ms.C. FERNÁNDEZ JERI ARMSTRONG**

**Co-asesor**

**Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN**

**Amazonas – Perú  
2015**



**27 NOV 2015**

## DEDICATORIA

*A mis padres, Edgar Manco Padilla y María Nohemí Pérez Vargas, por su apoyo, confianza, amor y cariño que me brindan día a día.*

*A mis hermanos Edgar, Wendy, Alexia y Hardy por la alegría y confianza que me brindan*

*A toda mi familia, por ese apoyo emocional que me brindan todos los días*

*Albert Antonio*

*A mis padres, Oscar Chávez Pérez y María Julca Altamirano, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo*

*A mis hermanos Celení, José, Juan y Ada, por ser la fuente de mi superación*

*A mi abuela Rosalía mi chocha y a toda mi familia*

*Víctor Andrés*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios por iluminarnos y guiarnos por el buen camino, salud y la sabiduría brindada para el desarrollo de la presente tesis.*

*A nuestros padres por su apoyo incondicional y la confianza depositada en nosotros, por el cual se pudo realizar el presente trabajo.*

*Al Ms.C. Fernández Jeri Armstrong y al Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón, por su permanente apoyo y colaboración durante la realización y culminación del presente trabajo.*

*Al Ing. Erick Aldo Auquiñivín Silva, Ing. Robert Jhackson Pérez Torres, Ing. David Peralta Padilla, Tec. Ever Jamílton García Tuesta, Sra. Horly Pérez Vargas, por su colaboración, interés y confianza depositada en nosotros.*

*Y a todos aquellos que hicieron posible de una u otra manera la culminación del presente trabajo*

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

---

**Ph.D. Jorge Luis Maicelo Quintana**

**RECTOR**

---

**Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres**

**VICE RECTOR ACADEMICO**

---

**Dra. María Nelly Lujan**

**VICERECTORA DE INVESTIGACIÓN**

---

**Ing. Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo**

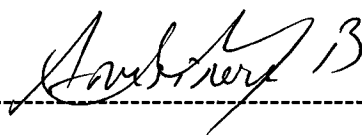
**DECANO DE LA FICA**

## VISTO BUENO DEL ASESOR

El docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado el proyecto y la realización de la tesis titulada **“INFLUENCIA DEL pH, TIEMPO DE ALMACENAMIENTO Y TEMPERATURA DEL SUERO DE LEHE EN LA RECUPERACIÓN DE PROTEÍNAS POR LA TÉCNICA DE MICROFILTRADO”** presentado por los tesisistas **Bach. Albert Antonio Manco Pérez** y **Bach. Víctor Andrés Chávez Julca**, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería, de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la UNTRM-A, dando el visto bueno comprometiéndose a orientarlos en el levantamiento de observaciones y en la sustentación de la tesis.

Se expide la presente, a solicitud de los interesados, para los fines que estimen conveniente.

Chachapoyas 25 de agosto de 2015.



---

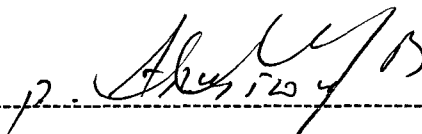
Ing. Ms.C. Armstrong Barnard Fernández Jeri

## VISTO BUENO DEL CO-ASESOR

EL Docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado el proyecto y la realización de la tesis titulada **“INFLUENCIA DEL pH, TIEMPO DE ALMACENAMIENTO Y TEMPERATURA DEL SUERO DE LECHE EN LA RECUPERACIÓN DE PROTEÍNAS POR LA TÉCNICA DE MICROFILTRADO”** presentado por los tesisistas **Bach. Albert Antonio Manco Pérez y Bach. Víctor Andrés Chávez Julca**, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería, de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la UNTRM-A, dando el visto bueno comprometiéndose a orientarlos en el levantamiento de observaciones y en la sustentación de la tesis.

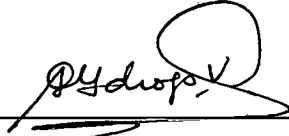
Se expide la presente, a solicitud de los interesados, para los fines que estimen conveniente.

Chachapoyas 25 de agosto de 2015.



Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

**JURADO EVALUADOR**



---

**ING. GUILLERMO IDROGO VASQUEZ**

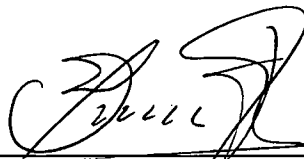
**PRESIDENTE**



---

**ING. Ms. EFRAIN MANUELITO CASTRO ALAYO**

**SECRETARIO**



---

**ING. SEGUNDO VICTOR OLIVARES MUÑOZ**

**VOCAL**



## INDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR	iv
JURADO EVALUADOR	v
INDICE GENERAL	vi
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FUGURAS	viii
INDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1. Métodos de recuperación de las proteínas del suero de leche.....	3
Microfiltración.....	3
Ultrafiltración.....	3
Nanofiltración.....	4
Osmosis Reversa.....	5
1.2. Filtros.....	6
1.2.1. Arcillas.....	7
1.2.1.1. Montmorillonita.....	7
1.2.1.1.1. Propiedades Físico Químicos de la Montmorillonita.....	10
Superficie específica.....	10
Capacidad de adsorción.....	11
1.2.2. Adsorción.....	11
1.2.2.1. La Naturaleza de los adsorbentes.....	12
1.2.2.2. Filtros compactos.....	12

1.2.3. Filtración.....	14
1.2.3.1. Porosidad.....	15
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
2.1. Materia Prima.....	17
2.2. Metodología y Análisis de las Muestras.....	17
2.2.1. Metodología.....	17
2.2.1.1. Obtención del suero de leche.....	17
2.2.1.2. Diseño y fabricación del Microfiltro.....	18
2.2.1.2.1. Pruebas de Compactación.....	19
2.2.1.2.2. Mezcla Arcilla – Aserrín.....	19
2.2.1.2.3. Compresión.....	20
2.2.1.2.4. Calcinación y Sinterización.....	21
2.2.1.3. Secuencia del Equipo de Microfiltrado.....	22
2.2.1.3.1. Ensamblaje del Equipo de Microfiltrado.....	24
2.2.1.4. Microfiltrado del Suero de Leche.....	25
2.2.2. Análisis de las Muestras.....	25
2.2.2.1. Espectrofotometría.....	25
2.2.2.2. Lectura de la absorbancia (espectrofotometría) del suero de leche.....	26
2.2.2.3. Determinación de porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales....	27
2.2.2.4. Determinación del porcentaje de Proteínas.....	28
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
3.1. Características de la leche Fresca.....	32
3.2. Características del suero de leche.....	32
3.3. Características físicas de los microfiltros de bentonita.....	33
3.4. Espectrofotometría.....	35
3.4.1. Absorbancias en los Ensayos con el Microfiltro I.....	35
a. Absorbancias de muestras sin filtrar.....	35
b. Absorbancias de muestras filtradas.....	35
3.4.2. Absorbancias en los Ensayos con el Microfiltro II.....	36

a.	Absorbancias de muestras sin filtrar.....	36
b.	Absorbancias de muestras filtradas.....	36
3.4.3.	Tramitancias en los Ensayos con el Microfiltro I.....	36
a.	Tramitancias de muestras sin filtrar.....	36
b.	Tramitancias de muestras filtradas .....	37
3.4.4.	Tramitancias en los Ensayos con el Microfiltro II.....	38
a.	Tramitancias de muestras sin filtrar.....	38
b.	Tramitancias de muestras filtradas.....	38
3.5.	Porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales.....	39
3.5.1.	Porcentaje de Humedad.....	39
a.	Ensayos con las Muestras sin Filtrar, Microfiltro I.....	39
b.	Ensayos con las Muestras Filtradas, Microfiltro I.....	39
c.	Ensayos con las Muestras sin Filtrar, Microfiltro II.....	40
d.	Ensayos con las Muestras Filtradas, Microfiltro II.....	40
3.5.2.	Porcentaje de Sólidos Totales.....	41
a.	Ensayos con las Muestras sin Filtrar, Microfiltro I.....	41
b.	Ensayos con las Muestras Filtradas, Microfiltro I.....	41
c.	Ensayos con las Muestras sin Filtrar, Microfiltro II.....	42
d.	Ensayos con las Muestras Filtradas, Microfiltro II.....	42
3.6.	Proteínas.....	42
a.	Evaluación de los índices de pH.....	44
b.	Determinación de Proteínas.....	45
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIONES.....</b>	<b>46</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>53</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tamaño de corte de cada proceso de filtración.....	5
Tabla 2: Clasificación de los poros de acuerdo a su ancho w.....	16
Tabla 3: Propiedades físico - químicas de la leche fresca.....	32
Tabla 4: Propiedades físico - químicas del suero de leche.....	32
Tabla 5: Porosidad volumétrica de los microfiltros de bentonita.....	33
Tabla 6: Absorbancias de las muestras sin filtrar, Microfiltro I.....	35
Tabla 7: Absorbancias de las muestras filtradas, Microfiltro I.....	35
Tabla 8: Absorbancias de las muestras sin filtrar, Microfiltro II.....	36
Tabla 9: Absorbancias de las muestras filtradas, Microfiltro II.....	36
Tabla 10: Tramitancias de las muestras sin filtrar, Microfiltro I.....	37
Tabla 11: Tramitancias de las muestras filtradas, Microfiltro I.....	37
Tabla 12: Tramitancias de las muestras sin filtrar, Microfiltro II.....	38
Tabla 13: Tramitancias de las muestras filtradas, Microfiltro II.....	38
Tabla 14: Porcentaje de Humedad de las muestras sin filtrar, Microfiltro I.....	39
Tabla 15: Porcentaje de Humedad de las muestras filtradas, Microfiltro I.....	39
Tabla 16: Porcentaje de Humedad de las muestras sin filtrar, Microfiltro II.....	40
Tabla 17: Porcentaje de Humedad de las muestras filtradas, Microfiltro II.....	40
Tabla 18: Porcentaje de Sólidos Totales de las muestras sin filtrar, Microfiltro I.....	41
Tabla 19: Porcentaje de Sólidos Totales de las muestras filtradas, Microfiltro I.....	41
Tabla 20: Porcentaje de Sólidos Totales de las muestras sin filtrar, Microfiltro II.....	42
Tabla 21: Porcentaje de Sólidos Totales de las muestras filtradas, Microfiltro II.....	42
Tabla 22: Índices de pH de las muestras sin Microfiltrado (S/MF).....	44

Tabla 23: Índices de pH de las muestras Microfiltradas (MF).....	44
Tabla 24: Porcentaje de Proteína por 1g, de muestra en cada ensayo.....	45
Tabla 25: Determinación de porosidad de los microfiltros de bentonita.....	53
Tabla 26: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia, Microfiltro I. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Sin Microfiltrado).....	55
Tabla 27: Determinación de la absorbancia y Tramitancia. Microfiltro I. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Microfiltrada).....	56
Tabla 28: Determinación de la absorbancia y Tramitancia. Microfiltro I. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar).....	57
Tabla 29: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia. Microfiltro I. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Microfiltrada).....	58
Tabla 30: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia Microfiltro I. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Sin Microfiltrado).....	59
Tabla 31: Determinación de la absorbancia y Tramitancia Microfiltro I. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Microfiltrado).....	60
Tabla 32: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Sin Microfiltrar).....	61
Tabla 33: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Microfiltrada).....	62
Tabla 34: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar).....	63
Tabla 35: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Microfiltrada).....	64
Tabla 36: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Sin Microfiltrado).....	65
Tabla 37: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Microfiltrada).....	66
Tabla 38: Determinación del porcentaje Humedad y porcentaje Sólidos Totales. Microfiltro I. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Sin Microfiltrar).....	67

Tabla 39: Determinación del porcentaje Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro I Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Microfiltrado).....	68
Tabla 40: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro I. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar).....	69
Tabla 41: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro I. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Microfiltrado).....	70
Tabla 42: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro I Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar).....	71
Tabla 43: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro I. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Microfiltrado).....	72
Tabla 44: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro II. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Sin Microfiltrar).....	73
Tabla 45: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro II Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Microfiltrado).....	74
Tabla 46: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro II. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar).....	75
Tabla 47: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro II. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Microfiltrado).....	76
Tabla 48: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje Sólidos Totales. Microfiltro II. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar).....	77
Tabla 49: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro II Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Microfiltrado).....	78
Tabla 50: Prueba de Kolmogorov - Smirnov para una muestra.....	79
Tabla 51: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	81

Tabla 52: Factores inter-sujetos.....	83
Tabla 53: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	83
Tabla 54: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	84
Tabla 55: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	84
Tabla 56: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	85
Tabla 57: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	85
Tabla 58: Factores inter-sujetos.....	86
Tabla 59: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	86
Tabla 60: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	87
Tabla 61: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	94
Tabla 62: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	96
Tabla 63: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	96
Tabla 64: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	96
Tabla 65: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	97

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Retención de Partículas coloidales por microfiltrado.....	3
Figura 2: Retención de Proteínas por ultrafiltración.....	4
Figura 3: Retención de azúcares y aminoácidos por Nanofiltración.....	4
Figura 4: Retención de sales monovalentes por osmosis reversa.....	5
Figura 5: Fotografía de la bentonita, (a) después de extraída, (b) imagen microscópica.....	7
Figura 6: Estructura de las capas de la montmorillonita.....	8
Figura 7: (a) Tetraedro, (b) Hojas tetraédricas.....	8
Figura 8: Estructura laminar de la montmorillonita.....	10
Figura 9: Representación esquemática de un filtro.....	13
Figura 10: Estructura: (a) un poro abierto (b) un poro cerrado.....	16
Figura 11: Flujograma para obtención de suero de leche.....	18
Figura 12: Diseño referencial de la matriz de acero.....	20
Figura 13: Prensa de concreto.....	20
Figura 14: Flujograma de fabricación de microfiltros.....	21
Figura 15: Sistema de microfiltrado.....	22
Figura 16: Equipo de microfiltrado.....	23
Figura 17: Diagrama de flujo para la determinación de porcentaje proteína recuperada.....	43
Figura 18: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 1(S/Mf), Microfiltro I.....	55
Figura 19: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 1(Mf), Microfiltro I.....	56
Figura 20: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 2(S/Mf), Microfiltro I.....	57
Figura 21: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 2(Mf), Microfiltro I.....	58
Figura 22: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 3(S/Mf), Microfiltro I.....	59



Figura 23: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 3(Mf), Microfiltro I.....	60
Figura 24: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 1(S/Mf), Microfiltro II.....	61
Figura 25: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 1(Mf), Microfiltro II.....	62
Figura 26: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 2(S/Mf), Microfiltro II.....	63
Figura 27: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 2(Mf), Microfiltro II.....	64
Figura 28: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 3(S/Mf), Microfiltro II.....	65
Figura 29: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 3(Mf), Microfiltro II.....	66
Figura 30: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro I. Ensayo 1 (S/Mf).....	67
Figura 31: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro I. Ensayo 1 (Mf).....	68
Figura 32: Porcentaje de Humedad y porcentaje de solidos totales Microfiltro I. Ensayo 2 (S/Mf).....	69
Figura 33: Porcentaje de humedad y porcentaje de solidos totales Microfiltro I. Ensayo 2 (Mf).....	70
Figura 34: Porcentaje de Humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro I. Ensayo 3 (S/Mf).....	71
Figura 35: Porcentaje de Humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro I. Ensayo 3 (Mf).....	72
Figura 36: Porcentaje de humedad y porcentaje de solidos totales Microfiltro II. Ensayo 1 (S/Mf).....	73
Figura 37: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro II. Ensayo 1 (Mf).....	74
Figura 38: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro II. Ensayo 2 (S/Mf).....	75
Figura 39: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro II. Ensayo 2 (Mf).....	76

Figura 40: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro II. Ensayo 3 (S/Mf).....	77
Figura 41: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro II. Ensayo 3 (Mf).....	78
Fotografías.....	98

## INDICE DE ANEXOS

Tabla 25: Determinación de porosidad de los microfiltros de bentonita.....	53
Tabla 26: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia, Microfiltro I. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Sin Microfiltrado).....	55
Figura 18: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 1(S/Mf), Microfiltro I.....	55
Tabla 27: Determinación de la absorbancia y Tramitancia. Microfiltro I. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Microfiltrada).....	56
Figura 19: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 1(Mf), Microfiltro I.....	56
Tabla 28: Determinación de la absorbancia y Tramitancia. Microfiltro I. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar).....	57
Figura 20: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 2(S/Mf), Microfiltro I.....	57
Tabla 29: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia. Microfiltro I. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Microfiltrada).....	58
Figura 21: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 2(Mf), Microfiltro I.....	58
Tabla 30: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia Microfiltro I. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Sin Microfiltrado).....	59
Figura 22: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 3(S/Mf), Microfiltro I.....	59
Tabla 31: Determinación de la absorbancia y Tramitancia Microfiltro I. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Microfiltrado).....	60
Figura 23: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 3(Mf), Microfiltro I.....	60
Tabla 32: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Sin Microfiltrar).....	61
Figura 24: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 1(S/Mf), Microfiltro II.....	61
Tabla 33: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Microfiltrada).....	62
Figura 25: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 1(Mf), Microfiltro II.....	62

Tabla 34: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar).....	63
Figura 26: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 2(S/Mf), Microfiltro II.....	63
Tabla 35: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Microfiltrada).....	64
Figura 27: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 2(Mf), Microfiltro II.....	64
Tabla 36: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Sin Microfiltrado).....	65
Figura 28: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 3(S/Mf), Microfiltro II.....	65
Tabla 37: Determinación de la Absorbancia y Tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Microfiltrada).....	66
Figura 29: Absorbancias y Tramitancias en el Ensayo 3(Mf), Microfiltro II.....	66
Tabla 38: Determinación del porcentaje Humedad y porcentaje Sólidos Totales. Microfiltro I. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Sin Microfiltrar).....	67
Figura 30: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro I. Ensayo 1 (S/Mf).....	67
Tabla 39: Determinación del porcentaje Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro I Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Microfiltrado).....	68
Figura 31: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro I. Ensayo 1 (Mf).....	68
Tabla 40: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro I. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar).....	59
Figura 32: Porcentaje de Humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro I. Ensayo 2 (S/Mf).....	59
Tabla 41: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro I. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Microfiltrado).....	70
Figura 33: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro I. Ensayo 2 (Mf).....	70

Tabla 42: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro I Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar).....	71
Figura 34: Porcentaje de Humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro I. Ensayo 3 (S/Mf).....	71
Tabla 43: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro I. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Microfiltrado).....	72
Figura 35: Porcentaje de Humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro I. Ensayo 3 (Mf).....	72
Tabla 44: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro II. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Sin Microfiltrar).....	73
Figura 36: Porcentaje de humedad y porcentaje de solidos totales Microfiltro II. Ensayo 1 (S/Mf).....	73
Tabla 45: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro II Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Microfiltrado).....	74
Figura 37: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro II. Ensayo 1 (Mf).....	74
Tabla 46: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro II. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar).....	75
Figura 38: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro II. Ensayo 2 (S/Mf).....	75
Tabla 47: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro II. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Microfiltrado).....	76
Figura 39: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro II. Ensayo 2 (Mf).....	76
Tabla 48: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje Sólidos Totales. Microfiltro II. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar).....	77

Figura 40: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro II. Ensayo 3 (S/Mf).....	77
Tabla 49: Determinación del porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales. Microfiltro II Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Microfiltrado).....	78
Figura 41: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales Microfiltro II. Ensayo 3 (Mf).....	78
Tabla 50: Prueba de Kolmogorov - Smirnov para una muestra.....	79
Tabla 51: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	81
Tabla 52: Factores inter-sujetos.....	83
Tabla 53: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	83
Tabla 54: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	84
Tabla 55: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	84
Tabla 56: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	85
Tabla 57: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	85
Tabla 58: Factores inter-sujetos.....	86
Tabla 59: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	86
Tabla 60: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	87
Tabla 61: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	94
Tabla 62: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	96
Tabla 63: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	96
Tabla 64: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	96
Tabla 65: Porcentaje de proteína recuperada por gramo.....	97

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el rendimiento de porcentaje de proteína recuperada del suero de leche; a través de un microfiltrado, y variables de pH, temperatura y tiempo de almacenamiento. Los microfiltros fueron fabricados a base de bentonita en proporción de 10g, más aserrín en proporción de 4 y 5g, para luego ser homogenizado, prensado, calcinado y sinterizado, para así obtener un filtro cerámico. Las pruebas desarrolladas buscaron determinar el funcionamiento de los microfiltros en la recuperación de proteínas. Las pruebas de espectrofotometría se realizaron con diferentes longitudes de onda  $\lambda$ , la mayor lectura de absorbancia a los 440nm. Las pruebas de porcentaje de Humedad y porcentaje de Sólidos Totales se realizaron en la balanza de humedad a 120°C, con 1g de suero de leche, con esta prueba se busca determinar el mayor contenido de porcentaje Humedad y por ende menor porcentaje Sólidos Totales. La prueba principal de este proyecto es la determinación del porcentaje de la proteína recuperada del suero leche, esta prueba se realiza con la microfiltración del suero de leche en un equipo, con los microfiltros elaborados de bentonita (Microfiltro I, Microfiltro II), diferentes temperaturas (21°C, 10°C, 4°C), diferentes tiempos de almacenamiento (0, 1 y 7 días), una vez desarrollado la fase de filtrado se determinó el porcentaje de proteína recuperada en las diferentes muestras con el método básico Kjeldahl, una vez calculado el porcentaje de proteína recuperada, se procesaron estadísticamente, para el cual se utilizó el diseño experimental, 2k con 2 bloques y 3 repeticiones, con esto se logró determinar que el mayor porcentaje de proteína recuperada se obtuvo con el Microfiltro I: a temperatura de 21°C en 0 días de almacenamiento; temperatura de 21°C con un 1 día de almacenamiento y a temperatura de 4°C con un 1 día de almacenamiento; con el Microfiltro II: a temperatura de 4°C – 1 día de almacenamiento. El mayor porcentaje de proteína recuperada se obtuvo empleando el Microfiltro I, con tiempo de almacenamiento de 0 días a 21°C (51.8533 %).

## ABSTRACT

This research was conducted to evaluate the performance percentage of recovered whey protein; through a microfiltration, and varying pH, temperature and storage time. The micro filters were manufactured from bentonite proportion of 10g, more sawdust in ratio of 4 and 5g, before being homogenized, pressed, calcined and sintered to obtain a ceramic filter. Developed tests sought to determine the operation of the micro filters in protein recovery. Spectrophotometry tests were performed with different  $\lambda$ , The bigger Reading of absorbancia is of 440 nm. Testing moisture content and percentage of total solids were done in the moisture balance at 120 ° C, with 1g whey, this test is to determine the highest content percentage humidity and thus lower percentage total solids. The main evidence of this project is to determine the percentage of the recovered milk whey protein, this test is performed with microfiltration whey in a team, with micro filter made of bentonite (micro I, micro filter II), different temperatures (21 ° C, 10 ° C, 4 ° C), different storage times (0, 1 and 7 days), once developed filtering phase the percentage of protein recovered in the various samples with the basic method Kjeldahl was determined once calculated the percentage of protein recovered, processed statistically, for which the experimental design 2k was used with 2 blocks and 3 replicates with this it was determined that the highest percentage of recovered protein was obtained with the micro filter I: to 21 ° C 0 days storage; at 21 ° C with a 1 day storage and 4 ° C with 1 day of storage; Micro filter with II: a temperature of 4 ° C - 1day storage. The higher% recovered protein was obtained with the micro filter I, with time 0 days storage at 21 ° C (51.8533%).



## I. INTRODUCCIÓN

El suero de leche es un líquido obtenido en el proceso de fabricación del queso y de la caseína, después de la separación de la cuajada o fase micelar. Sus características corresponden a un líquido fluido, de color verde amarillento, turbio, con un contenido de nutrientes o extracto seco del 5,5% al 7% proveniente de la leche. (Kirk RS, Sawyer R, 2005)

Luego de obtenerse el sólido llamado queso, obtenido a partir de la coagulación de la leche queda un residuo líquido, denominado suero del queso; la cantidad de suero residual es aproximadamente de 5 a 10 veces mayor que la de queso producido. Este es un afluente industrial rico en proteínas (6 g de proteínas por cada litro). Sus proteínas son muy valiosas para la industria alimentaria y farmacéutica. Puesto que la producción de queso a nivel mundial origina cantidad tal de suero que equivale a 660,000 toneladas anuales de estas proteínas (Grasselli *et al.*, 1997).

La proteína de suero de leche típicamente viene en tres formas principales: concentrada (*concentrate*), aislada (*isolate*), e hidrolizada (*hydrolysate*).

- Los concentrados tienen típicamente un bajo (*pero todavía significativo*) nivel de grasa y colesterol, pero, en general, en comparación con las otras formas de proteína de suero, tienen niveles más altos de compuestos bioactivos, y los hidratos de carbono en forma de lactosa - contienen un 29-89% de proteína en peso.
- Los aislados son procesados para eliminar la grasa y la lactosa, pero son generalmente más bajos en compuestos bioactivos así contienen un 90% o más de proteína en peso. Al igual que la proteína de suero de leche concentrada, los aislados de proteína de suero de leche tienen un ligero sabor a leche.
- Los hidrolizados de suero de leche contienen proteínas que son predigeridas y parcialmente hidrolizadas con el fin de que sean más fáciles de metabolizar, pero su coste es generalmente más alto. El suero altamente hidrolizado puede ser menos alergénico que otras formas de suero de leche.

En países desarrollados el suero se deshidrata para utilizarlo en formas diversas. Se puede encontrar en el mercado en polvo, concentrado y como aislados proteicos, los cuales se utilizan en formulaciones de bebidas, productos lácteos y extensores de carnes (Andrade, 1999; Jhonson, 2004).

A pesar de que la proteína del suero es de mejor calidad que la caseína, actualmente este efluente es desechado o, transferido para el consumo de cerdos, desperdiciando así el alto valor nutricional. La caseína representa el 78% de la proteína de la leche, según indica Revilla (1996), es ligeramente deficiente en los aminoácidos azufrados (metionina y cisteína); mientras que las proteínas del suero, que representan un 17% del total de proteína de la leche, poseen mayor cantidad de aminoácidos, por lo cual su valor biológico es de 1.0 superior al 0.8 de la caseína y comparable con el valor biológico de la proteína del huevo que es de 1.0 (Domínguez, 2000).

Se describe el suero de leche, es una proteína de muy elevada calidad. Aunque existen distintos tipos de proteína de leche, las que poseen mejor calidad son las que se obtienen por medio de procesos como “el intercambio iónico y la microfiltración”. Sevilla (2004),

En la actualidad se ha iniciado el estudio y aplicación del suero de queso, para la elaboración de diversos productos, debido a que presenta un alto valor nutricional. Así se ha reportado su uso como aditivo y enriquecedor de diversos alimentos incluyendo sopas, salsas, aderezos para ensaladas, en carnes y en la elaboración de productos bajos en grasas, como la obtención de quesos bajo en grasas y alto contenido de proteínas (McIntosh et al., 1998; Steffl et al., 1999; Modler y Emmons, 2001).

En nuestro país existen empresas de diferente tamaño, elaboradoras de queso, e incluso hay regiones geográficas donde mayoritariamente la población se dedica a este tipo de industria, El subsector pecuario es una actividad de alta importancia en la región de Amazonas, así mismo, con respecto a la producción de leche a nivel nacional, las regiones de mayor producción son Arequipa (25%), Cajamarca (18.1%), Lima (17%), la Libertad (5.7%), Puno (5.3%), Amazonas (4.8%), Cusco (3.3%) otras regiones (20.7%).

En la industria láctea destaca la producción de quesos, lo cual nos da un alto porcentaje de subproducto (lacto suero), el cual no es reutilizado y simplemente es desechado. La práctica más común ha sido sencillamente verterlo en los cursos de agua y este a la vez desemboca en los ríos produciendo así una red de contaminación entre los afluentes, lo que es muy perjudicial desde el punto de vista ambiental, (Carrillo AJL; 2002)

### 1.1. Métodos de recuperación de las Proteínas del Suero de Leche

Actualmente, se buscan alternativas eficientes y de bajo costo que permitan recuperar los nutrientes desperdiciados en el suero de leche. Existen varios métodos, entre ellos destacan:

- **Microfiltración:** La microfiltración se realiza con membranas de 0.1 a 1 micrones, con este proceso se separa los microorganismos y lípidos produciendo así un concentrado con 50% de proteínas y 0.11% de grasas. Sin embargo, este método requiere de un descremado preliminar y una ultrafiltración (UF) posteriormente a la microfiltración (Harper y muller. 1979)

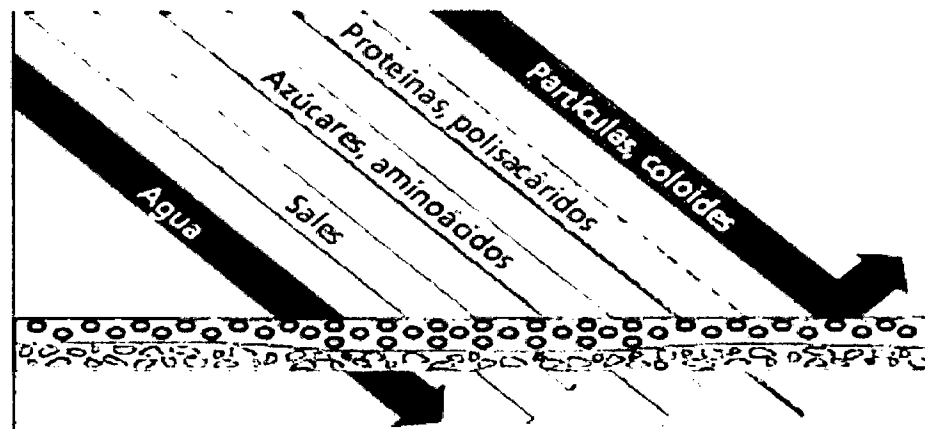


Figura 1. Retención de partículas coloidales por microfiltración (Niro, 2008)

- **Ultrafiltración:** La tecnología de ultrafiltración por membrana, permite retener las proteínas de una solución en una membrana que posee poros muy pequeños ( $0.01\mu\text{m}$ ). Por lo que las membranas de ultrafiltración permite el paso de agua, sales, azúcares, aminoácidos pero no así el de proteínas y partículas coloidales, que quedan retenidas y por lo tanto se concentran con este proceso de

ultrafiltración (Pederson y Harold, 1980; Marquardt *et al.*, 1985; Grasselli *et al.*, 1997; Cheryan, 1998; Zydney, 1998; Andrade, 1999; Ramadan y Gyula., 2005).

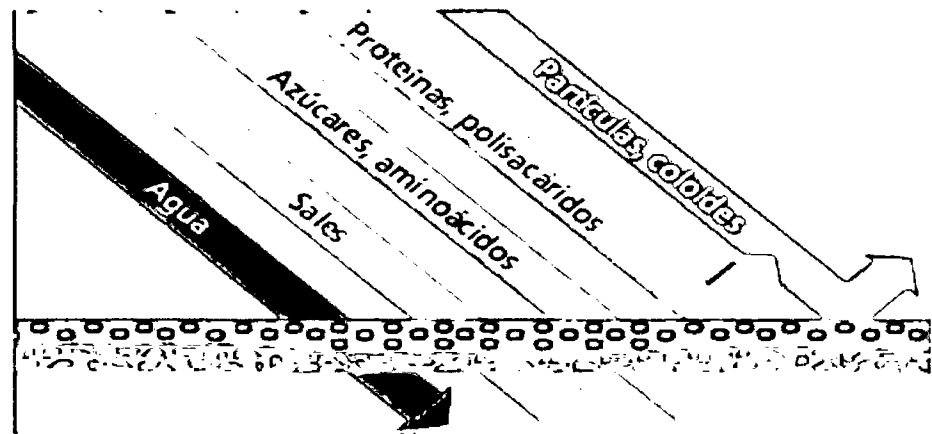


Figura 2. Retención de proteínas por ultrafiltración (Niro 2008)

- **Nanofiltración:** la nanofiltración depende de membranas que repelen selectivamente ciertos iones, basándose en la carga que estos posean según Harper y Muller (1997). Las membranas de nanofiltración permiten el paso de agua, sales, pero no así el de lactosa y aminoácidos que quedan retenidos y por lo tanto se concentran con este proceso de nanofiltración. El concentrado producido es casi totalmente desmineralizado; sin embargo, las membranas para este proceso son complejas e incluyen una película ultra fina formada por condensación en los microporos de polisulfona, lo que las hacen muy costosas (Cuartas *et al.*, 2004).

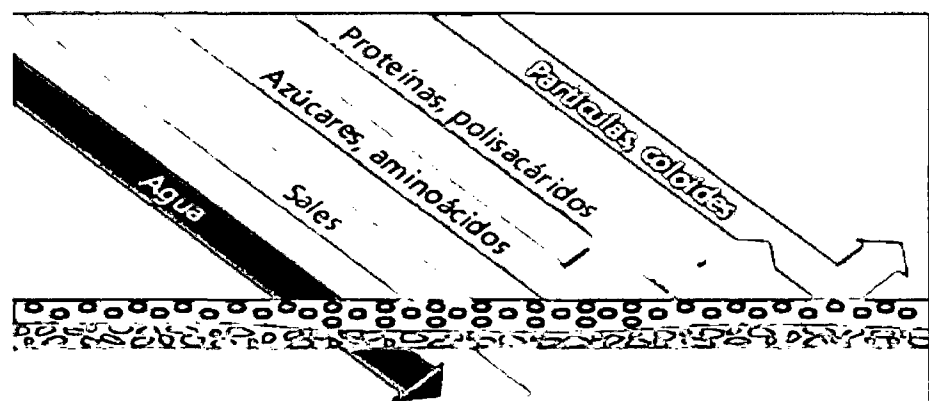


Figura. 3 Retención de azúcares y aminoácidos por nanofiltración

- **Ósmosis reversa:** La osmosis reversa utiliza membranas muy estrechas y altas presiones de operación, por lo que las membranas permiten el paso de agua pero no así las sales, que quedan retenidas y por lo tanto se concentran con este proceso de ósmosis (Harper y Muller, 1979).

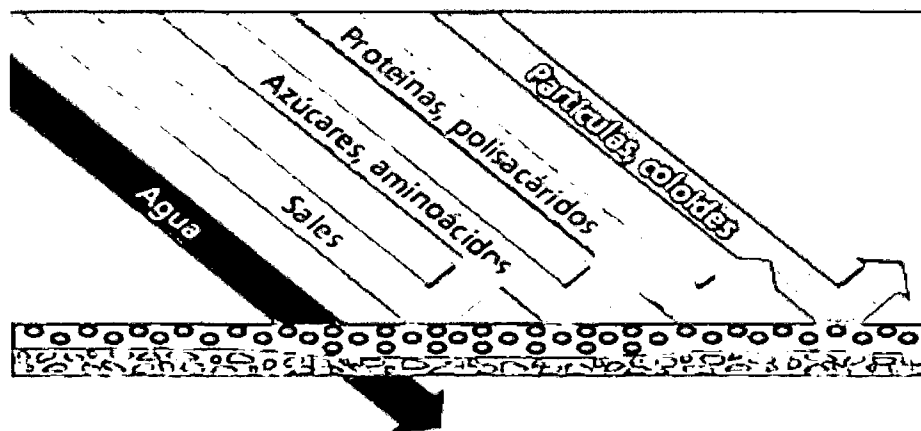


Figura. 4: Retención de sales monovalentes por ósmosis reversa (Niro, 2008)

Tabla 1: Tamaño de corte de cada proceso de filtración

Proceso para concentrar la proteína	Peso molecular retenido	Componentes retenidos
<b>Ósmosis reversa</b>	<0.1 KDa	Todo excepto el agua
<b>Nanofiltración</b>	<0.1 – 1 KDa	Todos excepto el agua y algunos iones
<b>Ultrafiltración</b>	<1- 100 KDa	Proteínas, lípidos, bacterias
<b>Microfiltración</b>	<100 – 500 KDa	Lípidos, bacterias, proteínas de peso molecular alto.

Fuente: Harper y Muller 1979

Las operaciones con membranas reportan problemas técnicos, como son: las membranas se taponean debido a las partículas que quedan suspendidas en el suero y a las fosfoproteínas (proteínas unidas a lípidos y fosforo). Esto produce, por un lado, una disminución en el flujo de filtración y, por el otro, la pérdida en la capacidad de formar espuma de los WPC, ya que las fosfoproteínas inhiben esta propiedad (Grasselli et al., 1997).

## **1.2. Filtros**

El filtro está hecho de un material que contiene poros de determinado tamaño, a través del cual se hace pasar un fluido para separar las partículas que tiene en suspensión. Existen varios tipos de filtros, entre los cuales destacan: el filtro de arena, de arena y grava, de carbón activado, de cerámico poroso, y de cartucho intercambiable de fibra sintética o celulosa. Todos los filtros mencionados anteriormente, a excepción del filtro de arena y de cerámico poroso, son de alto costo de producción y/o mantenimiento, tampoco son muy sencillos ni prácticos. Es por eso que es difícil que una familia de bajos recursos pueda adquirirlos y darles un adecuado mantenimiento. El filtro cerámico poroso desarrollado en este trabajo es de bajo costo y fácil mantenimiento. (Inga, José 2007)

Para la elaboración de los filtros cerámicos se utiliza arcilla (Bentonita), el cual es un material abundante y de bajo costo en nuestro país. Se dispone de muchos yacimientos de este compuesto sin explotar y solo se exportan con un mínimo de valor agregado como material de construcción. La arcilla ha sido muy utilizada desde las culturas prehispánicas en diversos campos como la cerámica ritual y utilitaria, salud, cosmética y alfarería. En la actualidad es utilizada en la industria petrolera, papelera, de pinturas, etc. Pero el campo más importante de aplicación es como adsorbente y descontaminante, así como en la construcción. La arcilla ha sido utilizada según diversos métodos como descontaminante, por ejemplo, para descontaminar colorantes industriales, diversos metales pesados, herbicidas, fenol. También se ha reportado el uso de arcillas para la purificación del aire contaminado con gases o vapores como CO, NOx, propanol. (Inga, José 2007)

### 1.2.1. Arcillas

Las arcillas son aluminosilicatos de estructura laminar. Se originan por la alteración y/o fragmentación de silicatos que se hidrolizan en procesos geológicos desarrollados a altas temperaturas y presiones. La bentonita (ver Figura 5 (a)) es el nombre mineralógico de la roca arcillosa cuyo componente más abundante es la montmorillonita, sus otros componentes generalmente son feldespatos, cuarzo, mica e illita. El término bentonita fue sugerido por primera vez por Knight para nombrar así a una arcilla encontrada en Fort Benton, Wyoming (USA).

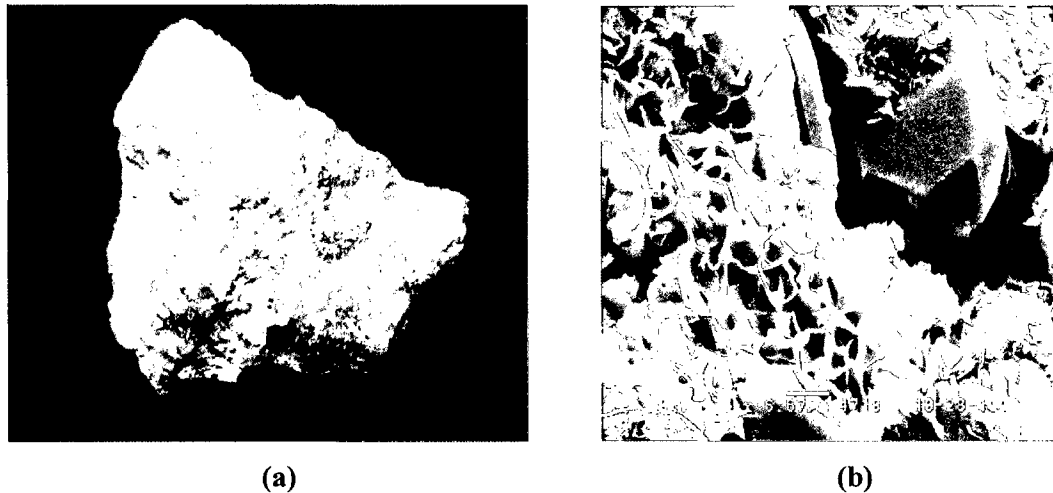


Figura. 5. (a) Foto de la bentonita después de ser extraída de un yacimiento (tomada por Crestmore quarries, Crestmore, Riverside Co., California, USA), (b) Imagen microscópica de la bentonita revelando la estructura laminar de la montmorillonita (Foto tomada por OMNI Laboratories, Inc).

#### 1.2.1.1. Montmorillonita

Estructuralmente, la montmorillonita está formada por 2 capas tetraédricas y una octaédrica, formando una estructura tipo sándwich, tetraédrica - octaédrica – tetraédrica (ver Figura 6). Por esta característica se dice que son esmécticas del tipo 2:1. La capa tetraédrica está formada por oxígenos coordinados al  $\text{Si}^{4+}$ , aunque en algunos casos se da la sustitución de  $\text{Si}^{4+}$  por  $\text{Al}^{3+}$ . Los tetraedros unen sus bases compartiendo sus vértices ocupados por los oxígenos basales formando así anillos de simetría seudo

hexagonal que se extienden a lo largo de toda la hoja creando una red de dos dimensiones (Figura 7). El cuarto vértice del tetraedro ocupado por el oxígeno apical se encuentra orientado hacia el interior de la lámina, donde se empalma a la hoja octaédrica.

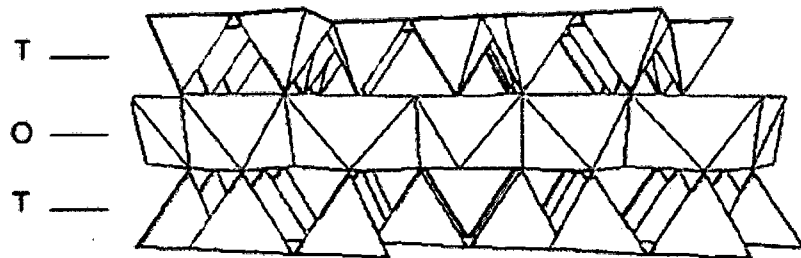


Figura. 6: Estructura de capas de la montmorillonita indicando las capas tetraédricas (T) y la capa octaédrica (O)

La capa octaédrica está formada por octaedros unidos entre si compartiendo aristas. Cada octaedro puede ser visto como dos planos contiguos de oxígeno e hidroxilos entre los cuales se encuentran los sitios octaédricos ocupados por cationes principalmente de  $Al_{3+}$  ó  $Mg_{2+}$ . Estos cationes se coordinan con los oxigenos para formar junto al radical  $(OH)^-$  octaedros del tipo  $RO_4(OH)_2$ , donde R representan al catión octaédrico

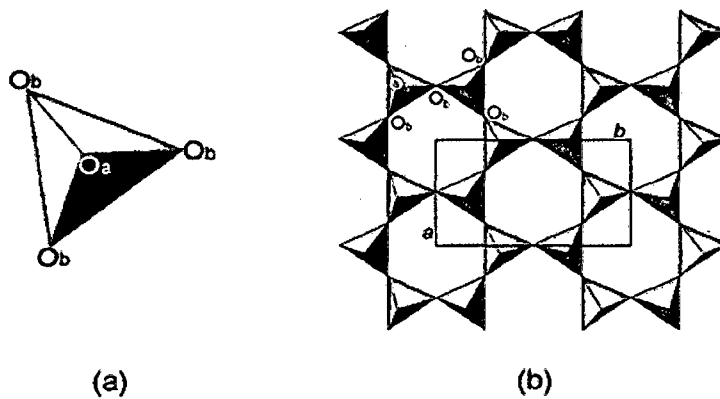


Figura. 7 (a) Tetraedro, Oa y Ob se refiere a los átomos de oxígeno apical y basal, respectivamente. (b) Hoja tetraédrica, a y b son los parámetro de celda unitaria.





Color: Blanco, gris, amarillo, amarillo pálido, rosa pálido.

Densidad: 2 - 2.7 g/cm<sup>3</sup>, Promedio = 2.35 g/cm<sup>3</sup>

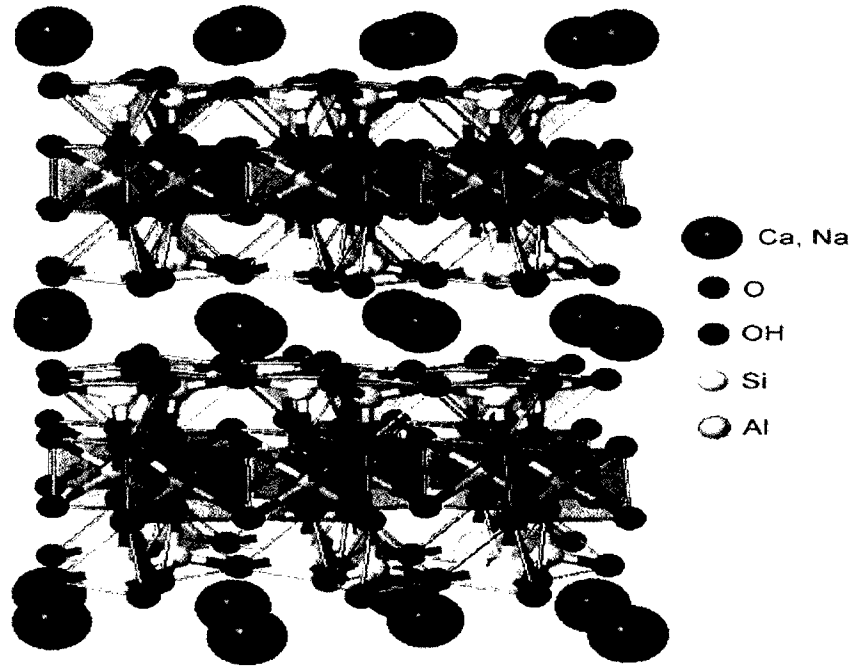


Figura 8. Estructura laminar de la montmorillonita. Se observa la capa tetraédrica, octaédrica y los cationes interlaminares (átomos morados). Estos cationes mayormente pueden ser: Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>. (Imagen creada con el software de Interdisciplinary Education Group, Materials Research Science and Engineering Center on Nanostructured Interfaces. University of Wisconsin System)

#### 1.2.1.1.1. Propiedades Físico-Químicas de la Montmorillonita

##### A. Superficie Específica

La superficie específica o área superficial de la arcilla incluye el área externa más el área interna de las partículas o poros que la constituyen. Se expresa en m<sup>2</sup>/g. La montmorillonita posee una elevada superficie específica, muy importante para ciertos usos industriales en los que la interacción sólido-fluido depende directamente de esta propiedad. La superficie específica de la montmorillonita oscila entre 80 y 300 m<sup>2</sup>/g

## **B. Capacidad de Adsorción**

La capacidad de adsorción de la montmorillonita está directamente relacionada con las características de su superficie específica y porosidad. Existen principalmente 3 tipos de adsorción: Intercambio Iónico, Adsorción Física y Adsorción Química.

La capacidad de adsorción se expresa como la masa de adsorbato retenido con respecto a la masa de adsorbente y depende, para una misma arcilla, del tipo de adsorbato.

### **1.2.2. Adsorción**

La adsorción es un proceso de separación en la que ciertos componentes de una fase líquida se transfieren hacia la superficie de un sólido adsorbente. La fase sólida se llama adsorbente y la materia que se acumula en su superficie es llamada adsorbato. Si el adsorbato es inmovilizado sobre la superficie adsorbente en una escala de tiempo muy larga, entonces el adsorbato junto con el sitio en la superficie adsorbente a la cual es destinado se llama adsorción compleja.

La mayor parte de los adsorbentes son materiales altamente porosos y la adsorción tiene lugar fundamentalmente en el interior del adsorbente, sobre las paredes de los poros. La separación se produce debido a que diferencias de peso molecular o de polaridad dan lugar a que algunas moléculas se adhieren más fuertemente a la superficie adsorbente que otras.

Aunque la adsorción haya sido utilizada como un proceso fisicoquímico durante muchos años, es solamente durante las cuatro últimas décadas que el proceso se ha convertido en una técnica muy importante de separación industrial. En la adsorción, las moléculas se distribuyen ellas mismas en dos fases, una de ellas puede ser sólida, mientras que la otra puede ser líquida o gaseosa.

La adsorción puede ser muy eficaz en la eliminación de contaminantes de una fase líquida y se puede utilizar para recuperar el componente o para quitar simplemente una sustancia nociva de un efluente industrial.

La adsorción que resulta de la influencia de las fuerzas de Van der Waals es esencialmente de naturaleza física. Debido a que estas fuerzas no son fuertes, la adsorción puede ser revertida fácilmente. En algunos sistemas, las fuerzas adicionales atan las moléculas adsorbidas a la superficie sólida, estas son de naturaleza química, implicando intercambio o distribución de electrones, o posiblemente moléculas formando átomos o radicales. En tales casos el término de adsorción química es usado para describir el fenómeno. Éste último no se revierte tan fácilmente como la adsorción física, y la regeneración puede ser un problema. La adsorción química se restringe a apenas una capa de moléculas sobre la superficie.

#### **1.2.2.1. La Naturaleza de los Adsorbentes**

Los adsorbentes están disponibles como gránulos irregulares o estructuras porosas. El pequeño tamaño refleja la necesidad de empaquetar tanta área superficial como sea posible dentro de un pequeño volumen y al mismo tiempo de reducir al mínimo la caída de presión del flujo a través del filtro. Para que un adsorbente sea eficiente debe cumplir las siguientes características:

- Debe tener un área superficial interna muy grande.
- El área a través de los poros debe ser accesible para poder admitir a las moléculas que se fijarán por adsorción. Es también una ventaja si los poros son bastantes pequeños, como para retener las moléculas que no deseamos adsorber.
- El adsorbente debe tener la capacidad de fácil regeneración.
- El adsorbente debe tener un largo tiempo de vida útil.
- El adsorbente debe ser mecánicamente fuerte como para soportar presiones, manipulaciones y vibraciones, que son características de cualquier uso industrial

#### **1.2.2.3. Filtros Compactos**

Los filtros compactos o adsorbentes compactos son mayormente utilizados en procesos industriales y/o comerciales. En la adsorción, dentro del filtro, las concentraciones en la fase líquida y en la fase sólida varían con el tiempo a lo largo del filtro.

Un filtro compacto constituye un reactor de adsorción donde ocurrirá el proceso de adsorción dinámica.

Los adsorbentes usados normalmente para estos usos son: carbón activado, zeolita, materiales cerámicos compactos, etc. La adsorción dinámica es un problema de transferencia de masa. Aquí se discutirá la aplicación más simple de la adsorción dinámica, es decir, el uso de un adsorbente para la eliminación de alguna impureza o contaminante de un líquido utilizando un filtro de adsorción (ver Figura 9).

El filtro tiene una superficie transversal  $A$ , una longitud de largo  $D$ , y masa adsorbente  $M$  (ver Fig. 9). El filtro se puede dividir en tres zonas: (I) Zona de equilibrio, (II) Zona de transferencia de masa (**ZTM**) de longitud  $D_0$ , y (III) Zona no usada. El ancho y la forma de la zona de transferencia de masa dependen de la isoterma de adsorción, de la velocidad de flujo, de la velocidad de transferencia de masa hacia las partículas y de la difusión en los poros. Se han publicado varios métodos teóricos que predicen la zona de transferencia de masa, siendo los resultados en su mayoría inexactos a causa de muchas incertidumbres debidas a los patrones de flujo y a las correlaciones para predecir la difusión y la transferencia de masa. Por lo tanto, se necesita hacer experimentos en el laboratorio para determinar los resultados.

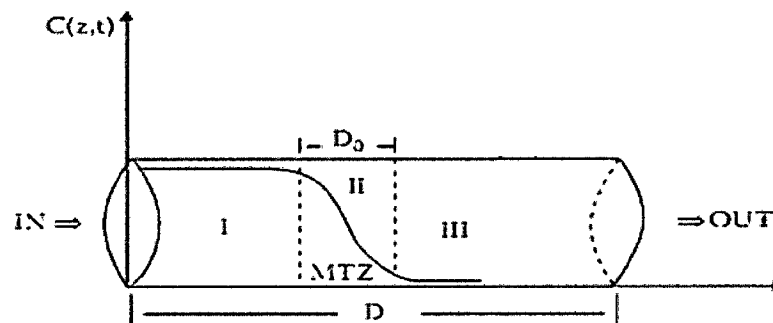


Figura 9. Representación esquemática de un filtro, esta figura representa la manera en que el adsorbato se distribuye a lo largo de su longitud  $D$  durante el ciclo de adsorción. IN y OUT representan la entrada y salida del fluido en el

filtro, respectivamente. I, II y III son las zonas de adsorción,  $D_0$  es el ancho de la zona de transferencia de masa.

Un buen proceso de adsorción con un adsorbente compacto debe satisfacer los siguientes puntos:

- **Tiempo de residencia.** El contacto del fluido o tiempo de residencia con el adsorbente debe ser suficientemente largo para asegurar el transporte de las moléculas del adsorbato hacia los sitios de adsorción.
- **Tamaño de partícula.** El tamaño de poro en el adsorbente no debe ser muy pequeño para no experimentar grandes caídas de presión y flujos bajos.
- **Longitud del reactor.** Puesto que el tiempo de residencia es relativamente largo, entonces la longitud del reactor no debe ser muy larga para lograr las capacidades necesarias de adsorción.

### 1.2.3. Filtración

La filtración es la separación de partículas sólidas a partir de un fluido haciéndolo pasar a este a través de un medio filtrante sobre el que se depositan los sólidos. El fluido puede ser un líquido o un gas. Debido a la enorme variedad de materiales existentes para filtrar y las diferentes condiciones de operación de los procesos, se han desarrollado numerosos tipos de filtros. Los filtros se dividen en dos grandes grupos: filtros clarificadores y filtros de torta, y estos últimos a su vez se subdividen en varios tipos (filtros de prensa, de carcasa, continuos, discontinuos, de tambor rotatorio, etc.). Los clarificadores retiran pequeñas cantidades de sólidos para producir un gas claro o líquidos transparentes, tales como bebidas. Los filtros de torta separan grandes cantidades de sólidos en forma de una torta de cristales o de lodo.

El fluido circula a través del medio filtrante en virtud de una diferencia de presión, la cual puede ser atmosférica o superior. Presiones superiores a la atmósfera pueden generarse por acción de la fuerza de gravedad actuando sobre una columna de líquido o por medio de una bomba. La mayoría de los filtros industriales son filtros de presión o

de vacío. Pueden ser también continuos o discontinuos, dependiendo de que la descarga de los sólidos filtrados se realice de forma continua o intermitente.

### 1.2.3.1. Porosidad

La porosidad es una medida de los espacios vacíos en un material adsorbente, está definida con la fracción del volumen de vacío sobre el volumen total, su valor oscila entre 0-1. La porosidad también es conocida como fracción de volumen vacío y se expresa como:

$$\varepsilon = \frac{V_o}{V_t} \quad (1.1)$$

Donde:  $\varepsilon$  = porosidad volumétrica,  $V_o$  = volumen vacío del adsorbente, y  $V_t$  = volumen total de adsorbente.

La capacidad de adsorción de agua o porosidad másica se puede determinar sumergiendo el adsorbente compacto en agua y se define como:

$$\varepsilon_m = \frac{m_s - m_o}{m_o} \quad (1.2)$$

Donde:  $\varepsilon_m$  = porosidad másica,  $m_s$  = masa del adsorbente después de haber sido sumergido en agua, y  $m_o$  = masa del adsorbente seco.

Utilizando las ecuaciones (1.1) y (1.2) se puede determinar una forma más fácil de medir la porosidad volumétrica,

$$\varepsilon = \frac{V_o}{V_t} = \frac{\rho_m}{\rho_m + \frac{\rho_f}{\rho_m}} \quad (1.3)$$

Donde:  $\rho_m$  = densidad verdadera del adsorbente seco, y  $\rho_f$  = densidad del fluido (agua)

La distribución de poros dentro de un adsorbente compacto son de diferentes formas. Cada poro, de forma individual, puede variar mucho en tamaño y forma dentro de un adsorbente dado, y respecto a otro. Existen dos tipos de poros poro abierto cuya cavidad

o canal se comunica con la superficie del adsorbente, y poro cerrado cuya cavidad no se comunica con la superficie. Ver figura 10

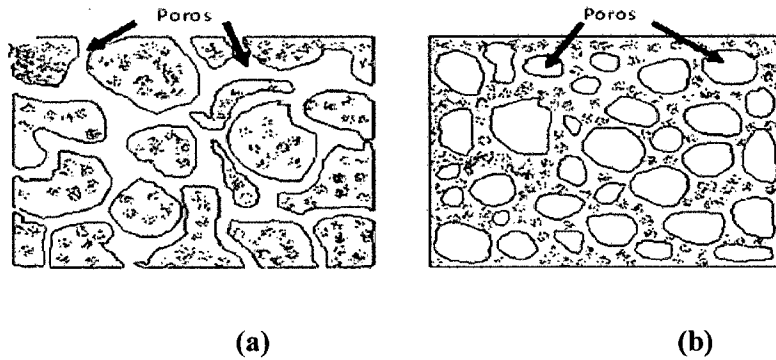


Figura 10. Estructura (a) Un poro abierto, (b) Un poro cerrado (Peralta 2011)

Una característica de mucho interés en los poros es el ancho de ellos, por ejemplo: el diámetro de un poro cilíndrico o la distancia entre los lados de un poro en forma de rendija. Una clasificación conveniente de los poros de acuerdo a su ancho promedio fue propuesta originalmente por Dubinin y ahora adoptada por la IUPAC. Esta clasificación se muestra en la tabla 2

Tabla 2. Clasificación de los poros de acuerdo a su ancho  $w$

<b>Ancho <math>w</math></b>	
Microporos	Menor que 20 Å (2 nm)
Mesoporos	Entre 20 y 500 Å (2 y 50 nm)
Macroporos	Mayor que 500 Å (50 nm)

Fuente: Peralta (2011)

En los últimos años el rango de los microporos se ha subdividido en ultra-microporos y súper-microporos. También cabe recalcar que a través de los años se ha determinado un amplio y continuo rango de tamaños de poros, desde macroporos a mesoporos y microporos, llegando hasta poros sub-atómicos en forma de planos de corte, dislocaciones y defectos.



## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Materia Prima

- **Lacto suero**

Subproducto de la elaboración de queso, del área de lácteos, de la Planta Piloto de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas

- **Microfiltros de bentonita**

Diseñado y elaborados por los tesisistas, a partir de bentonita más aserrín. (Ver fotografías del 2 al 6 del anexo)

### 2.2. Metodología y Análisis de las Muestras

#### 2.2.1. Metodología

##### 2.2.1.1. Obtención del Suero de Leche

Materia prima (leche cruda): La leche fresca fue comprada en el establo de la escuela académico profesional de Zootecnia de la UNTRM-A, luego se realizó un control de calidad de la materia prima. Obteniendo las siguientes características:

- Color: Blanco amarillento
- Acidez: 0.2%
- pH: 6.6
- densidad: 1.025g/cm<sup>3</sup>

Posteriormente se procede a la obtención de suero de leche según se muestra en la Figura 11

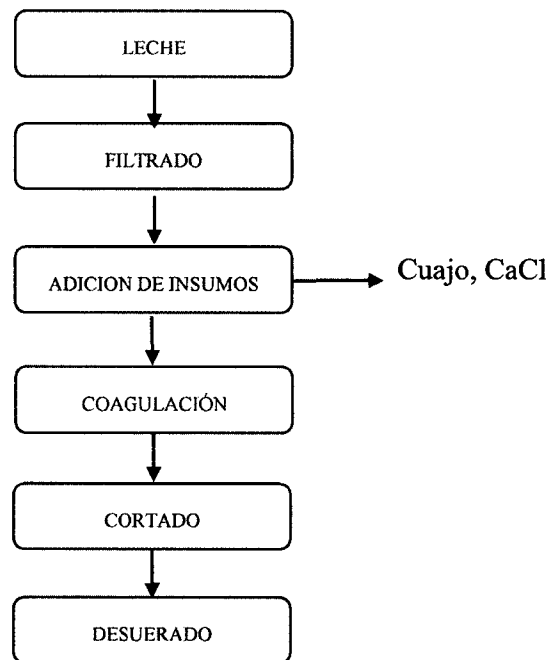


Figura 11: Flujograma para la obtención de suero de leche

Una vez obtenido el suero se procede a un análisis de sus características; luego se procede a ser separados según los requerimientos como tiempo de almacenamiento, pH y temperatura para sus respectivas pruebas.

#### 2.2.1.2. Diseño y Fabricación del Microfiltro

Para el diseño y la instalación se realizaron en base a lo aplicado por Peralta (2011), la cual consta con 4 etapas: Pruebas de compactación, mezcla arcilla – aserrín, compresión, calcinación y sinterización.

La fabricación de los microfiltros se realizaron con bentonita y aserrín (150  $\mu\text{m}$ ), estos son llevados a una matriz de acero para darle la forma cilíndrica a los microfiltros para facilitar su adaptación al sistema de microfiltrado; los microfiltros deben tener las siguientes medidas:

- Diámetro: 1 ½"
- Altura: 6 mm (ideal)
- Volumen: 35.91 mm<sup>3</sup>

#### 2.2.1.2.1. Pruebas de compactación

Para la fabricación del microfiltro, se realizaron pruebas de compactación con una prensa de concretos, (según se muestra en la Figura 13), para determinar la densidad de la arcilla compactada y así saber la cantidad de arcilla en polvo y aserrín a utilizar. Obtenida la densidad, se calculó la masa necesaria para obtener un disco compacto de arcilla, que cumpla con ciertas características como son:

- Masa
- Radio
- Espesor
- Área

#### 2.2.1.2.2. Mezcla Arcilla-Aserrín

La finalidad de esta etapa fue poder controlar la porosidad, debido a que los filtros elaborados con solo bentonita son de muy baja porosidad; para controlar dicha porosidad se adiciona partículas muy finas de aserrín, a la bentonita en polvo para luego ser mezcladas hasta obtener un polvo uniforme y homogéneo.

El aserrín debe estar previamente tamizado para asegurarnos así partículas del orden de los micrones (150  $\mu\text{m}$ ). El proceso de tamizado consistirá en cernir el aserrín por un tamiz de malla muy fina, este tamiz solo deja pasar partículas menores a 150  $\mu\text{m}$ .

La proporción  $r$  de aserrín utilizado se mide como el porcentaje en masa de aserrín respecto a la masa total del filtro, en otras palabras:

$$r = \frac{\text{masa de aserrín}}{\text{masa de aserrín} + \text{masa de arcilla}} \times 100\%$$

De esta manera podemos controlar la porosidad del microfiltro, siendo la cantidad de aserrín presente en la arcilla directamente proporcional a la porosidad.

### 2.2.1.2.3. Compresión

La mezcla obtenida según se explicó, en el ítem anterior, fue colocada en la matriz diseñada especialmente para la fabricación de los microfiltros (según se muestra en la Figura. 12) y compactada en una prensa de concretos (según se muestra en la Figura 13) a determinadas presiones durante unos 4 minutos aproximadamente. Posteriormente se retira de la matriz de la prensa y se retirará el disco compactado.

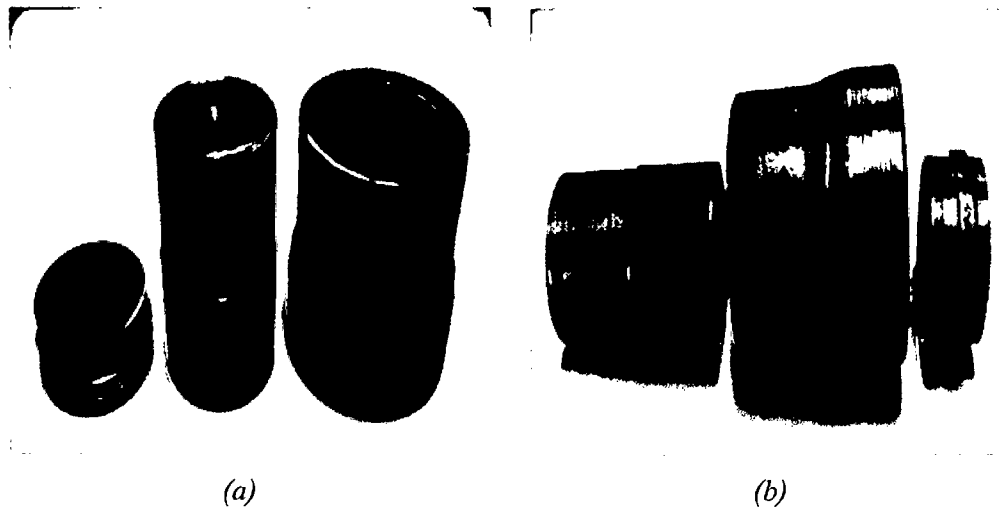


Figura 12: el diseño referencial de la matriz de acero, vista superior en la figura (a) y vista lateral (b)

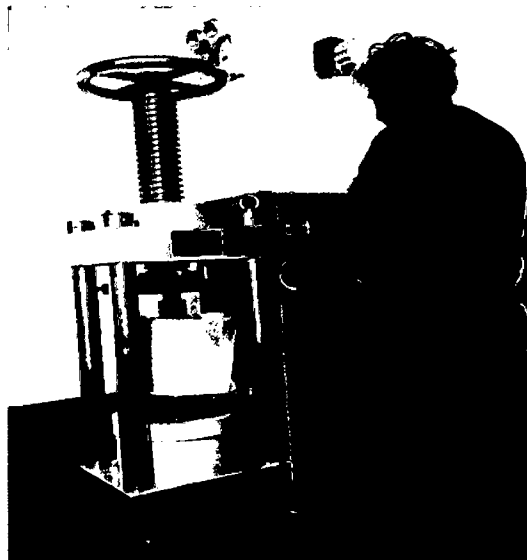


Figura 13: Prensa de concretos

#### 2.2.1.2.4. Calcinación y Sinterización

En base a lo anteriormente mencionado los discos compactos de bentonita y aserrín, son sometidos a calcinación según como se muestra en la siguiente escala:

- Temperatura ambiente (21 °C) – 45 °C, por 30 minutos
- 45 °C – 55 °C, por 45 minutos
- 55 °C – 670 °C, por 90 minutos
- 670 °C – 1000 °C, por 60 minutos

Cuando el disco compactado fue sometido a la calcinación y sinterización, el aserrín presente en la arcilla se combustión, dejando así los poros aleatorios que antes fueron ocupados por las partículas del aserrín. Es de esta forma que se tuvo un mayor control sobre la porosidad de los filtros.

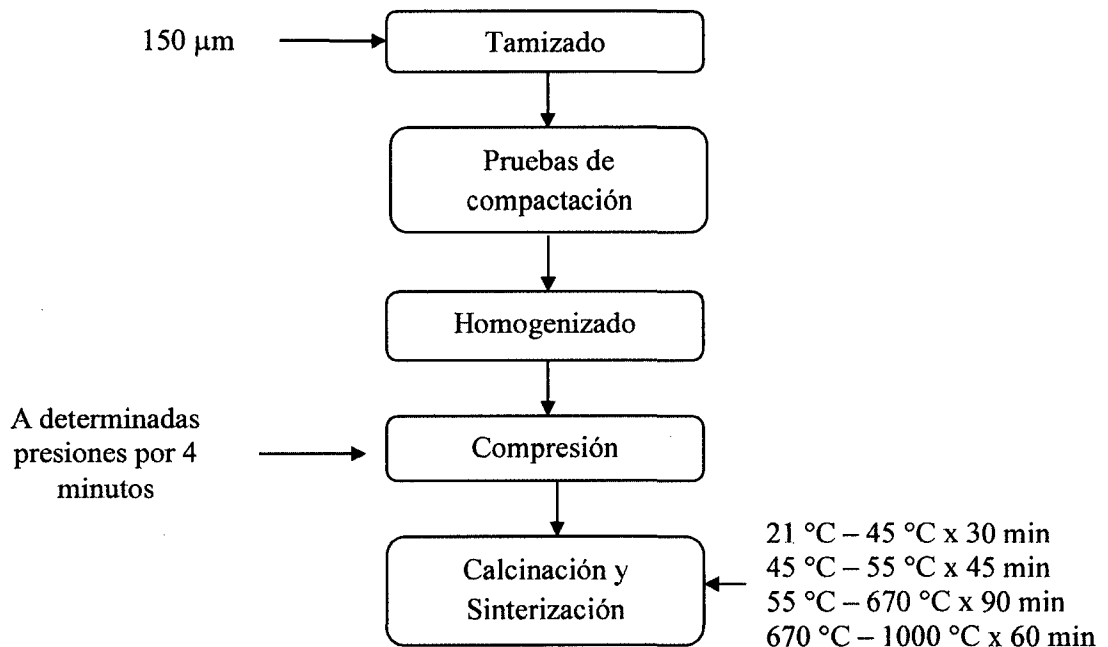


Figura 14: Flujograma de fabricación de microfiltros

### 2.2.1.3. Secuencia del equipo de microfiltrado

Para el diseño del equipo de microfiltrado se utilizó el diseño descrito en la tesis por Peralta (2011), investigador de la Universidad Nacional de Ingeniería. Según como se muestra en la Figura 15

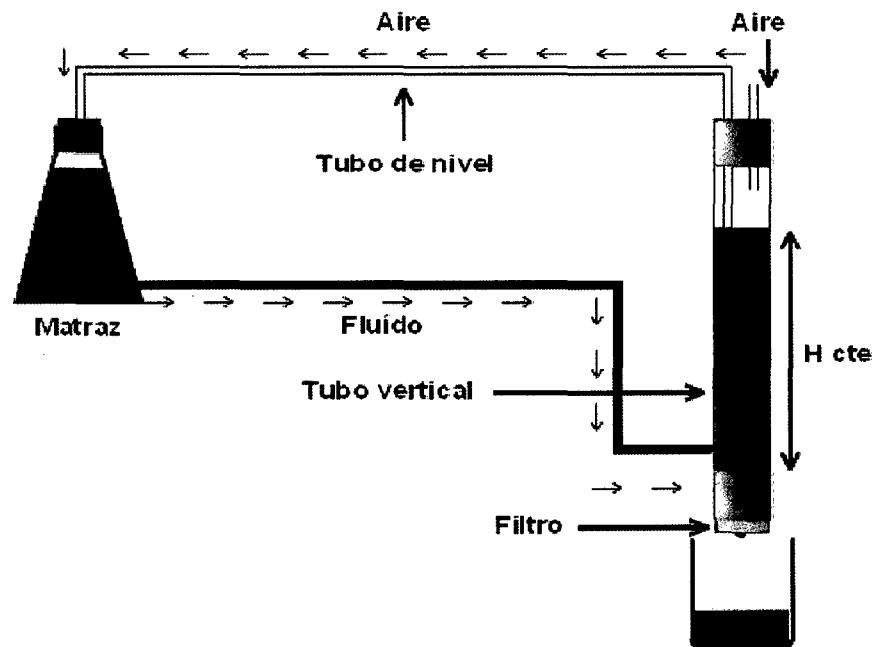


Figura 15: Sistema de filtrado, este equipo es capaz de mantener una presión hidrostática constante (la columna de fluido constante). Peralta (2011).

Partiendo de la figura 16 se tiene 2 consideraciones a tomar, para diseñar nuestro equipo, para que así presente mejores condiciones de trabajo:

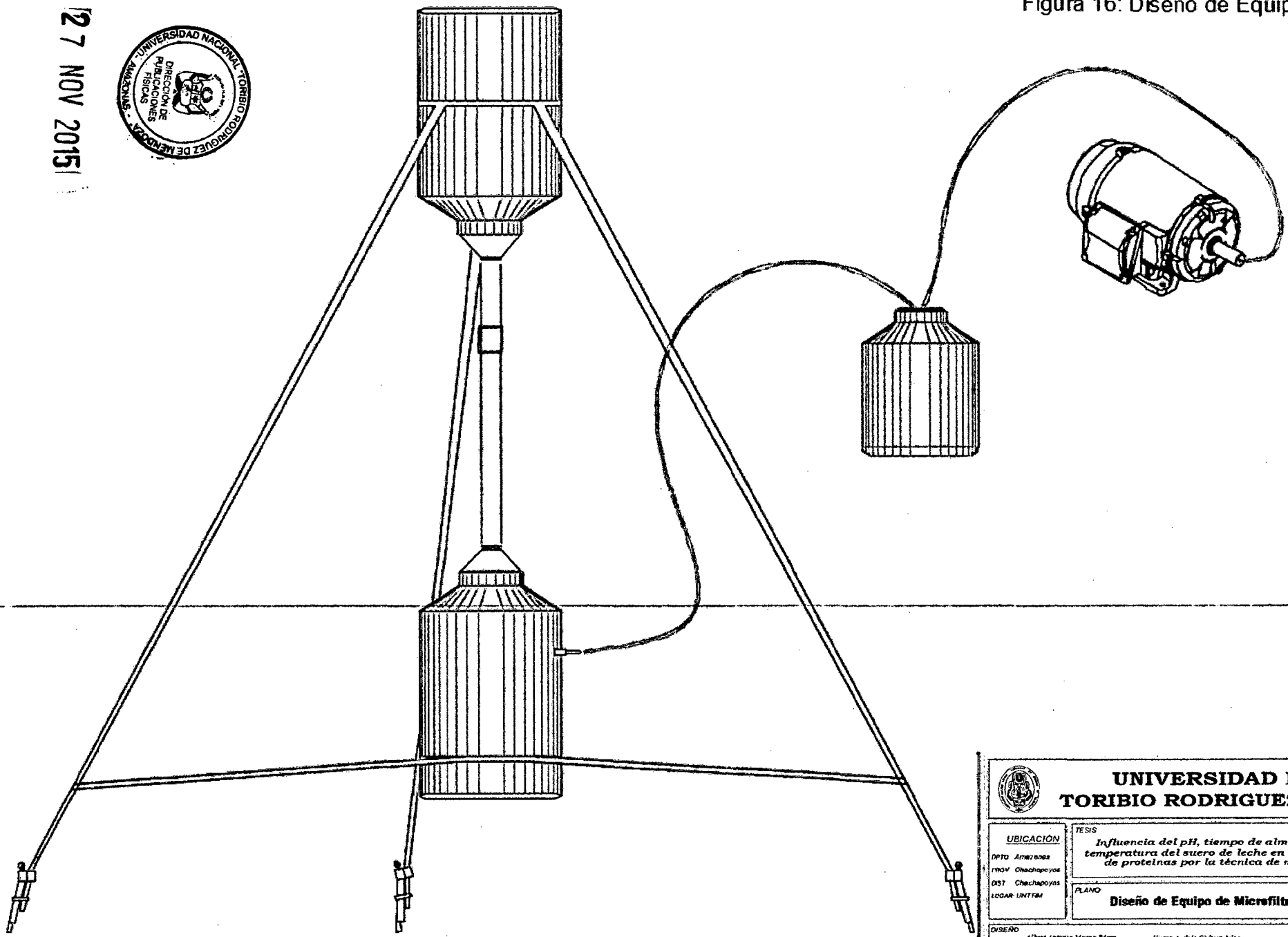
- Sistema de trabajo: “Cerrado”; para evitar la contaminación por agentes externos transportados por el aire u otros agentes.
- Tiempo de trabajo: Con el nuevo diseño se buscó aumentar el rendimiento de microfiltrado.

Partiendo de estas consideraciones se propuso el siguiente diseño según se muestra en la figura 16

27 NOV 2015



Figura 16: Diseño de Equipo de Microfiltrado



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA</b>		
<b>UBICACIÓN</b>	<b>TESIS</b>	<b>LÁMINA</b>
DPTO. Amazonas	<i>Influencia del pH, tiempo de almacenamiento y temperatura del suero de leche en la recuperación de proteínas por la técnica de microfiltrado</i>	<b>A-01</b>
PROV. Chachapoyas		
DIST. Chachapoyas	<b>PLANO</b>	
LEGAR. UNIFORM	<b>Diseño de Equipo de Microfiltrado</b>	
<b>DISEÑO</b>	<b>FECHA</b>	<b>EFCALA</b>
Alfonso Anselmo Moreno Pérez	Agosto de 2015	1/100

### **2.2.1.3.1. Ensamblaje del Equipo de Microfiltrado**

#### **Materiales**

- Microfiltros de bentonita
- Fierro de ½ pulgada
- 2 Bidones de agua de 10 litros
- Tubos de ½'
- 2 reducciones
- Tubo de cobre de 3mm de diámetro
- Tapones de jebe
- 2 Mangueras
- Bomba de vacío
- Teflón

#### **Ensamblaje**

- Para el ensamblaje del equipo se procedió a la construcción de la estructura metálica, la cual se especifica gráficamente en la figura 16.
- Luego se realizó un agujero en la parte superior de uno de los bidones de agua, lo suficiente para que se introduzca el tapón de jebe con el tubo de cobre a presión, la finalidad de esta operación es que este bidón cumple la función de hacer de succión para así aumentar el filtrado.
- Luego se realizó la adaptación de los tubos y para que encajen adecuadamente en las roscas de los bidones y reducciones.
- Luego se procedió a la instalación de los microfiltros a la reducción que ira en el centro del equipo de microfiltrado según se muestra en la figura 16, para esta operación los microfiltros deben ser envueltos por los extremos con teflón hasta que estos puedan ser introducidos con la presión necesaria para evitar fugas por los extremos de la reducción y así obtener una buena microfiltración. Esta operación se realizara con cada microfiltro según sea prueba.



- Una vez realiza estas operaciones se procede al ensamblaje según como se muestra en la figura 16.

#### **2.2.1.4. Microfiltrado del Suero de Leche**

Para esta operación se tuvo que separar las muestras en la etapa de obtención del suero de leche, según sean los requerimientos de muestra en tiempo de almacenamiento, pH y temperatura.

Una vez obtenido las muestra para los diferentes ensayos se procede al microfiltrado, las muestras de suero de leche es colocado en bidón de la parte superior luego se procede al encendido de la bomba de vacío para así aumentar el trabajo de microfiltrado; esta operación se realizará para cada una de las diferentes muestras a trabajar; con los diferentes microfiltros.

#### **2.2.2. Análisis de las Muestras**

##### **2.2.2.1. Espectrofotometría**

Estas pruebas se realizaron a 12 las más representativas; 6 de ellas muestras sin filtrar y 6 filtradas, estas pruebas se realizan para la definir el color en sentido físico como la distribución de energía de una luz reflejada o transmitida por un alimento particular. Esta energía está implícita en el espectro electromagnético continuo en intervalos que van desde longitudes de onda ( $\lambda$ ) desde  $10^{-5}$  nm hasta  $10^7$  nm.

Como el color de las muestras está ligado a la concentración de sólidos totales propias de los alimentos de las muestras a analizar en esta práctica se determinaron las absorbancias y tramitancias; con lo cual se determinó la relación de “A mayor absorbancia, mayor concentración de sólidos y viceversa”, “A mayor absorbancia, menor la tramitancia, y viceversa”.

### **2.2.2.2. Lectura de Absorbancia (espectrofotometría) del Suero de Leche**

Para obtener las lecturas de absorbancia mediante espectrofotometría, se tienen los materiales, equipos y metodología siguiente:

- **Materiales**

- Muestras

- ✓ 12 muestras de suero de leche, sin filtrar y filtrado

- Material de vidrio

- ✓ Probeta
- ✓ Vasos de precipitación
- ✓ Pipetas

- Equipos

- ✓ Espectrofotómetro
- ✓ Tubos de Espectrofotómetro

- Otros

- ✓ Agua destilada
- ✓ Gradilla
- ✓ Piscetas

- **Metodología**

- Encender el espectrofotómetro y esperar el tiempo necesario para que caliente la lámpara, 15 minutos aproximadamente.
- Preparar las muestras, filtrando para reducir el contenido de suspensión.
- Colocar la longitud de onda en el espectrofotómetro a 400 nm.
- Antes de cada medición se debe realizar el calibrado del equipo, colocando un tubo, de espectrofotómetro, con agua destilada, denominado comúnmente “blanco”, en la ranura de lectura y elegir la opción de calibración con blanco.
- Realizar la lectura de la absorbancia para cada una de las muestras.

- Las lecturas para cada muestra deberán repetirse rotándolas 90° y promediando los valores.
- Incrementar el valor de longitudes de onda hasta recorrer todo el espectro visible, y repetir el calibrado en blanco y el giro de 90° para cada muestra.

### **2.2.2.3. Determinación de Porcentaje de Humedad y Porcentaje de Sólidos Totales**

Con esta práctica se determinara el porcentaje de humedad y el porcentaje de sólidos totales, para la determinación más exacta debido a que es difícil, debido a la forma en que se encuentran en los alimentos (ligada, ligeramente ligada y libre).

Este método se basa en la pérdida de peso que sufre una muestra por calentamiento, hasta la obtención de un peso constante.

Los materiales, equipos y métodos para determinar humedad y sólidos totales se describen a continuación:

- **Materiales**

- Muestras
  - ✓ 12 muestras de suero de leche; sin filtrar y filtrado
- Material de vidrio
  - ✓ Vaso de precipitación, graduado, de 250 mL
  - ✓ pipetas
- Equipos
  - ✓ Balanza de humedad
  - ✓ Balanza gramera
- Otros
  - ✓ Papel de aluminio
  - ✓ Piscetas

- **Metodología:**

- Preparar las muestras, pesando 1g por cada muestra, y lo colocamos en el papel aluminio.
- Encendemos la balanza de humedad y colocamos la muestra cerramos la balanza y programamos el equipo a 120°C para que nos dé una escala de humedad según la pérdida de peso por cada 5 minutos.
- Presionamos inicio y se cronometra cada 5 minutos, la pérdida de peso, el dato a darnos viene hacer el porcentaje de humedad; con este dato se puede calcular el porcentaje de sólidos.

$$\% \text{ sólidos} = 100 - \% \text{ humedad}$$

#### 2.2.2.4. Determinación del Porcentaje de Proteínas

La determinación de proteínas se ha modificado durante años, siendo el procedimiento básico de Kjeldahl, como la técnica más fidedigna para la determinación de nitrógeno orgánico. Para esta práctica se analizaron las 54 muestras, 27 muestras sin filtrar y 27 muestras filtradas (Microfiltro I), 54 muestras, 27 muestras sin filtrar y 27 muestras filtradas (Microfiltro II), cuyos resultados serán procesados estadísticamente para la determinación de las diferencias que existen entre cada ensayo realizado.

Se detallan los materiales, equipos y metodología para esta etapa experimental de investigación en cuanto a proteína:

- **Materiales**

- **Muestras**

- ✓ 54 muestras de suero de leche; 27 sin filtrar y 27 filtrados (Microfiltro I)
- ✓ 54 muestras de suero de leche; 27 sin filtrar y 27 filtrados (Microfiltro I)

- **Reactivos**

- ✓ Catalizador

- ✓ Ácido sulfúrico concentrado
- ✓ Solución de NaOH al 40%
- ✓ Ácido bórico
- ✓ Agua destilada
- ✓ Ácido clorhídrico 0.25 N

➤ Equipos

- ✓ Destilador de nitrógeno DNP – 2000
- ✓ Equipo compacto de digestión MBC/02
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Campana extractora de gases
- ✓ Equipo de titulación

➤ Material de vidrio

- ✓ Matraz Erlenmeyer
- ✓ Vasos de precipitación de 200, 100 y 50 mL
- ✓ Probeta de 100 mL

• **Metodología**

**Digestión**

- a. Encender el equipo compacto de digestión MBC/02 y seleccionar a 420°C la temperatura de trabajo.
- b. Colocar dentro del tubo del equipo: 1g de muestra (W) + 5g de catalizador + 15 mL de ácido sulfúrico concentrado, respectivamente.
- c. Colocar el colector de humos y encender la campana extractora.
- d. Colocar los tubos al sistema calefactor cuando este ha alcanzado la temperatura de trabajo.
- e. Esperar un tiempo de 45 minutos a 1 hora hasta que termine la digestión, el material contenido en el tubo de ensayo se tornará de color verde esmeralda translucido, lo cual indicara el final de la digestión.

- f. Retirar los tubos del sistema calefactor y enfriar hasta aproximadamente 60 – 80 °C.
- g. Agregar inmediatamente 75 mL de agua destilada
- h. Dejar enfriar los tubos con las muestras hasta temperatura ambiente.

### **Destilación**

- a. Colocar el tubo con la muestra en el soporte del destilador de nitrógeno DNP – 2000.
- b. En un matraz de 250 mL agregar 25 mL de solución (ácido bórico + indicador mixto) y sumergir el tubo de salida del destilador.
- c. Programar en 2 minutos el reloj controlador de NaOH y presionar el botón START del equipo, se agregara automáticamente 80 mL de NaOH al tubo de muestra, pasado este tiempo regresar al reloj a cero.
- d. Programar en 8 minutos el reloj controlador de DESTILACIÓN y presionar el botón START del equipo, automáticamente empezará la destilación de la muestra el tiempo programado, pasado este tiempo regresar el reloj a cero.
- e. El producto de la destilación se recogerá en el matraz hasta un volumen de 150 mL, tomando una coloración violeta traslucido.
- f. Programar en 10 minutos el reloj controlador de SUCCIÓN y presionar el botón START del equipo, automáticamente empezara la succión del residuo contenido en el tubo con la muestra, durante el tiempo programado, pasado este tiempo regresar el reloj a cero.
- g. Llenar el tubo con la muestra con agua destilada y repetir el paso anterior con la finalidad de limpiar el equipo para realizar la siguiente muestra.
- h. Retirar el matraz del equipo y realizar la titulación.

### **Titulación**

- a. Llenar la bureta automática con HCl 0.25N y realizar la titulación hasta obtener el viraje de color anaranjado claro traslucido.
- b. Calcular el porcentaje de nitrógeno mediante la siguiente fórmula

$$\%N = 100 \left[ \frac{0.0014(V * N)}{W} \right]$$

*Dónde: %N = contenido de nitrógeno, en %, V = volumen de HCl gastado, N = normalidad de HCl, W = peso de la muestra, en g*

- c. Calculamos el porcentaje de proteína mediante la siguiente fórmula:

$$\%Proteína = \%N * f$$

*Dónde: f = factor para cada alimento*

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Características de Leche Fresca

El análisis de las propiedades de la leche fresca realizado presenta las características como detalla la tabla 3.

**Tabla 3: Propiedades físico químico de la leche fresca**

Color	%Acidez Total	pH	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Blanco amarillento	0.20	6.6	1.025
Blanco amarillento	0.26	6.7	1.028
Blanco amarillento	0.28	7.72	1.030

*Fuente: Elaboración propia*

#### 3.2. Características del suero de leche

El análisis de las propiedades de la leche fresca realizado presenta las características como detalla la tabla 4.

**Tabla 4: Propiedades físico químico del suero de leche**

Color	%Acidez Total	pH	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Amarillo verdoso	0.09	6.4	1.022
Amarillo verdoso	0.20	6.6	1.024
Amarillo verdoso	0.09	6.3	1.021

*Fuente: Elaboración propia*



### 3.3. Características físicas de los microfiltros de bentonita

Para la determinación de microporosidad (porosidad volumétrica) se realizaron los pasos ya mencionados anteriormente y se utilizaron las fórmulas (1.1), (1.2) y (1.3). Los resultados de microporosidad por filtro se detallan en la tabla 5.

Tabla 5: Porosidad volumétrica de los microfiltros de bentonita

MICROFILTRO	POROSIDAD VOLUMETRICA ( $\mu\text{m}$ )
	0.008611439
	0.009207396
	0.008593128
	0.008538309
	0.009000348
	0.009094177
	0.009131841
	0.009169581
	0.009056589
	0.008629769
	0.008906993
	0.009019076
	0.009226332
	0.009150701
	0.008629769
	0.008777091
	0.009112999
	0.008832649
	0.009245287
	0.009340345
	0.009037823
	0.008648118
	0.008703278
	0.009188479
	0.008888378
	0.009094177
	0.009112999

<b>II</b>	0.008962949
	0.009245287
	0.009226332
	0.009019076
	0.009264261
	0.009340345
	0.009283254
	0.009264261
	0.009150701
	0.009378501
	0.009056589
	0.009226332
	0.009245287
	0.009131841
	0.009226332
	0.008906993
	0.009378501
	0.009056589
	0.009207396
	0.009283254
	0.009226332
	0.009188479
	0.009245287
	0.009264261
0.009435876	
0.009150701	
0.009169581	

*Fuente Elaboración propia*

### 3.4. Espectrofotometría

#### 3.4.1. Absorbancias en los Ensayos con el Microfiltro I

- a. **Absorbancias de muestras sin filtrar:** Se trabajó con 3 muestras representativas, cuyos datos obtenidos por ensayo se detallan en la tabla 6.

Tabla 6: Absorbancias de muestras sin filtrar, Microfiltro I

ENSAYO	$\lambda$ (nm)	Absorbancia
1	440	1.9145
2	440	1.843
3	440	1.5745

*Fuente: Elaboración propia*

- ENSAYO 1: Temperatura ambiente (21°C), 0 días de almacenamiento
- ENSAYO 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento
- ENSAYO 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento

- b. **Absorbancias de muestras filtradas:** Se trabajó con 3 muestras representativas, cuyos datos obtenidos por ensayo se detallan en la tabla 7.

Tabla 7: Absorbancias de muestras filtradas, Microfiltro I

ENSAYO	$\lambda$ (nm)	Absorbancia
1	440	0.2565
2	440	0.6335
3	440	0.788

*Fuente: Elaboración propia*

- ENSAYO 1: Temperatura ambiente (21°C), 0 días de almacenamiento
- ENSAYO 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento
- ENSAYO 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento

### 3.4.2. Absorbancias en los Ensayos con el Microfiltro II

- a. **Absorbancias de muestras sin filtrar:** Se trabajó con 3 muestras representativas, cuyos datos obtenidos por ensayo se detallan en la tabla 8.

Tabla 8: Absorbancias de muestras sin filtrar con el Microfiltro II

ENSAYO	$\lambda$ (nm)	Absorbancia
1	440	1.8555
2	440	1.5155
3	440	1.477

Fuente: *Elaboración propia*

- ENSAYO 1: Temperatura ambiente (21°C), 0 días de almacenamiento
- ENSAYO 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento
- ENSAYO 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento

- b. **Absorbancias de muestras filtradas:** Se trabajó con 3 muestras representativas, cuyos datos obtenidos por ensayo se detallan en la tabla 9.

Tabla 9: Absorbancias de muestras filtradas con el Microfiltro II

ENSAYO	$\lambda$ (nm)	Absorbancia
1	440	1.4595
2	440	1.271
3	440	0.83

Fuente: *Elaboración propia*

- ENSAYO 1: Temperatura ambiente (21°C), 0 días de almacenamiento
- ENSAYO 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento
- ENSAYO 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento

### 3.4.3. Tramitancias en los Ensayos con el Microfiltro I

- a. **Tramitancias de muestras sin filtrar:** Para la determinación de las tramitancias se empleó la absorbancia obtenida de las 3 muestras representativas, para el uso de la fórmula:

$$\text{Tramitancia} = 10^{-\text{Absorbancia}}$$

Una vez desarrollado este procediendo, se obtuvo la tramitancia por ensayos, los cuales se detallan en la tabla 10.

Tabla 10: Tramitancias de las muestras sin filtradas, Microfiltro I

ENSAYO	$\lambda$ (nm)	Tramitancias
1	440	0.01217587
2	440	0.014354894
3	440	0.026637901

Fuente: *Elaboración propia*

- ENSAYO 1: Temperatura ambiente (21°C), 0 días de almacenamiento
- ENSAYO 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento
- ENSAYO 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento

**b. Tramitancias de las muestras filtradas:** Para la determinación de las tramitancias se empleó la absorbancia obtenida de las 3 muestras representativas, para el uso de la fórmula:

$$\text{Tramitancia} = 10^{-\text{Absorbancia}}$$

Una vez desarrollado este procediendo, se obtuvo la tramitancia por ensayos, los cuales se detallan en la tabla 11.

Tabla 11: Tramitancias de muestras sin filtradas, Microfiltro I

ENSAYO	$\lambda$ (nm)	Tramitancias
1	440	0.055398754
2	440	0.232541249
3	440	0.162929603

Fuente: *Elaboración propia*

- ENSAYO 1: Temperatura ambiente (21°C), 0 días de almacenamiento
- ENSAYO 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento
- ENSAYO 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento

### 3.4.4. Tramitancias en los Ensayos con el Microfiltro II

- a. **Tramitancias de muestras sin filtrar:** Para la determinación de las tramitancias se empleó la absorbancia obtenida de las 3 muestras representativas, para el uso de la fórmula:

$$\text{Tramitancia} = 10^{-\text{Absorbancia}}$$

Una vez desarrollado este procediendo, se obtuvo la tramitancia por ensayos, los cuales se detallan en la tabla 12.

Tabla 12: Tramitancias de muestras sin filtradas, Microfiltro II

ENSAYO	$\lambda$ (nm)	Tramitancias
1	440	0.013947617
2	440	0.03051406
3	440	0.033342641

Fuente: *Elaboración propia*

- ENSAYO 1: Temperatura ambiente (21°C), 0 días de almacenamiento
- ENSAYO 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento
- ENSAYO 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento

- b. **Tramitancias de las muestras filtradas:** Para la determinación de las tramitancias se empleó la absorbancia obtenida de las 3 muestras representativas, para el uso de la fórmula:

$$\text{Tramitancia} = 10^{-\text{Absorbancia}}$$

Una vez desarrollado este procediendo, se obtuvo la tramitancia por ensayos, los cuales se detallan en la tabla 13

Tabla 13: Tramitancias de muestras sin filtradas, Microfiltro II

ENSAYO	$\lambda$	Tramitancias
1	440	0.034713628
2	440	0.053579666
3	440	0.147910839

Fuente: *Elaboración propia*

- ENSAYO 1: Temperatura ambiente (21°C), 0 días de almacenamiento
- ENSAYO 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento
- ENSAYO 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento

### 3.5. Porcentaje de Humedad y Porcentaje de Sólidos Totales

#### 3.5.1. Porcentaje de Humedad

Las muestras utilizadas en este análisis son 12 muestras; 6 sin filtrar y 6 filtradas, fueron llevadas a la balanza de humedad la cual trabajo a una temperatura constante de 120 °C, este temperatura permitió el determinar la el porcentaje de humedad por pérdida de peso, siendo el último dato el porcentaje de humedad correspondiente por muestra.

- a. **Ensayos con las muestras sin Filtrar, Microfiltro I:** Tres muestras sin filtrar fueron llevadas a este proceso de determinación de humedad, con lo cual se obtuvo los siguientes resultados como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14: Porcentaje de Humedad de las muestras sin filtrar, Microfiltro I

ENSAYO	T °C	Tiempo (min)	% Humedad
1	120	22	77.3
2	120	24	93.07
3	120	20	82.39

- ENSAYO 1: Temperatura ambiente (21°C), 0 días de almacenamiento
- ENSAYO 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento
- ENSAYO 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento

- b. **Ensayos con las muestras Filtradas, Microfiltro I:** Tres muestras filtradas fueron llevadas a este proceso de determinación de humedad, con lo cual se obtuvo los siguientes resultados como se muestra en la tabla 15

Tabla 15: Porcentaje de Humedad de las muestras filtradas, Microfiltro I

ENSAYO	T °C	Tiempo (min)	% Humedad
1	120	21	93.82
2	120	31	93.35
3	120	20	93.02

*Fuente: Elaboración Propia*

- ENSAYO 1: Temperatura ambiente (21°C), 0 días de almacenamiento
- ENSAYO 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento
- ENSAYO 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento

- c. **Ensayos con las muestras sin Filtrar, Microfiltro II:** Tres muestras sin filtrar fueron llevadas a este proceso de determinación de humedad, con lo cual se obtuvo los siguientes resultados como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16: Porcentaje de Humedad de las muestras sin filtrar, Microfiltro II

ENSAYO	T °C	Tiempo (min)	% Humedad
1	120	30	93.45
2	120	25.4	92.96
3	120	28.4	93.25

*Fuente: Elaboración Propia*

- ENSAYO 1: Temperatura ambiente (21°C), 0 días de almacenamiento
- ENSAYO 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento
- ENSAYO 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento

- d. **Ensayos con las muestras Filtradas, Microfiltro II:** Tres muestras filtradas fueron llevadas a este proceso de determinación de humedad, con lo cual se obtuvo los siguientes resultados como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17: Porcentaje de humedad de las muestras filtradas, Microfiltro II

ENSAYO	T °C	Tiempo (min)	% Humedad
1	120	28:39	94.04
2	120	26:39	94.54
3	120	22	96.02

*Fuente: Elaboración Propia*

- ENSAYO 1: Temperatura ambiente (21°C), 0 días de almacenamiento
- ENSAYO 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento
- ENSAYO 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento



### 3.5.2. Porcentaje de Sólidos Totales

Para la determinación de sólidos totales se emplean los datos obtenidos del porcentaje humedad para obtener el porcentaje de sólidos mediante la fórmula:

$$\% \text{ Sólidos Totales} = 100 - \% \text{ Humedad}$$

Una vez empleada la fórmula para la determinación del porcentaje de sólidos totales se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 18).

- a. **Ensayos con las muestras sin Filtrar, Microfiltro I:** Empleando la fórmula con los datos obtenidos de porcentaje de humedad obtuvimos el porcentaje de sólidos totales, tal como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18: Porcentaje de sólidos totales de las muestras sin filtrar, Microfiltro I

ENSAYO	% Humedad	% Sólidos
1	77.3	22.7
2	93.07	6.93
3	82.39	17.61

*Fuente: Elaboración Propia*

- b. **Ensayos con las muestras Filtradas, Microfiltro I:** Empleando la fórmula con los datos obtenidos de porcentaje de humedad obtuvimos el porcentaje de sólidos totales, tal como se muestra en la tabla 19.

Tabla 19: Porcentaje de sólidos totales de las muestras filtradas, Microfiltro I

ENSAYO	% Humedad	% Sólidos
1	93.82	6.18
2	93.25	6.65
3	93.02	6.98

*Fuente: Elaboración Propia*

- ENSAYO 1: Temperatura ambiente (21°C), 0 días de almacenamiento
- ENSAYO 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento
- ENSAYO 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento

- c. **Ensayos con las muestras sin Filtrar, Microfiltro II:** Empleando la fórmula con los datos obtenidos de porcentaje de humedad obtuvimos el porcentaje de sólidos totales, tal como se muestra en la tabla 20

Tabla 20: Porcentaje de sólidos totales de las muestras sin filtrar, Microfiltro II

ENSAYO	% Humedad	% Sólidos
1	93.45	6.55
2	92.96	7.04
3	93.25	6.75

*Fuente: Elaboración Propia*

- d. **Ensayos con las muestras Filtradas, Microfiltro II:** Empleando la fórmula con los datos obtenidos de porcentaje de humedad obtuvimos el porcentaje de sólidos totales, tal como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21: Porcentaje de sólidos totales de las muestras filtradas, Microfiltro II

ENSAYO	% Humedad	% Sólidos
1	94.04	5.96
2	94.54	5.46
3	96.02	3.98

*Fuente: Elaboración Propia*

- ENSAYO 1: Temperatura ambiente (21°C), 0 días de almacenamiento
- ENSAYO 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento
- ENSAYO 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento

### 3.6. Proteínas

Con esta evaluación se buscó determinar el porcentaje de proteína recupera por muestra en cada ensayo realizado.

Para esta evaluación de porcentaje de proteínas se utilizaron 108 muestras se suero de leche; 54 de ellas obtenidas de microfiltro I (de las cuales 27 muestras son sin microfiltrado, y 27 muestras microfiltradas). Las 54 muestras restantes se obtuvieron del microfiltro II (de las cuales 27 muestras son sin microfiltrado, y 27 muestras microfiltradas).

De los resultados obtenidos, se realizaron los análisis correspondientes para sus respectivas comparaciones de porcentajes de proteínas recuperadas entre ellas, para luego determinar la diferencia en el porcentaje de proteína recuperada, entre ensayos y microfiltros, este procedimiento de evaluación del porcentaje de proteína se describe en el diagrama de flujo de la figura 17.

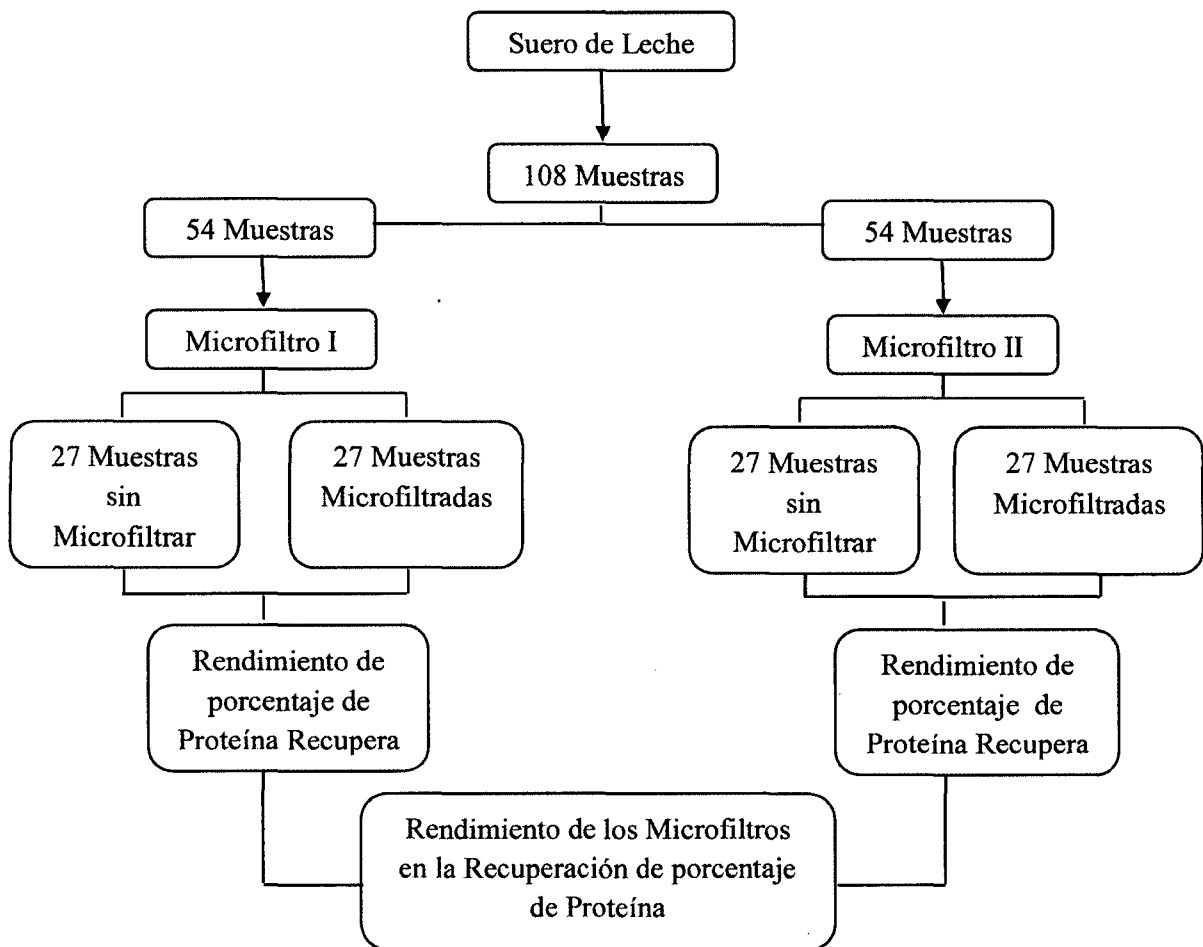


Figura 17: Diagrama de flujo para la determinación del rendimiento de porcentaje de proteína recuperada.

Fuente: Elaboración Propia

- a. **Evaluación de los índices de pH:** Antes de proceder a la determinación de proteínas por medio del procedimiento Kjeldahl, es necesario realizar un análisis de los pH de las diferentes muestras con la finalidad de determinar la influencia que este ejerce en la recuperación de proteínas. Para la determinación del pH de las diferentes observaciones se realizó por medio de un pH-metro; los resultados obtenidos se describen en la tabla 22 y tabla 23.

Tabla 22: Índices de pH de las muestras sin microfiltrado (S/MF)

FILTROS		21 °C			4 °C			10 °C		
		0 Días	1 Día	7 Días	0 Días	1 Día	7 Días	0 Días	1 Día	7 Días
I	Ensayo 1	6.82	6.72	6.8	6.53	6.66	6.75	6.9	7.02	6.4
	Ensayo 2	6.96	6.83	7	6.62	7.02	6.81	6.75	6.46	6.78
	Ensayo 3	7.01	6.83	6.65	6.93	6.96	6.84	6.67	6.86	6.45
II	Ensayo 1	6.97	6.59	6.82	6.75	7	7.01	6.85	6.47	6.92
	Ensayo 2	6.98	6.71	6.68	6.54	6.44	6.86	6.73	6.54	6.68
	Ensayo 3	6.99	7.01	6.84	6.63	6.74	6.81	6.69	6.53	6.67

*Fuente: Elaboración Propia*

Tabla 23: Índices de pH de las muestras microfiltradas (MF)

FILTROS		21 °C			4 °C			10 °C		
		0 Días	1 Día	7 Días	0 Días	1 Día	7 Días	0 Días	1 Día	7 Días
I	Ensayo 1	6.72	6.7	6.5	6.51	6.63	6.72	6.8	7	6.4
	Ensayo 2	6.92	6.8	6.96	6.57	6.98	6.76	6.64	6.41	6.72
	Ensayo 3	6.97	6.82	6.62	6.88	6.96	6.79	6.65	6.78	6.4
II	Ensayo 1	6.97	6.57	6.75	6.72	6.94	6.94	6.84	6.4	6.86
	Ensayo 2	6.96	6.69	6.54	6.52	6.42	6.8	6.71	6.5	6.62
	Ensayo 3	6.99	6.98	6.8	6.57	6.72	6.78	6.67	6.48	6.64

*Fuente: Elaboración Propia*

**b. Determinación de Proteína:** La determinación de proteínas por el método básico Kjeldahl se realizaron a 108 muestras en total, 54 muestras para el Microfiltro I, de las cuales 27 de ellas sin microfiltrado y 27 microfiltradas; las 54 muestras restantes para el Microfiltro II, 27 de ellas sin microfiltrado y 27 microfiltradas. Estos dos resultados por microfiltro son restados para así determinar el porcentaje de proteína recupera. los datos finales de porcentaje proteína se muestran en la tabla 24.

Tabla 24: Porcentaje de Proteínas por gramo, de muestra en cada observación

Observaciones	I									II									
	21°C			4°C			10°C			21°C			4°C			10°C			
	0 días	1 día	7 días	0 días	1 día	7 días	0 días	1 día	7 días	0 días	1 día	7 días	0 días	1 día	7 días	0 días	1 día	7 días	
1	50	45.43	16.65	44.44	39.99	27.27	30.03	15.4	23.1	18.2	37.5	20	38.9	40	16.7	20.8	25	27.78	
2	50	33.32	39.39	33.33	50.04	16.65	23.07	36.37	27.3	29.2	25	30.7	36.8	50	26.1	29.2	25	21.74	
3	55.56	42.85	18.52	40.9	42.85	22.69	25.03	25.03	15.4	26.3	32	35.7	37.5	36.4	21.4	31.8	36	36.37	
Total	155.56	121.60	74.56	118.67	132.88	66.61	78.13	76.80	65.74	73.7	94.5	86.5	113	126	64.2	81.8	86	85.89	1702.60

*Fuente: Elaboración Propia*

Una vez obtenido los resultados finales del porcentaje de proteína recuperada por microfiltro es realizado un análisis estadístico según la prueba de Kolmogorov-Smirnov, para así determinar la diferencia que existe entre cada observación en el porcentaje de proteína recuperada. La diferencia existente entre cada observación se detalla en la siguiente tabla 25.

## V. DISCUSIONES

Según Andrade L. (1999) la Microfiltración o Ultrafiltración: básicamente consiste en separar las proteínas de suero y microfracciones de los componentes naturales que nos interesan tales como la grasa, colesterol, lactosa y minerales, utilizando unos procesos mecánicos de filtración de alta tecnología. Los microfiltros elaborados presentan buenas condiciones de microporosidad, para recuperación de proteínas, grasas y minerales del suero de leche, es una tecnología innovadora, fácil fabricación y de bajo costo de producción.

Teniza, O., (2008). En su proyecto de investigación “Estudio del Suero de Queso de leche de vaca y propuesta para el reúso del mismo” El lactosuero filtrado a través de microfiltros (0,22 $\mu$ m) presentó coloración amarilla verdoso, atribuible a las proteínas solubles y sales disueltas en general. Diferentes autores proponen medir la intensidad de color a diferentes longitudes de onda así se reporta mediciones a 475 nm a 525 nm, de 0 a 570 nm a estos criterios se realizó mediante un barrido espectral de la muestra de lactosuero, se observan dos máximos de absorción de 525 nm y 570 nm. Sin embargo no se reportó mediciones a 475 nm ningún máximo de absorción. La intensidad de color de lactosuero presentó los máximos valores a 525 nm. Comparando con los resultados obtenidos en nuestro trabajo de investigación, los microfiltros elaborados presentaron una microporosidad de 0.008 hasta 0.009  $\mu$ m tal y como se muestra en la tabla 25 del anexo, una vez microfiltrado el suero de leche presenta una coloración amarillo verdoso translucido, atribuible a que la mayor concentración de sólidos se retuvo, para la determinación y afirmación de esta se procedió a una prueba de espectrofotometría en donde las longitudes de onda se lograron reportar mediciones desde los 440nm hasta los 700nm, Sin embargo no se observó ninguna lectura en las longitudes de onda 450, 480, 500, 520 y 540, tanto como se muestra en las tablas 26, 29 y 31 del anexo. Con las pruebas realizadas se logró determinar que el mayor índice de absorción en todas las muestras de lactosuero está en rango de los 440 nm.

Según Farias, J.F., Coromoto, A., Hernandez. A., (2002). Los valores promedios de porcentaje de humedad del lactosuero es de 92.83%, la densidad promedio del lactosuero evaluado es de 1.026 g/cm<sup>3</sup> y ligeramente inferior a los valores de una leche fresca que oscila entre 1.028g/cm<sup>3</sup> – 1.034g/cm<sup>3</sup>. Los valores obtenidos en el proyecto no difieren mucho, el

menor índice de humedad obtenido en el proyecto es 73.3% de humedad con una concentración de 22.7% de sólidos totales tal como se muestra en la tabla 38 del anexo y la muestra que presento mayor porcentaje de humedad es de 96.02% y con una concentración de 3.98% de sólidos totales que se muestran en la tabla 49 del anexo.

Según Ogilver Teniza (2008) los resultados obtenidos en su proyecto de investigación resalta que: en la ultrafiltración lo realizó con una membrana 10 KDa, con el cual fue posible separar el suero en dos fracciones. Estas se analizaron en Milkoscan, y se determinó que con el proceso de ultrafiltración del suero las dos fracciones obtenidas fueron: Una que es el retentado, este presento un contenido de proteínas del 2.6% y la otra fracción fue el permeado, esta fracción se caracterizó por que fue rica en lactosa con un 4%, recuperando entre las diferentes muestras entre un 65% a 70% de proteína por gramo. La microfiltración en el nuestro proyecto se realizó con microfiltros cerámicos con una microporosidad de 0.008 $\mu$ m a 0.009  $\mu$ m, con el cual fue posible separar el suero en dos fracciones: la primera concentración (adsorbato) presenta una coloración amarillo verdoso la cual fue analizada con el método Kjeldahl, determinando que dicha fase nos da una concentración desde 1.9% hasta 2.8% de proteína, la segunda concentración (adsorbente), presenta una concentración de proteína de 1.09 a 1.3 % de proteína dependiendo de la muestra. Con lo cual se determina que los microfiltros recuperan entre 15.4% a 50% de proteína por gramo en las diferentes muestras evaluadas.

## V. CONCLUSIONES

- El mayor porcentaje de proteína recuperada se obtuvo con el Microfiltro I, con tiempo de almacenamiento de 0 días a 21°C (51.8533 %).
- El Microfiltro que presentó mejor porcentaje de proteína recuperada fue: el microfiltro I, con 10g de bentonita, 4g de aserrín a una presión de 30KN, con una porosidad volumétrica de 0.008611439, según la tabla 25 del anexo.
- La muestra de suero de leche microfiltrado con el MICROFILTRO II. Ensayo 3: Temperatura 10°C y 7 Días de almacenamiento tal y como se muestra en la tabla 49, presenta el mayor porcentaje de humedad de 96.02 y menor porcentaje sólidos totales de 3.98.
- Las evaluaciones de pH realizadas a las muestras sin microfiltrado y como de las muestras microfiltradas, se mantienen en un rango igual, **es neutro o próximo a neutro**, según como se muestran en las tablas 22 y 23. Con estos datos obtenidos se concluye que los índices de pH, no influyen mucho en la recuperación de proteínas, debido a que el pH se mantiene constante y no varía mucho en ninguna de las muestras a estudiar.
- Con estos resultados se concluye que no es necesario poner a temperatura de refrigeración para obtener un mayor porcentaje de proteína recuperada presente en el suero de leche.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se debe tener en cuenta, antes de preparar la bentonita para la fabricación de los microfiltros, que este se encuentre uniforme, que no presente grumos; estos grumos se forman debido a que la bentonita capta humedad del medio ambiente muy rápidamente, para evitar este incidente es necesario llevarla a la estufa a una temperatura de 70°C para bajar así el porcentaje de humedad de este, y facilitar la homogeneidad de sus partículas y facilitar su tamizado.
- En el momento de la fabricación de los microfiltros los puntos más críticos son la compresión y la calcinación. En la compresión es necesario desarrollarla en el menor tiempo posible para evitar que los discos compactos capten humedad del medio ambiente, de lo contrario al momento de llevarlo a la calcinación y sinterización, la pérdida brusca de humedad provocará grietas en los discos (microfiltros), esto perjudicaría en el control de la microporosidad. En la etapa de calcinación y sinterización es necesario controlar los tiempos y temperatura de trabajo para poder obtener los microfiltros adecuados.
- Para aumentar el sistema de trabajo de microfiltrado es necesario trabajar con una bomba de vacío, y reemplazar los bidones de plástico, por unos de vidrio, con esto se busca que el sistema de trabajo a vacío sea mejor.
- Después de la etapa de microfiltrado es necesario realizar los análisis correspondientes, para evitar que estos se alteren con tiempo, en nuestro caso tuvimos que almacenarlo por unos días hasta que se consiga los reactivos necesarios para la determinación de proteínas.
- Es también importante mejorar el diseño del equipo de microfiltrado, nuestro equipo diseñado es a pequeña escala, por cual no nos facilitaba la rápida recuperación de proteínas en el momento de microfiltrado, esta etapa es quizás la más importante de todo el proceso de recuperación de proteínas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade L. (1999) Efecto del flujo de alimentación sobre la ultrafiltración del suero pasteurizado de queso. (Tesis de ingeniería agrónoma), Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 1 – 24.
- Carrillo AJL. (2002), Tratamiento y reutilización del suero de leche. Revista *Conversus* 10, ipn, México. Pág. 27-30.
- Cheryan M. (1998). *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook*. Second edition, Technomic Publishing Company 11. 1-527.
- Cuartas B.; Alcaina I. y Soriano E. (2004) Separation of Mineral salts and Lactose Solutions Through Nanofiltration Membranes. *Food Science and Technology International*. 10: 225-262.
- Dominguez W. (2000). Evaluación de Sorbetes y Bebidas elaboradas a base de concentrado proteico de suero de queso. [Proyecto especial del programa de Ingeniero Agrónomo], Zamorano, Honduras 1-42.
- Inga, José. «Fabricación de Cerámicos Porosos Adsorbentes a Base de Arcilla Para La Retención de Contaminantes en Efluentes Industriales.» Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú, 2007.
- Farías, J. F., Coromoto, A., Hernández. A., Efecto de la Tecnología Casera sobre la composición del suero láctico. *Multiciencias*. Vol. 2(2). Universidad de Zulia. Venezuela.
- Graselli M; Navarro C; Fernández L; Miranda V; Camperi A. y Cascone O. (1997) ¿Qué hacer con el suero de queso? *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación ciencia*.
- Harper J. y Muller L. (1979). Effects on Membrane Processing of Pretreatmentsof whey. *Journal agricultura foos chemical* 27: 662-662
- Huertas Parra, Ricardo Adolfo. (2009). Lactosuero: importancia en la industria alimentaria. *Revista facultad nacional de agronomía*. Vol. 62, No 1, pág. 4967-4978.
- Inga (2007), Fabricación de Cerámicos Porosos Adsorbentes a Base de Arcilla Para la Retención de Contaminantes en Efluentes Industriales. Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

- Jhonson B. (2004). Los concentrados de proteína de suero y sus aplicaciones en productos bajos en grasa. Alfa Editores Técnicos México, 19: 1 – 3.
- Kirk RS, Sawyer R, Egan H. “Composición y análisis de alimentos de Pearson”, cecsa, México (2005) 583-632.
- Lucey, J. A., Fox, P. F. (1993). Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: a review, *Journal of Dairy Science*, 76, 1714-1724.
- María Eugenia. (2009). Aprovechamiento del suero lácteo de una empresa del norte de antioqueño mediante microorganismo eficientes.
- Marquardt F; Pederson T. y Francis H (2000). Modified whey product and process, including ultrafiltration and demineralization. US Patent 4, 497, 836
- McIntosh H, Royle J; Leu L; Register O; Johnson A; Grinster L; Kenward S. y Smithers W. Whey proteins as functional food ingredients. *Journal Dairy International* 8: 425 – 434 (1998).
- Modler W. y Emmons B. The use of continuous ricotta processing to reduce ingredient cost in “further processed” cheese products: *Journal Dairy International* 11: 517 – 523, (2001).
- Niro. [www.gea-niro.com.mx](http://www.gea-niro.com.mx) (2008).
- Peralta (2011). Fabricación de Filtros Adsorbentes de Bentonita y su Aplicación en la Retención de Plomo, tesis, Facultad de ingeniería física, Universidad Nacional de Ingeniería, 78 pág.
- Pederson Jr. Y Harold T. (1980). Treatment of whey. US patent 4, 202, 909.
- Ramadan A. y Gyula V. (2005). Investigation of ultra and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. *Journal of Food Engineering* 67: 325-332.
- Revilla, A. Tecnología de la leche. 3 Edición Reverte. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 1 – 396, (1996).
- Steffl A; Schreiber R; Hafenmair M. y Kessler G. Influence of whey protein aggregates on the renneting properties of milk. *Journal Dairy International* 9: 403 – 404 (1999).
- Teniza, Ogilver, (2008). Estudio del Suero de Queso de leche de vaca y propuesta para el reuso del mismo. Tesis de Maestría en Tecnología. Instituto Politécnico

Nacional Centro de Investigación de Biotecnología Aplicada, Unidad Tlaxcala, México.

- Upreti, P., Metzger, L. E. (2007). Influence of calcium y phosphorus, Lactoce, and salt-to-moisture ratio on cheddar cheese quality: pH changes during ripening. *Journal of Dairy Science*, 90, 1-12.
- Zydney L. (1998). Proteins Separation Using Membrane Filtration: New Opportunities for whey Fractionation. *Journal Dairy Science* 8: 243-250.

## ANEXOS

Tabla 25: Determinación de porosidad de los microfiltros de bentonita

MICROFILTROS	Bentonita (g)	Aserrín (g)	Presión (KN)	Pi (g)	Pf (g)	POROSIDAD MASICAS	DENSIDAD VERDADERA	POROSIDAD VOLUMETRICA
						$\varepsilon_m = \frac{m_s - m_o}{m_o}$	$\rho_m = \frac{P_i}{V}$	$\varepsilon = \frac{V_o}{V_t} = \frac{\rho_m}{\rho_m + \frac{\rho_f}{\rho_m}}$
I	10	4	30	9.32	13.66	0.465665236	0.0932	0.008611439*
	10	4	30	9.64	14.33	0.486514523	0.0964	0.009207396
	10	4	30	9.31	14.3	0.535982814	0.0931	0.008593128
	10	4	30	9.28	14.61	0.574353448	0.0928	0.008538309
	10	4	30	9.53	14.56	0.527806925	0.0953	0.009000348
	10	4	30	9.58	14.42	0.505219207	0.0958	0.009094177
	10	4	30	9.6	14.51	0.511458333	0.096	0.009131841
	10	4	30	9.62	14.48	0.505197505	0.0962	0.009169581
	10	4	30	9.56	14.52	0.518828452	0.0956	0.009056589
	10	4	30	9.33	14.65	0.570203644	0.0933	0.008629769
	10	4	30	9.48	14.63	0.543248945	0.0948	0.008906993
	10	4	30	9.54	14.38	0.507337526	0.0954	0.009019076
	10	4	30	9.65	14.31	0.482901554	0.0965	0.009226332
	10	4	30	9.61	14.49	0.50780437	0.0961	0.009150701
	10	4	35	9.33	14.65	0.570203644	0.0933	0.008629769
	10	4	35	9.41	14.95	0.588735388	0.0941	0.008777091
	10	4	35	9.59	14.41	0.502606882	0.0959	0.009112999
	10	4	35	9.44	14.56	0.542372881	0.0944	0.008832649
	10	4	35	9.66	14.31	0.48136646	0.0966	0.009245287
	10	4	35	9.71	14.69	0.512873326	0.0971	0.009340345
	10	4	35	9.55	14.39	0.506806283	0.0955	0.009037823
	10	4	35	9.34	14.63	0.566381156	0.0934	0.008648118
	10	4	35	9.37	14.34	0.530416222	0.0937	0.008703278
	10	4	35	9.63	14.42	0.497403946	0.0963	0.009188479
10	4	35	9.47	14.56	0.5374868	0.0947	0.008888378	
10	4	35	9.58	14.48	0.511482255	0.0958	0.009094177	
10	4	35	9.59	14.63	0.525547445	0.0959	0.009112999	
II	10	5	30	9.51	14.76	0.552050473	0.0951	0.008962949
	10	5	30	9.66	14.49	0.5	0.0966	0.009245287
	10	5	30	9.65	14.36	0.488082902	0.0965	0.009226332
	10	5	30	9.54	14.36	0.50524109	0.0954	0.009019076

10	5	30	9.67	14.46	0.495346432	0.0967	0.009264261
10	5	30	9.71	14.7	0.513903193	0.0971	0.009340345
10	5	30	9.68	14.53	0.501033058	0.0968	0.009283254
10	5	30	9.67	14.38	0.487073423	0.0967	0.009264261
10	5	30	9.61	14.35	0.493236212	0.0961	0.009150701
10	5	30	9.73	14.87	0.528263104	0.0973	0.009378501
10	5	30	9.56	14.62	0.529288703	0.0956	0.009056589
10	5	30	9.65	14.36	0.488082902	0.0965	0.009226332
10	5	30	9.66	14.52	0.50310559	0.0966	0.009245287
10	5	30	9.6	14.46	0.50625	0.096	0.009131841
10	5	35	9.65	14.93	0.547150259	0.0965	0.009226332
10	5	35	9.48	13.8	0.455696203	0.0948	0.008906993
10	5	35	9.73	14.72	0.512846865	0.0973	0.009378501
10	5	35	9.56	14.61	0.528242678	0.0956	0.009056589
10	5	35	9.64	14.53	0.507261411	0.0964	0.009207396
10	5	35	9.68	14.68	0.516528926	0.0968	0.009283254
10	5	35	9.65	14.76	0.529533679	0.0965	0.009226332
10	5	35	9.63	14.57	0.51298027	0.0963	0.009188479
10	5	35	9.66	14.59	0.510351967	0.0966	0.009245287
10	5	35	9.67	14.51	0.500517063	0.0967	0.009264261
10	5	35	9.76	14.98	0.534836066	0.0976	0.009435876
10	5	35	9.61	14.58	0.517169615	0.0961	0.009150701
10	5	35	9.62	14.56	0.513513514	0.0962	0.009169581

Fuente: Elaboración propia

**Donde:**

- **Pi** : Peso inicial del filtro
- **Pf** : Peso final del filtro
- $\epsilon$  : Porosidad volumétrica
- **ms** : Masa del adsorbente después de haber sido sumergido en agua
- **mo** : Masa del adsorbente seco.
- **Pm** : Densidad verdadera del adsorbente seco
- **V** : Volumen de agua
- $\epsilon$  : Porosidad volumétrica
- **Vo** : Volumen vacío del adsorbente
- **Vt** : Volumen total de adsorbente.
- **pf** : Densidad del fluido

Tabla 26: Determinación de la absorbancia y tramitancia, Microfiltro I. Ensayo 1:  
Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Sin Microfiltrar)

$\lambda$	L1	L2	Absorbancia	Tramitancia
440	1.909	1.92	1.9145	0.01217587
450	-	-	-	-
460	1.44	1.44	1.44	0.036307805
480	1.25	1.261	1.2555	0.055526462
500	1.085	1.073	1.079	0.083368118
520	0.919	0.922	0.9205	0.120088107
540	0.852	0.848	0.85	0.141253754
560	1.702	1.709	1.7055	0.019701532
580	1.608	1.598	1.603	0.024945947
600	1.532	1.534	1.533	0.029308932
620	1.46	1.455	1.4575	0.034873858
640	1.375	1.403	1.389	0.040831939
660	1.376	1.375	1.3755	0.042121129
680	1.354	1.327	1.3405	0.045656225
700	1.308	1.327	1.3175	0.048139325

Fuente: Elaboración propia

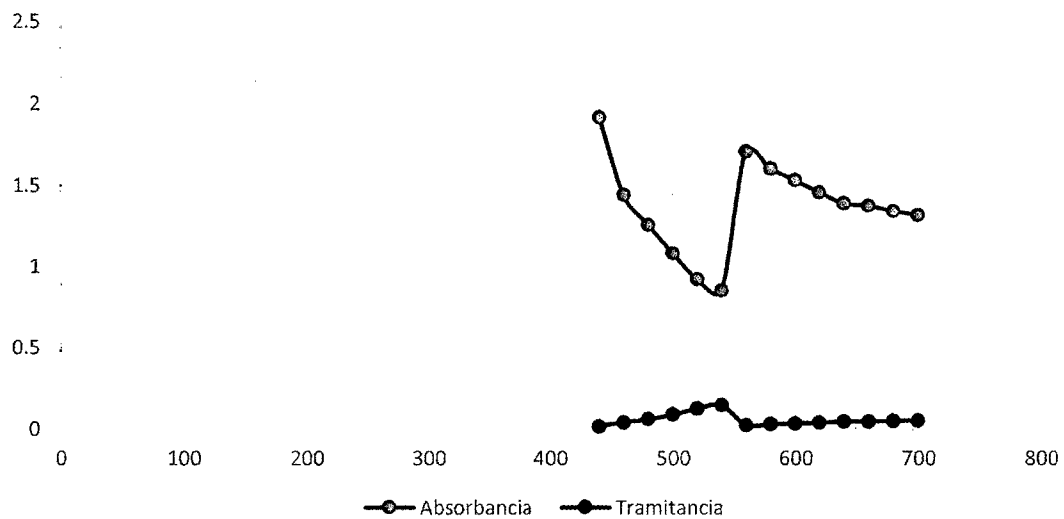


Figura 18: Absorbancia y tramitancia del Ensayo 1: Temperatura ambiente 0 días de almacenamiento microfiltro I "S/Mf"

Tabla 27: Determinación de la absorbancia y tramitancia. Microfiltro I. Ensayo 1:  
Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Microfiltrada)

$\lambda$	L1	L2	Absorbancia	Tramitancia
440	1.225	1.288	1.2365	0.055398754
450	0.668	0.687	0.6775	0.210135777
460	0.589	0.702	0.6455	0.226203854
480	0.473	0.443	0.458	0.348337315
500	0.158	0.207	0.1825	0.656901116
520	0.125	0.127	0.126	0.748169501
540	0.017	0.014	0.0155	0.964939312
560	0.796	0.797	0.7965	0.159771753
580	0.704	0.777	0.7405	0.181760706
600	0.686	0.679	0.6825	0.207730373
620	0.429	0.483	0.456	0.349945167
640	0.409	0.428	0.4185	0.381504794
660	0.503	0.412	0.4575	0.348738584
680	0.367	0.351	0.359	0.437522105
700	0.346	0.342	0.344	0.45289758

Fuente: Elaboración propia

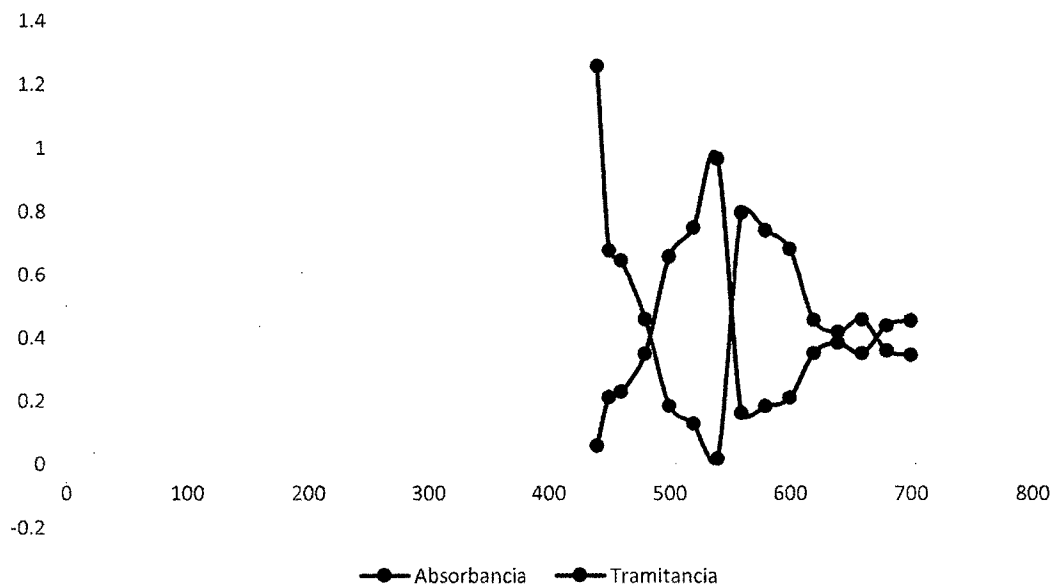


Figura 19: Absorbancia y tramitancia del Ensayo 1 T° ambiente 0 días de almacenamiento  
Microfiltro I "Mf"



Tabla 28: Determinación de la absorbancia y tramitancia. Microfiltro I. Ensayo 2:  
Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar)

$\lambda$	L1	L2	Absorbancia	Tramitancia
440	1.843	1.843	1.843	0.014354894
460	1.227	1.249	1.238	0.057809605
480	1.039	1.036	1.0375	0.091727594
500	0.896	0.86	0.878	0.132434154
550	0.725	0.721	0.723	0.189234362
560	1.41	1.415	1.4125	0.038681205
580	1.353	1.323	1.338	0.045919801
600	1.302	1.246	1.274	0.053210826
620	1.177	1.164	1.1705	0.067530505
640	1.126	1.111	1.1185	0.076120214
660	1.081	1.08	1.0805	0.083080672
680	1.047	1.047	1.047	0.089742879
700	1.043	1.03	1.0365	0.091939047

Fuente: Elaboración propia

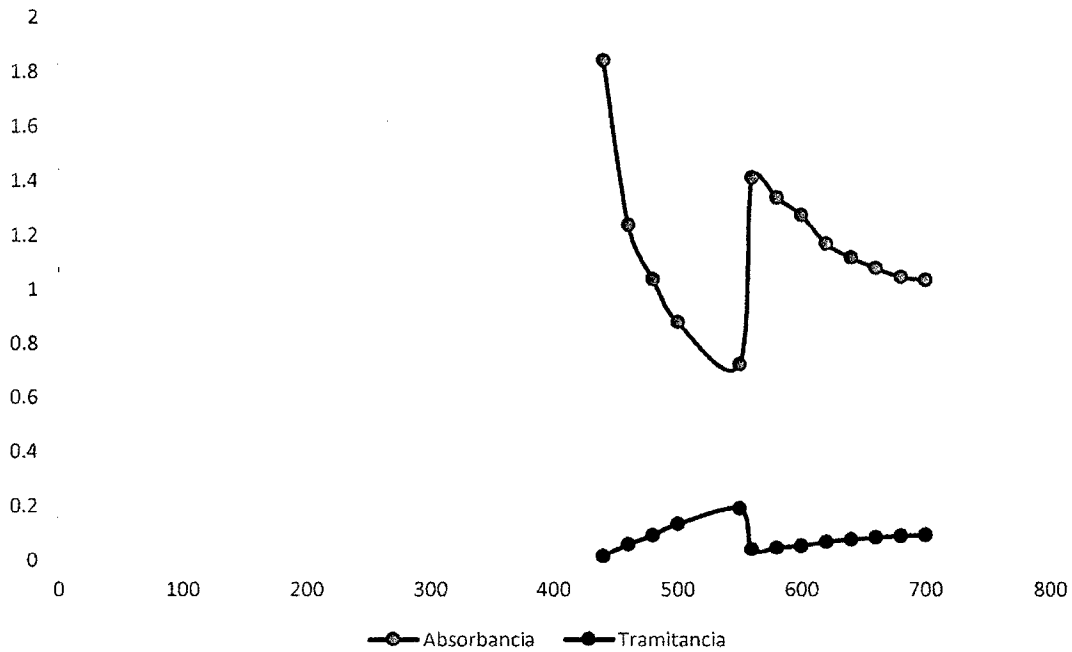


Figura 20: Absorbancia y tramitancia. Ensayo 2, Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento, Filtro I "S/Mf"

Tabla 29: Determinación de la absorbancia y tramitancia. Microfiltro I. Ensayo 2:  
Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Microfiltrada)

$\lambda$	L1	L2	Absorbancia	Tramitancia
440	0.661	0.606	0.6335	0.232541249
460	-0.149	-0.006	-0.0775	1.195363526
480	-	-	-	-
500	-	-	-	-
550	0.178	0.116	0.147	0.71285303
560	0.158	0.043	0.1005	0.793414257
580	-0.015	-0.006	-0.0105	1.02447178
600	-0.153	-0.053	-0.103	1.267651866
620	-0.229	-0.216	-0.2225	1.669167807

Fuente: *Elaboración propia*

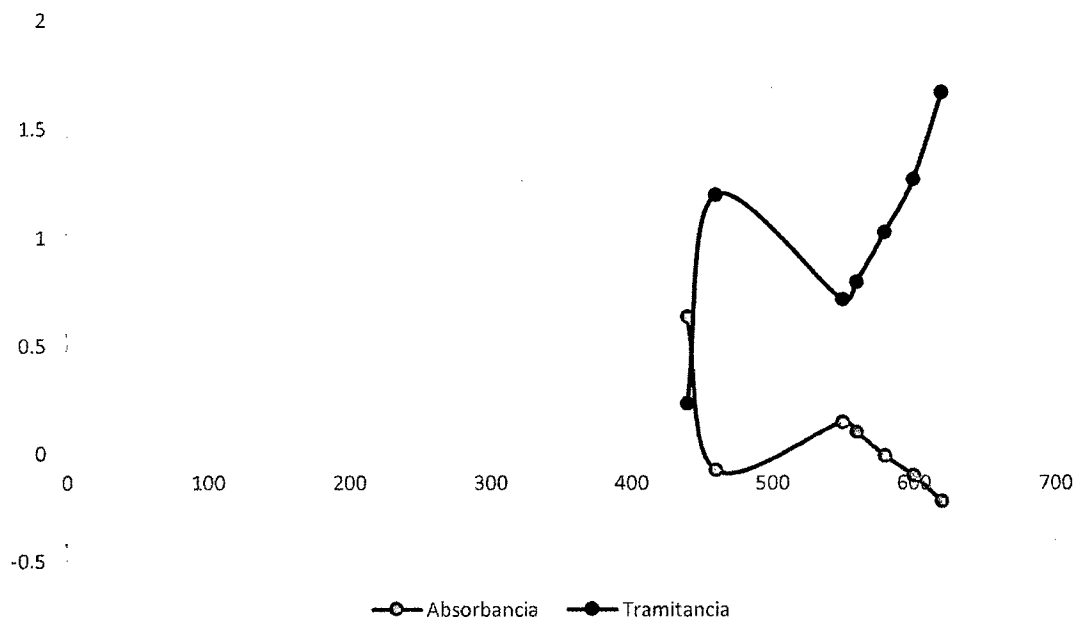


Figura 21: Absorbancia y tramitancia. Ensayo 2, Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento, Microfiltro I "Mf"

Tabla 30: Determinación de la absorbancia y tramitancia Microfiltro I. Ensayo 3:  
Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Sin Microfiltrado)

$\lambda$	L1	L2	Absorbancia	Tramitancia
440	1.586	1.563	1.5745	0.026637901
460	1.115	1.106	1.1105	0.077535394
480	0.926	0.924	0.925	0.118850223
500	0.761	0.768	0.7645	0.171988734
520	0.617	0.628	0.6225	0.23850638
540	0.528	0.546	0.537	0.290402265
560	1.316	1.327	1.3215	0.047697981
580	1.229	1.227	1.228	0.059156163
600	1.689	1.18	1.4345	0.036770539
620	1.102	1.05	1.076	0.083945999
640	1.035	1.054	1.0445	0.090260971
660	1.022	1.03	1.026	0.09418896
680	0.993	0.993	0.993	0.101624869
700	0.974	0.974	0.974	0.106169556

Fuente: Elaboración propia

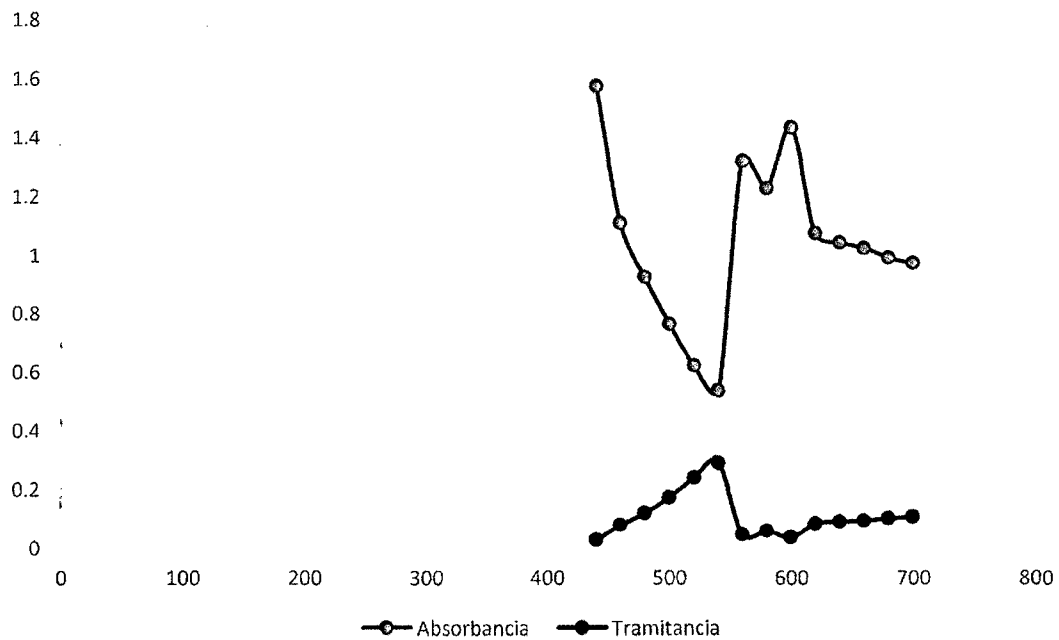


Figura 22: Absorbancia y tramitancia. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento, Microfiltro I "S/Mf"

Tabla 31: Determinación de la absorbancia y tramitancia Microfiltro I. Ensayo 3:  
Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Microfiltrado)

$\lambda$	L1	L2	Absorbancia	Tramitancia
440	0.792	0.784	0.788	0.162929603
460	0.218	0.188	0.203	0.626613865
480	0.051	0.08	0.0655	0.860003067
500	-0.172	-0.202	-0.187	1.53815464
520	-	-	-	-
540	-	-	-	-
560	0.307	0.317	0.312	0.48752849
580	0.299	0.189	0.244	0.570164272
600	0.119	0.179	0.149	0.709577768
620	0.188	0.025	0.1065	0.782528205
640	-0.048	-0.032	-0.04	1.096478196
660	-0.066	-0.066	-0.066	1.164126029
680	-0.126	-0.042	-0.084	1.21338885
700	-0.181	-0.096	-0.1385	1.37562481

Fuente: Elaboración propia

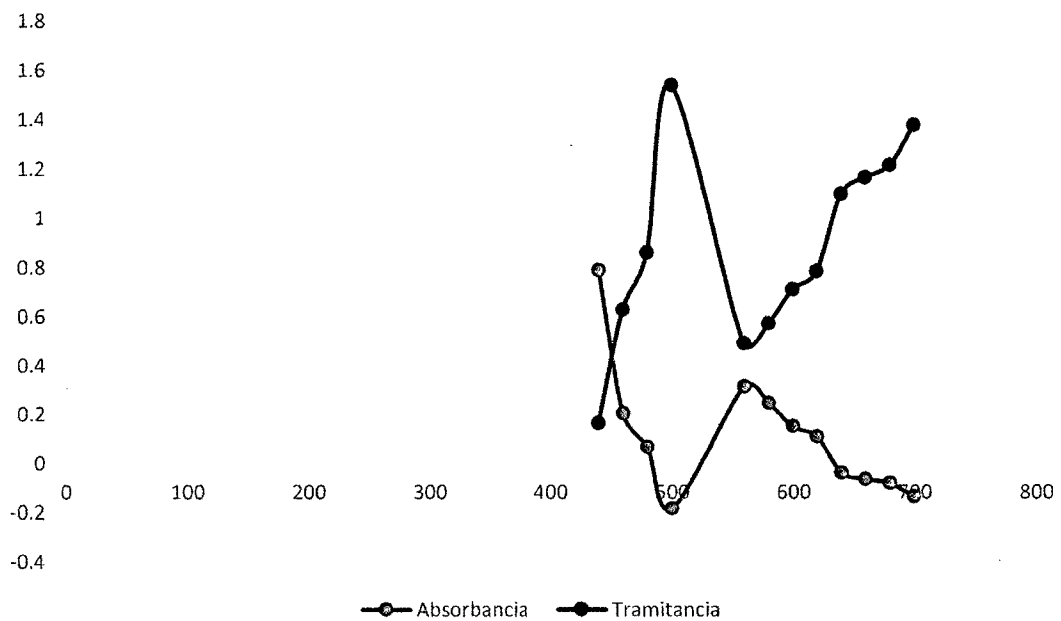


Figura 23: Absorbancia y tramitancia Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento, Microfiltro I "Mf"

Tabla 32: Determinación de la absorbancia y transmitancia. Microfiltro II. Ensayo 1:  
Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Sin Microfiltrar)

$\lambda$	L1	L2	Absorbancia	Tramitancia
440	1.864	1.847	1.8555	0.013947617
460	1.18	1.208	1.194	0.063973484
480	1.02	0.993	1.0065	0.098514464
500	0.854	0.828	0.841	0.144211535
520	0.714	0.72	0.717	0.191866874
540	0.633	0.624	0.6285	0.235233949
560	1.426	1.406	1.416	0.038370725
580	1.31	1.31	1.31	0.048977882
600	1.242	1.239	1.2405	0.057477782
620	1.168	1.178	1.173	0.067142885
640	1.134	1.158	1.146	0.071449633
660	1.123	1.09	1.1065	0.078252821
680	1.034	1.072	1.053	0.088511561
700	1.054	1.092	1.073	0.084527885

Fuente: Elaboración propia

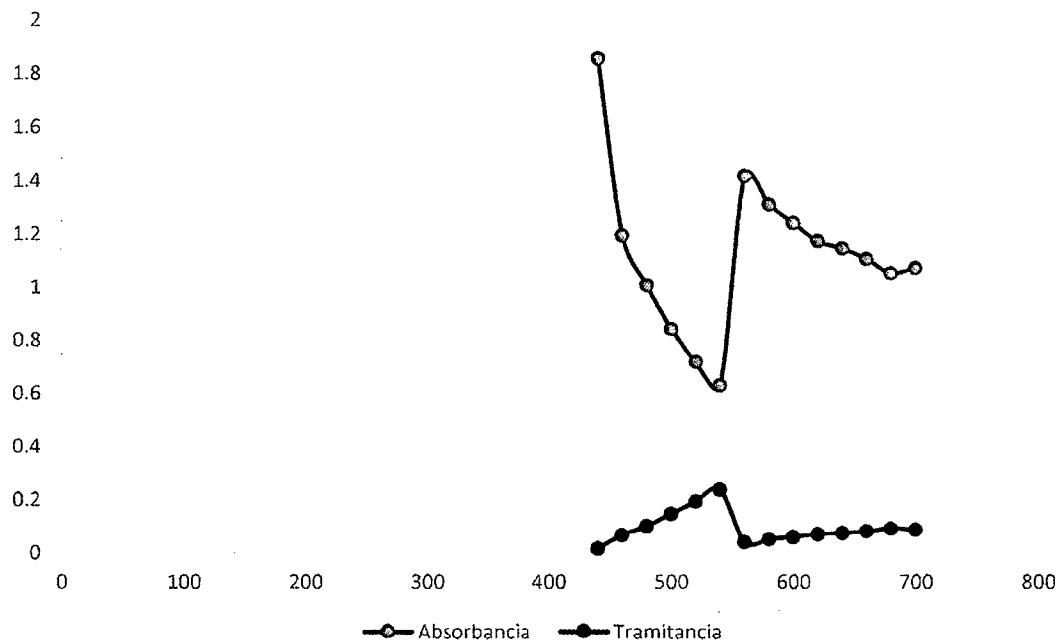


Figura 24: Absorbancia y transmitancia. Ensayo 1: Temperatura ambiente 0 días de almacenamiento Microfiltro II "S/Mf"

Tabla 33: Determinación de la absorbancia y transmitancia. Microfiltro II. Ensayo 1:  
Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Microfiltrada)

$\lambda$	L1	L2	Absorbancia	Tramitancia
440	1.457	1.462	1.4595	0.034713628
460	0.653	0.702	0.6775	0.210135777
480	0.494	0.515	0.5045	0.312968047
500	0.303	0.295	0.299	0.50234259
520	0.134	0.131	0.1325	0.737055175
540	0.047	0.044	0.0455	0.900533763
560	0.81	0.875	0.8425	0.143714305
580	0.711	0.682	0.6965	0.20114072
600	0.626	0.636	0.631	0.233883724
620	0.502	0.49	0.496	0.319153786
640	0.428	0.482	0.455	0.350751874
660	0.388	0.37	0.379	0.417830367
680	0.33	0.322	0.326	0.472063041
700	0.298	0.315	0.3065	0.493741918

Fuente: Elaboración propia

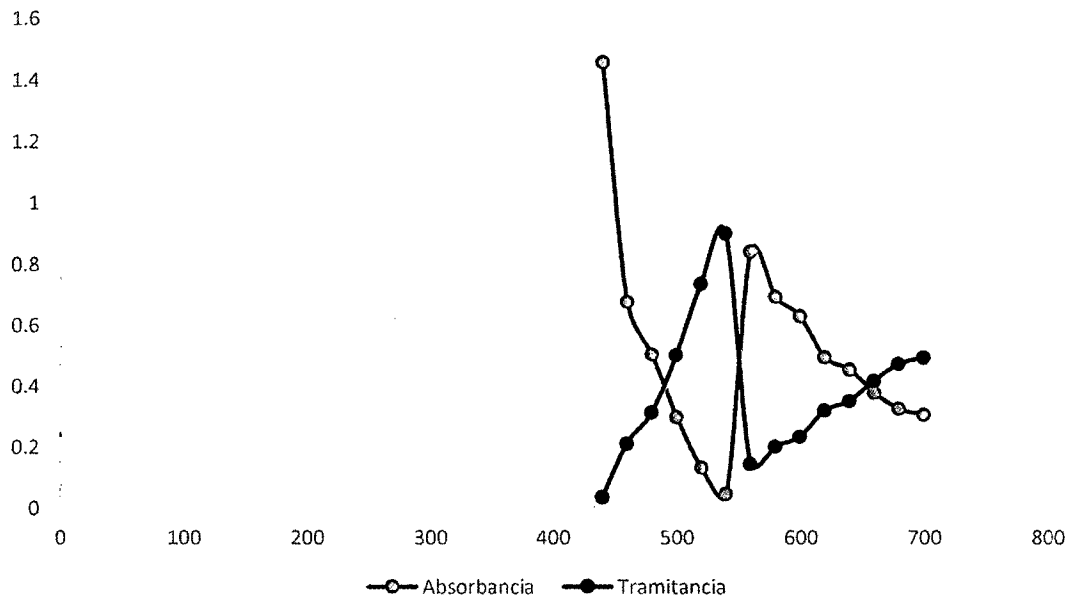


Figura 25: Absorbancia y transmitancia. Ensayo 1: Temperatura ambiente 0 días de almacenamiento. Microfiltro II "Mf"

Tabla 34: Determinación de la absorbancia y transmitancia. Microfiltro II. Ensayo 2:  
Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar)

$\lambda$	L1	L2	Absorbancia	Tramitancia
440	1.513	1.518	1.5155	0.03051406
460	1.15	1.162	1.156	0.06982324
480	0.992	0.987	0.9895	0.102447178
500	0.817	0.834	0.8255	0.149451404
520	0.684	0.696	0.69	0.204173794
540	0.643	0.62	0.6315	0.23361461
560	1.354	1.372	1.363	0.043351088
580	1.285	1.296	1.2905	0.051227127
600	1.24	1.236	1.238	0.057809605
620	1.151	1.182	1.1665	0.068155357
640	1.08	1.118	1.099	0.079615935
660	1.053	1.066	1.0595	0.08719669
680	1.02	1.051	1.0355	0.092150989
700	1.008	1.008	1.008	0.098174794

Fuente: Elaboración propia

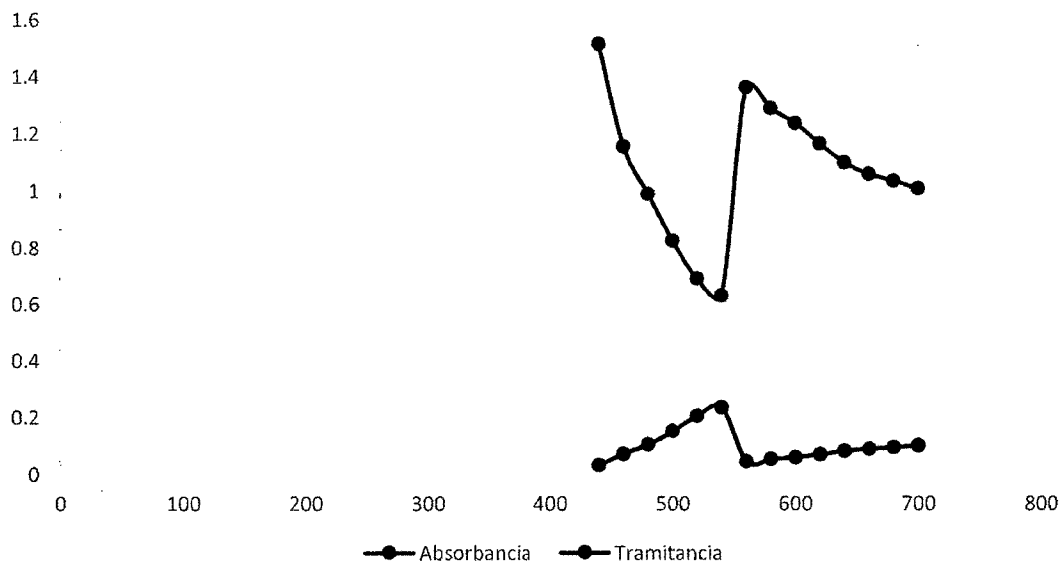


Figura 26: Absorbancia y transmitancia. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento  
Microfiltro II "S/Mf"

Tabla 35: Determinación de la absorbancia y tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 2:  
Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Microfiltrada)

$\lambda$	L1	L2	Absorbancia	Tramitancia
440	1.257	1.285	1.271	0.053579666
460	0.802	0.803	0.8025	0.157579602
480	0.546	0.553	0.5495	0.282162958
500	0.368	-0.046	0.161	0.690239804
520	-0.174	-0.148	-0.161	1.448771854
540	-0.232	-0.264	-0.248	1.770108958
560	0.509	0.533	0.521	0.301300602
580	0.353	0.347	0.35	0.446683592
600	0.311	0.325	0.318	0.480839348
620	0.206	0.204	0.205	0.623734835
640	0.13	0.141	0.1355	0.731981323
660	-0.011	-0.08	-0.0455	1.110452535
680	-0.072	-0.002	-0.037	1.088930093
700	-0.066	-0.024	-0.045	1.109174815

Fuente: Elaboración propia

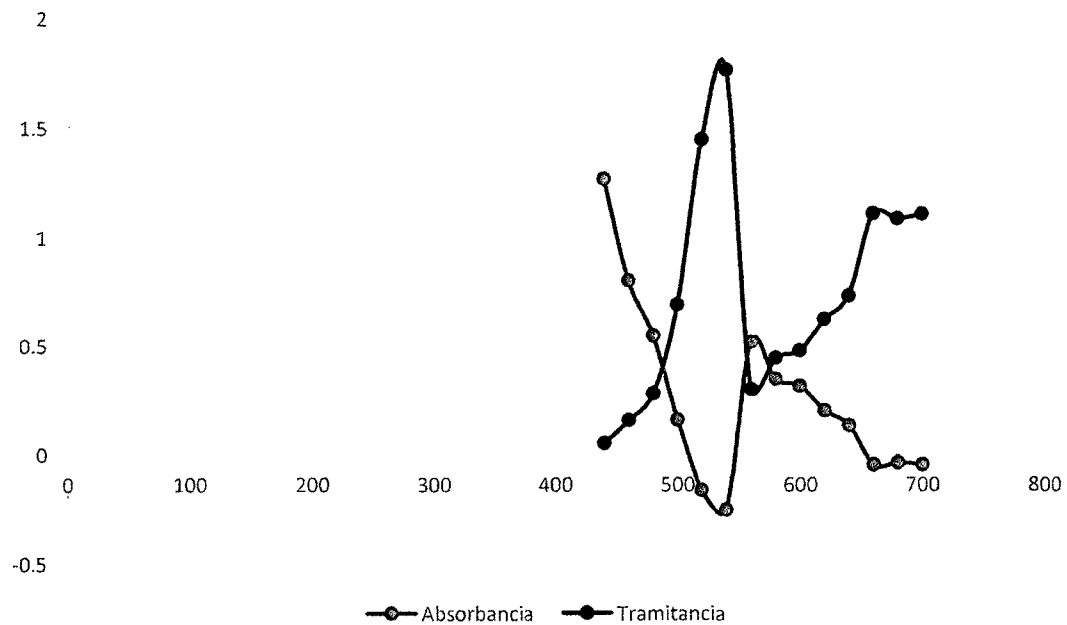


Figura 27: Absorbancia y tramitancia. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento  
Microfiltro II "MF"



Tabla 36: Determinación de la absorbancia y tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 3:  
Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Sin Microfiltrado)

$\lambda$	L1	L2	Absorbancia	Tramitancia
440	1.174	1.78	1.477	0.033342641
460	1.23	1.217	1.2235	0.059772304
480	1.048	1.055	1.0515	0.088817798
500	0.887	0.882	0.8845	0.130466797
520	0.733	0.741	0.737	0.183231442
540	0.671	0.682	0.6765	0.21062019
560	1.418	1.431	1.4245	0.037627035
580	1.352	1.357	1.3545	0.044207912
600	1.294	1.292	1.293	0.050933087
620	1.21	1.222	1.216	0.0608135
640	1.158	1.169	1.1635	0.068627788
660	1.14	1.159	1.1495	0.070876131
680	1.115	1.119	1.117	0.076383578
700	1.108	1.111	1.1095	0.077714132

Fuente: Elaboración propia

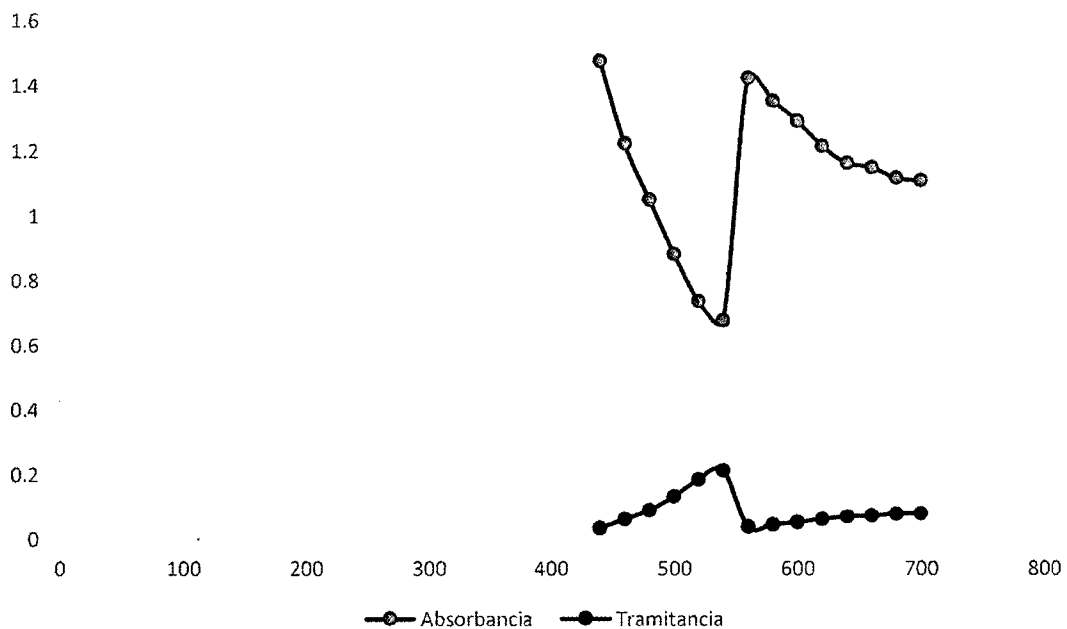


Figura 28: Absorbancia y tramitancia. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento, Microfiltro II “S/Mf”

Tabla 37: Determinación de la absorbancia y tramitancia. Microfiltro II. Ensayo 3:  
Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Microfiltrada)

$\lambda$	L1	L2	Absorbancia	Tramitancia
440	0.85	0.81	0.83	0.147910839
460	0.372	0.344	0.358	0.438530698
480	0.168	0.205	0.1865	0.650878611
500	0.012	0.053	0.0325	0.92789749
520	-0.089	-0.115	-0.102	1.264736347
540	-0.216	-0.251	-0.2335	1.711985177
560	0.519	0.552	0.5355	0.291407013
580	0.464	0.4	0.432	0.36982818
600	0.306	0.324	0.315	0.484172368
620	0.232	0.203	0.2175	0.606038201
640	0.125	0.139	0.132	0.73790423
660	0.094	0.131	0.1125	0.771791516
680	0.05	0.04	0.045	0.901571138
700	-0.004	-0.012	-0.008	1.018591388

Fuente: Elaboración propia

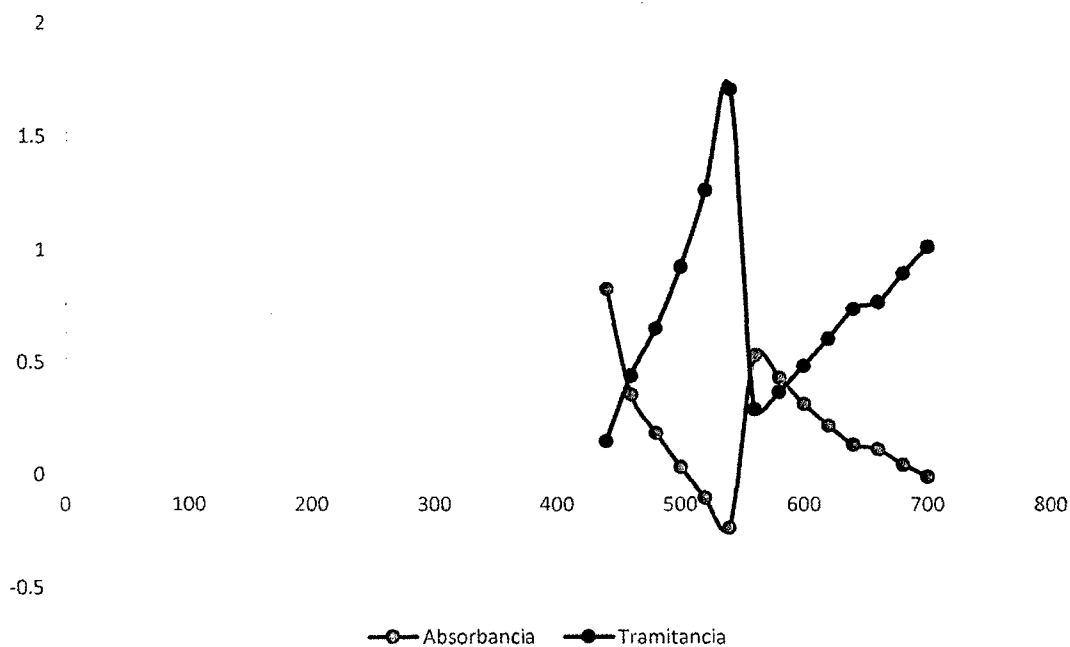


Figura 29: Absorbancia y tramitancia. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento, Microfiltro II "MF"

Tabla 38: Determinación del porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales.

Microfiltro I. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Sin Microfiltrar)

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	% Humedad	% Sólidos
0	120	0	100
5	120	31.46	68.54
10	120	57.28	42.72
15	120	74.35	25.65
20	120	77.04	22.96
22	120	77.3	22.7

Fuente: Elaboración propia

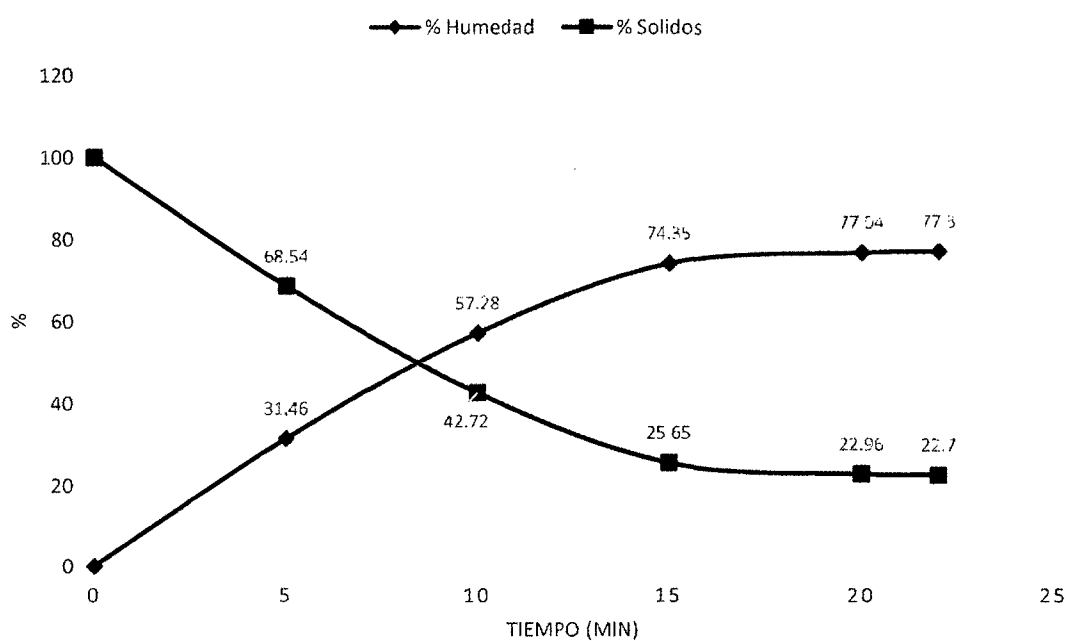


Figura 30: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales. Microfiltro I. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Sin Microfiltrar)

Tabla 39: Determinación del porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales.  
 Microfiltro I. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento.  
 (Microfiltrado)

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	% Humedad	% Sólidos
0	120	0	100
5	120	45.33	54.67
10	120	78.35	21.65
15	120	91.72	8.28
20	120	93.82	6.18
21	120	93.82	6.18

Fuente: Elaboración propia

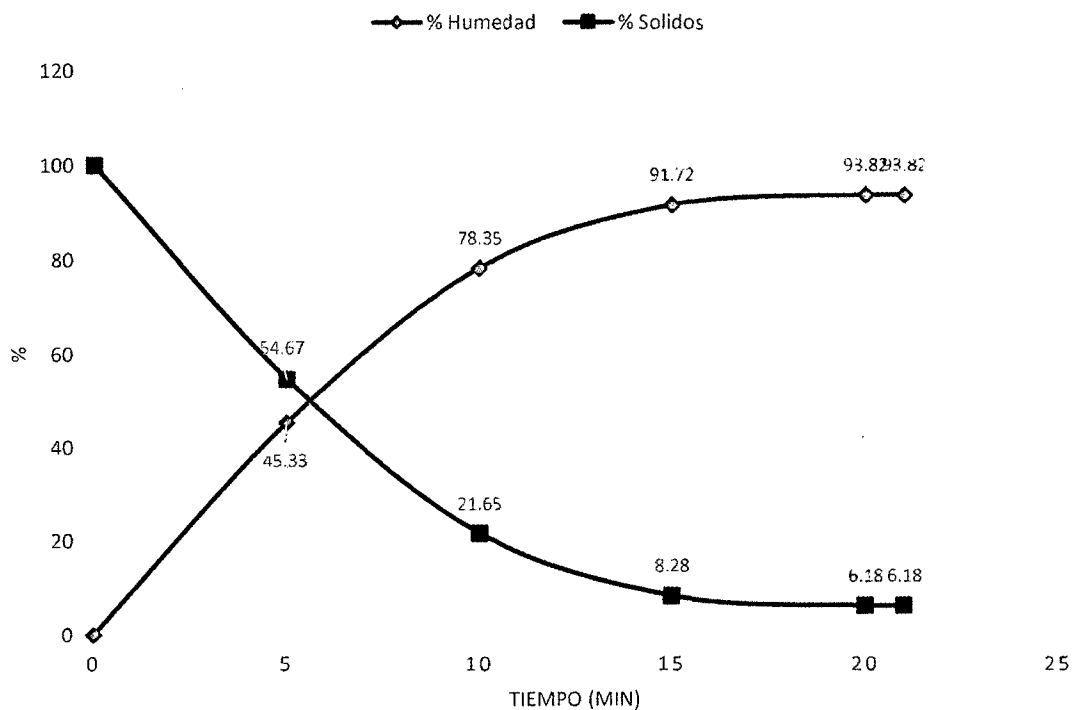


Figura 31: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales. Microfiltro I. Ensayo 1:  
 Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Microfiltrado)

Tabla 40: Determinación del porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales.  
 Microfiltro I. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar)

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	% Humedad	% Sólidos
0	120	0	100
5	120	29.41	70.59
10	120	54.66	45.34
15	120	77.93	22.07
20	120	92.38	7.62
24	120	93.07	6.93

Fuente: Elaboración propia

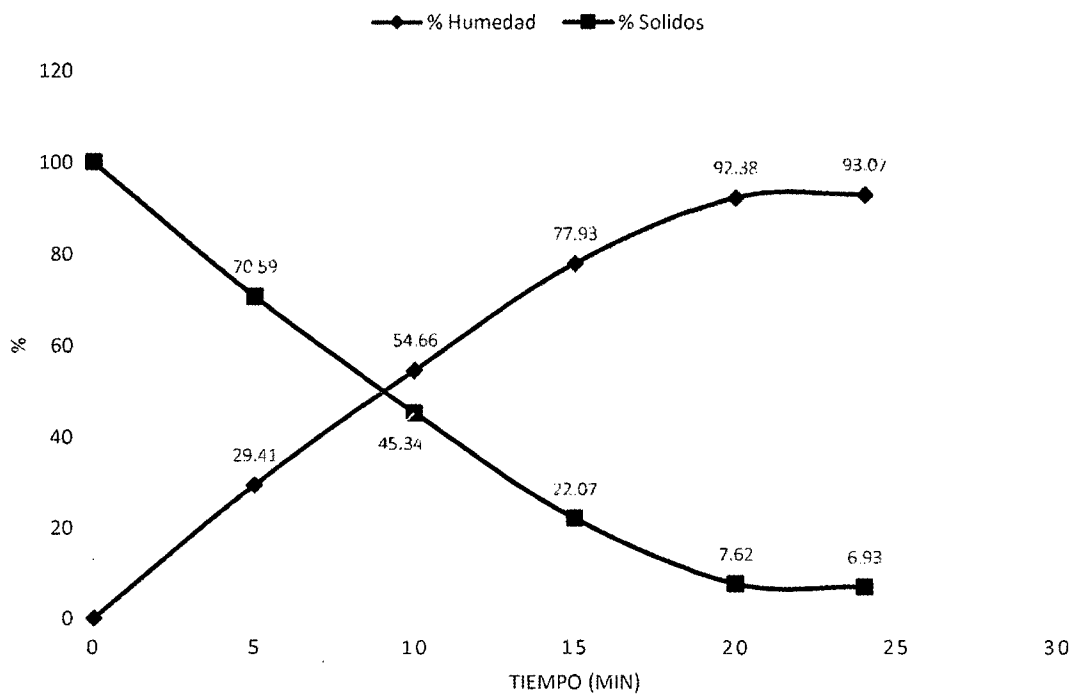


Figura 32: Porcentaje de humedad y porcentaje sólidos totales. Microfiltro I. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar)

Tabla 41: Determinación del porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales. Microfiltro I. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Microfiltrado)

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	% Humedad	% Sólidos
0	120	0	100
5	120	31.78	68.22
10	120	55.32	44.68
15	120	74.19	25.81
20	120	86.1	13.9
25	120	91.96	8.04
30	120	93.35	6.65
31	120	93.35	6.65

Fuente: Elaboración propia

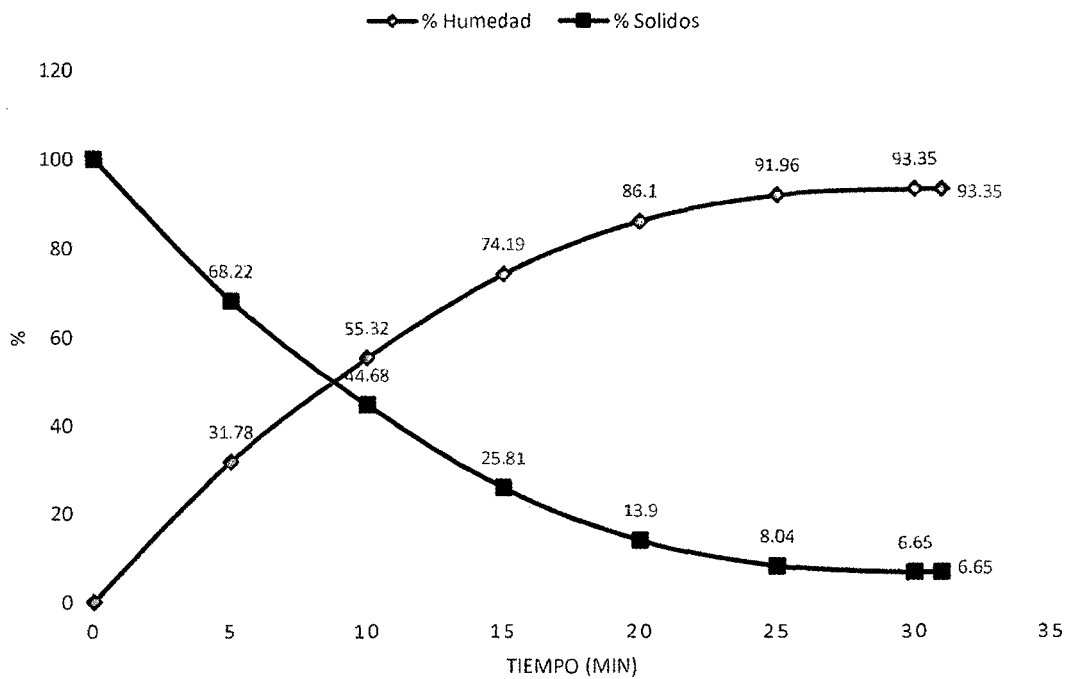


Figura 33: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales. Microfiltro I. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Microfiltrado)

Tabla 42: Determinación del porcentaje humedad y porcentaje de sólidos totales. Microfiltro I. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar)

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	% Humedad	% Sólidos
0	120	0	100
5	120	35.77	64.23
10	120	62.82	37.18
15	120	80.17	19.83
20	120	82.39	17.61

Fuente: Elaboración propia

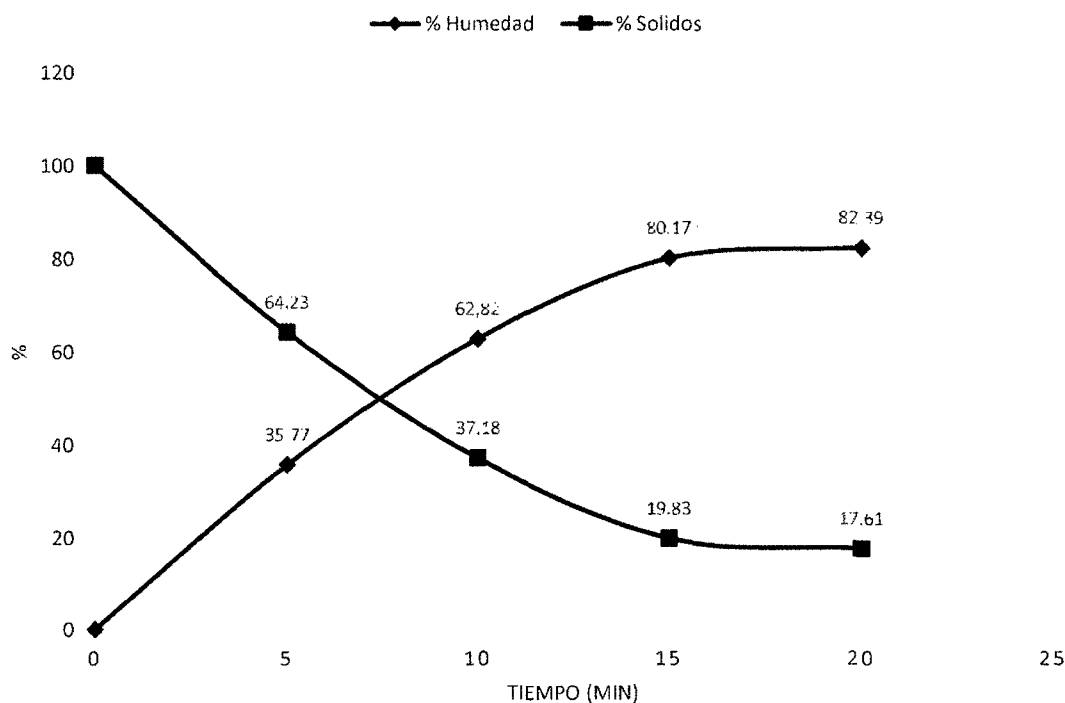


Figura 34: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales. Microfiltro I. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar)

Tabla 43: Determinación del porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales.  
 Microfiltro I. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento  
 (Microfiltrado)

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	% Humedad	% Sólidos
0	120	0	100
5	120	29.21	70.79
10	120	55.76	44.24
15	120	77.78	22.22
20	120	88.89	11.11
25	120	92.24	7.76
29.59	120	93.02	6.98

Fuente: Elaboración propia

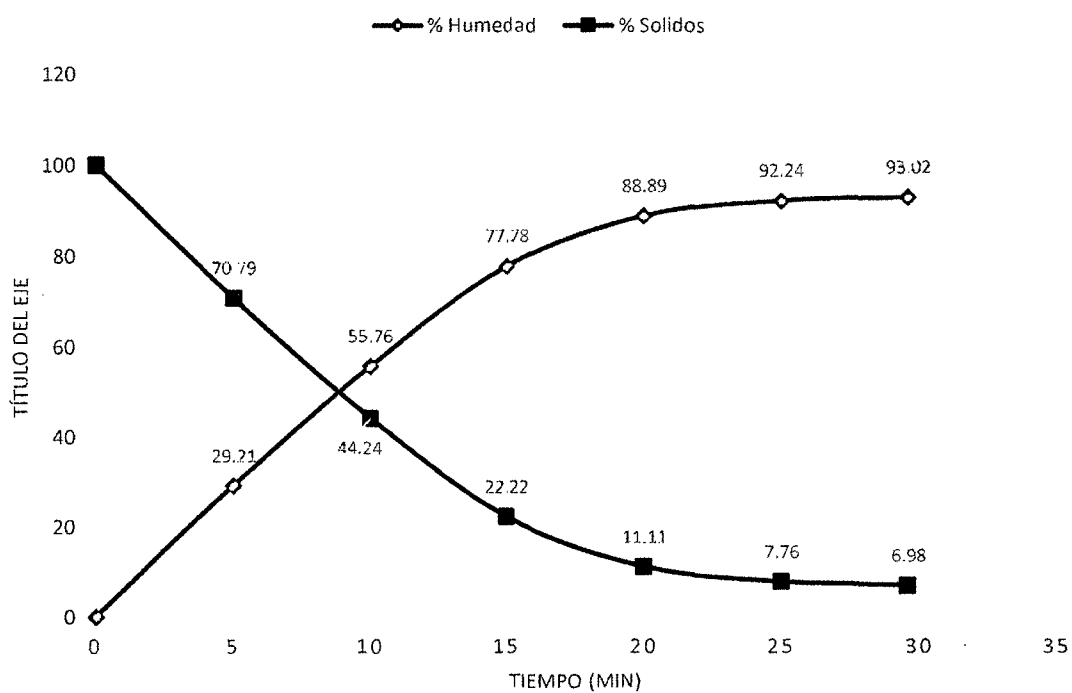


Figura 35: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales. Microfiltro I. Ensayo 3:  
 Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Microfiltrado)



Tabla 44: Determinación del porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales.  
 Microfiltro II. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Sin  
 Microfiltrar)

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	% Humedad	% Sólidos
0	120	0	100
5	120	28.41	71.59
10	120	53.53	46.47
15	120	75.38	24.62
20	120	89.08	10.92
25	120	91.86	8.14
30	120	93.45	6.55

Fuente: *Elaboración propia*

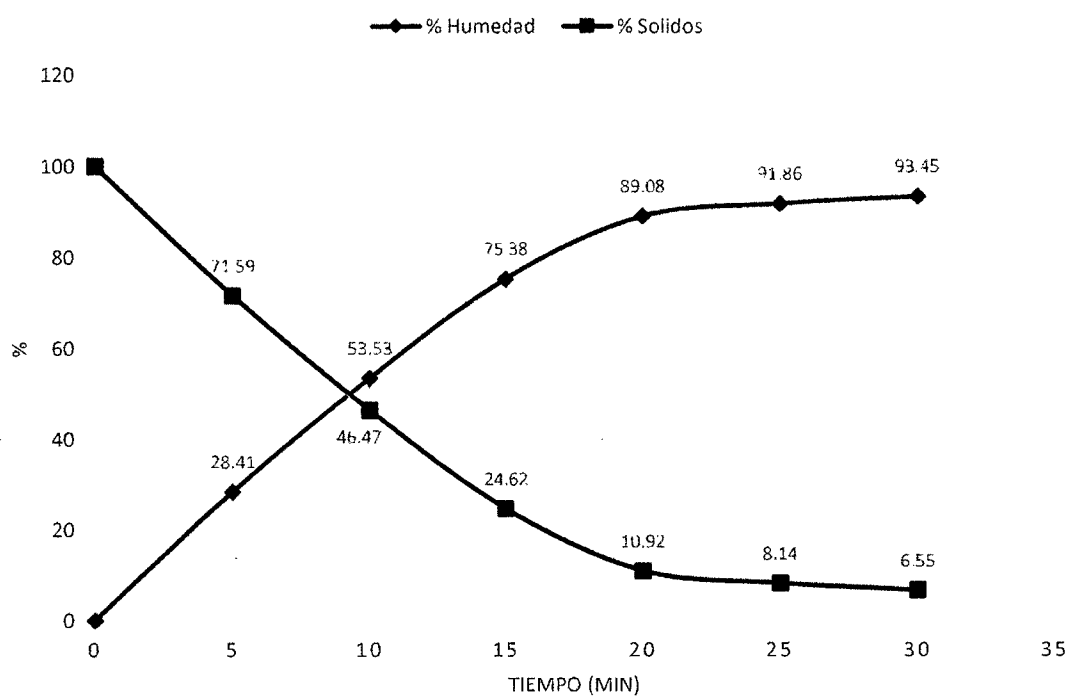


Figura 36: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales. Microfiltro II. Ensayo 1:  
 Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Sin Microfiltrar)

Tabla 45: Determinación del porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales.  
 Microfiltro II. Ensayo 1: Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento.  
 (Microfiltrado)

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	% Humedad	% Sólidos
0	120	0	100
5	120	29.73	70.27
10	120	54.76	45.24
15	120	80.02	19.98
20	120	91.46	8.54
25	120	93.75	6.25
28.39	120	94.04	5.96

Fuente: Elaboración propia

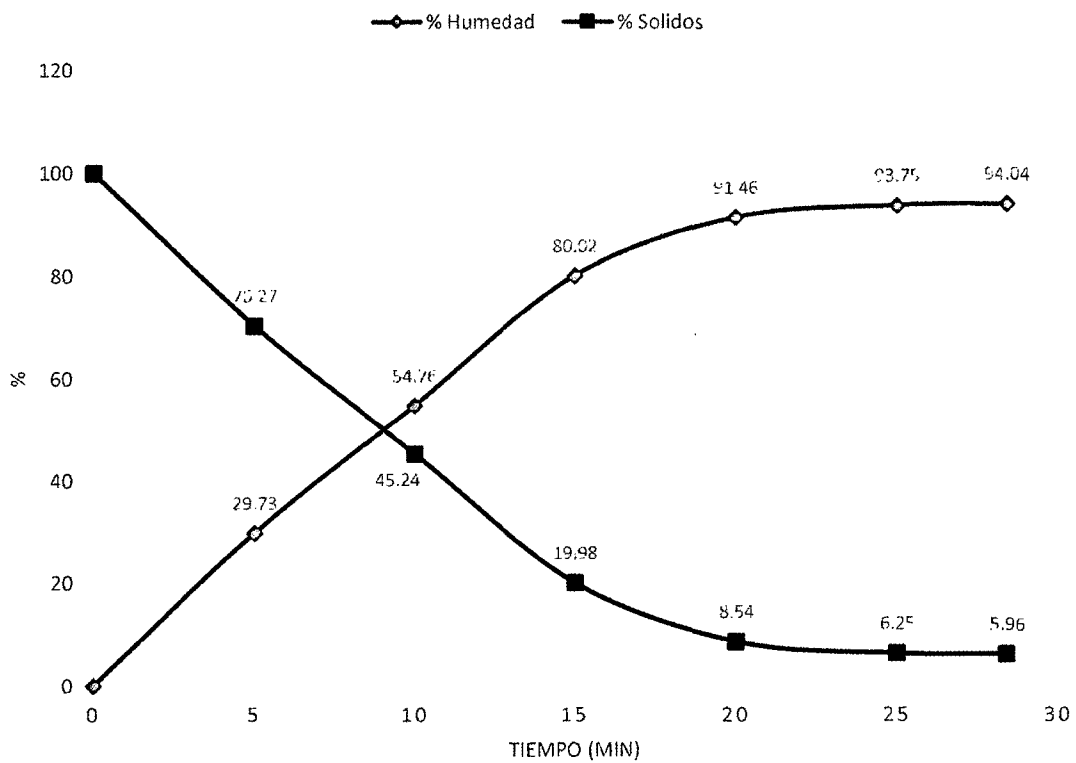


Figura 37: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales. Microfiltro II. Ensayo 1:  
 Temperatura ambiente, 0 días de almacenamiento. (Microfiltrado)

Tabla 46: Determinación del porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales.  
 Microfiltro II. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar)

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	% Humedad	% Sólidos
0	120	0	100
5	120	27.68	72.32
10	120	53.48	46.52
15	120	77.8	22.2
20	120	91.77	8.23
25	120	92.86	7.14
25.4	120	<b>92.96</b>	<b>7.04</b>

Fuente: Elaboración propia

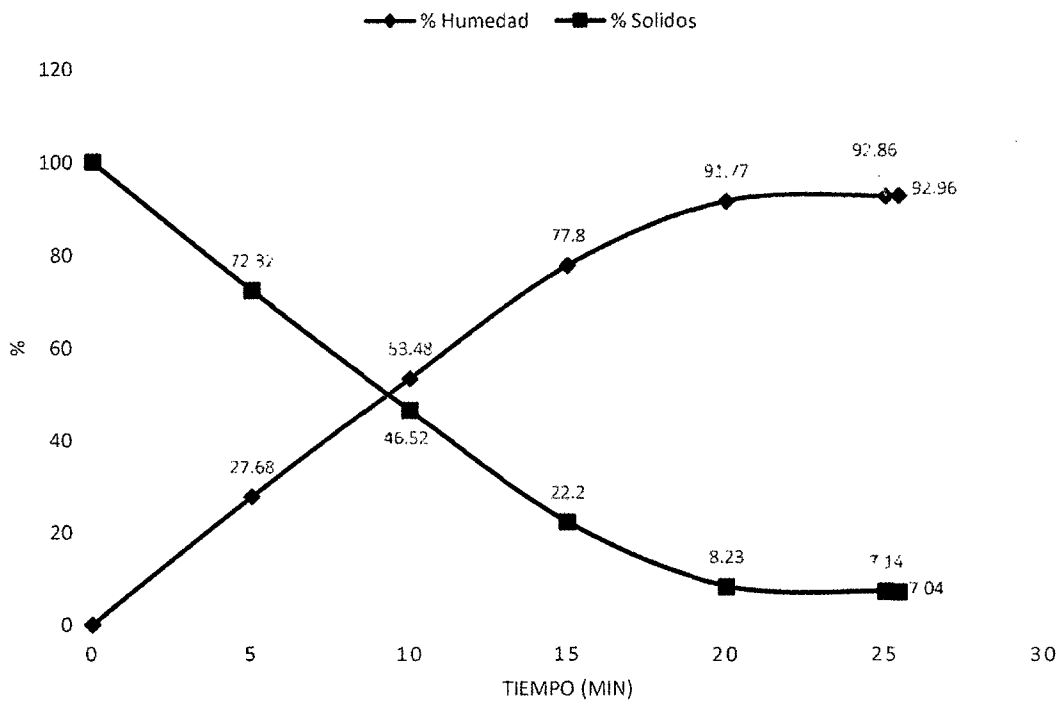


Figura 38: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales. Microfiltro II. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar)

Tabla 47: Determinación del porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales.  
 Microfiltro II. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento  
 (Microfiltrado)

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	% Humedad	% Sólidos
0	120	0	100
5	120	26.15	73.85
10	120	52.99	47.01
15	120	78.53	21.47
20	120	91.95	8.05
25	120	94.44	5.56
26.39	120	94.54	5.46

Fuente: Elaboración propia

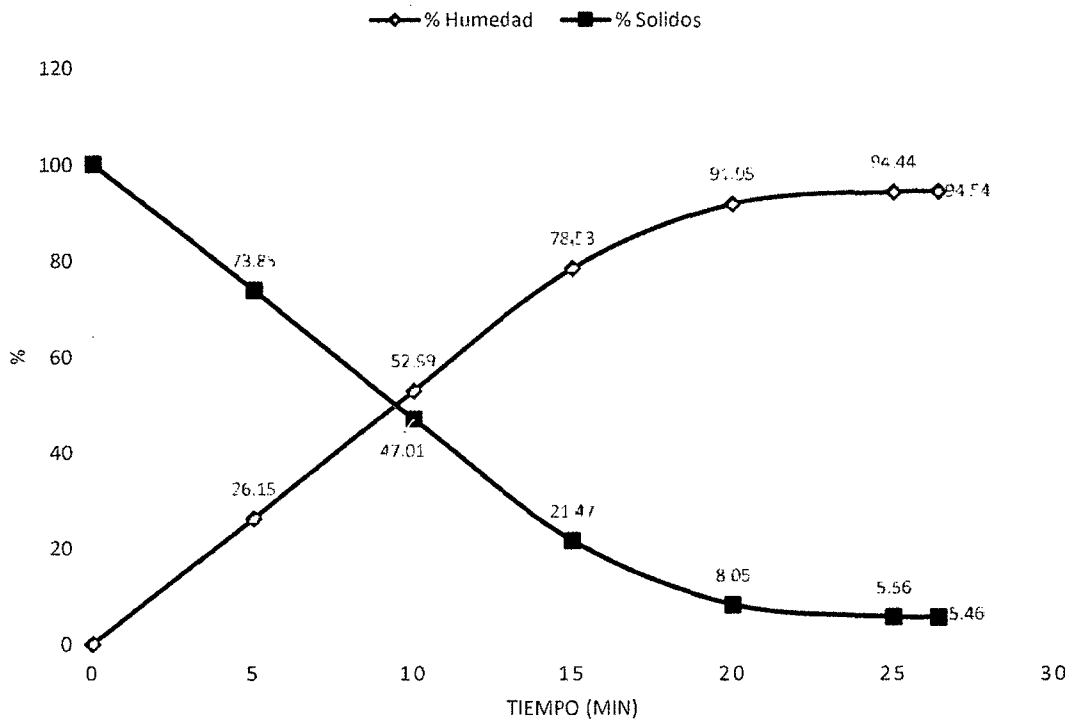


Figura 39: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales. Microfiltro II. Ensayo 2: Temperatura 4°C, 2 días de almacenamiento (Microfiltrado)

Tabla 48: Determinación del porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales.  
 Microfiltro II. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar)

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	% Humedad	% Sólidos
0	120	0	100
5	120	27.41	72.59
10	120	53.53	46.47
15	120	75.77	24.23
20	120	89.78	10.22
25	120	92.95	7.05
28.4	120	93.25	6.75

Fuente: Elaboración propia

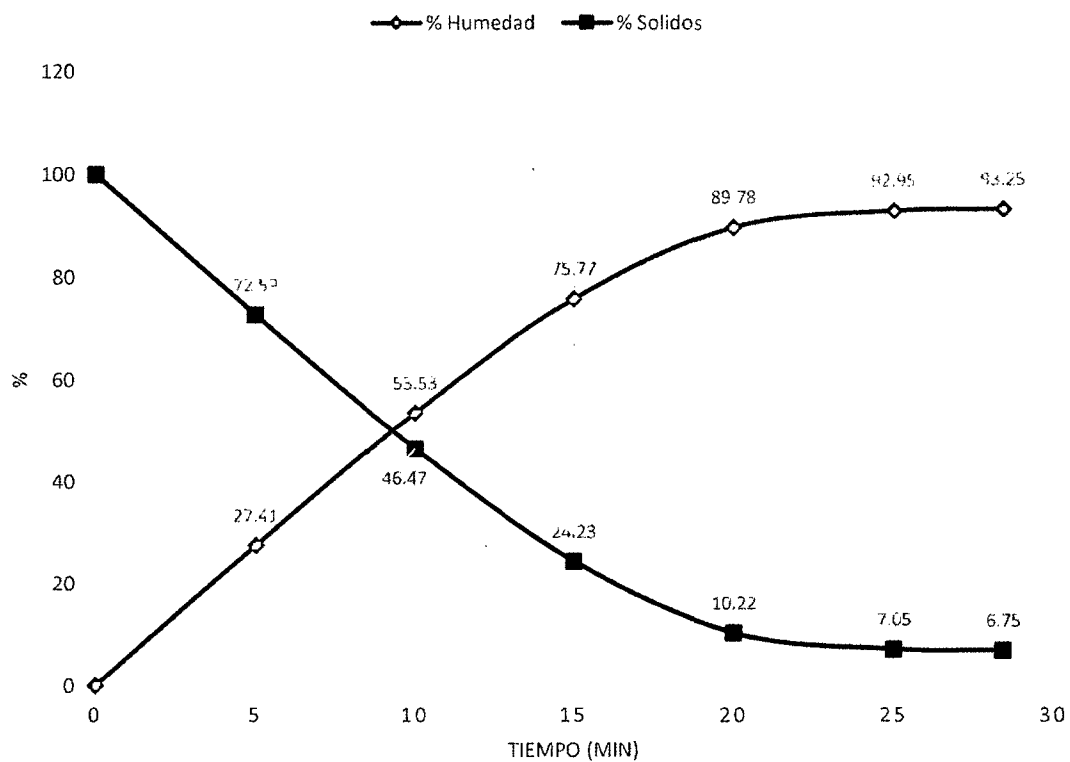


Figura 40: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales. Microfiltro II. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Sin Microfiltrar)

Tabla 49: Determinación del porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales.  
 Microfiltro II. Ensayo 3: Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento  
 (Microfiltrado)

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	% Humedad	% Sólidos
0	120	0	100
5	120	27.3	72.7
10	120	53.09	46.91
15	120	77.2	22.8
20	120	93.93	6.07
22	120	96.02	3.98

Fuente: Elaboración propia

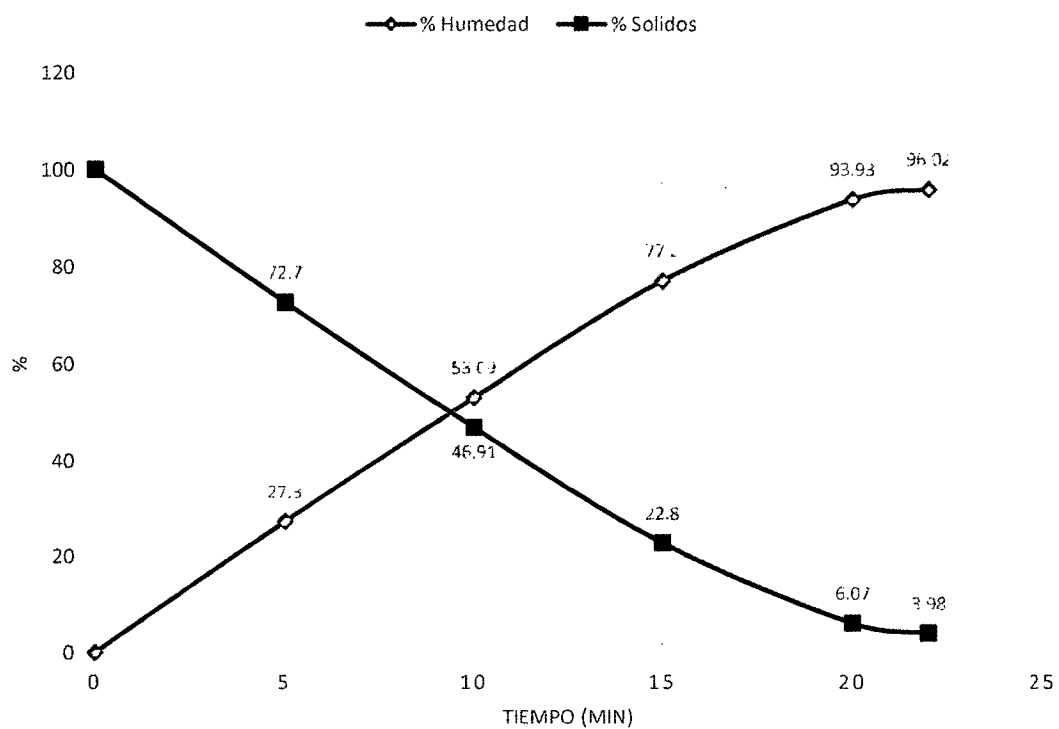


Figura 41: Porcentaje de humedad y porcentaje de sólidos totales. Microfiltro II. Ensayo 3:  
 Temperatura 10°C, 7 días de almacenamiento (Microfiltrado)

**Pruebas no paramétricas:**

**Tabla 50: Prueba de Kolmogorov - Smirnov para una muestra**

Tratamiento			Porcentaje de proteína recuperada por gramo
I-21°C-0 días	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	51.8533
		Desviación típica	3.21007
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.385
		Positiva	0.385
		Negativa	-0.282
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.667
Sig. asintót. (bilateral)		0.766	
I-21°C-1 día	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	40.5333
		Desviación típica	6.37873
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.308
		Positiva	0.221
		Negativa	-0.308
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.534
Sig. asintót. (bilateral)		0.938	
I-21°C-7 días	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	24.8533
		Desviación típica	12.62380
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.359
		Positiva	0.359
		Negativa	-0.258
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.621
Sig. asintót. (bilateral)		0.835	
I-4°C-0 días	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	39.5567
		Desviación típica	5.67551
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.260
		Positiva	0.197
		Negativa	-0.260
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.451
Sig. asintót. (bilateral)		0.987	
I-4°C-1 día	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	44.2933
		Desviación típica	5.17813
		Absoluta	0.276

	Diferencias más extremas	Positiva	0.276
		Negativa	-0.203
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.479
	Sig. asintót. (bilateral)		0.976
I-4°C-7 días	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	22.2033
		Desviación típica	5.32670
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.203
		Positiva	0.185
		Negativa	-0.203
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.352
Sig. asintót. (bilateral)		1.000	
I-10°C-0 días	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	26.0433
		Desviación típica	3.58895
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.278
		Positiva	0.278
		Negativa	-0.204
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.481
Sig. asintót. (bilateral)		0.975	
I-10°C-1 día	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	25.6000
		Desviación típica	10.49661
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.188
		Positiva	0.188
		Negativa	-0.181
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.326
Sig. asintót. (bilateral)		1.000	
I-10°C-7 días	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	21.9133
		Desviación típica	6.01894
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.243
		Positiva	0.194
		Negativa	-0.243
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.421
Sig. asintót. (bilateral)		0.994	
II-21°C-0 días	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	24.5533
		Desviación típica	5.71847
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.288
		Positiva	0.209
		Negativa	-0.288
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.499
Sig. asintót. (bilateral)		0.965	
II-21°C-1 día	N		3



	Parámetros normales(a,b)	Media	31.4933
		Desviación típica	6.26538
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.199
		Positiva	0.184
		Negativa	-0.199
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.344
	Sig. asintót. (bilateral)		1.000
N		3	
II-21°C-7 días	Parámetros normales(a,b)	Media	28.8300
		Desviación típica	8.02727
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.261
		Positiva	0.197
		Negativa	-0.261
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.452
	Sig. asintót. (bilateral)		0.987
N		3	
II-4°C-0 días	Parámetros normales(a,b)	Media	37.7333
		Desviación típica	1.06604
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.257
		Positiva	0.257
		Negativa	-0.196
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.445
	Sig. asintót. (bilateral)		0.989
N		3	
II-4°C-1 día	Parámetros normales(a,b)	Media	42.1133
		Desviación típica	7.04907
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.285
		Positiva	0.285
		Negativa	-0.208
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.494
	Sig. asintót. (bilateral)		0.968
N		3	
II-4°C-7 días	Parámetros normales(a,b)	Media	21.3967
		Desviación típica	4.72504
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.175
		Positiva	0.175
		Negativa	-0.174
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.304
	Sig. asintót. (bilateral)		1.000
N		3	
II-10°C-0 días	Parámetros normales(a,b)	Media	27.2733
		Desviación típica	5.72337
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.297
		Positiva	0.214
		Negativa	-0.297

	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.515
	Sig. asintót. (bilateral)		0.954
II-10°C-1 día	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	28.6600
		Desviación típica	6.34797
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.385
		Positiva	0.385
		Negativa	-0.282
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.666
Sig. asintót. (bilateral)		0.767	
II-10°C-7 días	N		3
	Parámetros normales(a,b)	Media	28.6300
		Desviación típica	7.35195
	Diferencias más extremas	Absoluta	0.213
		Positiva	0.213
		Negativa	-0.187
	Z de Kolmogorov-Smirnov		0.368
Sig. asintót. (bilateral)		0.999	

- a. La distribución de contraste es la Normal.  
b. Se han calculado a partir de los datos.

SE CUMPLE LA NORMALIDAD A LO LARGO DE TODOS LOS TRATAMIENTOS  
(P>0.05, PRUEBA DE KOLMOGOROV - SMIRNOV)

#### Prueba de homogeneidad de varianzas

Tabla 51: Porcentaje de proteína recuperada por gramo

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1.252	17	36	0.277

SE CUMPLE LA IGUALDAD DE VARIANZAS A LO LARGO DE TODOS LOS  
TRATAMIENTOS (P>0.05 PRUEBA DE LEVENE)

Tabla 52: Factores **inter-sujetos**

		Etiqueta del valor	N
Filtro	1	Filtro I	27
	2	Filtro II	27
Temperatura	1	21°C	18
	2	4°C	18
	3	10°C	18
Días	1	0 días	18
	2	1 día	18
	3	7 días	18

**Pruebas de los efectos inter-sujetos –ANOVA**

Tabla 53: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación	
Filtro	114.116	1	114.116	2.588	0.116	n.s.
Temper	730.147	2	365.074	8.279	0.001	**
Días	1,290.501	2	645.251	14.634	0.000	**
Filtro * Temper	481.718	2	240.859	5.462	0.008	**
Filtro * Días	357.069	2	178.535	4.049	0.026	*
Temper * Días	681.972	4	170.493	3.867	0.010	*
Filtro * Temper * Días	408.412	4	102.103	2.316	0.076	n.s.
Error	1,587.376	36	44.094			
Total corregida	5,651.312	53				

## Pruebas post hoc

### Temperatura

#### Comparaciones múltiples

Tabla 54: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo

	(I) Temperatura	(J) Temperatura	Diferencia entre medias (I-J)	Error tít.	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
						Límite superior	Límite inferior
DHS de Tukey	21°C	4°C	-0.8633	2.21344	0.920	-6.2736	4.5470
		10°C	7.3328(*)	2.21344	0.006	1.9225	12.7431
	4°C	21°C	0.8633	2.21344	0.920	-4.5470	6.2736
		10°C	8.1961(*)	2.21344	0.002	2.7858	13.6064
	10°C	21°C	-7.3328(*)	2.21344	0.006	-12.7431	-1.9225
		4°C	-8.1961(*)	2.21344	0.002	-13.6064	-2.7858

Basado en las medias observadas.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

#### Subconjuntos homogéneos

Tabla 55: Porcentaje de proteína recuperada por gramo

	Temperatura	N	Subconjunto	
			1	2
DHS de Tukey(a,b)	10°C	18	26.3533	
	21°C	18		33.6861
	4°C	18		34.5494
	Significación		1.000	0.920
Duncan(a,b)	10°C	18	26.3533	
	21°C	18		33.6861
	4°C	18		34.5494
	Significación		1.000	0.699

Subconjunto	
1	2
b	
	a
	a
b	
	a
	a

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 44.094.

**Días**

**Comparaciones múltiples**

Tabla 56: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo

	(I) Días	(J) Días	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
						Límite superior	Límite inferior
DHS de Tukey	0 días	1 día	-0.9467	2.21344	0.904	-6.3570	4.4636
		7 días	9.8644(*)	2.21344	0.000	4.4541	15.2747
	1 día	0 días	0.9467	2.21344	0.904	-4.4636	6.3570
		7 días	10.8111(*)	2.21344	0.000	5.4008	16.2214
	7 días	0 días	-9.8644(*)	2.21344	0.000	-15.2747	-4.4541
		1 día	-10.8111(*)	2.21344	0.000	-16.2214	-5.4008

Basado en las medias observadas.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

**Subconjuntos homogéneos**

Tabla 57: Porcentaje de proteína recuperada por gramo

	Días	N	Subconjunto	
			1	2
DHS de Tukey(a,b)	7 días	18	24.6378	
	0 días	18		34.5022
	1 día	18		35.4489
	Significación		1.000	0.904
Duncan(a,b)	7 días	18	24.6378	
	0 días	18		34.5022
	1 día	18		35.4489
	Significación		1.000	0.671

Subconjunto	
1	2
b	
	a
	a
b	
	a
	a

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 44.094.

## Análisis de Varianza Univariante

Tabla 58: Factores inter-sujetos

		Etiqueta del valor	N
Tratamiento	1	I-21°C-0 días	3
	2	I-21°C-1 día	3
	3	I-21°C-7 días	3
	4	I-4°C-0 días	3
	5	I-4°C-1 día	3
	6	I-4°C-7 días	3
	7	I-10°C-0 días	3
	8	I-10°C-1 día	3
	9	I-10°C-7 días	3
	10	II-21°C-0 días	3
	11	II-21°C-1 día	3
	12	II-21°C-7 días	3
	13	II-4°C-0 días	3
	14	II-4°C-1 día	3
	15	II-4°C-7 días	3
	16	II-10°C-0 días	3
	17	II-10°C-1 día	3
	18	II-10°C-7 días	3

### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Tabla 59: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	4,063.936	17	239.055	5.422	0.000 **
Error	1,587.376	36	44.094		
Total corregida	5,651.312	53			

**Pruebas post hoc**

**Tratamiento**

**Comparaciones múltiples**

Tabla 60: Variable dependiente: Porcentaje de proteína recuperada por gramo

	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia entre medias (I-J)	Error tip.	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
						Límite superior	Límite inferior
DHS de Tukey	I-21°C-0 días	I-21°C-1 día	11.3200	5.42179	0.806	-9.0136	31.6536
		I-21°C-7 días	27.0000(*)	5.42179	0.002	6.6664	47.3336
		I-4°C-0 días	12.2967	5.42179	0.699	-8.0370	32.6303
		I-4°C-1 día	7.5600	5.42179	0.993	-12.7736	27.8936
		I-4°C-7 días	29.6500(*)	5.42179	0.000	9.3164	49.9836
		I-10°C-0 días	25.8100(*)	5.42179	0.003	5.4764	46.1436
		I-10°C-1 día	26.2533(*)	5.42179	0.003	5.9197	46.5870
		I-10°C-7 días	29.9400(*)	5.42179	0.000	9.6064	50.2736
		II-21°C-0 días	27.3000(*)	5.42179	0.002	6.9664	47.6336
		II-21°C-1 día	20.3600(*)	5.42179	0.049	0.0264	40.6936
		II-21°C-7 días	23.0233(*)	5.42179	0.014	2.6897	43.3570
		II-4°C-0 días	14.1200	5.42179	0.476	-6.2136	34.4536
		II-4°C-1 día	9.7400	5.42179	0.929	-10.5936	30.0736
		II-4°C-7 días	30.4567(*)	5.42179	0.000	10.1230	50.7903
		II-10°C-0 días	24.5800(*)	5.42179	0.006	4.2464	44.9136
		II-10°C-1 día	23.1933(*)	5.42179	0.013	2.8597	43.5270
	II-10°C-7 días	23.2233(*)	5.42179	0.013	2.8897	43.5570	
	I-21°C-1 día	I-21°C-0 días	-11.3200	5.42179	0.806	-31.6536	9.0136
		I-21°C-7 días	15.6800	5.42179	0.305	-4.6536	36.0136
		I-4°C-0 días	0.9767	5.42179	1.000	-19.3570	21.3103
		I-4°C-1 día	-3.7600	5.42179	1.000	-24.0936	16.5736
		I-4°C-7 días	18.3300	5.42179	0.117	-2.0036	38.6636
		I-10°C-0 días	14.4900	5.42179	0.432	-5.8436	34.8236
		I-10°C-1 día	14.9333	5.42179	0.382	-5.4003	35.2670
		I-10°C-7 días	18.6200	5.42179	0.104	-1.7136	38.9536
		II-21°C-0 días	15.9800	5.42179	0.277	-4.3536	36.3136
		II-21°C-1 día	9.0400	5.42179	0.961	-11.2936	29.3736
		II-21°C-7 días	11.7033	5.42179	0.766	-8.6303	32.0370
		II-4°C-0 días	2.8000	5.42179	1.000	-17.5336	23.1336
		II-4°C-1 día	-1.5800	5.42179	1.000	-21.9136	18.7536
		II-4°C-7 días	19.1367	5.42179	0.084	-1.1970	39.4703
		II-10°C-0 días	13.2600	5.42179	0.581	-7.0736	33.5936
		II-10°C-1 día	11.8733	5.42179	0.747	-8.4603	32.2070
	II-10°C-7 días	11.9033	5.42179	0.744	-8.4303	32.2370	
	I-21°C-7 días	I-21°C-0 días	-27.0000(*)	5.42179	0.002	-47.3336	-6.6664
		I-21°C-1 día	-15.6800	5.42179	0.305	-36.0136	4.6536
		I-4°C-0 días	-14.7033	5.42179	0.408	-35.0370	5.6303

		I-4°C-1 día	-19.4400	5.42179	0.074	-39.7736	0.8936
		I-4°C-7 días	2.6500	5.42179	1.000	-17.6836	22.9836
		I-10°C-0 días	-1.1900	5.42179	1.000	-21.5236	19.1436
		I-10°C-1 día	-0.7467	5.42179	1.000	-21.0803	19.5870
		I-10°C-7 días	2.9400	5.42179	1.000	-17.3936	23.2736
		II-21°C-0 días	0.3000	5.42179	1.000	-20.0336	20.6336
		II-21°C-1 día	-6.6400	5.42179	0.998	-26.9736	13.6936
		II-21°C-7 días	-3.9767	5.42179	1.000	-24.3103	16.3570
		II-4°C-0 días	-12.8800	5.42179	0.628	-33.2136	7.4536
		II-4°C-1 día	-17.2600	5.42179	0.177	-37.5936	3.0736
		II-4°C-7 días	3.4567	5.42179	1.000	-16.8770	23.7903
		II-10°C-0 días	-2.4200	5.42179	1.000	-22.7536	17.9136
		II-10°C-1 día	-3.8067	5.42179	1.000	-24.1403	16.5270
		II-10°C-7 días	-3.7767	5.42179	1.000	-24.1103	16.5570
	I-4°C-0 días	I-21°C-0 días	-12.2967	5.42179	0.699	-32.6303	8.0370
		I-21°C-1 día	-0.9767	5.42179	1.000	-21.3103	19.3570
		I-21°C-7 días	14.7033	5.42179	0.408	-5.6303	35.0370
		I-4°C-1 día	-4.7367	5.42179	1.000	-25.0703	15.5970
		I-4°C-7 días	17.3533	5.42179	0.171	-2.9803	37.6870
		I-10°C-0 días	13.5133	5.42179	0.550	-6.8203	33.8470
		I-10°C-1 día	13.9567	5.42179	0.495	-6.3770	34.2903
		I-10°C-7 días	17.6433	5.42179	0.154	-2.6903	37.9770
		II-21°C-0 días	15.0033	5.42179	0.375	-5.3303	35.3370
		II-21°C-1 día	8.0633	5.42179	0.986	-12.2703	28.3970
		II-21°C-7 días	10.7267	5.42179	0.860	-9.6070	31.0603
		II-4°C-0 días	1.8233	5.42179	1.000	-18.5103	22.1570
		II-4°C-1 día	-2.5567	5.42179	1.000	-22.8903	17.7770
		II-4°C-7 días	18.1600	5.42179	0.126	-2.1736	38.4936
		II-10°C-0 días	12.2833	5.42179	0.700	-8.0503	32.6170
	II-10°C-1 día	10.8967	5.42179	0.846	-9.4370	31.2303	
	II-10°C-7 días	10.9267	5.42179	0.843	-9.4070	31.2603	
	I-4°C-1 día	I-21°C-0 días	-7.5600	5.42179	0.993	-27.8936	12.7736
		I-21°C-1 día	3.7600	5.42179	1.000	-16.5736	24.0936
		I-21°C-7 días	19.4400	5.42179	0.074	-0.8936	39.7736
		I-4°C-0 días	4.7367	5.42179	1.000	-15.5970	25.0703
		I-4°C-7 días	22.0900(*)	5.42179	0.022	1.7564	42.4236
		I-10°C-0 días	18.2500	5.42179	0.121	-2.0836	38.5836
		I-10°C-1 día	18.6933	5.42179	0.101	-1.6403	39.0270
		I-10°C-7 días	22.3800(*)	5.42179	0.019	2.0464	42.7136
		II-21°C-0 días	19.7400	5.42179	0.065	-0.5936	40.0736
		II-21°C-1 día	12.8000	5.42179	0.638	-7.5336	33.1336
		II-21°C-7 días	15.4633	5.42179	0.327	-4.8703	35.7970
		II-4°C-0 días	6.5600	5.42179	0.998	-13.7736	26.8936
		II-4°C-1 día	2.1800	5.42179	1.000	-18.1536	22.5136
		II-4°C-7 días	22.8967(*)	5.42179	0.015	2.5630	43.2303
		II-10°C-0 días	17.0200	5.42179	0.194	-3.3136	37.3536
	II-10°C-1 día	15.6333	5.42179	0.310	-4.7003	35.9670	
	II-10°C-7 días	15.6633	5.42179	0.307	-4.6703	35.9970	
	I-4°C-7 días	I-21°C-0 días	-29.6500(*)	5.42179	0.000	-49.9836	-9.3164



		I-21°C-1 día	-18.3300	5.42179	0.117	-38.6636	2.0036
		I-21°C-7 días	-2.6500	5.42179	1.000	-22.9836	17.6836
		I-4°C-0 días	-17.3533	5.42179	0.171	-37.6870	2.9803
		I-4°C-1 día	-22.0900(*)	5.42179	0.022	-42.4236	-1.7564
		I-10°C-0 días	-3.8400	5.42179	1.000	-24.1736	16.4936
		I-10°C-1 día	-3.3967	5.42179	1.000	-23.7303	16.9370
		I-10°C-7 días	0.2900	5.42179	1.000	-20.0436	20.6236
		II-21°C-0 días	-2.3500	5.42179	1.000	-22.6836	17.9836
		II-21°C-1 día	-9.2900	5.42179	0.951	-29.6236	11.0436
		II-21°C-7 días	-6.6267	5.42179	0.998	-26.9603	13.7070
		II-4°C-0 días	-15.5300	5.42179	0.320	-35.8636	4.8036
		II-4°C-1 día	-19.9100	5.42179	0.060	-40.2436	0.4236
		II-4°C-7 días	0.8067	5.42179	1.000	-19.5270	21.1403
		II-10°C-0 días	-5.0700	5.42179	1.000	-25.4036	15.2636
		II-10°C-1 día	-6.4567	5.42179	0.999	-26.7903	13.8770
		II-10°C-7 días	-6.4267	5.42179	0.999	-26.7603	13.9070
	I-10°C-0 días	I-21°C-0 días	-25.8100(*)	5.42179	0.003	-46.1436	-5.4764
		I-21°C-1 día	-14.4900	5.42179	0.432	-34.8236	5.8436
		I-21°C-7 días	1.1900	5.42179	1.000	-19.1436	21.5236
		I-4°C-0 días	-13.5133	5.42179	0.550	-33.8470	6.8203
		I-4°C-1 día	-18.2500	5.42179	0.121	-38.5836	2.0836
		I-4°C-7 días	3.8400	5.42179	1.000	-16.4936	24.1736
		I-10°C-1 día	0.4433	5.42179	1.000	-19.8903	20.7770
		I-10°C-7 días	4.1300	5.42179	1.000	-16.2036	24.4636
		II-21°C-0 días	1.4900	5.42179	1.000	-18.8436	21.8236
		II-21°C-1 día	-5.4500	5.42179	1.000	-25.7836	14.8836
		II-21°C-7 días	-2.7867	5.42179	1.000	-23.1203	17.5470
		II-4°C-0 días	-11.6900	5.42179	0.767	-32.0236	8.6436
		II-4°C-1 día	-16.0700	5.42179	0.269	-36.4036	4.2636
		II-4°C-7 días	4.6467	5.42179	1.000	-15.6870	24.9803
		II-10°C-0 días	-1.2300	5.42179	1.000	-21.5636	19.1036
		II-10°C-1 día	-2.6167	5.42179	1.000	-22.9503	17.7170
	II-10°C-7 días	-2.5867	5.42179	1.000	-22.9203	17.7470	
	I-10°C-1 día	I-21°C-0 días	-26.2533(*)	5.42179	0.003	-46.5870	-5.9197
		I-21°C-1 día	-14.9333	5.42179	0.382	-35.2670	5.4003
		I-21°C-7 días	0.7467	5.42179	1.000	-19.5870	21.0803
		I-4°C-0 días	-13.9567	5.42179	0.495	-34.2903	6.3770
		I-4°C-1 día	-18.6933	5.42179	0.101	-39.0270	1.6403
		I-4°C-7 días	3.3967	5.42179	1.000	-16.9370	23.7303
		I-10°C-0 días	-0.4433	5.42179	1.000	-20.7770	19.8903
		I-10°C-7 días	3.6867	5.42179	1.000	-16.6470	24.0203
		II-21°C-0 días	1.0467	5.42179	1.000	-19.2870	21.3803
		II-21°C-1 día	-5.8933	5.42179	1.000	-26.2270	14.4403
		II-21°C-7 días	-3.2300	5.42179	1.000	-23.5636	17.1036
		II-4°C-0 días	-12.1333	5.42179	0.718	-32.4670	8.2003
		II-4°C-1 día	-16.5133	5.42179	0.232	-36.8470	3.8203
		II-4°C-7 días	4.2033	5.42179	1.000	-16.1303	24.5370
	II-10°C-0 días	-1.6733	5.42179	1.000	-22.0070	18.6603	
	II-10°C-1 día	-3.0600	5.42179	1.000	-23.3936	17.2736	

		II-10°C-7 días	-3.0300	5.42179	1.000	-23.3636	17.3036		
I-10°C-7 días		I-21°C-0 días	-29.9400(*)	5.42179	0.000	-50.2736	-9.6064		
		I-21°C-1 día	-18.6200	5.42179	0.104	-38.9536	1.7136		
		I-21°C-7 días	-2.9400	5.42179	1.000	-23.2736	17.3936		
		I-4°C-0 días	-17.6433	5.42179	0.154	-37.9770	2.6903		
		I-4°C-1 día	-22.3800(*)	5.42179	0.019	-42.7136	-2.0464		
		I-4°C-7 días	-0.2900	5.42179	1.000	-20.6236	20.0436		
		I-10°C-0 días	-4.1300	5.42179	1.000	-24.4636	16.2036		
		I-10°C-1 día	-3.6867	5.42179	1.000	-24.0203	16.6470		
		II-21°C-0 días	-2.6400	5.42179	1.000	-22.9736	17.6936		
		II-21°C-1 día	-9.5800	5.42179	0.938	-29.9136	10.7536		
		II-21°C-7 días	-6.9167	5.42179	0.997	-27.2503	13.4170		
		II-4°C-0 días	-15.8200	5.42179	0.292	-36.1536	4.5136		
		II-4°C-1 día	-20.2000	5.42179	0.053	-40.5336	0.1336		
		II-4°C-7 días	0.5167	5.42179	1.000	-19.8170	20.8503		
		II-10°C-0 días	-5.3600	5.42179	1.000	-25.6936	14.9736		
		II-10°C-1 día	-6.7467	5.42179	0.998	-27.0803	13.5870		
		II-10°C-7 días	-6.7167	5.42179	0.998	-27.0503	13.6170		
		II-21°C-0 días		I-21°C-0 días	-27.3000(*)	5.42179	0.002	-47.6336	-6.9664
				I-21°C-1 día	-15.9800	5.42179	0.277	-36.3136	4.3536
				I-21°C-7 días	-0.3000	5.42179	1.000	-20.6336	20.0336
I-4°C-0 días	-15.0033			5.42179	0.375	-35.3370	5.3303		
I-4°C-1 día	-19.7400			5.42179	0.065	-40.0736	0.5936		
I-4°C-7 días	2.3500			5.42179	1.000	-17.9836	22.6836		
I-10°C-0 días	-1.4900			5.42179	1.000	-21.8236	18.8436		
I-10°C-1 día	-1.0467			5.42179	1.000	-21.3803	19.2870		
I-10°C-7 días	2.6400			5.42179	1.000	-17.6936	22.9736		
II-21°C-1 día	-6.9400			5.42179	0.997	-27.2736	13.3936		
II-21°C-7 días	-4.2767			5.42179	1.000	-24.6103	16.0570		
II-4°C-0 días	-13.1800			5.42179	0.591	-33.5136	7.1536		
II-4°C-1 día	-17.5600			5.42179	0.159	-37.8936	2.7736		
II-4°C-7 días	3.1567			5.42179	1.000	-17.1770	23.4903		
II-10°C-0 días	-2.7200			5.42179	1.000	-23.0536	17.6136		
II-10°C-1 día	-4.1067			5.42179	1.000	-24.4403	16.2270		
II-10°C-7 días	-4.0767	5.42179	1.000	-24.4103	16.2570				
II-21°C-1 día		I-21°C-0 días	-20.3600(*)	5.42179	0.049	-40.6936	-0.0264		
		I-21°C-1 día	-9.0400	5.42179	0.961	-29.3736	11.2936		
		I-21°C-7 días	6.6400	5.42179	0.998	-13.6936	26.9736		
		I-4°C-0 días	-8.0633	5.42179	0.986	-28.3970	12.2703		
		I-4°C-1 día	-12.8000	5.42179	0.638	-33.1336	7.5336		
		I-4°C-7 días	9.2900	5.42179	0.951	-11.0436	29.6236		
		I-10°C-0 días	5.4500	5.42179	1.000	-14.8836	25.7836		
		I-10°C-1 día	5.8933	5.42179	1.000	-14.4403	26.2270		
		I-10°C-7 días	9.5800	5.42179	0.938	-10.7536	29.9136		
		II-21°C-0 días	6.9400	5.42179	0.997	-13.3936	27.2736		
		II-21°C-7 días	2.6633	5.42179	1.000	-17.6703	22.9970		
		II-4°C-0 días	-6.2400	5.42179	0.999	-26.5736	14.0936		
		II-4°C-1 día	-10.6200	5.42179	0.869	-30.9536	9.7136		
II-4°C-7 días	10.0967	5.42179	0.908	-10.2370	30.4303				

		II-10°C-0 días	4.2200	5.42179	1.000	-16.1136	24.5536	
		II-10°C-1 día	2.8333	5.42179	1.000	-17.5003	23.1670	
		II-10°C-7 días	2.8633	5.42179	1.000	-17.4703	23.1970	
	II-21°C-7 días	I-21°C-0 días	-23.0233(*)	5.42179	0.014	-43.3570	-2.6897	
		I-21°C-1 día	-11.7033	5.42179	0.766	-32.0370	8.6303	
		I-21°C-7 días	3.9767	5.42179	1.000	-16.3570	24.3103	
		I-4°C-0 días	-10.7267	5.42179	0.860	-31.0603	9.6070	
		I-4°C-1 día	-15.4633	5.42179	0.327	-35.7970	4.8703	
		I-4°C-7 días	6.6267	5.42179	0.998	-13.7070	26.9603	
		I-10°C-0 días	2.7867	5.42179	1.000	-17.5470	23.1203	
		I-10°C-1 día	3.2300	5.42179	1.000	-17.1036	23.5636	
		I-10°C-7 días	6.9167	5.42179	0.997	-13.4170	27.2503	
		II-21°C-0 días	4.2767	5.42179	1.000	-16.0570	24.6103	
		II-21°C-1 día	-2.6633	5.42179	1.000	-22.9970	17.6703	
		II-4°C-0 días	-8.9033	5.42179	0.966	-29.2370	11.4303	
		II-4°C-1 día	-13.2833	5.42179	0.578	-33.6170	7.0503	
		II-4°C-7 días	7.4333	5.42179	0.994	-12.9003	27.7670	
		II-10°C-0 días	1.5567	5.42179	1.000	-18.7770	21.8903	
		II-10°C-1 día	0.1700	5.42179	1.000	-20.1636	20.5036	
		II-10°C-7 días	0.2000	5.42179	1.000	-20.1336	20.5336	
		II-4°C-0 días	I-21°C-0 días	-14.1200	5.42179	0.476	-34.4536	6.2136
			I-21°C-1 día	-2.8000	5.42179	1.000	-23.1336	17.5336
			I-21°C-7 días	12.8800	5.42179	0.628	-7.4536	33.2136
	I-4°C-0 días		-1.8233	5.42179	1.000	-22.1570	18.5103	
	I-4°C-1 día		-6.5600	5.42179	0.998	-26.8936	13.7736	
	I-4°C-7 días		15.5300	5.42179	0.320	-4.8036	35.8636	
	I-10°C-0 días		11.6900	5.42179	0.767	-8.6436	32.0236	
	I-10°C-1 día		12.1333	5.42179	0.718	-8.2003	32.4670	
	I-10°C-7 días		15.8200	5.42179	0.292	-4.5136	36.1536	
	II-21°C-0 días		13.1800	5.42179	0.591	-7.1536	33.5136	
	II-21°C-1 día		6.2400	5.42179	0.999	-14.0936	26.5736	
	II-21°C-7 días		8.9033	5.42179	0.966	-11.4303	29.2370	
	II-4°C-1 día		-4.3800	5.42179	1.000	-24.7136	15.9536	
	II-4°C-7 días		16.3367	5.42179	0.246	-3.9970	36.6703	
	II-10°C-0 días		10.4600	5.42179	0.882	-9.8736	30.7936	
	II-10°C-1 día		9.0733	5.42179	0.960	-11.2603	29.4070	
	II-10°C-7 días	9.1033	5.42179	0.959	-11.2303	29.4370		
	II-4°C-1 día	I-21°C-0 días	-9.7400	5.42179	0.929	-30.0736	10.5936	
		I-21°C-1 día	1.5800	5.42179	1.000	-18.7536	21.9136	
		I-21°C-7 días	17.2600	5.42179	0.177	-3.0736	37.5936	
		I-4°C-0 días	2.5567	5.42179	1.000	-17.7770	22.8903	
		I-4°C-1 día	-2.1800	5.42179	1.000	-22.5136	18.1536	
		I-4°C-7 días	19.9100	5.42179	0.060	-0.4236	40.2436	
		I-10°C-0 días	16.0700	5.42179	0.269	-4.2636	36.4036	
		I-10°C-1 día	16.5133	5.42179	0.232	-3.8203	36.8470	
		I-10°C-7 días	20.2000	5.42179	0.053	-0.1336	40.5336	
		II-21°C-0 días	17.5600	5.42179	0.159	-2.7736	37.8936	
		II-21°C-1 día	10.6200	5.42179	0.869	-9.7136	30.9536	
	II-21°C-7 días	13.2833	5.42179	0.578	-7.0503	33.6170		

		II-4°C-0 días	4.3800	5.42179	1.000	-15.9536	24.7136	
		II-4°C-7 días	20.7167(*)	5.42179	0.042	0.3830	41.0503	
		II-10°C-0 días	14.8400	5.42179	0.392	-5.4936	35.1736	
		II-10°C-1 día	13.4533	5.42179	0.557	-6.8803	33.7870	
		II-10°C-7 días	13.4833	5.42179	0.554	-6.8503	33.8170	
	II-4°C-7 días	I-21°C-0 días	-30.4567(*)	5.42179	0.000	-50.7903	-10.1230	
			I-21°C-1 día	-19.1367	5.42179	0.084	-39.4703	1.1970
		I-21°C-7 días	-3.4567	5.42179	1.000	-23.7903	16.8770	
		I-4°C-0 días	-18.1600	5.42179	0.126	-38.4936	2.1736	
		I-4°C-1 día	-22.8967(*)	5.42179	0.015	-43.2303	-2.5630	
		I-4°C-7 días	-0.8067	5.42179	1.000	-21.1403	19.5270	
		I-10°C-0 días	-4.6467	5.42179	1.000	-24.9803	15.6870	
		I-10°C-1 día	-4.2033	5.42179	1.000	-24.5370	16.1303	
		I-10°C-7 días	-0.5167	5.42179	1.000	-20.8503	19.8170	
		II-21°C-0 días	-3.1567	5.42179	1.000	-23.4903	17.1770	
		II-21°C-1 día	-10.0967	5.42179	0.908	-30.4303	10.2370	
		II-21°C-7 días	-7.4333	5.42179	0.994	-27.7670	12.9003	
		II-4°C-0 días	-16.3367	5.42179	0.246	-36.6703	3.9970	
		II-4°C-1 día	-20.7167(*)	5.42179	0.042	-41.0503	-0.3830	
		II-10°C-0 días	-5.8767	5.42179	1.000	-26.2103	14.4570	
		II-10°C-1 día	-7.2633	5.42179	0.995	-27.5970	13.0703	
		II-10°C-7 días	-7.2333	5.42179	0.995	-27.5670	13.1003	
		II-10°C-0 días	I-21°C-0 días	-24.5800(*)	5.42179	0.006	-44.9136	-4.2464
				I-21°C-1 día	-13.2600	5.42179	0.581	-33.5936
			I-21°C-7 días	2.4200	5.42179	1.000	-17.9136	22.7536
	I-4°C-0 días		-12.2833	5.42179	0.700	-32.6170	8.0503	
	I-4°C-1 día		-17.0200	5.42179	0.194	-37.3536	3.3136	
	I-4°C-7 días		5.0700	5.42179	1.000	-15.2636	25.4036	
	I-10°C-0 días		1.2300	5.42179	1.000	-19.1036	21.5636	
	I-10°C-1 día		1.6733	5.42179	1.000	-18.6603	22.0070	
	I-10°C-7 días		5.3600	5.42179	1.000	-14.9736	25.6936	
	II-21°C-0 días		2.7200	5.42179	1.000	-17.6136	23.0536	
	II-21°C-1 día		-4.2200	5.42179	1.000	-24.5536	16.1136	
	II-21°C-7 días		-1.5567	5.42179	1.000	-21.8903	18.7770	
	II-4°C-0 días		-10.4600	5.42179	0.882	-30.7936	9.8736	
	II-4°C-1 día		-14.8400	5.42179	0.392	-35.1736	5.4936	
	II-4°C-7 días		5.8767	5.42179	1.000	-14.4570	26.2103	
	II-10°C-1 día		-1.3867	5.42179	1.000	-21.7203	18.9470	
	II-10°C-7 días		-1.3567	5.42179	1.000	-21.6903	18.9770	
	II-10°C-1 día	I-21°C-0 días	-23.1933(*)	5.42179	0.013	-43.5270	-2.8597	
			I-21°C-1 día	-11.8733	5.42179	0.747	-32.2070	8.4603
		I-21°C-7 días	3.8067	5.42179	1.000	-16.5270	24.1403	
I-4°C-0 días		-10.8967	5.42179	0.846	-31.2303	9.4370		
I-4°C-1 día		-15.6333	5.42179	0.310	-35.9670	4.7003		
I-4°C-7 días		6.4567	5.42179	0.999	-13.8770	26.7903		
I-10°C-0 días		2.6167	5.42179	1.000	-17.7170	22.9503		
I-10°C-1 día		3.0600	5.42179	1.000	-17.2736	23.3936		
I-10°C-7 días		6.7467	5.42179	0.998	-13.5870	27.0803		
II-21°C-0 días		4.1067	5.42179	1.000	-16.2270	24.4403		

		II-21°C-1 día	-2.8333	5.42179	1.000	-23.1670	17.5003
		II-21°C-7 días	-0.1700	5.42179	1.000	-20.5036	20.1636
		II-4°C-0 días	-9.0733	5.42179	0.960	-29.4070	11.2603
		II-4°C-1 día	-13.4533	5.42179	0.557	-33.7870	6.8803
		II-4°C-7 días	7.2633	5.42179	0.995	-13.0703	27.5970
		II-10°C-0 días	1.3867	5.42179	1.000	-18.9470	21.7203
		II-10°C-7 días	0.0300	5.42179	1.000	-20.3036	20.3636
	II-10°C-7 días	I-21°C-0 días	-23.2233(*)	5.42179	0.013	-43.5570	-2.8897
		I-21°C-1 día	-11.9033	5.42179	0.744	-32.2370	8.4303
		I-21°C-7 días	3.7767	5.42179	1.000	-16.5570	24.1103
		I-4°C-0 días	-10.9267	5.42179	0.843	-31.2603	9.4070
		I-4°C-1 día	-15.6633	5.42179	0.307	-35.9970	4.6703
		I-4°C-7 días	6.4267	5.42179	0.999	-13.9070	26.7603
		I-10°C-0 días	2.5867	5.42179	1.000	-17.7470	22.9203
		I-10°C-1 día	3.0300	5.42179	1.000	-17.3036	23.3636
		I-10°C-7 días	6.7167	5.42179	0.998	-13.6170	27.0503
		II-21°C-0 días	4.0767	5.42179	1.000	-16.2570	24.4103
		II-21°C-1 día	-2.8633	5.42179	1.000	-23.1970	17.4703
		II-21°C-7 días	-0.2000	5.42179	1.000	-20.5336	20.1336
		II-4°C-0 días	-9.1033	5.42179	0.959	-29.4370	11.2303
		II-4°C-1 día	-13.4833	5.42179	0.554	-33.8170	6.8503
		II-4°C-7 días	7.2333	5.42179	0.995	-13.1003	27.5670
		II-10°C-0 días	1.3567	5.42179	1.000	-18.9770	21.6903
		II-10°C-1 día	-0.0300	5.42179	1.000	-20.3636	20.3036

Basado en las medias observadas.

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

**Subconjuntos homogéneos:**

Tabla 61: Porcentaje de proteína recuperada por gramo

	Tratamiento	N	Subconjunto							
			1	2	3	4	5	6	7	
<b>DHS de Tukey(a,b)</b>	II-4°C-7 días	3	21.3967							
	I-10°C-7 días	3	21.9133	21.9133						
	I-4°C-7 días	3	22.2033	22.2033						
	II-21°C-0 días	3	24.5533	24.5533	24.5533					
	I-21°C-7 días	3	24.8533	24.8533	24.8533					
	I-10°C-1 día	3	25.6000	25.6000	25.6000					
	I-10°C-0 días	3	26.0433	26.0433	26.0433					
	II-10°C-0 días	3	27.2733	27.2733	27.2733					
	II-10°C-7 días	3	28.6300	28.6300	28.6300					
	II-10°C-1 día	3	28.6600	28.6600	28.6600					
	II-21°C-7 días	3	28.8300	28.8300	28.8300					
	II-21°C-1 día	3	31.4933	31.4933	31.4933					
	II-4°C-0 días	3	37.7333	37.7333	37.7333	37.7333				
	I-4°C-0 días	3	39.5567	39.5567	39.5567	39.5567				
	I-21°C-1 día	3	40.5333	40.5333	40.5333	40.5333				
	II-4°C-1 día	3		42.1133	42.1133	42.1133				
	I-4°C-1 día	3			44.2933	44.2933				
	I-21°C-0 días	3				51.8533				
	Significación			0.084	0.053	0.065	0.476			
<b>Duncan(a,b)</b>	II-4°C-7 días	3	21.3967							
	I-10°C-7 días	3	21.9133							
	I-4°C-7 días	3	22.2033							
	II-21°C-0 días	3	24.5533							
	I-21°C-7 días	3	24.8533							
	I-10°C-1 día	3	25.6000	25.6000						
	I-10°C-0 días	3	26.0433	26.0433						
	II-10°C-0 días	3	27.2733	27.2733	27.2733					

Subconjunto						
1	2	3	4	5	6	7
d						
d	c					
d	c					
d	c	b				
d	c	b				
d	c	b				
d	c	b				
d	c	b				
d	c	b				
d	c	b				
d	c	b				
d	c	b	a			
d	c	b	a			
d	c	b	a			
	c	b	a			
		b	a			
			a			
g						
g						
g						
g						
g						
g	f					
g	f					
g	f	e				

	II-10°C-7 días	3	28.6300	28.6300	28.6300	28.6300			
	II-10°C-1 día	3	28.6600	28.6600	28.6600	28.6600			
	II-21°C-7 días	3	28.8300	28.8300	28.8300	28.8300			
	II-21°C-1 día	3	31.4933	31.4933	31.4933	31.4933	31.4933		
	II-4°C-0 días	3		37.7333	37.7333	37.7333	37.7333	37.7333	
	I-4°C-0 días	3			39.5567	39.5567	39.5567	39.5567	
	I-21°C-1 día	3				40.5333	40.5333	40.5333	40.5333
	II-4°C-1 día	3					42.1133	42.1133	42.1133
	I-4°C-1 día	3						44.2933	44.2933
	I-21°C-0 días	3							51.8533
	Significación		0.126	0.061	0.055	0.063	0.087	0.290	0.063

g	f	e	d						
g	f	e	d						
g	f	e	d	c	b	a			
g	f	e	d	c	b	a			
				c	b	a			
				c	b	a			
				c	b	a			

### Medias

#### Porcentaje de proteína recuperada por gramo \* Filtro

Tabla 62: Porcentaje de proteína recuperada por gramo

<b>Filtro</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Desv. típ.</b>
Filtro I	32.98333333333333a	27	12.23059 a
Filtro II	30.0759259259259a	27	7.96126 a
<b>Total</b>	<b>31.5296</b>	<b>54</b>	<b>10.32611</b>

#### Porcentaje de proteína recuperada por gramo \* Temperatura

Tabla 63: Porcentaje de proteína recuperada por gramo

<b>Temperatura</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Desv. típ.</b>
21°C	33.6861a	18	11.86626
4°C	34.5494a	18	10.45849
10°C	26.3533b	18	6.26834
<b>Total</b>	<b>31.5296</b>	<b>54</b>	<b>10.32611</b>

#### Porcentaje de proteína recuperada por gramo \* Días

Tabla 64: Porcentaje de proteína recuperada por gramo

<b>Días</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Desv. típ.</b>
0 días	34.5022a	18	10.63705
1 día	35.4489a	18	9.50394
7 días	24.6378b	18	7.28330
<b>Total</b>	<b>31.5296</b>	<b>54</b>	<b>10.32611</b>



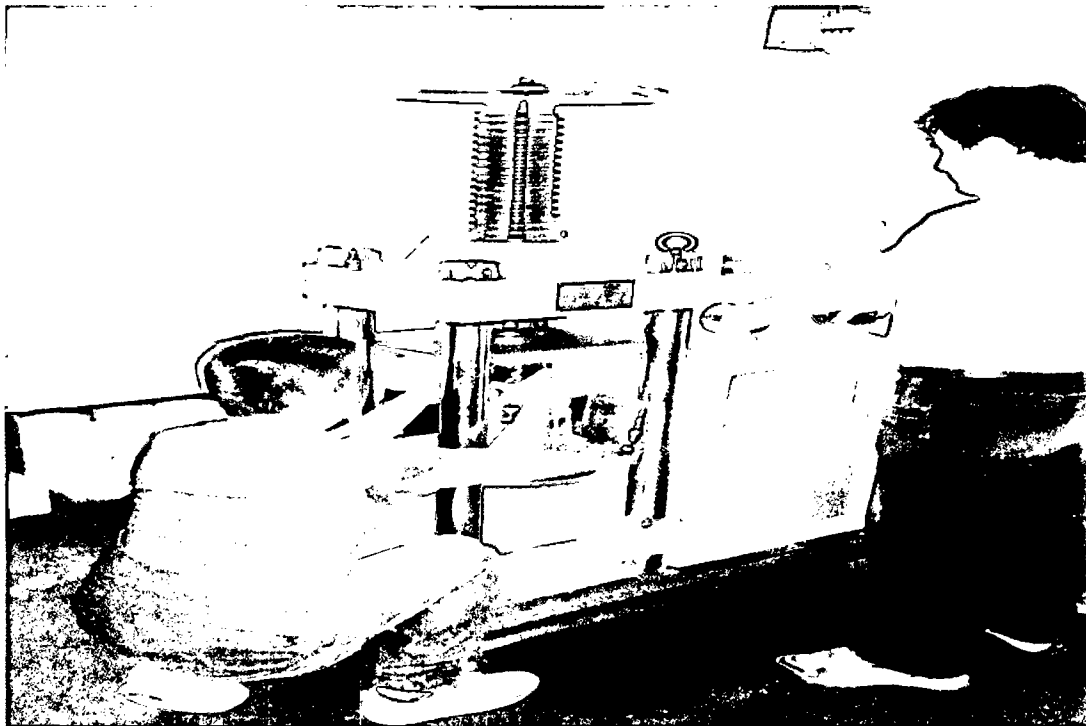
**Porcentaje de proteína recuperada por gramo \* Tratamiento**

Tabla 65: Porcentaje de proteína recuperada por gramo

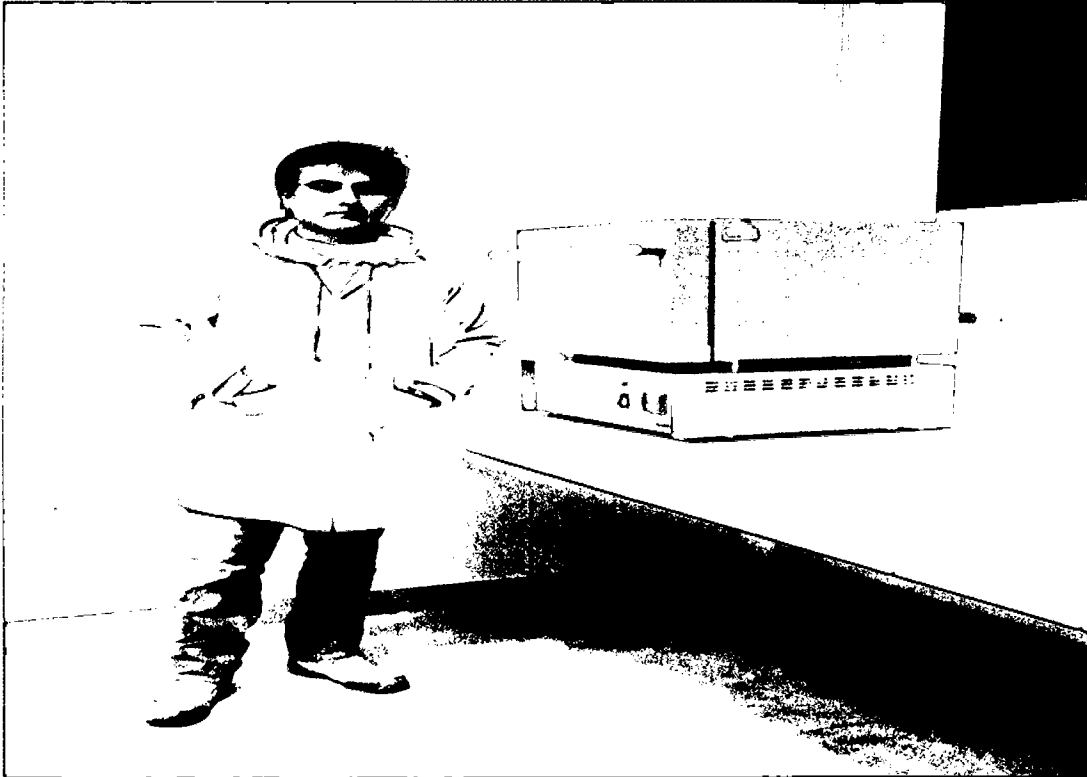
<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Desv. típ.</b>
I-21°C-0 días	51.8533333a	3	3.21007
I-21°C-1 día	40.5333dcb	3	6.37873
I-21°C-7 días	24.8533g	3	12.62380
I-4°C-0 días	39.5567edcb	3	5.67551
I-4°C-1 día	44.2933ba	3	5.17813
I-4°C-7 días	22.2033g	3	5.32670
I-10°C-0 días	26.0433gf	3	3.58895
I-10°C-1 día	25.6000gf	3	10.49661
I-10°C-7 días	21.9133g	3	6.01894
II-21°C-0 días	24.5533g	3	5.71847
II-21°C-1 día	31.4933gfedc	3	6.26538
II-21°C-7 días	28.8300gfed	3	8.02727
II-4°C-0 días	37.7333fedcb	3	1.06604
II-4°C-1 día	42.1133cba	3	7.04907
II-4°C-7 días	21.3967g	3	4.72504
II-10°C-0 días	27.2733gfe	3	5.72337
II-10°C-1 día	28.6600gfed	3	6.34797
II-10°C-7 días	28.6300gfed	3	7.35195
<b>Total</b>	31.5296	54	10.32611



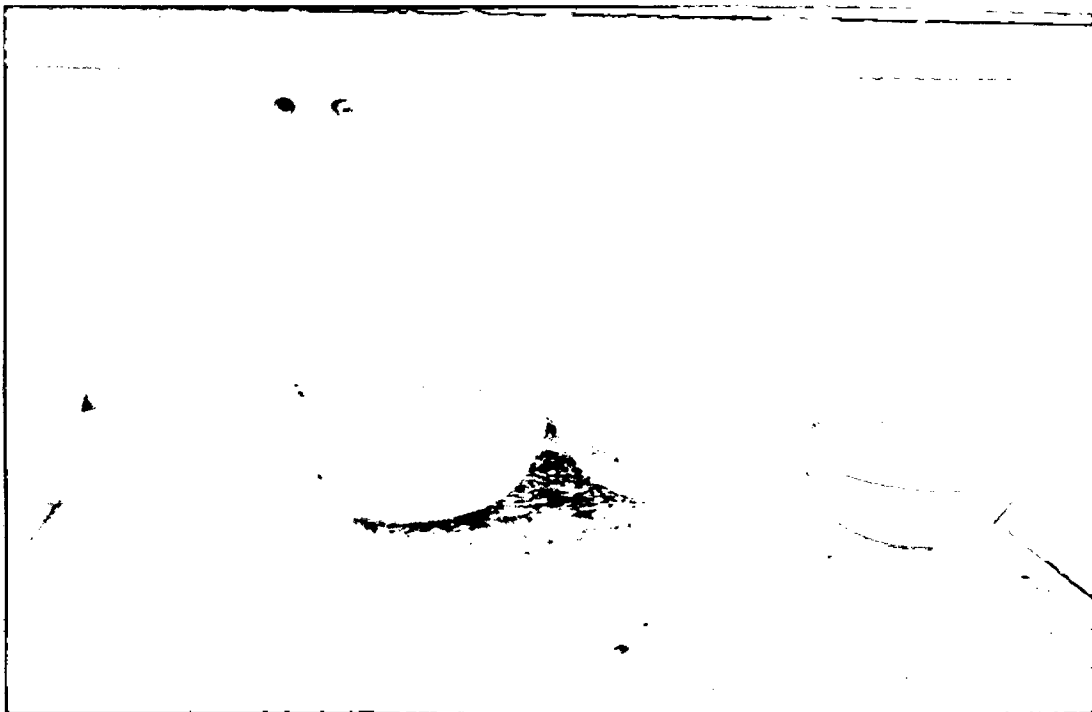
Fotografía 1: Formulación y preparación de los microfiltros de bentonita



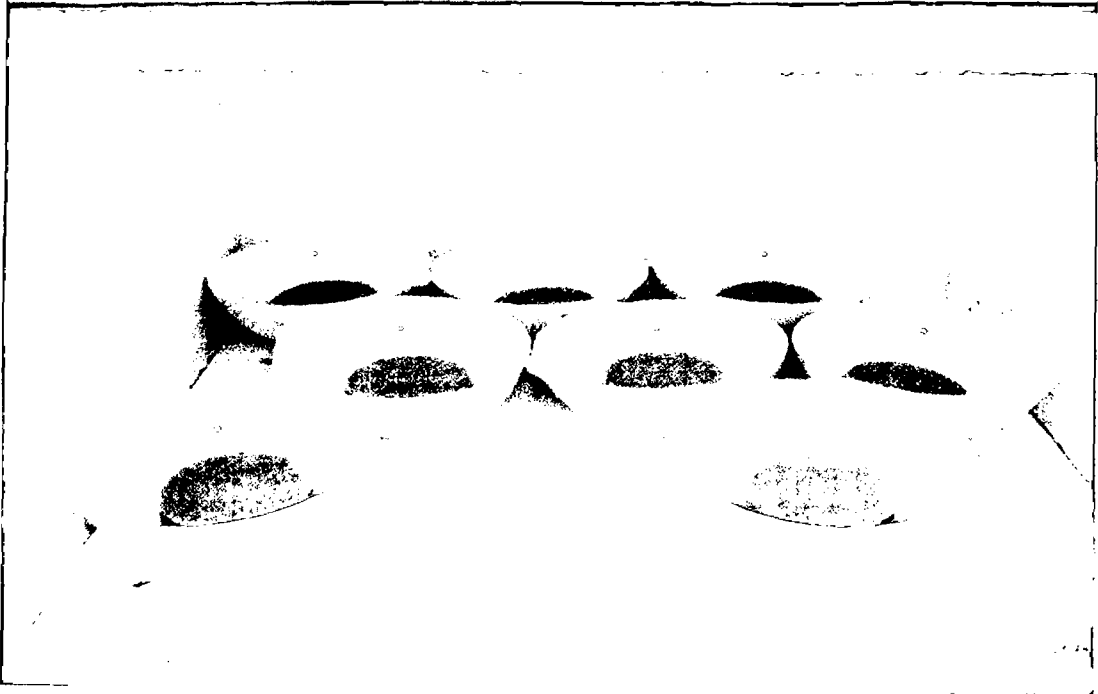
Fotografía 2: Prensado de los microfiltros de bentonita



Fotografía 3: Mufla para el calcinado y sinterizado de los microfiltros cerámicos



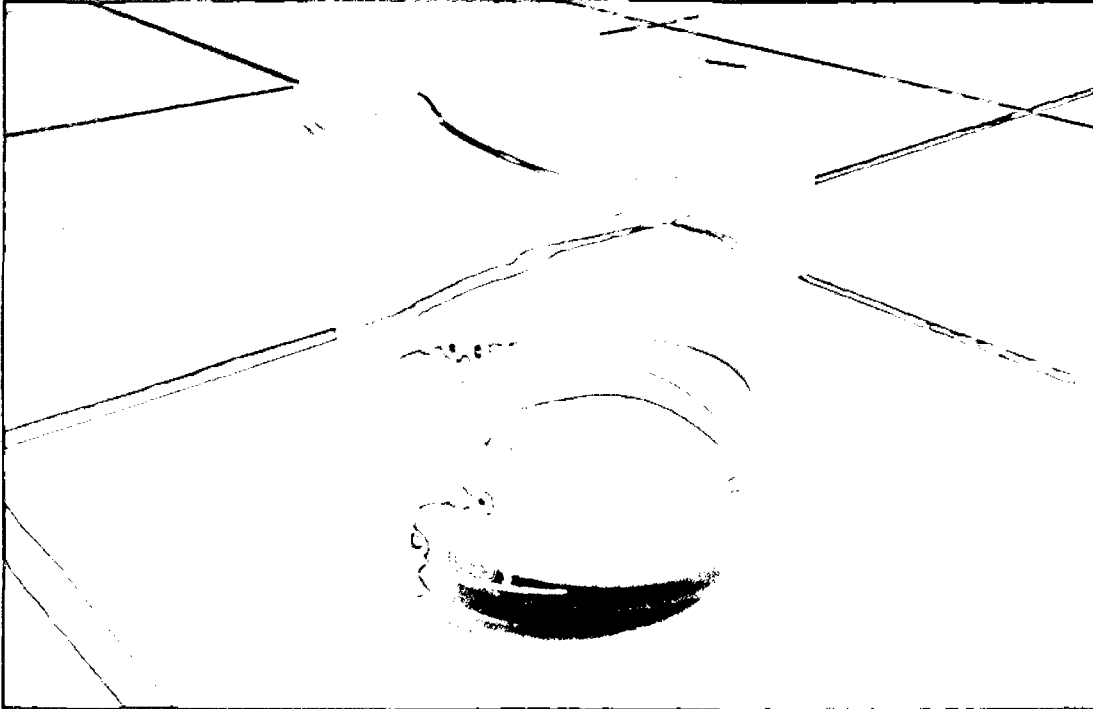
Fotografía 4: Microfiltros prensados, antes de la calcinación y sinterización



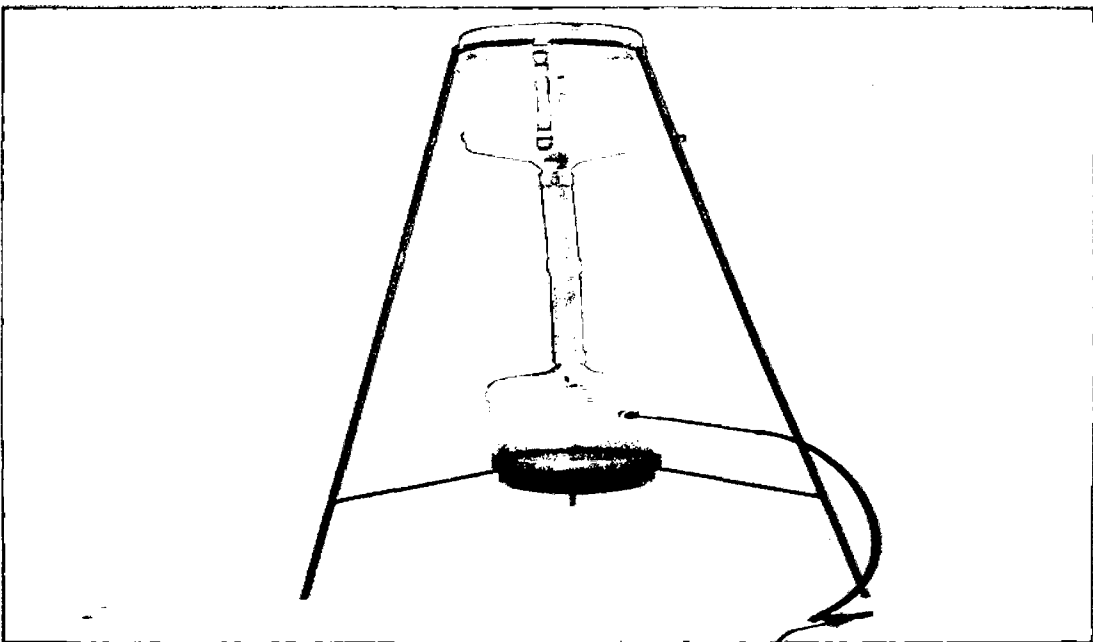
Fotografía 5: Microfiltros después de la calcinación y sinterización



Fotografía 6: Caracterización de los Microfiltros para sus evaluaciones de microporosidad



Fotografía 7: Pruebas para la determinación de microporosidad de los Microfiltros



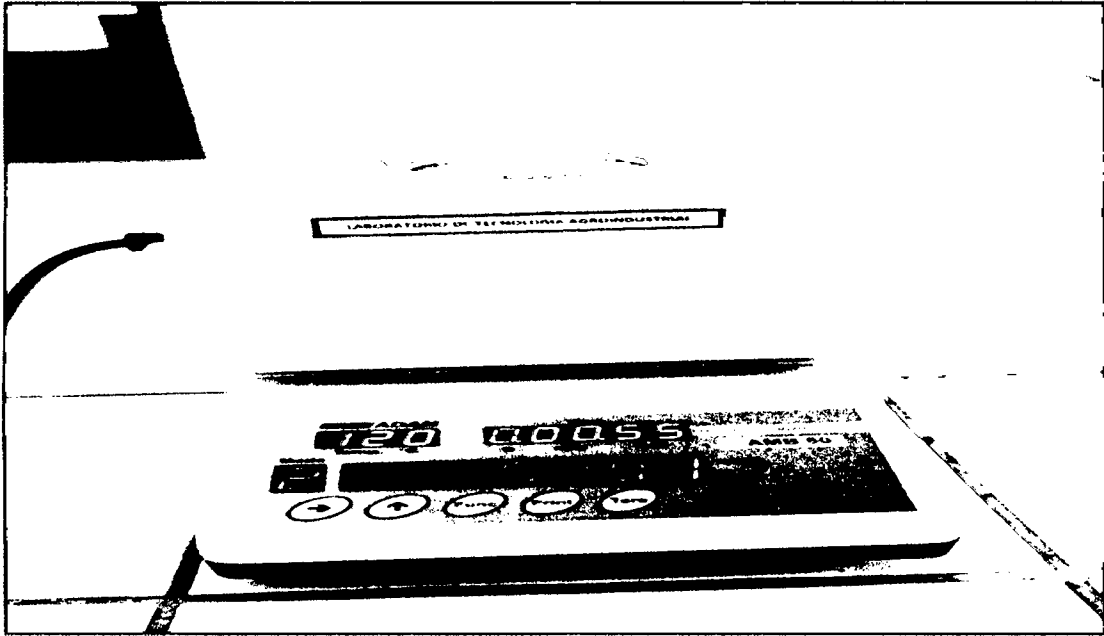
Fotografía 8: Equipo de microfiltrado



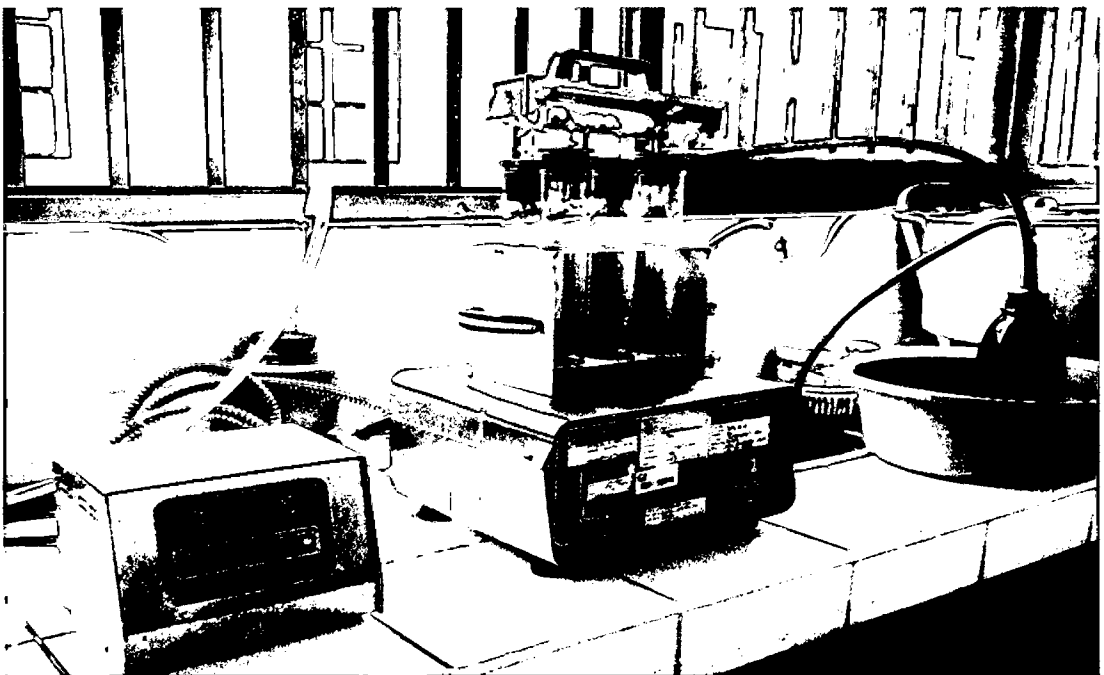
Fotografía 9: Muestras de lactosuero para las pruebas de Espectofotometria



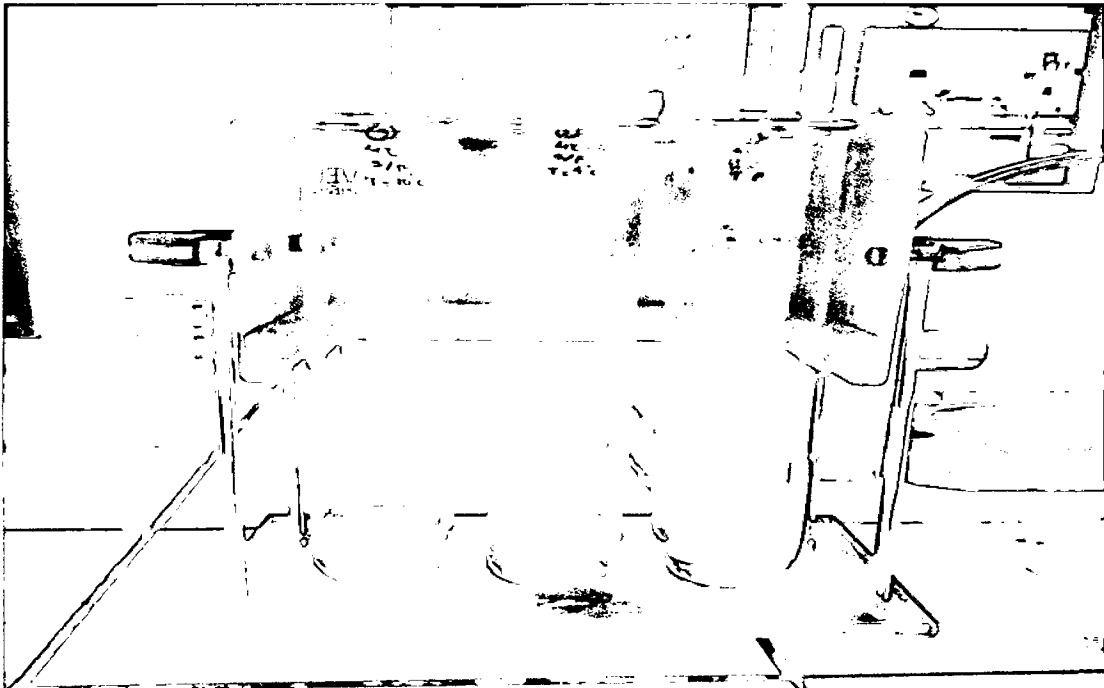
Fotografía 10: Pruebas de Espectofotometria



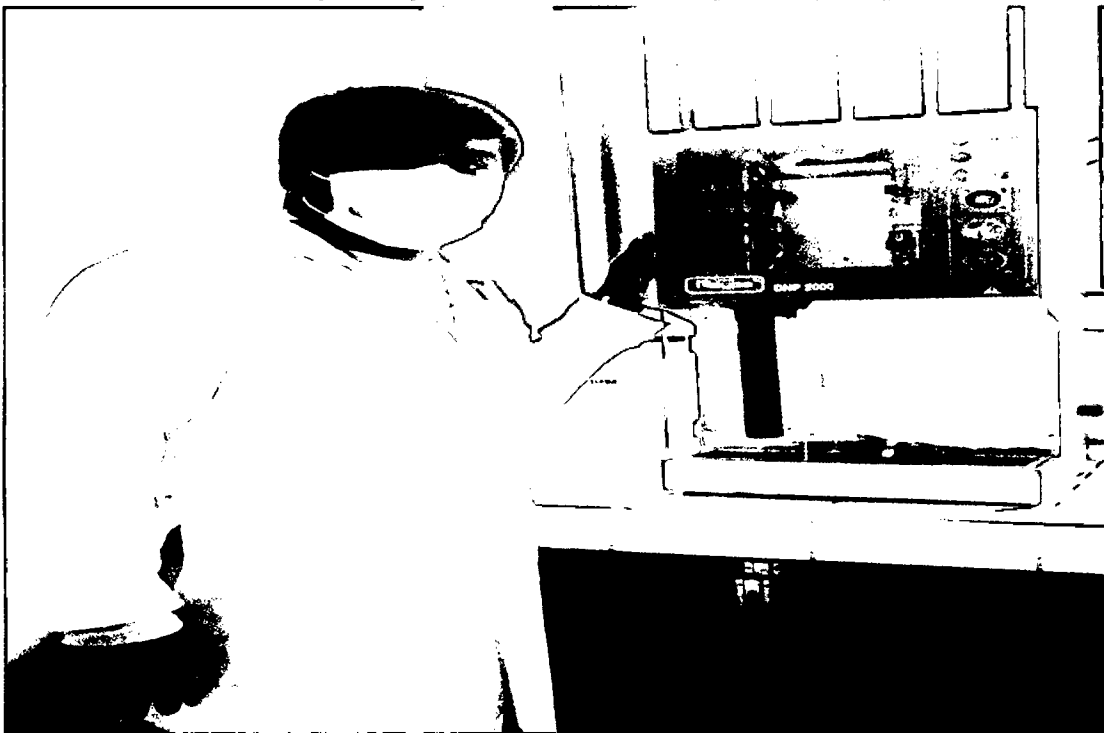
Fotografía 11: Determinación de porcentaje de humedad y porcentaje de solidos totales



Fotografía 12: Digestión de las muestras para la evaluación de porcentaje de proteína, por el procedimiento básico de Kjeldahl.

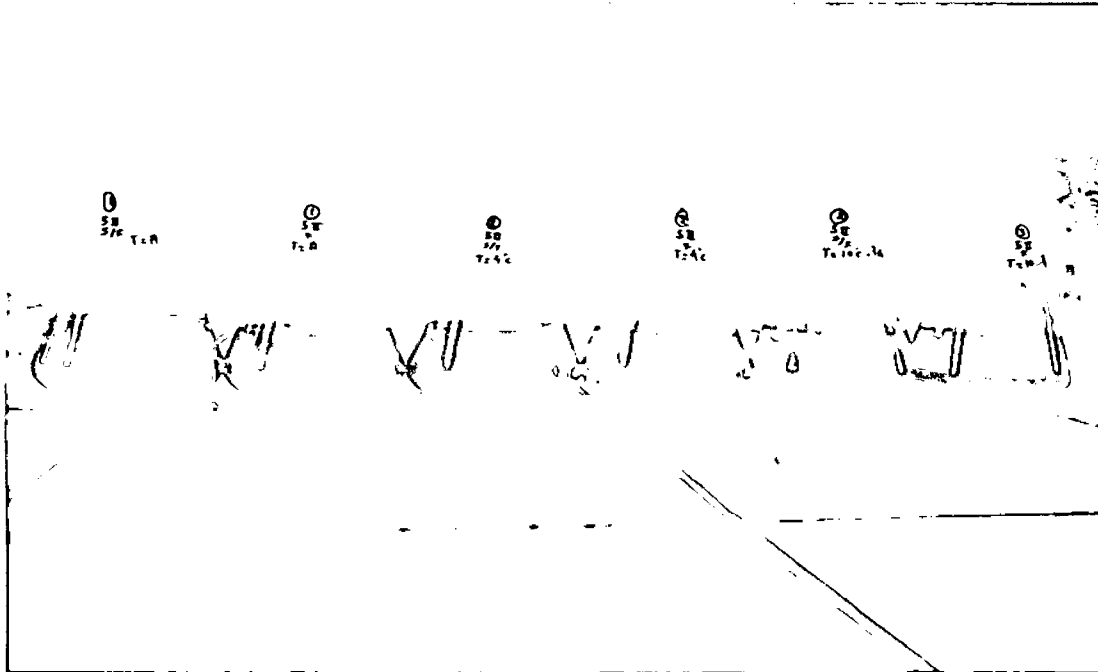


Fotografía 13: Acondicionamiento de las muestras después de digestión, del procedimiento básico de Kjeldahl para la determinación de porcentaje de proteína.

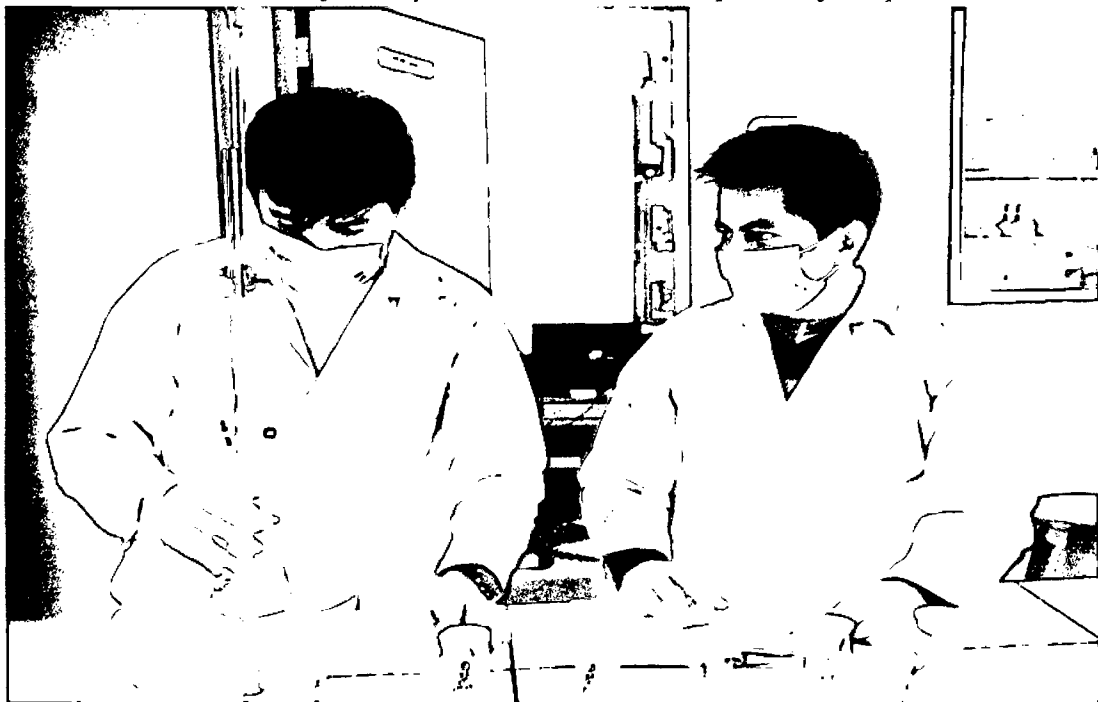


Fotografía 14: Destilación de las muestras según el procedimiento básico de Kjeldahl para la determinación de porcentaje de proteína.

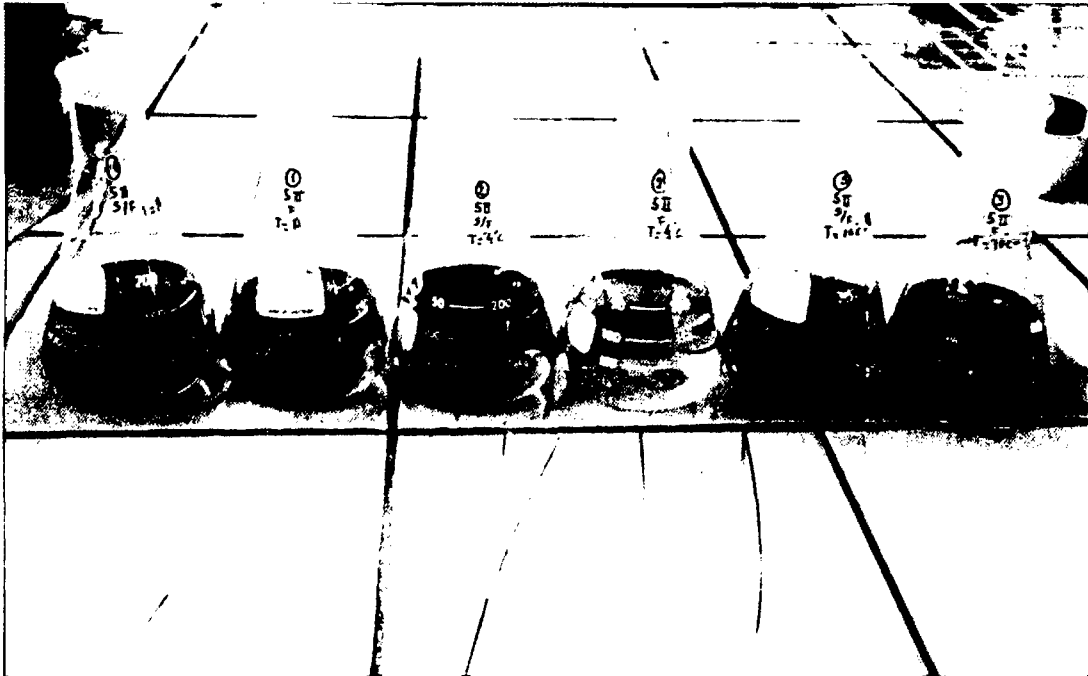




Fotografía 15: Muestras obtenidas de la destilación de las muestras según el procedimiento básico de Kjeldahl para la determinación de porcentaje de proteína.



Fotografía 16: Titulación de las muestras obtenidas de la destilación para la determinación de nitrógeno consumido según el procedimiento básico de Kjeldahl.



Fotografía 17: Viraje de color de las muestras en la titulación para determinación de nitrógeno consumido según el procedimiento básico de Kjeldahl.