



---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS  
EN SOLUCIONES ACUOSAS DE GRENETINAS**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICA FARMACÉUTICO BIOLÓGICA

**PRESENTA**

**GRISEL LUGO BOLAÑOS**



**MÉXICO, D.F.**

**AÑO 2014**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Jurado asignado:**

Profesores

Presidente: Jesús Gracia Fadrique

Vocal: Ma. Guadalupe Lemus Barajas

Secretario: Tania Campos González

1er suplente: Carlos Juárez Osornio

2° suplente: Alma Miriam Novelo Torres

**Sitio donde se desarrolló el tema:**

Laboratorio de superficies

Departamento de Físicoquímica

Facultad de Química

Ciudad Universitaria

Universidad Nacional Autónoma de México

Asesor del tema

---

Dr. Jesús Gracia Fadrique.

Supervisor técnico

---

Alma Miriam Novelo Torres.

Sustentante

---

Grisel Lugo Bolaños

## Índice general.

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Objetivos</b>	<b>2</b>
<b>Capitulo uno. Físico química coloidal.</b>	
1. Sistemas dispersos	3
1.1 Geles	4
1.1.1 Propiedades generales de los geles	5
1.1.2 Formación	7
1.1.3 Aplicaciones	7
1.2 Gelatina	8
1.2.1 Transformación de colágeno a gelatina	9
1.2.2 Propiedades de la gelatina	10
1.2.3 Gelación	11
1.2.4 Aspectos del mercado	11
<b>Capitulo dos. Polímeros en solución</b>	
2. Características de los altos polímeros	14
2.1 Procedencia	14
2.1.1 Composición química	15
2.1.2 Propiedades físicas	15
2.1.3 Reacción de formación	16
2.1.4 Forma	16

2.1.5 Polimolecularidad	17
2.1.6 Propiedades en solución	18
2.2 Solubilidad.	19
2.2.1 Solubilidad en proteínas	22
2.2.2 Influencia del pH	22
2.2.3 Influencia de la fuerza iónica $\mu$	22
2.2.4 Influencia de la temperatura	23
2.2.5 Influencia de disolventes no acuosos	23
2.3 Reología	24
2.3.1 Viscosimetría	26

### **Capítulo tres. Protocolo Experimental**

3.1 Preparación de la muestra	29
3.1.1 Determinación del índice de refracción y porcentaje de sólidos totales	30
3.1.2 Determinación de la densidad	31
3.1.3 Determinación del punto de fusión	31
3.1.4 Determinación de la conductividad	32
3.1.5 Determinación del pH	32
3.1.6 Determinación de la viscosidad cinemática	33
3.2 Preparación de las muestras	34
3.2.1 Determinación de Bloom	35

### **Capítulo cuatro. Resultados**

4.1 Determinación de parámetros fisicoquímicos para las muestras problema M035, M140 y M170.	36
4.2 Determinación de parámetros fisicoquímicos para grenetinas XR1, XR2, XR3 e IP.	72
4.3 Determinación de Bloom para gelatina sin sabor presentación fresa, limón, piña y uva.	96
4.4 Determinación de Bloom para gelatina con sabor presentación uva.	99
4.5 Determinación de Bloom para gelatinas marca comercial.	101
4.6 Determinación de Bloom para gelatinas con adición de terceros componentes.	112
<b>Capítulo cinco. Conclusiones.</b>	<b>122</b>
<b>Apéndice A. Índice de Figuras, Tablas y Gráficos</b>	<b>123</b>
<b>Apéndice B. Verificación del método de conductividad y determinación de la viscosidad de la gelatina tipo A marca SIGMA.</b>	<b>132</b>
<b>Apéndice C. Gráficos de relación entre Bloom y concentración a diferentes temperaturas.</b>	<b>136</b>
<b>Apéndice D. Datos experimentales</b>	<b>147</b>
<b>Referencias</b>	<b>164</b>

## **Introducción**

En este trabajo se estudió el comportamiento fisicoquímico de soluciones acuosas de grenetinas y gelatinas, a través de mediciones de índice de refracción, porcentaje de sólidos totales, densidad, punto de fusión, conductividad, pH, viscosidad cinemática y su capacidad para gelificar graduada en categoría Bloom que es una medida estándar de la fuerza aplicada para provocar una deformación a una concentración y temperatura estandarizada en un gel. En el caso de las muestras de grenetina porcina y bovina se determinó la masa molar a partir de las mediciones de viscosidad cinemática. Se estudió el efecto de terceros componentes (proteínas, polisacáridos y tensoactivos) en la gelatina sobre la determinación de Bloom.

El desarrollo del trabajo se muestra en cinco capítulos y cuatro apéndices. En el capítulo uno se define la fisicoquímica coloidal, las características de la muestra y aspectos del mercado. En el capítulo dos se describen las propiedades de los polímeros en disolución, el proceso de solubilización y el comportamiento reológico. El capítulo tres trata del procedimiento experimental. Dentro del capítulo cuatro, se encuentran tanto los resultados obtenidos como su correspondiente análisis. El capítulo cinco contiene las conclusiones y perspectivas de este trabajo. El apéndice A corresponde al índice de figuras, gráficos y tablas, el apéndice B a la verificación del método de conductividad y la determinación de viscosidad del blanco, mientras que el apéndice C incluye las gráficas de resultados de la relación entre Bloom y concentración a diferentes temperaturas para las muestras de grenetina porcina y bovinas. Finalmente, el apéndice incluye las tablas de datos experimentales con los que se generaron las gráficas de resultados.

## **Objetivos**

- Estudiar el comportamiento en solución de gredinas.
- Calcular la masa molar del sistema polimérico mediante el método de viscosidad intrínseca.
- Determinar las interacciones con la adición de terceros componentes en la gelatina.



# Capítulo uno

## Fisicoquímica coloidal

### 1. *Sistemas dispersos*

En la actualidad, el desarrollo de la fisicoquímica ha sido extraordinario tanto en extensión como en profundidad, siendo el estudio de los fenómenos de superficie una de las áreas con mayor desarrollo, destacando aquellos que se originan en sistemas coloidales. El término coloide proviene de las raíces griegas “kolla” (pegamento) y “oeides” (similar) fue empleado por el químico británico Thomas Graham, para describir sustancias que no atravesaban el papel pergamino y que difundían con lentitud.<sup>1</sup> Un sistema coloidal es un sistema compuesto por dos fases, en el cual una fase (fase dispersa) es dispersada en una segunda fase (fase continua).<sup>2</sup> Las partículas de la fase dispersada pueden ser esferas, cubos, placas, varillas, etc. cuya dimensión abarca el intervalo de 10-100Å o 1-10nm.<sup>3</sup> Dependiendo del tamaño de partícula, los coloides se clasifican en 3 clases generales: *Soluciones de macromoléculas, coloides de asociación y dispersiones coloidales.*<sup>2</sup> A su vez, de acuerdo a las fases que componen el coloide, las dispersiones coloidales se dividen en distintos tipos.

Tabla 1.- Tipos de dispersiones coloidales <sup>1-4</sup>

<b>Fase dispersa</b>	<b>Medio dispersor</b>	<b>Nombre</b>	<b>Ejemplo</b>
<b>Sólido</b>	Gas	Aerosol	Humo
	Líquido	Sol o suspensoide	Oro en agua
	Sólido	Gel	Vidrio rubí
<b>Líquido</b>	Gas	Aerosol	Nieblas, nubes
	Líquido	Emulsión	Leche , mayonesa
	Sólido	Gel	Gelatinas
<b>Gas</b>	Líquido	Espuma	Crema batida
	Sólido	Espuma sólida	Piedra pómez

En cuanto su afinidad por la fase continua, las dispersiones de sólidos en líquidos pueden subdividirse en coloides liófilos y liófilos. Los primeros son aquellos en los que hay muy poca atracción entre la fase dispersa y el medio.<sup>4</sup> Por otro lado, los coloides liófilos son dispersiones en las cuales la fase dispersa exhibe una afinidad definida hacia el medio, dando como resultado una mayor estabilidad, la cual está condicionada por la carga eléctrica y la solvatación de las partículas<sup>5</sup>, tal es el caso de la gelatina.

### 1.1 Geles

Un gel es un sistema coloidal con un mínimo de dos componentes en el que ambos se extienden de forma continua a través del sistema. Se comporta como un sólido rígido y sin embargo, retiene muchas de las propiedades características del componente fluido.<sup>6-7</sup>

De acuerdo a sus propiedades reológicas los geles se dividen en elásticos y no elásticos.<sup>8-9</sup>

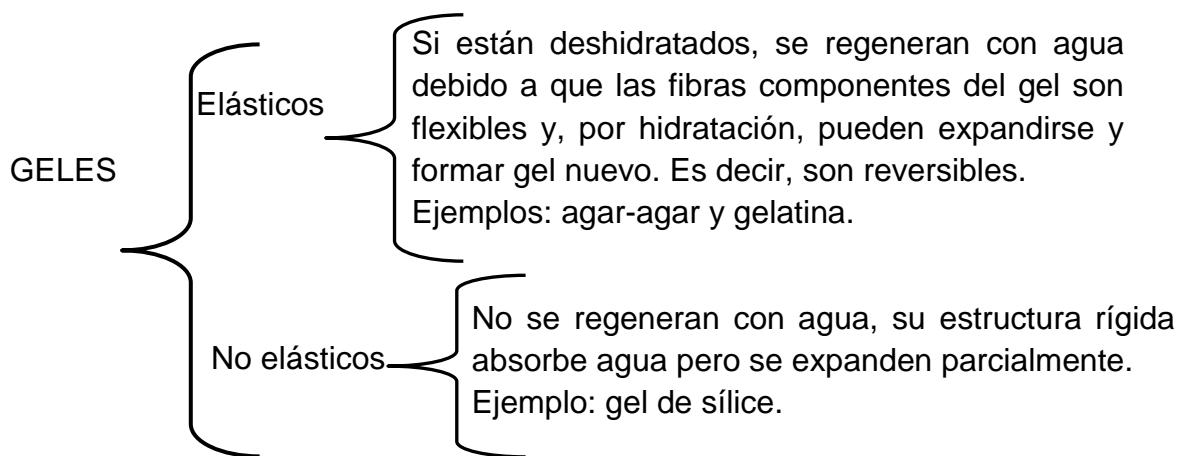


Figura 1. División de geles de acuerdo a sus propiedades.

Se pueden distinguir diferentes tipos de geles de acuerdo a: Las propiedades de enlace, origen de las materias primas que los compone o tipo de flujo.

Tabla 2.- Clasificación de geles de acuerdo a una propiedad característica.<sup>10-11-12</sup>

Propiedad	Clasificación	Descripción
<b>Tipo de enlace</b>	Físicos o químicos	Depende de la naturaleza de sus enlaces, pueden ser químicos(fuertes) o físicos (lábiles)
<b>Origen</b>	Naturales o sintéticos	Naturales: Córnea, humor vítreo y tejidos conectivos Sintéticos: Geles de poliacrilato de sodio
<b>Flujo</b>	Verdadero o débil	Verdadero: Tiene una libre posición y proviene de una red tridimensional (se auto sostiene). Débil: su naturaleza "sólida" aparece menos clara al someterlo a un esfuerzo (fluye).

Los geles poseen diferentes grados de rigidez, elasticidad y fragilidad, esto depende de: La concentración del agente gelificante, contenido salino, pH de la fase acuosa y temperatura.<sup>10</sup>

#### 1.1.1 Propiedades generales de los geles.

##### A) Imbibición

Cuando se coloca en un líquido apropiado, un gel es capaz de absorber volúmenes considerables del líquido. La absorción va acompañada por un gran incremento de volumen.<sup>8</sup> Esto dependerá de la conformación de las subcadenas del gel. Una subcadena es un filamento de cadena de polímero confinado entre dos enlaces cruzados vecinos en un gel. Si la subcadena es corta, la red es pequeña y el gel puede adquirir sólo una pequeña cantidad de disolvente, si las subcadenas son largas y se estiran completamente, el gel está en un estado altamente hinchado. Dicho gel puede adquirir hasta varios kilogramos de disolvente por 1g de polímero.<sup>11</sup>

## B) Rigidez

La rigidez es una propiedad mecánica de los geles que se puede relacionar con la estructura. La rigidez se define como la relación entre la fuerza de cizallamiento y la deformación, cuando mayor sea la fuerza y menor es la deformación, mayor será la rigidez del gel.<sup>13</sup> La rigidez depende de la concentración del agente gelificante y la temperatura, en donde: La rigidez aumenta con la concentración y es inversamente proporcional a la temperatura.

## C) Elasticidad

La alta elasticidad es la capacidad de exhibir grandes deformaciones reversibles. Un material elástico ideal es aquel que se deforma instantáneamente con la aplicación de una fuerza, e instantáneamente regresa a su forma original cuando la fuerza se retira. En una red al equilibrio, las subcadenas buscan proporcionar la entropía máxima para el sistema, cuando se aplica una tensión la red se extiende y las subcadenas son alargadas. Una vez deformadas, al quitar la tensión buscan regresar a su estado de máxima entropía, por lo tanto, la deformación es reversible.<sup>10-11</sup>

Para obtener elasticidad se requieren largas cadenas moleculares que posean rotación de enlaces, fuerzas secundarias débiles y entrelazamiento de las moléculas en pocos sitios a lo largo de la cadena para formar redes tridimensionales.

### 1.1.2 *Formación*

Según su naturaleza, los geles se preparan por uno de los tres métodos siguientes: (a) enfriamiento, (b) doble descomposición o metátesis, (c) cambio de solvente. Los geles de agar-agar, de gelatina y de otras sustancias se preparan enfriando una dispersión acuosa no muy diluida de ellas, en agua caliente. Al enfriarse el sol (Tabla 1), las partículas muy hidratadas pierden su estabilidad, se aglomeran en masas más grandes y ocasionalmente, se acoplan para formar la estructura semirrígida del gel que atrapa todo medio libre.<sup>4</sup> Los parámetros que afectan la homogeneidad de los geles son<sup>1</sup>: (a) Estructura, reactividad y secuencia de adición de los reactivos, (b) naturaleza del solvente y solubilidad de los reactivos en el mismo, (c) Cantidad de agua adicionada, (d) pH de la reacción, (e) temperatura y tiempo de reacción, (f) dispersión del sistema e interacción gelificante. La gelación se produce cuando las partículas del sol crecen lo suficiente y logran interconectarse para formar macromoléculas. El sol se convierte en gel cuando es capaz de soportar un esfuerzo elástico.<sup>1</sup>

### 1.1.3 *Aplicaciones*

Una de los principales campos de aplicación para los geles es la producción de diversos materiales higiénicos y artículos absorbentes de líquidos fisiológicos. Otro campo es la agricultura, donde se utiliza geles para retener el agua del suelo en las regiones de sequía. En la industria farmacéutica son útiles como vehículos para la liberación controlada de fármacos. Finalmente, otra de las aplicaciones fundamentales es en la industria alimentaria en la producción de postres como la gelatina.<sup>11-12-13</sup>

## **1.2 Gelatina**

La gelatina deriva del verbo latino “gelaro” (para congelar) es conocida desde hace miles de años, la extracción se remonta por lo menos a la época de los faraones del antiguo Egipto.<sup>7</sup>

Es definida por la Farmacopea como:

“Producto obtenido por la hidrólisis parcial de colágeno derivado de piel, tejido conectivo blanco y huesos de animales”<sup>14</sup>

La gelatina se obtiene con facilidad y relativa pureza, por lo que es una proteína clásica en la química coloidal y objeto de una cantidad enorme de trabajo experimental. El colágeno es la principal proteína fibrosa constituyente de huesos, cartílago y piel; por lo tanto, la fuente, edad del animal y tipo de colágeno, son factores que influyen en las propiedades de la gelatina.<sup>9</sup>

Se han identificado 27 tipos de colágeno, el tipo I es el colágeno que ocurre más ampliamente en el tejido conectivo<sup>9</sup>. Está compuesto por 3 cadenas que forman una triple hélice conocida como tropocolágeno. Cada cadena tiene unos 14000 aminoácidos, de los cuales uno de cada tres es una glicina. A intervalos regulares se encuentran otros aminoácidos, la prolina y la hidroxiprolina, poco frecuente en otras proteínas. La presencia de estos aminoácidos particulares permite que las 3 cadenas se enrollen una alrededor de la otra formando una fibra muy resistente. Además, entre las cadenas se establecen puentes de hidrógeno que confieren en el colágeno una gran estabilidad.<sup>15</sup>

### 1.2.1 Transformación de colágeno a gelatina

La transformación de colágeno a gelatina es el proceso en el cual las fibras de colágeno insolubles en agua se transforman en unidades de tropocolágeno solubles en agua.<sup>7</sup> Para ello la molécula del colágeno se debe desordenar. Dicho proceso, puede ocurrir de tres maneras (figura 2):

1. Formación de tres cadenas aleatorias en espiral alfa, no idénticas y probablemente de peso molecular diferente.
2. Formación de dos cadenas unidas por uno o más enlaces cruzados covalentes (componente beta) y otra cadena aleatoria en espiral alfa libre.
3. Formación de por lo menos dos enlaces cruzados covalentes para mantener las tres cadenas juntas, en la desnaturalización se funde y se elimina la estructura secundaria, pero las tres cadenas no se pueden separar y quedan como una unidad en solución (componente gamma).

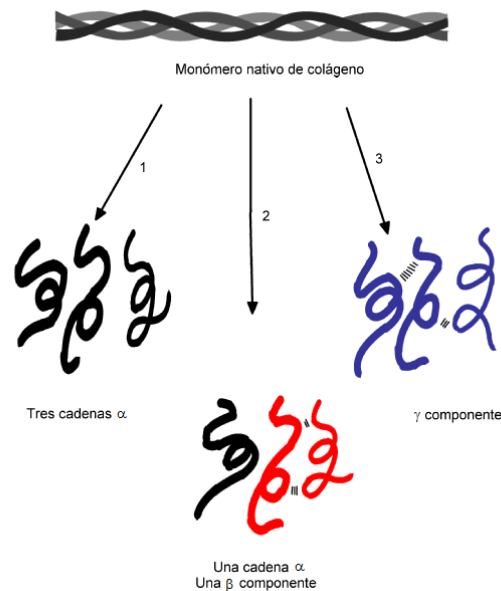


Figura 2. Transformación de colágeno a gelatina.

Por lo tanto, cada molécula de tropocolágeno no tiene el mismo número de enlaces cruzados intramoleculares. Por lo que, la conversión ideal de monómeros de colágeno en gelatinas es por la manera número uno.<sup>7</sup>

El tratamiento del colágeno nativo insoluble es normalmente producido por el calentamiento en agua a temperaturas superiores a 45°C, donde un pre tratamiento químico rompe los enlaces no covalentes con el fin de desorganizar la estructura de la proteína, lo que produce una adecuada hinchazón y solubilización del colágeno; subsecuentemente, un tratamiento de calor rompe los enlaces de hidrógeno y los enlaces covalentes lo que desestabiliza la triple hélice, lo que resulta en la conversión de colágeno nativo a gelatina soluble. Dos tipos de gelatina se obtienen en función del tratamiento previo: gelatina tipo A (obtenida por arreglo ácido) y gelatina tipo B (obtenida por arreglo alcalino).<sup>9</sup>

### 1.2.2 Propiedades de la gelatina

Las propiedades más importantes se pueden dividir en dos categorías, las asociadas con su comportamiento de gelificación y las relacionadas con su comportamiento de superficie.<sup>16-17</sup>

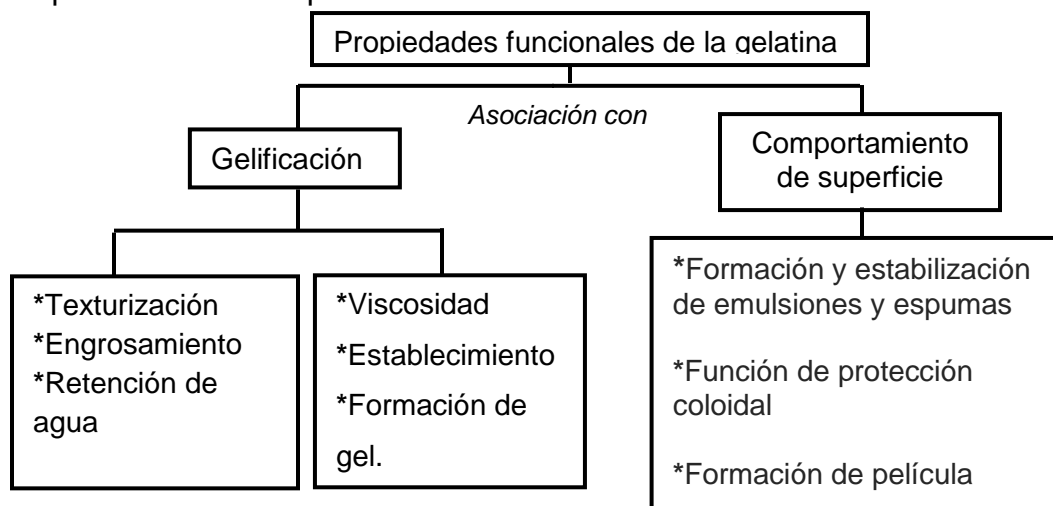


Figura 3. Propiedades funcionales de la gelatina



Las propiedades asociadas al comportamiento de gelificación están estrechamente determinadas por la estructura, tamaño molecular y temperatura del sistema.<sup>9</sup> Las propiedades de superficie dependerán de la presencia de grupos cargados en las cadenas laterales de las proteínas y, en cierta parte, de la secuencia de colágeno que contiene (ya sea aminoácidos hidrófilos o hidrófobos). Ambas partes tienden a migrar hacia las superficies, reduciendo la tensión superficial de los sistemas acuosos.<sup>7-9</sup>

### *1.2.3 Gelación*

Los mecanismos propuestos en el proceso de gelificación se producen a través de tres etapas:

Ocurre un reordenamiento de cadenas moleculares individuales en disposición helicoidal seguida de una asociación de dos o tres segmentos ordenados para formar cristales y finalmente una estabilización de la estructura por la unión lateral de hidrógeno entre cadenas dentro de las regiones helicoidales.<sup>7-15</sup>

Las moléculas de gelatina tienen diversas longitudes de cadena. Cualitativamente, las propiedades de los geles de gelatina se pueden explicar sobre la base de una estructura de red tridimensional formada por la unión de estas moléculas en lugares separados por enlaces secundarios, tales como enlaces de hidrógeno.<sup>7</sup>

### *1.2.4 Aspectos del mercado*

La fuente tradicional de gelatina presenta problemas de razones socioculturales y aspectos sanitarios. Por lo que, en la industria ha surgido un interés para emplear fuentes alternas de colágeno, tales como pescado y aves de corral. Sin embargo, presenta diversos inconvenientes, destacando su producción limitada y el poseer

propiedades reológicas inferiores (en comparación con la de mamíferos), haciéndolo menos competitivo en precio.<sup>9-16</sup> En virtud de la gran cantidad de marcas de polvos para preparar gelatinas que existen en el mercado, los especialistas del Instituto Nacional del Consumidor (INCO) se dieron a la tarea de analizar distintas muestras de este tipo de productos. La investigación abarcó varias pruebas, como información al consumidor, contenidos de humedad, proteínas, cenizas, acidez, pH, tiempo de gelificación y presencia de plomo, entre otras. Previo a la investigación, se realizó una encuesta para determinar cuáles son las principales características del consumo de gelatinas en dos entidades del país (Distrito Federal y Puebla). Los resultados de la misma sirvieron para analizar las marcas y presentaciones de mayor demanda entre los consumidores.<sup>18</sup>

Las marcas de gelatina que se investigaron en el Distrito federal fueron: Gloria, Jell-o, Burbuja, Royal, Comercial Mexicana y D´Gari.

Tabla 3.- Resultados del INCO sobre las diferentes marcas de gelatina natural con sabor. <sup>18</sup>

MARCA	BURBUJA	JELL-O	GLORIA	ROYAL	COMERCIAL MEXICANA	D'GARI	
INFORMACIÓN GENERAL	Procedencia	N	N	N	N	N	
	Contenido neto declarado (g)	170	170	170	170	200	
	Contenido neto verificado (g)	170.8	173.08	170	170	168.03	176.8
	Información al consumidor	I	C	C	C	I	I
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS	Humedad (máximo 2%)	0.58	0.60	0.64	0.67	0.49	0.85
	Ceniza (3% máximo)	1.14	1.56	1.29	1.35	1.33	0.27
	Acidez (3% máximo base seca como ácido cítrico)	1.03	1.84	1.89	1.78	1.62	1.12
	pH (2.5-5.6)	4.36	3.43	3.38	3.58	3.52	3.82
	Proteína (6% mínimo base seca)	9.93	8.74	9.02	10.62	10.85	12.23
	Sacarosa (60% mínimo)	87.33	89.97	88.94	88.20	89.44	86.65
	Plomo (1ppm máximo)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tiempo de gelificación (4h máximo)	2.50	3.10	2.75	2.90	2.30	2.30
PREPARACIÓN.							
EVACUACIÓN GLOBAL DE CALIDAD (MÁXIMO 100 PUNTOS)	90	90	90	90	85	80	

*N nacional I incompleto C completo*

La preferencia de los consumidores por determinados productos alimenticios está basada en las propiedades organolépticas como lo son el color, el sabor y la textura.<sup>17</sup> El objetivo de mercado es producir un producto estable, elegante, económico y adecuadamente adaptado para su uso previsto.<sup>12</sup>

# Capítulo dos

## Polímeros en solución

Todas las sustancias naturales, artificiales o sintéticas, cuya masa molar es superior a 10 000 kDa reciben el nombre general de sustancias macromoleculares y se clasifican en inorgánicas u orgánicas.<sup>19</sup>

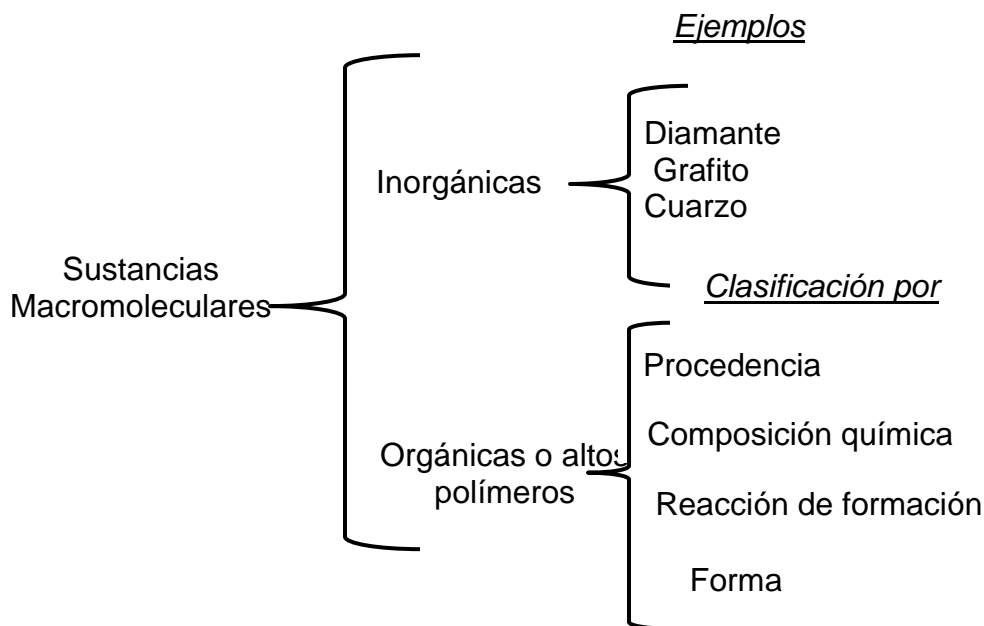


Figura 4. Clasificación de sustancias macromoleculares.<sup>20</sup>

## **2. Características de los altos polímeros**

### *2.1 Procedencia.*

Dentro de este grupo de sustancias macromoleculares orgánicas se incluyen los productos naturales del ámbito vegetal y animal de alta masa molar, los polímeros artificiales llamados también semisintéticos y los altos polímeros sintéticos. Entre los altos polímeros naturales, las proteínas y los polisacáridos destacan por su interés científico y técnico. Sus derivados industriales constituyen los altos polímeros semisintéticos.<sup>21-22</sup>

### 2.1.1 Composición química

Desde el punto de vista de su composición química, los altos polímeros se dividen en: carbopolímeros, carboxipolímeros, carboazopolímeros, carbtiopolímeros y siloxipolímeros.

Tabla 4.- Clasificación de los altos polímeros de acuerdo a su composición química.

Tipo	Composición
Carbopolímeros	Exclusivamente C e H
Carboxipolímeros	C,O e H en la cadena principal
Carboazopolímeros	C,N,H y a veces O
Carbtiopolímeros	C,S e H a veces O y N
Siloxipolímeros	Si, O e H

**C= carbono H= hidrógeno N= nitrógeno O= oxígeno S= azufre Si= silicio**

Los átomos de los altos polímeros están unidos de manera covalente. Dicha unión presenta dos tipos de fuerza de enlace: las valencias principales (covalencias), que sirven de enlace entre átomos de la macromolécula y las valencias secundarias o fuerzas de Van der Waals, que mantienen a las macromoléculas del polímero unidas de modo más o menos fuerte.<sup>20</sup>

### 2.1.2 Propiedades físicas

Según las propiedades físicas, los altos polímeros se subdividen en termoplásticos, termoestables y elastómeros. Los termoplásticos son polímeros que por acción del calor se reblandecen de forma reversible, solidificándose de nuevo al enfriar. Los termoestables por acción del calor se endurecen de forma irreversible y se descomponen al fundir. Los elastómeros son macromoléculas lineales unidas transversalmente por puentes de enlace.<sup>20</sup>

### 2.1.3 Reacción de formación

La transformación de monómero a polímero se lleva a cabo mediante reacciones de polimerización, poli condensación y poli adición.<sup>19</sup> En la polimerización, el enlace de los monómeros tiene lugar por apertura de sus dobles enlaces; en la poli condensación, este enlace ocurre por separación de productos de baja masa molar, mientras que en la poli adición es por intercambio de átomos de hidrógeno.<sup>20</sup>

### 2.1.4 Forma

Si se considera la forma de las macromoléculas, los altos polímeros se clasifican en lineales, ramificados y reticulares (figura 5).

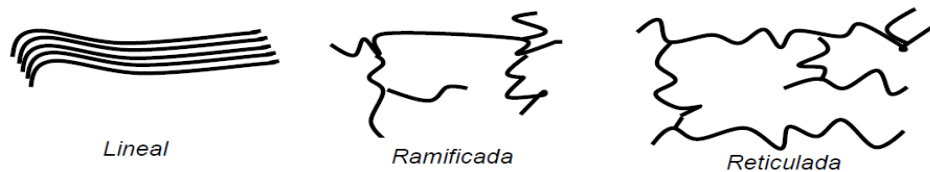


Figura 5. Esquema de macromolécula lineal, ramificada y reticulada.

Los altos polímeros presentan una serie de características propias dado su mayor tamaño, ramificación o reticulación. Si las macromoléculas son lineales o poco ramificadas, será posible su solvatación por las moléculas del disolvente, dando disoluciones coloidales debido al tamaño de las macromoléculas del soluto. Pero a medida que aumenta la ramificación o reticulación del polímero, será menos probable su solvatación del disolvente, ocurriendo solamente una solvatación parcial, externa o intersticial, que producirá una disolución incompleta y una cierta hinchazón del polímero por la disolución parcial del soluto en el disolvente, en

ciertas zonas de la macromolécula polimérica y viceversa.<sup>20</sup> Una cadena polimérica puede tomar dos formas extremas en disolución, una totalmente estirada y otra ovillada (figura 6), posibilidades que sólo dependen de la calidad del disolvente para la macromolécula.



Figura 6. Cadena en forma ovillada.

#### 2.1.5 Polimolecularidad

Otra característica de las sustancias macromoleculares es su constitución por una mezcla de macromoléculas análogas de diferente tamaño (“polimolecularidad”). No obstante, existen productos macromoleculares naturales (algunas proteínas) formadas por macromoléculas idénticas.<sup>20</sup> Los altos polímeros homólogos se comportan como un producto único, por lo que, las propiedades físicas no se modificarán apreciablemente al variar dentro de valores altos su grado de polimerización.<sup>20</sup> Una forma de medir el tamaño de las moléculas de un polímero es medir su masa molar, el cual podría ser definido como el grado de polimerización (o número de unidades repetitivas) multiplicado por la masa molar de cada unidad monomérica. Sin embargo, los métodos experimentales determinan la masa molar y no el grado de polimerización. Los métodos experimentales empleados se pueden dividir en métodos absolutos y métodos relativos.<sup>19-23</sup> Mediante el uso de los métodos absolutos, se obtiene la masa molar sin necesidad de hacer suposiciones acerca de la estructura de la molécula. Sin

embargo, los métodos relativos sí suponen este tipo de conocimientos adicionales. Tal es el caso de, la viscosimetría, ya que la viscosidad depende tanto de la masa molar como de otros factores, por ejemplo, la forma de las partículas disueltas.<sup>23</sup>

### 2.1.6 Propiedades en solución

Cuando un polímero se pone en contacto con un disolvente adecuado se produce, en primer lugar, una etapa de hinchamiento en la que el disolvente penetra en la muestra sin disolverla, haciendo que su volumen aumente. Durante el proceso de hinchamiento, el polímero, suele ser opaco, se vuelve transparente a medida que el disolvente le penetra. Una vez que el disolvente ha penetrado suficiente entre las cadenas de polímero es el momento de comenzar la agitación que ayudará a disolverlo. El proceso de disolución es lento, pudiéndose observar 2 etapas: en la primer etapa un polímero absorbe el disolvente para dar un gel, posteriormente se dispersa lentamente para dar una solución.<sup>19-23</sup> El proceso de disolución depende de: forma de las macromoléculas, el disolvente empleado, temperatura y concentración de la solución.

Tabla 5.- Factores que afectan el proceso de disolución de un polímero. <sup>19-23-24-25.</sup>

<b>Factor</b>	<b>Efecto</b>
<b>Forma</b>	A mayor ramificación o reticulación menos probable su solvatación.
<b>Disolvente</b>	Termodinámicamente bueno cuando las interacciones polímero/disolvente son mayores que las existentes entre las moléculas de polímero o disolvente.
<b>Temperatura</b>	Una elevación de temperatura provoca, en muchos casos, una mejora en las posibilidades de disolver determinado soluto.
<b>Concentración</b>	Al aumentar la concentración del polímero disminuye la solubilidad.

Si el polímero tiene una estructura lineal, las cadenas son independientes entre sí y el hinchamiento crece con la proporción del líquido hasta que la dispersión de las



macromoléculas dentro del disolvente sea completa. Por el contrario, cuando las macromoléculas tienen un alto grado de reticulación, forman una red que sólo el disolvente puede dilatar (no hay más que hinchamiento). Cuando las interacciones polímero/disolvente son significativas, el polímero pasa de un gel a una solución. El proceso sigue con la etapa de expansión y difusión de las cadenas poliméricas en el disolvente, con lo cual pasa de un gel a una solución.<sup>24-25</sup>

## **2.2 Solubilidad**

Los criterios que determinan el que un polímero dado sea o no soluble se pueden discutir en términos termodinámicos. De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, todo sistema fisicoquímico en equilibrio tiene un valor definido en el parámetro de energía  $G$  (la energía libre de Gibbs), en la misma forma que posee un volumen definido  $V$ . (los valores de  $G$  y de  $V$  dependen de la temperatura y de la presión del sistema así como el número de moles presente).<sup>23</sup>

La disolución del polímero en el solvente depende de dos parámetros de energía, la entropía de mezclado y la entalpía de mezclado; la primera favorece la disolución, mientras que la segunda se opone a la mezcla de los componentes. Tendrán lugar únicamente aquellos fenómenos físicos o químicos que den por resultado una energía libre final de la mezcla, ecuación (2.1).<sup>23-24</sup>

Energía libre de mezclado:

$$\Delta G_m = \Delta H_m - T\Delta S_m \quad (2.1)$$

Donde  $\Delta G_m$  es la energía libre de mezclado,  $\Delta H_m$  es la entalpía de mezclado,  $\Delta S_m$  es la entropía de mezclado y  $T$  es la temperatura absoluta en la disolución.

Para que un polímero se disuelva en un disolvente dado  $\Delta G_m$  debe ser negativa, lo que indica que la solubilización ocurrirá de manera espontánea, de lo contrario,

el sistema segrega en dos o más fases.<sup>23-24</sup> Las macromoléculas presentan un comportamiento peculiar, debido a la alta masa molar del polímero, y se manifiesta en grandes desviaciones respecto al comportamiento ideal. Las moléculas en una disolución polimérica están unidas en largas cadenas, lo cual provoca que exista una entropía total menor que en disoluciones de líquidos ordinarios, por ello las disoluciones de polímeros son más inestables y pueden presentar una separación de fases.

Las teorías de disoluciones expresan la propiedad de la mezcla en términos de fuerzas intermoleculares y estructura de la mezcla líquida. Cuando dos o más líquidos puros son mezclados para formar una solución líquida se generan sistemas con diferentes propiedades. Scatchard y Hildebrand designaron como disoluciones regulares aquellas en la que el mezclado de los componentes no provoca una entropía de exceso y no hay cambio de volumen en el mezclado.

Para cuantificar el cambio de energía en la mezcla, definen a un parámetro  $C$ :

$$C \equiv \frac{\Delta U^v}{v^l} \quad (2.2)$$

Donde  $\Delta U^v$  es la energía interna de vaporización,  $v^l$  es el volumen molar del líquido saturado. El término  $c$  define a la densidad de energía cohesiva. El modelo de Scatchard-Hildebrand se generaliza para una mezcla binaria, la energía cuando se expresa como función de la raíz cuadrada de la fracción volumétrica, implica que el volumen de una mezcla líquida binaria está dado por la fracción mol

promedio de los volúmenes de componentes puros, en donde  $\delta$  es definido como el parámetro de solubilidad, ecuación (2.3).

$$\delta = \sqrt{\frac{\Delta U^v}{v^l}} \quad (2.3)$$

En la disolución de un polímero el término que determina el signo de la energía libre de mezclado es la entalpía de mezclado. La entalpía de mezclado se ha aproximado a partir de la energía de vaporización y del volumen molar, pues así se toman en cuenta las fuerzas cohesivas en el líquido; la relación entre ellas se define a través del parámetro de solubilidad:

$$\Delta H_m = v_1 v_2 (\delta_1 - \delta_2)^2 \quad (2.4)$$

Donde  $v$  es la fracción volumen y los subíndices 1 y 2 se refieren al disolvente y al polímero respectivamente y la cantidad  $\delta$  es el parámetro de solubilidad. Se ha encontrado que un buen disolvente o mezcla de disolventes para un polímero tiene un parámetro de solubilidad muy cercano al del soluto. El parámetro de solubilidad es un valor que indica la capacidad de disolución de una sustancia en un líquido determinado.

Los polímeros solubles en agua se clasifican en cuatro grupos: Polímeros no iónicos con un oxígeno o un nitrógeno en su esqueleto, polímeros con un grupo acrílico, polímeros con un grupo vinílico y polímeros naturales o semisintéticos como las proteínas.<sup>24</sup>

### 2.2.1 Solubilidad en proteínas

La solubilidad de las proteínas en agua es función de numerosos parámetros. Para ser soluble, una proteína debe interactuar tanto cuanto sea posible con el disolvente (enlaces hidrógeno, dipolo-dipolo, e interacciones iónicas). La solubilidad de una proteína depende fundamentalmente del pH, la fuerza iónica, el tipo de disolvente y la temperatura.<sup>26</sup>

### 2.2.2. Influencia del pH

A valores de pH superiores o inferiores al punto isoeléctrico (el número de cargas negativas de la molécula producida por protólisis es igual al número de cargas positivas adquiridas por ganancia de protones), la proteína arrastra una carga eléctrica positiva o negativa y las moléculas de agua pueden interactuar con estas cargas, contribuyendo así a la solubilización. Además, las cadenas proteicas que llevan cargas eléctricas del mismo signo tienen una tendencia a repelerse y a disociarse o desplegarse. A valores de pH no alejados del punto Isoeléctrico, las moléculas proteicas exhiben interacciones mínimas con el agua y sus cargas netas son lo suficientemente bajas como para permitir que las cadenas polipeptídicas se aproximen y se forman algunos agregados, lo que puede conducir a la precipitación proteica.<sup>26</sup>

### 2.2.3. Influencia de la fuerza iónica $\mu$

La fuerza iónica es representada por la siguiente ecuación (2.5):

$$\mu = \frac{1}{2} \sum ci zi^2 \quad (2.5)$$

Donde  $ci$  representa concentración y  $zi$  carga. Los iones de las sales neutras, a molaridades del orden de 0.5-1M, pueden incrementar la solubilidad de las

proteínas. A este efecto se le denomina solubilización por salado. Los iones interactúan con las cargas de las proteínas y rebajan la atracción electrostática entre cargas opuestas de moléculas vecinas. Además, la solvatación relacionada con estos iones incrementa la de las proteínas y por tanto su solubilidad.

Si la concentración de sales neutras es superior a 1M, la solubilidad de la proteína desciende, lo que puede conducir a la precipitación. Este efecto (precipitación por salado) es consecuencia de la competencia entre la proteína y los iones salinos por las moléculas de agua, necesarias para sus respectivas solvataciones. A altas concentraciones salinas no hay suficientes moléculas de agua disponibles para la solvatación de la proteína, puesto que la mayor parte de las moléculas de agua están fuertemente ligadas a las sales. Así, las interacciones proteína-proteína dominan sobre las interacciones proteína-agua, lo que puede conducir a la formación de agregados seguida la precipitación de las moléculas proteicas.<sup>26</sup>

#### *2.2.4. Influencia de la temperatura (a pH y fuerza iónica constantes).*

Como regla general, la solubilidad de las proteínas aumenta con la temperatura, entre 0 y 40-50°C. Por encima de 40-50°C, los movimientos moleculares son suficientes para romper los enlaces implicados en la estabilización de las estructuras secundaria y terciaria.<sup>26</sup>

#### *2.2.5. Influencia de disolventes no acuosos*

Ciertos disolventes, como el etanol o la acetona, disminuyen la constante dieléctrica del medio acuoso en que una proteína está disuelta y, por tanto, las fuerzas electrostáticas de repulsión entre las moléculas proteicas, lo que facilita su agregación o precipitación. Estos disolventes compiten también por las moléculas de agua, por lo que reducen aún más la solubilidad de las proteínas.<sup>26</sup>

El comportamiento de la solubilidad proporciona información importante para determinar las condiciones óptimas para la extracción y purificación de proteínas e igualmente es un buen índice de las posibles aplicaciones de los ingredientes proteicos debido a que si presentan una alta solubilidad inicial quizá permita una rápida dispersión de las partículas proteicas, lo que permite formar sistemas coloidales finamente dispersos con estructura macroscópica homogénea y una textura fina. La solubilidad inicial también facilita la difusión de la proteína a la interfase agua/aire o agua/aceite, lo que mejora su actividad de superficie.<sup>26</sup>

### **2.3 Reología**

Bingham, el padre de la reología moderna, denominó reología a la rama de la ciencia que se dedica al estudio de la deformación y el flujo de los materiales ante los esfuerzos mecánicos. El prefijo *rheo* viene de la palabra griega *rheos*, que significa corriente o flujo.<sup>24, 25</sup> La materia es deformada o empieza a fluir, sólo cuando una fuerza actúa sobre ella. La fuerza puede aplicarse deliberadamente, accidentalmente o puede estar extendida, como en el caso de la gravedad.<sup>27</sup> Desde un punto de vista reológico, la respuesta de un material a una fuerza aplicada puede dividirse en dos formas extremas, llamadas: deformación puramente elástica de un sólido y flujo puramente viscoso de un líquido.<sup>27</sup>

La viscosidad de un fluido refleja su resistencia al flujo; esto no es específico de los líquidos y se encuentra igualmente, si bien con una intensidad mucho más pequeña, en los gases reales. Se expresa como coeficiente de viscosidad,  $\mu$ , que es el cociente entre el esfuerzo cortante  $\tau$  y el gradiente de velocidad de flujo  $\gamma$ , ecuación (2.6).<sup>26,28</sup>

$$\tau = \mu\gamma \quad (2.6)$$

Los fluidos newtonianos tienen un coeficiente de viscosidad constante independiente del esfuerzo cortante o del gradiente de velocidad de flujo. En cambio, los fluidos poliméricos muestran un comportamiento no newtoniano ya que su coeficiente de viscosidad desciende a medida que la velocidad de flujo aumenta. A este comportamiento se le denomina pseudoplástico (figura 7).<sup>24-26</sup>

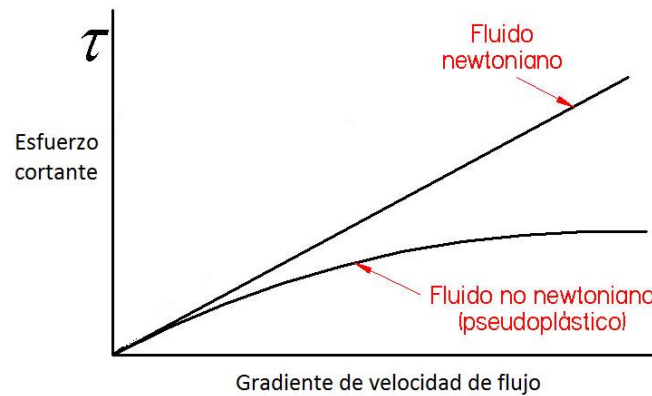


Figura 7. Comportamientos reológicos

La viscosidad de los fluidos poliméricos, por ejemplo, soluciones de proteínas, depende de las características intrínsecas de los biopolímeros tales como, masa molar, volumen, tamaño, forma, carga superficial, facilidad de deformación y el contenido de aminoácidos, características que pueden ser modificadas por el desplegamiento inducido por factores ambientales como el pH, temperatura, fuerza iónica, disolvente, etc.<sup>26-29</sup>

La viscosidad y la consistencia de los sistemas proteicos son propiedades funcionales importantes en los alimentos. Conocer las propiedades de flujo (reológicas) de las dispersiones proteicas resulta de interés práctico para el análisis del comportamiento de la proteína en los procesos industriales así como

para reducir requerimientos de energía y evitar problemas de flujo y control de la calidad del producto.<sup>28-29</sup>

### 2.3.1 Viscosimetría

La viscosimetría es el método más ampliamente utilizado para la determinación de la masa molar puesto que proporciona los medios más rápidos y fáciles para obtener datos sobre la masa molar y necesita una instrumentación mínima.<sup>25</sup> La relación de las viscosidades de una disolución de un polímero y la del disolvente se denominan viscosidad relativa ( $\eta_r$ ). Este valor menos 1 se llama viscosidad específica ( $\eta_{sp}$ ) y la viscosidad reducida ( $\eta_{red}$ ), o índice de viscosidad, se obtiene dividiendo  $\eta_{sp}$  entre la concentración de la disolución ( $c$ ). La viscosidad intrínseca, o índice de viscosidad límite, se obtiene extrapolando  $\eta_r$  a una concentración cero. En la tabla 6 se presentan todas estas relaciones.<sup>2</sup>

Tabla 6.- Terminología de uso común en viscosimetría<sup>25</sup>

Nombre común	Nombre recomendado (IUPAC)	Definición	Símbolo
<b>Viscosidad relativa</b>	Relación de viscosidades	$\frac{\eta}{\eta_0}$	$\eta_{rel}$
<b>Viscosidad específica</b>	---	$\frac{\eta}{\eta_0} - 1$	$\eta_{sp}$
<b>Viscosidad reducida</b>	Índice de viscosidad	$\frac{\eta_{sp}}{c}$	$\eta_{red}$
<b>Viscosidad intrínseca</b>	Índice de viscosidad límite	$\lim_{c \rightarrow 0} \frac{\eta_{sp}}{c}$	$[\eta]$

Staudinger demostró que la viscosidad intrínseca de una disolución  $[\eta]$ , estaba relacionada con la masa molar media del polímero ( $M_v$ ). La forma actual de esta relación viene expresada por la ecuación de Mark-Houwink, ecuación (2.7).<sup>25</sup>



$$[\eta] = KM_v^\alpha \quad (2.7)$$

Donde  $M_v$  es la masa molar viscosimétrica, mientras que K y  $\alpha$  son constantes experimentales que dependen del disolvente empleado y de la temperatura.<sup>24</sup>

El valor de la constante  $\alpha$  contiene información acerca de la configuración del polímero en la disolución, un valor de  $\alpha$  de 0.5 indica una cadena polimérica flexible en un disolvente ideal, si  $\alpha$  está dentro del intervalo entre 0.5 y 0.8, se considera que la cadena flexible del polímero se encuentra en un buen disolvente, por último, si  $\alpha$  es mayor a 1, la cadena polimérica es rígida.<sup>24</sup>

Tomando el logaritmo de la ecuación (2.7) se obtiene la ecuación (2.8):

$$\log[\eta] = \alpha \log M_v + \log K \quad (2.8)$$

Esta expresión predice la relación lineal entre log de  $[\eta]$  y log M de pendiente  $\alpha$  y cruce en el eje abscisa en log K.<sup>25</sup>

La viscosimetría no proporciona valores de masa molar absolutos, sino una medida relativa de la masa molar del polímero. Ya que no se puede hacer uso de expresiones como la ecuación (2.7) para relacionar la viscosidad absoluta del polímero y la masa molar del mismo, empleando sólo medidas de viscosimetría, porque aún deben determinarse dos incógnitas,  $\alpha$  y K adicionales. Es una determinación fácil y económica.<sup>25-29</sup> Desde que Staudinger mostró la utilidad de las medidas de viscosidad para la caracterización de los polímeros, ocupan un lugar importante en la química macromolecular.<sup>28</sup> Los métodos están basados en la medición de la resistencia que ofrece un fluido, cuando se le aplica una fuerza interna que lo induce al movimiento, bajo condiciones establecidas.<sup>14</sup>

Los aparatos para determinar la viscosidad se pueden clasificar en tres categorías atendiendo al principio en que se fundan:

- a) Duración de caída a través de un tubo capilar
- b) Medida del par ejercido por las fuerzas de rozamiento sobre una pared móvil
- c) Tiempo de desplazamiento de una esfera calibrada

En la práctica, los viscosímetros más empleados son los del primer tipo (Ostwald, Cannon-fenske y Ubbelohde). En todos se considera como medida de la viscosidad al tiempo que tarda en fluir un volumen dado de un líquido entre 2 marcas a presión constante, a través de un capilar.<sup>23-28</sup>

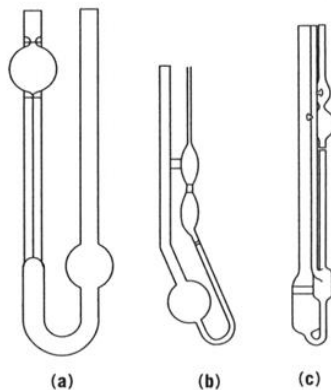


Figura 8. Distintos tipos de viscosímetros de vidrio: a) Ostwald. b) Cannon-Fenske c) Ubbelohde

La diferencia entre los viscosímetros de Ostwald y Ubbelohde, es que los primeros requieren cantidades pequeñas de líquidos y debe ser medida exactamente; por otro lado, el viscosímetro de Ubbelohde está construido en tal forma, que presenta la ventaja de suministrar medidas independientes del volumen del líquido aunque requiere mayor cantidad de muestra que los viscosímetros de Ostwald.<sup>23-28</sup>

## **Capítulo tres**

### **Protocolo experimental**

En este capítulo se presentan los procedimientos para la determinación de índice de refracción, densidad, punto de fusión, conductividad, pH, viscosidad cinemática y Bloom. Se describen las características de los equipos de medición y las condiciones experimentales para cada determinación. Las mediciones se hicieron a temperatura ambiente (25°C).

La experimentación se realizó en tres etapas. Inicialmente, se determinaron las propiedades fisicoquímicas de grenetina porcina (IP), grenetina bovina (XR1, XR2 y XR3) y de las muestras de gelatina sin sabor y sin color (M035, M140 y M170). Posteriormente, se evaluó el Bloom en función de la temperatura de los diferentes tipos de muestra y finalmente, se adicionaron polímeros naturales, polímeros semisintéticos y tensoactivos a la muestra de gelatina para evaluar el efecto de terceros componentes en el Bloom.

#### *3.1 Preparación de la muestra.*

Se prepararon diversas soluciones de las muestras M035, M140 y M170; las concentraciones (% m/v) evaluadas son: 8.5, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 para cada muestra. En el caso de las soluciones de grenetina (IP, XR1, XR2 y XR3) las concentraciones (%m/v) evaluadas son: 4, 5, 6, 8,10 y 12 respectivamente. Para ello, se pesó cada una de las mezclas (balanza Mettler PM 4800) y se adicionaron 100mL de agua destilada, previamente medida en probeta graduada. Estas disoluciones se prepararon a una temperatura de 60 °C.

### 3.1.1 Determinación del índice de refracción y porcentaje de sólidos totales

En las determinaciones de índice de refracción se utilizó un refractómetro de Abbe [marca CARL ZEISS 38188 Germany] (Figura 9). La determinación fue efectuada de acuerdo al (MGA) 0741 de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (FEUM). El equipo fue acoplado a un control de temperatura PolyScience con una escala de -20 °C a 100 °C, se ajustó la temperatura del aparato y de la muestra a 25°C y se colocó una capa fina de la muestra sobre la superficie del prisma de medición. Mediante el campo del ocular, se determinó el índice de refracción (1.3000 hasta 1.7100) y el porcentaje de sólidos totales (0 a 9.5), se realizaron tres lecturas por muestra. Para alcanzar la exactitud técnica de  $\pm 0.0001$ , el instrumento se calibró usando como patrón de referencia agua destilada obteniendo un valor de 1.3325.

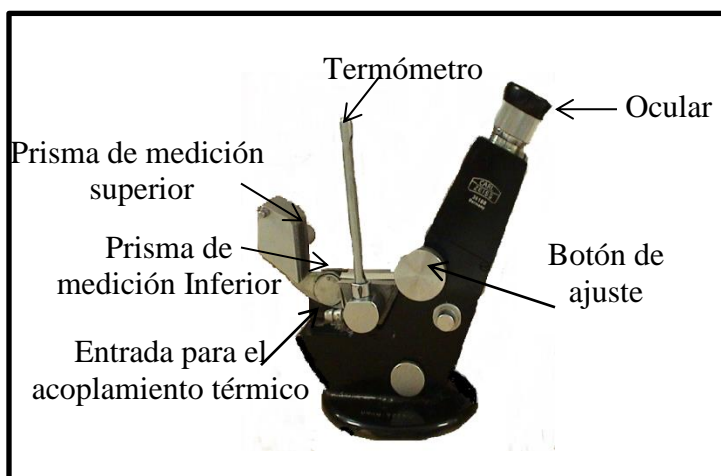


Figura 9. Refractómetro de *Abbe* marca *CARL ZEISS 38188 Germany*

### 3.1.2 Determinación de la densidad

Se utilizó el densímetro de campo Anton Paar DMA 35 (Figura 10). Este equipo registra la densidad de líquidos en  $\text{g/cm}^3$  con una precisión de  $0.0001\text{g/cm}^3$ . Se utilizó como blanco la densidad del agua destilada con un valor de  $0.9967\text{g/cm}^3$ , a  $25\text{ }^\circ\text{C}$

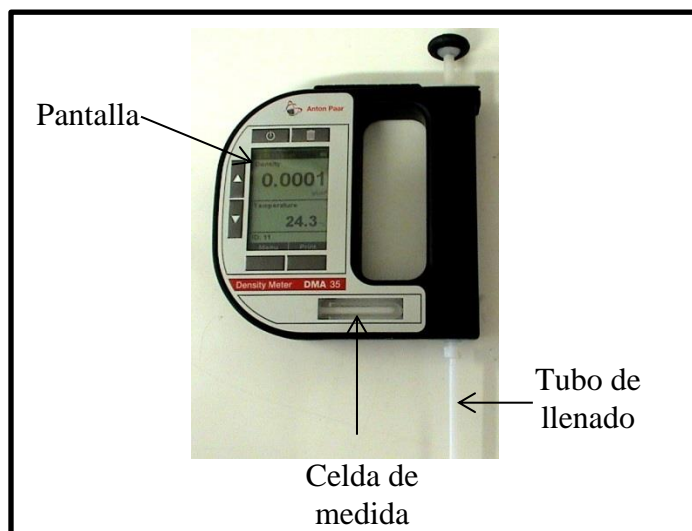


Figura 10. Densímetro de campo Anton Paar DMA 35

### 3.1.3 Determinación del punto de fusión

La determinación del punto de fusión fue por el método de caída de gota indicado en el procedimiento de la British standard (BS 757:1975) para la determinación del punto de fusión de gelatina. Se emplearon muestras de 6mL de gel contenidas en tubos de ensayo de 10X100 mm, previamente refrigeradas a  $4^\circ\text{C}$  durante 16 horas. A continuación, los tubos de ensayo se situaron en posición vertical con una alícuota de 2mL de Tetracloruro de Carbono ( $\text{CCl}_4$ ) y se introdujeron en un recipiente con agua caliente ( $T= 40^\circ\text{C}$ ). El punto de fusión del gel es la temperatura a la cual la gota de  $\text{CCl}_4$  fluye a través de la muestra hacia el fondo del tubo (Figura 11).

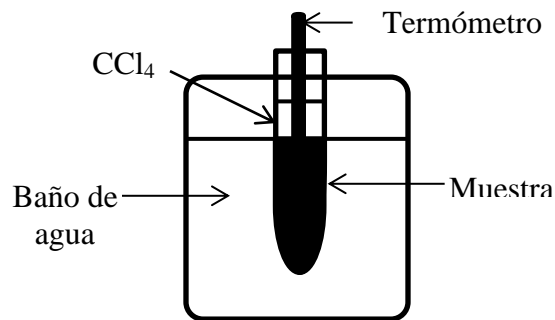


Figura 11. Determinación de punto de fusión con  $\text{CCl}_4$

### 3.1.4 Determinación de la conductividad

Se determinó utilizando el conductímetro Philips PW 9504/00 con un rango de 0 S/cm a  $10^6$  S/cm en una frecuencia de 2000 Hz. Con un control de temperatura Polystat (Modelo 1253-00 con un rango de  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  a  $100\text{ }^\circ\text{C}$ ) que garantizará una temperatura de  $25\text{ }^\circ\text{C}$ . La constante de la celda calculada es  $K=1.36$  (Figura 12).

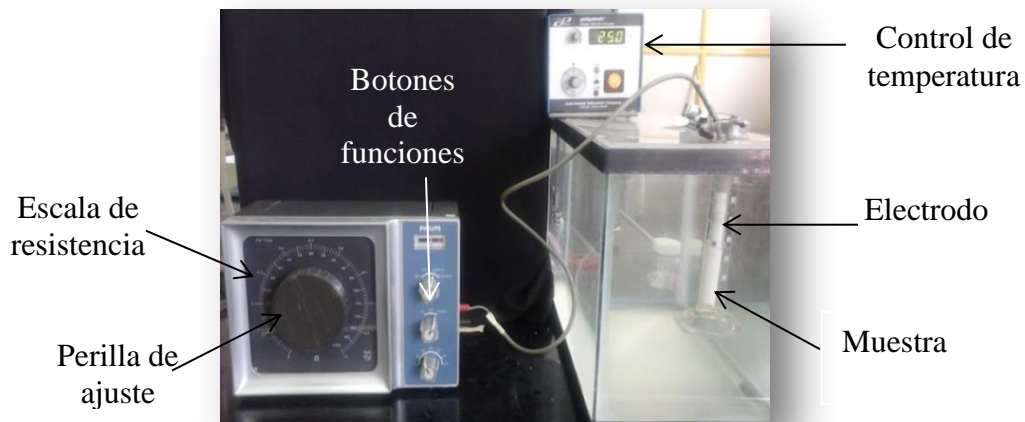


Figura 12. Conductímetro Philips PW 9504/00

### 3.1.5 Determinación del pH

Se determinó con el potenciómetro de campo pH tester BNC con una resolución de 0.1pH y una precisión de  $\pm 0.1\text{pH}$  (Figura 13). La calibración se efectuó con cada una de las soluciones amortiguadoras de pH (4, 7 y 10). El proceso consiste

en sumergir el electrodo en la muestra donde se obtiene la lectura; en cada determinación es necesario lavar el electrodo con agua destilada para evitar contaminación.

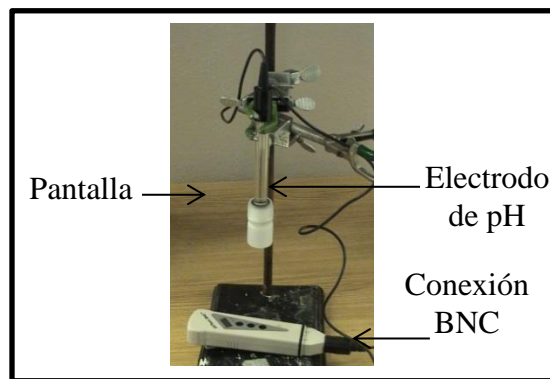


Figura 13. Pontenciómetro de campo pH tester BNC

### 3.1.6 Determinación de la viscosidad cinemática

La viscosidad cinemática se determinó en las muestras M035, M140, M170 y en las muestras de grenetina bovina y porcina (IP7352, XR2156, XR2174 y XR2260). Para las muestras M140 y M170, se evaluaron las concentraciones mencionadas en el punto 4.1, sin embargo, en el caso de la muestra M035 se evaluaron concentraciones de 3.5, 4.5, 5.5, 6.5 y 7.5 (%m/v) debido a su alta viscosidad a la temperatura de 25°C. Para determinar la masa molar de las muestras de grenetina, las concentraciones evaluadas fueron: 2.4, 3.2, 4.2, 4.8, 5.4, 6.0 y 6.6 ( $10^{-5}$ g/L). Esta propiedad se determinó en el viscosímetro capilar de vidrio tipo Cannon-FenskeRoutine (Figura 14). La solución de gelatina se introduce en el viscosímetro invirtiendo éste y sumergiendo el brazo más angosto (D) en la muestra, después se aplica vacío por el brazo ancho (C). El tubo se llena hasta la marca inferior (2) de cronometraje y se retorna el viscosímetro a una posición en “U” (hacia arriba). El viscosímetro con muestra debe permanecer en el baño hasta

alcanzar la temperatura de prueba. Después se ajusta el nivel de la muestra en el brazo capilar con succión, aproximadamente a 5 mm sobre la marca superior (1) de cronometraje. Con la muestra fluyendo libremente, se mide el tiempo de flujo considerando que el menisco pase de la primera marca hasta la segunda de cronometraje.

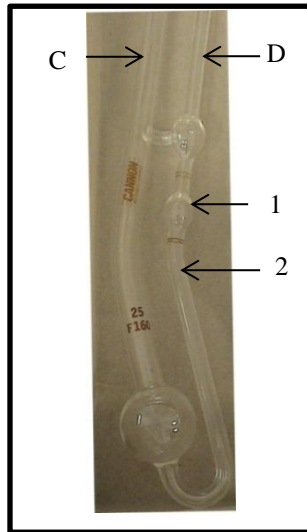


Figura 14. Viscosímetro capilar de vidrio tipo Cannon-FenskeRoutine

### 3.2 Preparación de las muestras

La preparación de las muestras dependió de la muestra a analizar (se explica en los resultados por cada muestra). La disolución de la muestra se vertió en los vasos Bloom, las muestras se dejaron enfriar a temperatura ambiente hasta 25°C y se refrigeraron a 4°C durante 20 horas, pasado el tiempo de refrigeración se determinaron los valores de Bloom y temperatura de la muestra cada 10 minutos hasta alcanzar la temperatura ambiente.



### 3.2.1 Determinación de Bloom

Para la determinación de Bloom se utilizó un texturómetro Brookfield CT3 (Figura 15) en modo compresión, a una velocidad de 0.5mm/s para una deformación vertical de 4mm a diferentes zonas del gel. La medición de la temperatura fue con un termómetro digital marca TRACEABLE con una escala de -50 a 150 grados Celsius. Bloom o fuerza de gelificación es una medida estándar de la fuerza aplicada para provocar una deformación a una concentración y temperatura estandarizada en un gel.

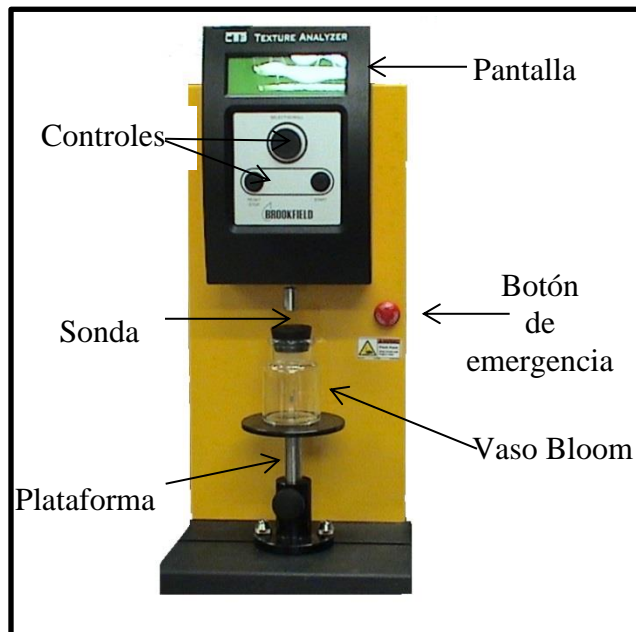


Figura 15. Texturómetro Brookfield CT3

## **Capítulo cuatro**

### **Resultados**

#### **4.1 Determinación de parámetros fisicoquímicos para las muestras problema M035, M140 y M170**

Se presentan los resultados de las muestras problema de gelatina sin sabor y sin color M035, M140 y M170 de índice de refracción, porcentaje de sólidos totales, densidad, punto de fusión, conductividad, pH y viscosidad cinemática. La clasificación M035, M140 y M170 es otorgada en el laboratorio de superficies de la facultad de Química, UNAM.

##### *4.1.1 Determinación de índice de refracción y porcentaje de sólidos totales*

Se denomina refracción a la inclinación que sufre una radiación incidente de luz cuando pasa de un medio a otro, se produce si los índices de refracción de los dos medios son diferentes y si el ángulo de incidencia no es cero. Esta determinación sirve para caracterizar muestras líquidas. El índice de refracción es importante al establecer la identidad de compuestos orgánicos puros pero no es concluyente.<sup>31</sup>

Se presentan gráficos de índice de refracción en la línea D de sodio (Gráficos 1,3 y 5) y gráficos de porcentaje de sólidos totales, °Brix (Gráficos 2,4 y 6) a 25°C contra la concentración en gramos por cada 100mL para las muestras M035, M140 y M170.

### Muestra M035

Tabla 7.- Índice de refracción de las soluciones acuosas de M035

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A	B	C
8.5	1.3455	1.3455	1.3455
10	1.3485	1.3485	1.3485
12	1.3510	1.3510	1.3510
14	1.3525	1.3525	1.3525
16	1.3565	1.3565	1.3565
18	1.3610	1.3610	1.3610
20	1.3630	1.3630	1.3630

Blanco: Agua 1.3325 a 25 °C

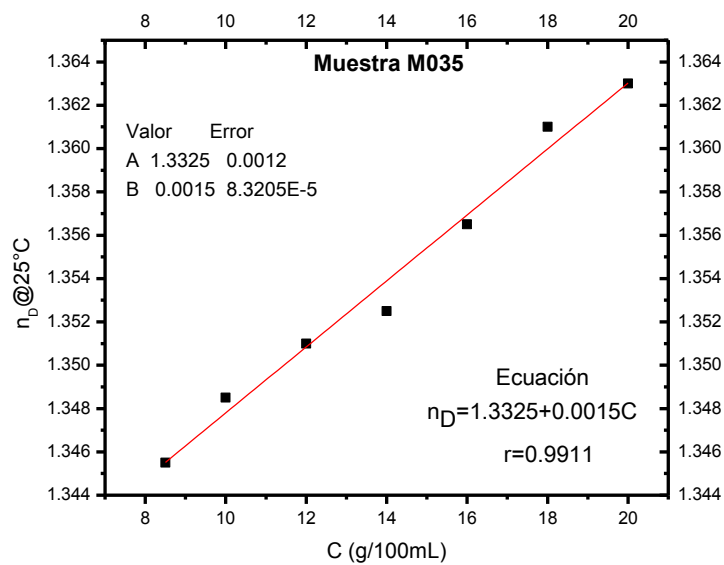


Gráfico 1.- Relación entre índice de refracción y concentración de las soluciones acuosas de M035

Tabla 8.-Porcentaje de sólidos de las soluciones  
acuosas de M035

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A	B	C
8.5	8.0	8.0	8.0
10	10.5	10.5	10.5
12	12.0	12.0	12.0
14	13.0	13.0	13.0
16	15.5	15.5	15.5
18	18.5	18.5	18.5
20	19.5	19.5	19.5

Blanco: Agua 0 °Brix

1°Brix: 1g sacarosa en 100g de solución

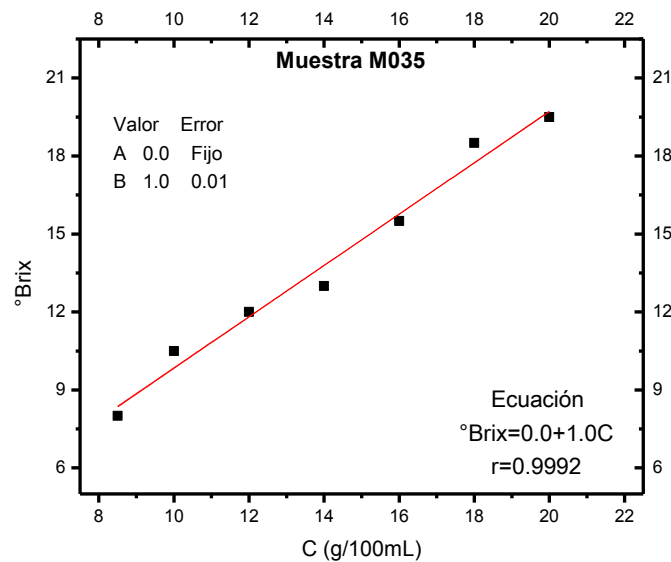


Gráfico 2.- Relación entre porcentaje de sólidos y concentración  
de las soluciones acuosas de M035

### Muestra M140

Tabla 9.- Índice de refracción de las soluciones acuosas de M140

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A	B	C
8.5	1.3445	1.3445	1.3445
10	1.3462	1.3462	1.3462
12	1.3490	1.3490	1.3490
14	1.3519	1.3519	1.3519
16	1.3549	1.3549	1.3549
18	1.3570	1.3570	1.3570
20	1.3590	1.3590	1.3590

Blanco: Agua 1.3325 a 25°C

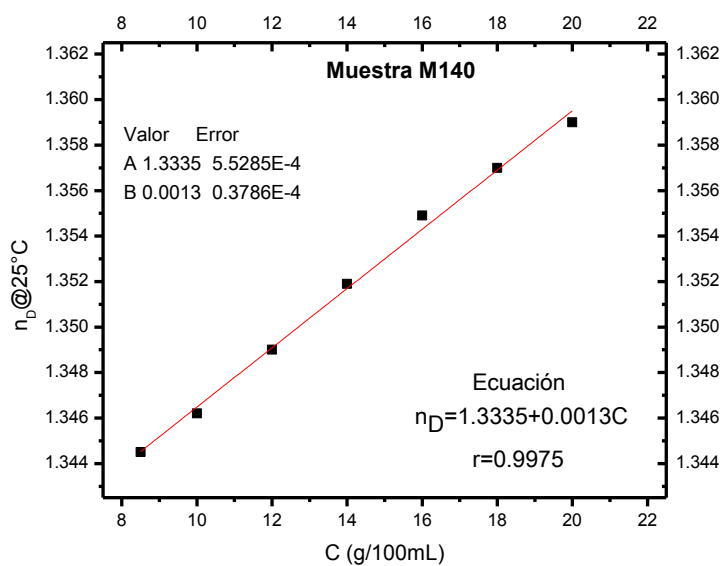


Gráfico 3.- Relación entre índice de refracción y concentración de las soluciones acuosas de M140

Tabla 10.- Porcentaje de sólidos de las soluciones acuosas de M140

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A	B	C
8.5	7.6	7.6	7.6
10	9.0	9.0	9.0
12	10.9	10.9	10.9
14	12.5	12.5	12.5
16	14.5	14.5	14.5
18	16.0	16.0	16.0
20	17.5	17.5	17.5

Blanco: Agua 0°Brix

1°Brix: 1g sacarosa en 100g de solución

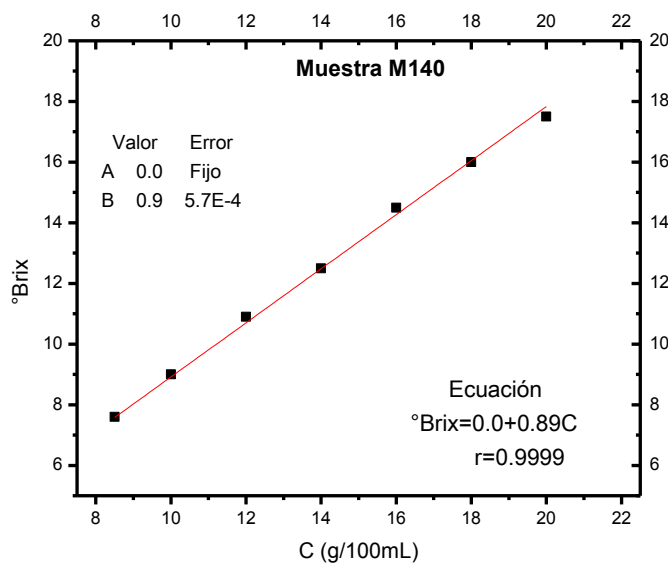


Gráfico 4.- Relación entre porcentaje de sólidos totales y concentración de las soluciones acuosas de M140

### Muestra M170

Tabla 11. - Índice de refracción de las soluciones acuosas de M170

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A	B	C
8.5	1.3449	1.3449	1.3449
10	1.3470	1.3470	1.3470
12	1.3500	1.3497	1.3497
14	1.3525	1.3520	1.3525
16	1.3550	1.3555	1.3554
18	1.3572	1.3580	1.3580
20	1.3601	1.3601	1.3601

Blanco: Agua 1.3325 a 25 °C

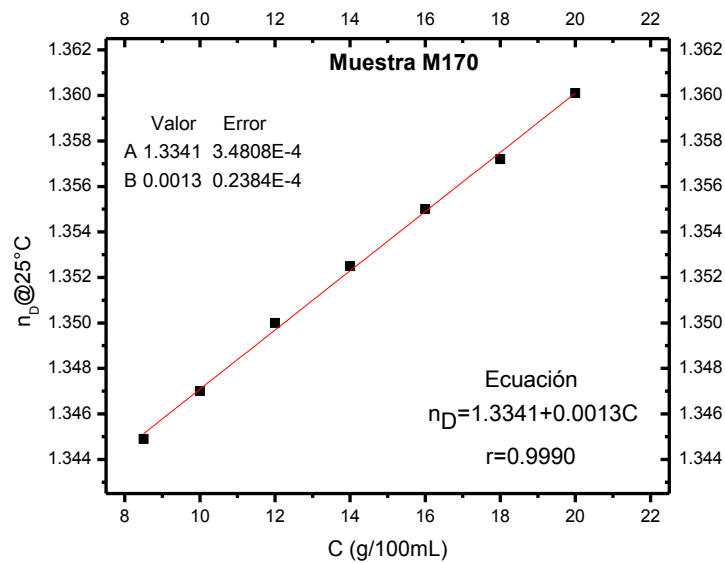


Gráfico 5. - Relación entre índice de refracción y concentración de las soluciones acuosas de M170

Tabla 12. - Porcentaje de sólidos de las soluciones acuosas de M170

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A	B	C
8.5	8.1	8.1	8.1
10	9.5	9.5	9.5
12	11.5	11.2	11.2
14	13.0	12.8	13.0
16	14.5	15.0	14.9
18	16.0	16.5	16.5
20	17.7	17.7	17.7

Blanco: Agua 0°Brix

1°Brix: 1g sacarosa en 100g de solución

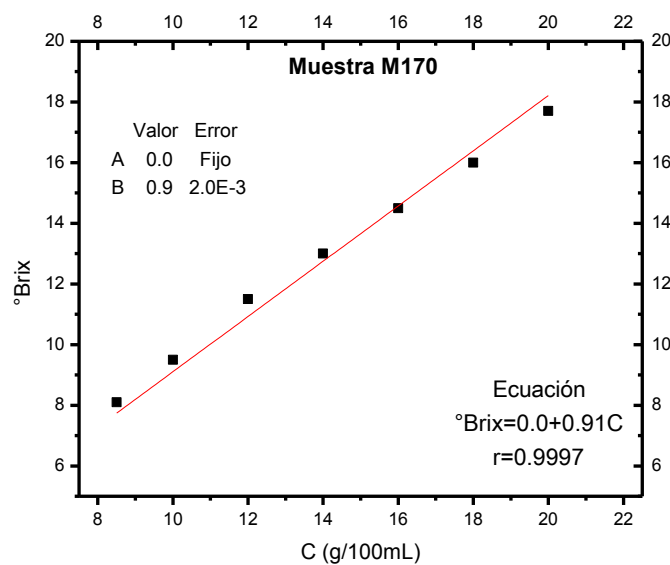


Gráfico 6. - Relación entre porcentaje de sólidos totales y concentración de las soluciones acuosas de M170



Tabla 13.- Análisis de variancia del índice de refracción.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	Muestra	M	DE	A
Entre tratamientos	2	1.8E-5	9.0E-6	0.3	M035	1.3540	0.0064	B
Error	18	6.2E-4	3.4E-5		M140	1.3518	0.0055	B
Total	20	6.4E-4			M170	1.3525	0.0056	B

**GL** grados de libertad **SC** suma de cuadrados **CM** cuadrado medio **M** media **DE** desviación estándar **A** agrupamiento.

Muestras que no comparten una letra son significativamente diferentes. intervalo de confianza del 95%

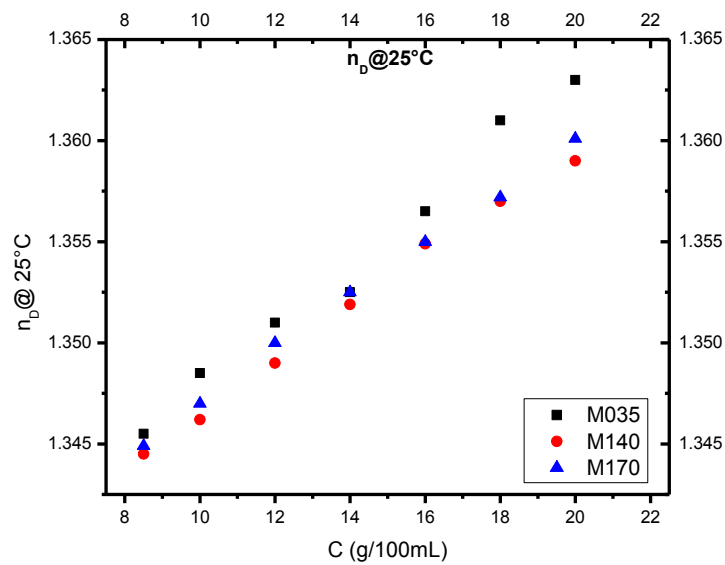


Gráfico 7. – Comparativo de índice de refracción contra concentración de M035, M140 y M170

Tabla 14.- Análisis de varianza del porcentaje de sólidos totales.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	Muestra	M	DE	A
Entre tratamientos	2	6.2	3.1	0.22	M035	13.9	4.2	B
Error	18	257.7	14.3		M140	12.9	3.6	B
Total	20	263.9			M170	12.6	3.5	B

**GL** grados de libertad **SC** suma de cuadrados **CM** cuadrado medio **M** media **DE** desviación estándar **A** agrupamiento

Muestras que no comparten una letra son significativamente diferentes. Intervalo de confianza del 95%

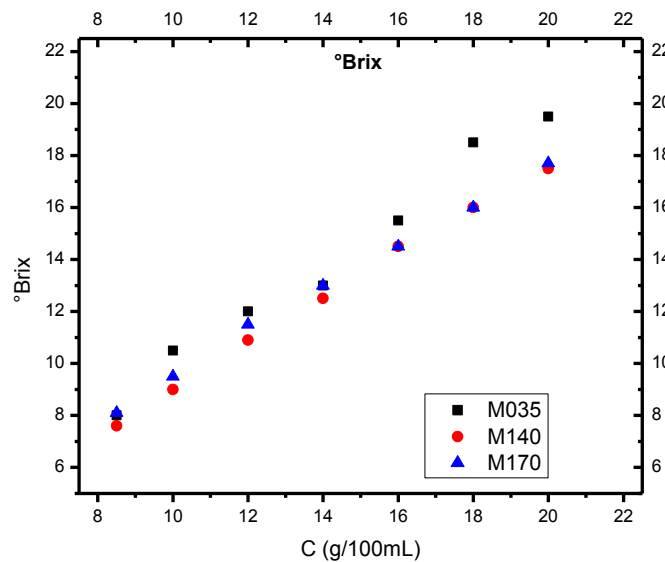


Gráfico 8. – Comparativo de porcentaje de sólidos totales contra concentración de M035, M140 y M170

En todos los casos se observa que el índice de refracción es directamente proporcional a la concentración. La luz presenta mayor dificultad para propagarse cuanto mayor cantidad de materia haya que atravesar en una misma distancia y por lo tanto el índice de refracción aumenta.<sup>31</sup>

Los gráficos de porcentaje de sólidos totales (°Brix) contra la concentración en gramos por cada 100mL (Gráficos 2,4 y 6) también muestran una proporcionalidad directa con la concentración. El valor de 1 en la escala de refractómetro corresponde a un gramo de sacarosa en 100g de solución, mejor conocido como grado Brix, que es el porcentaje de sacarosa presente en la solución. La presencia de otro tipo de sólidos, además de la sacarosa, sólo se permite determinar una aproximación del contenido total de sólidos disueltos.<sup>31</sup> Según el análisis estadístico, las muestras no presentan diferencias significativas (Tablas 13 y 14).

#### *4.1.2. Determinación de densidad para las muestras M035, M140 y M170*

Densidad es la cantidad de materia contenida por unidad de volumen de una sustancia, es una cantidad característica de la misma, a una temperatura y presión constante, refleja el tipo y disposición de los átomos en la molécula, y la colocación de las moléculas en la muestra macroscópica.<sup>31</sup> Se presentan gráficos de densidad a 25°C contra la concentración en gramos por cada 100mL (Gráficos 9, 10 y 11). Se puede observar que a medida que aumenta la concentración también lo hace la densidad, dado que se incrementó la cantidad de masa en la muestra en un mismo volumen y recordando que la densidad es una relación entre masa y volumen, el comportamiento observado es el esperado. De acuerdo al análisis estadístico los resultados no presentan diferencias significativas (Tabla 18). Obteniendo una ordenada de origen de  $0.9982 \pm 0.0007$ ,  $1.0016 \pm 0.0007$  y  $1.0007 \pm 0.0005$  de las muestras M035, M140 y M170 respectivamente.

### Muestra M035

Tabla 15.- Densidad de las soluciones acuosas de M035

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A (g/cm <sup>3</sup> )	B (g/cm <sup>3</sup> )	C (g/cm <sup>3</sup> )
8.5	1.0225	1.0225	1.0225
10	1.0279	1.0279	1.0279
12	1.0325	1.0325	1.0325
14	1.0380	1.0380	1.0380
16	1.0440	1.0440	1.0440
18	1.0501	1.0501	1.0501
20	1.0562	1.0562	1.0562

Blanco: Agua 0.9967 g/cm<sup>3</sup> a 25 °C

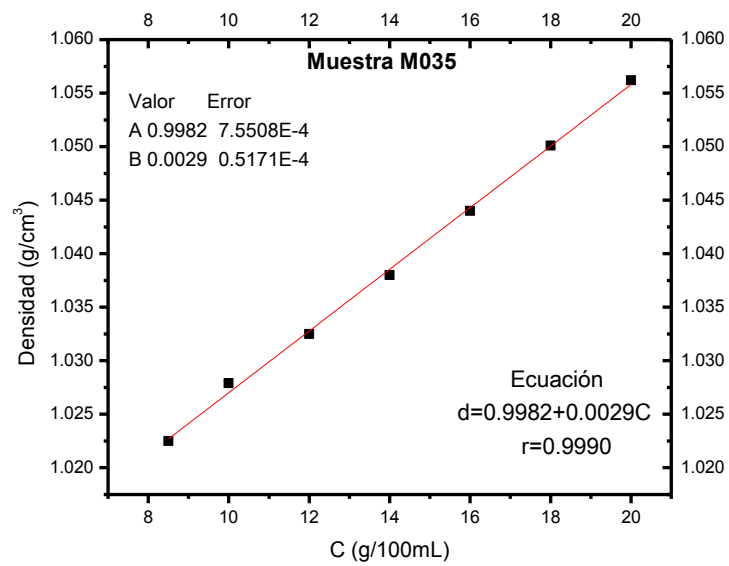


Gráfico 9. Relación entre densidad y concentración de las soluciones acuosas de M035

## M140

Tabla 16.- Densidad de las soluciones acuosas de M140

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A (g/cm <sup>3</sup> )	B (g/cm <sup>3</sup> )	C (g/cm <sup>3</sup> )
8.5	1.0265	1.0265	1.0265
10	1.0317	1.0317	1.0317
12	1.0377	1.0377	1.0377
14	1.0440	1.0440	1.0440
16	1.0496	1.0496	1.0496
18	1.0547	1.0547	1.0547
20	1.0616	1.0616	1.0616

Blanco: Agua 0.9967 g/cm<sup>3</sup> a 25 °C

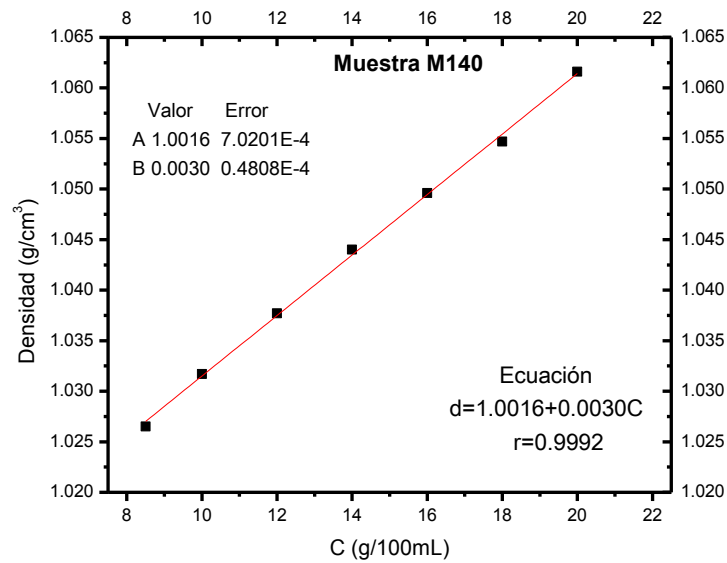


Gráfico 10. Relación entre densidad y concentración de las soluciones acuosas de M140

## M170

Tabla 17.- Densidad de las soluciones acuosas de M170

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A (g/cm <sup>3</sup> )	B (g/cm <sup>3</sup> )	C (g/cm <sup>3</sup> )
8.5	1.0274	1.0274	1.0274
10	1.0329	1.0329	1.0329
12	1.0396	1.0395	1.0396
14	1.0456	1.0456	1.0456
16	1.0524	1.0524	1.0524
18	1.0582	1.0582	1.0582
20	1.0646	1.0646	1.0646

Blanco: Agua 0.9967 g/cm<sup>3</sup> a 25 °C

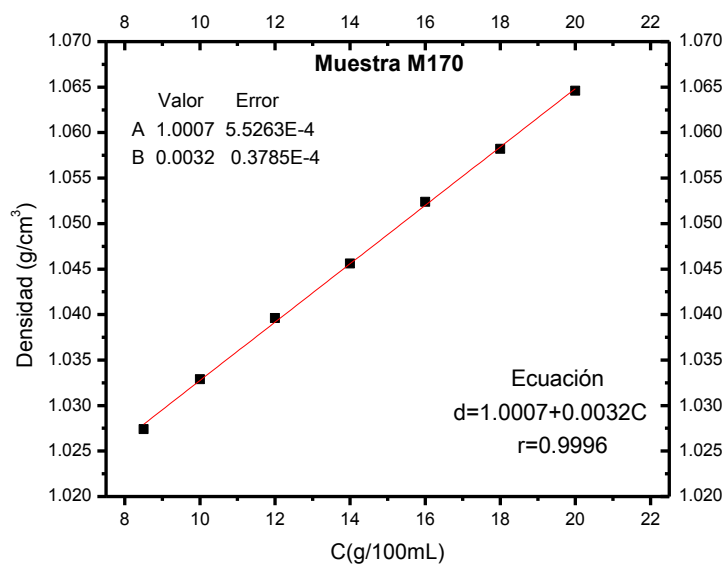


Gráfico 11. Relación entre densidad y concentración de las soluciones acuosas de M170

Tabla 18.- Análisis de varianza de densidad.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	Muestra	Media	DE	A
Entre tratamientos	2	1.8E-4	9.2E-5	0.57	M035	1.0387	0.0121	B
Error	18	2.9E-3	1.6E-4		M140	1.0437	0.0126	B
Total	20	3.1E-3			M170	1.0458	0.0135	B

**GL** grados de libertad **SC** suma de cuadrados **CM** cuadrado medio **M** media **DE** desviación estándar **A** agrupamiento

Muestras que no comparten una letra son significativamente diferentes .Intervalo de confianza del 95%

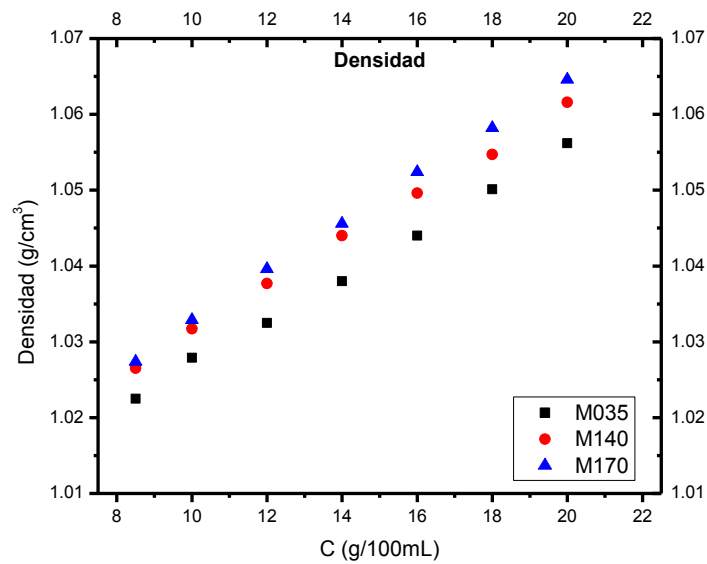


Gráfico 12. Comparativo de densidad contra concentración de M035, M140 y M170

#### 4.1.3 Determinación de punto de fusión para las muestras M035, M140 y M170

La gelación se produce cuando las partículas del sol coloidal crecen lo suficiente y logran interconectarse para formar macromoléculas. El punto de fusión es la temperatura a la cual el gel comienza a formar un sol (transición sol-gel), depende de la concentración y naturaleza de las muestras.<sup>32</sup> Se presentan gráficos de punto de fusión contra la concentración en gramos por cada 100mL (Gráficos 13, 14 y 15). El punto de fusión está en relación directa con la concentración. Al aumentar la concentración del polímero aumentan las interacciones polímero-polímero y polímero-disolvente favoreciendo la formación de un gel más fuerte y por lo tanto presenta un mayor punto de fusión. El análisis estadístico indica que no hay diferencias significativas (Tabla 22).El método utilizado se muestra en la página 31.

#### **Muestra M035**

Tabla 19.- Punto de fusión de las soluciones acuosas de M035

Concentración (g/100mL)	Punto de fusión (°C)
8.5	25.0
10	26.0
12	27.0
14	28.0
16	29.0
18	29.5
20	31.0



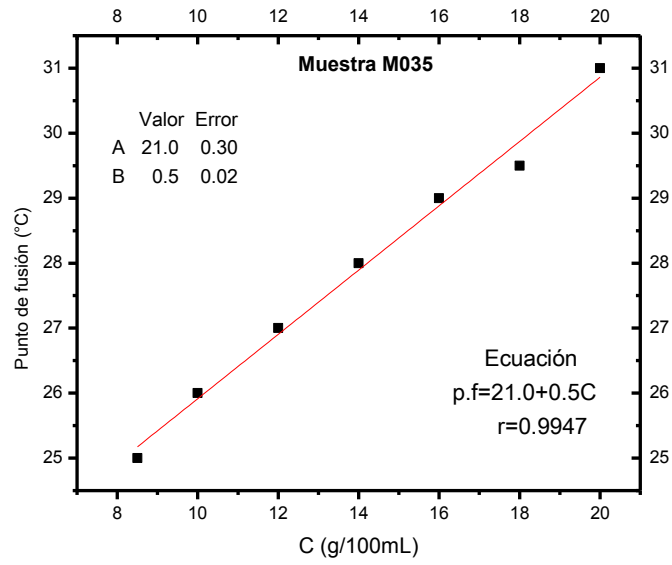


Gráfico 13. Relación entre punto de fusión y concentración de las soluciones acuosas de M035

**Muestra M140**

Tabla 20. Punto de fusión de las soluciones acuosas de M140

Concentración (g/100mL)	Punto de fusión (°C)
8.5	25.0
10	26.0
12	27.0
14	29.0
16	30.0
18	31.0
20	31.5

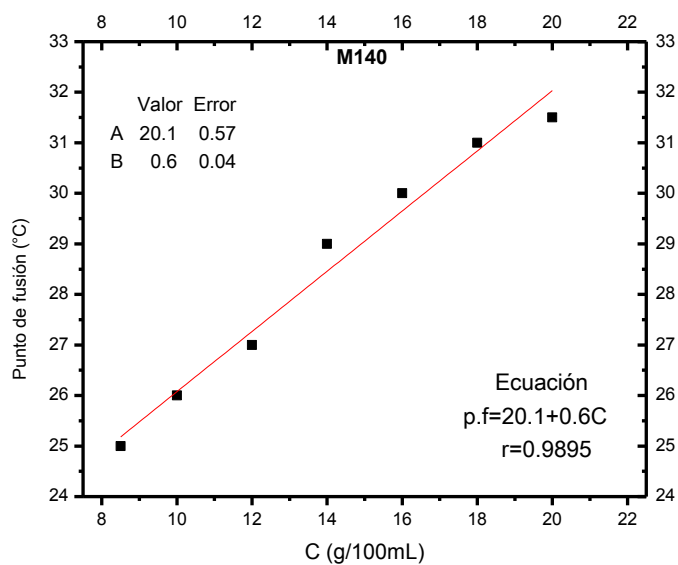


Gráfico 14. Relación entre punto de fusión y concentración de las soluciones acuosas de M140

### Muestra M170

Tabla 21. Punto de fusión de las soluciones acuosas de M170

Concentración (g/100mL)	Punto de fusión (°C)
8.5	25.0
10	26.0
12	27.0
14	28.5
16	29.0
18	30.0
20	30.5

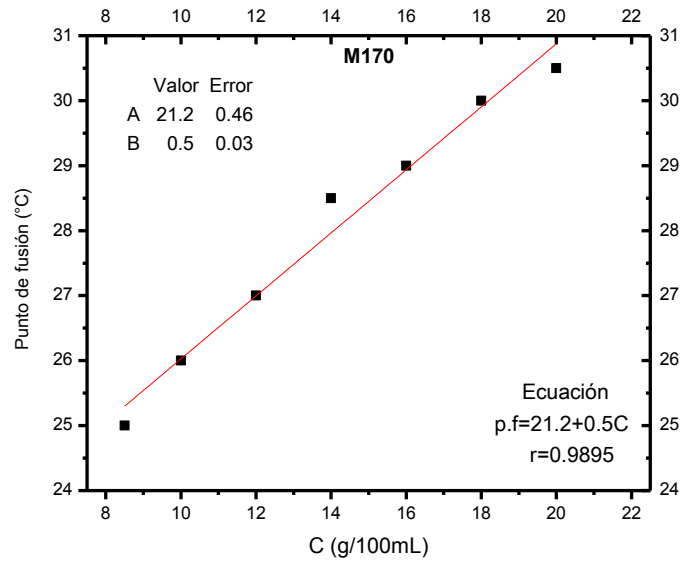


Gráfico 15. Relación entre punto de fusión y concentración de las soluciones acuosas de M170

Tabla 22.- Análisis de varianza del punto de fusión.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	Muestra	M	DE	A
Entre tratamientos	2	1.4	0.7	0.14	M035	27.9	2.1	B
Error	18	90.2	5.0		M140	28.5	2.5	B
Total	20	91.6			M170	28.0	2.1	B

GL grados de libertad SC suma de cuadrados CM cuadrado medio M media DE desviación estándar A agrupamiento

Muestras que no comparten una letra son significativamente diferentes. Intervalo de confianza del 95%

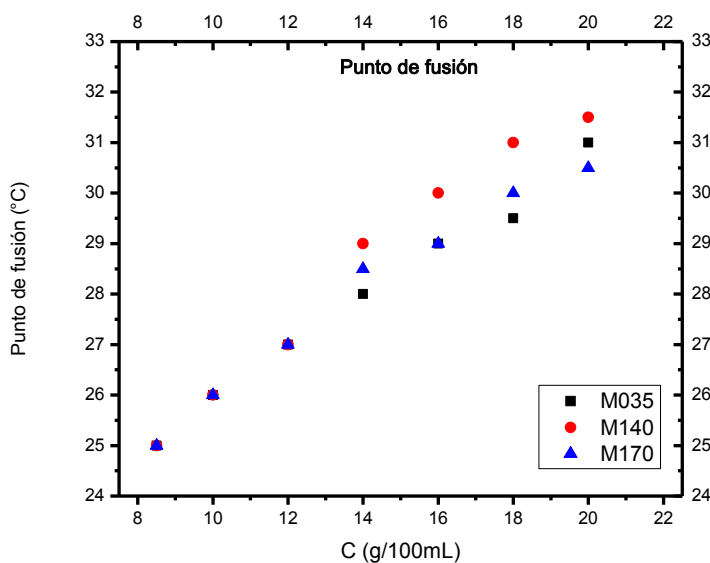


Gráfico 16. Comparación de punto de fusión contra concentración de M035, M140 y M170.

#### 4.1.4 Determinación de conductividad para las muestras M035, M140 y M170

La conductividad en medios líquidos está relacionada con la presencia de iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico.<sup>33</sup> Se presentan gráficos de conductividad contra concentración en gramos por cada 100mL (Gráficos 17, 18 y 19). La conductividad está en relación directa con la concentración. Al aumentar el número de iones la conductividad aumenta, aunque al llegar a la saturación hay una restricción de movimiento y la conductividad se mantiene o disminuye. Se determinó la verificación del sistema, conductímetro Philips PW 9504/00 (Apéndice B). Llegando a la conclusión de que el método se ajusta para el uso propuesto. Las muestras M140 y M170 no presentan diferencias significativas (Tabla 26), sin embargo, la muestra M035 resulta tener una conductividad mucho mayor en rangos de concentración menores a los de las muestras M140 y M170. El valor de

conductividad del agua destilada no pudo ser determinada debida a la resolución del aparato.

### **Muestra M035**

Tabla 23.- Conductividad de las soluciones acuosas de M035

Concentración (g/100mL)	Conductividad (mS/cm)
8.5	2.63
10	2.87
12	3.16
14	3.32
16	3.51
18	3.72
20	3.95

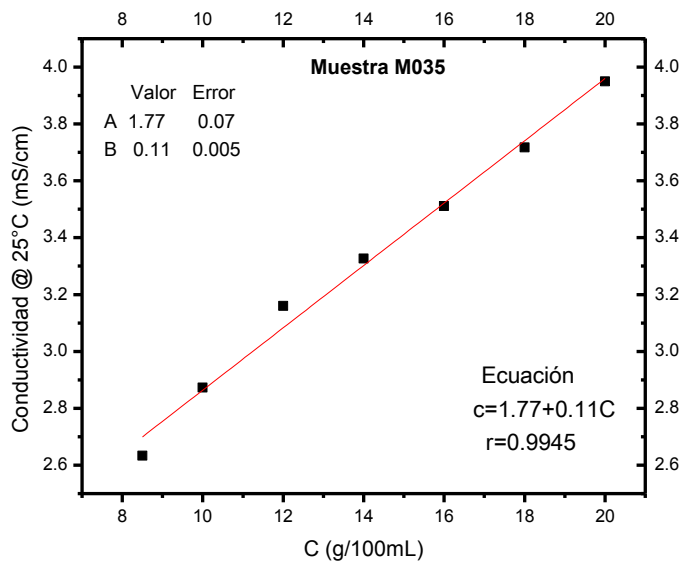


Gráfico 17.- Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de M035

### Muestra 140

Tabla 24.- Conductividad de las soluciones acuosas de M140

Concentración (g/100mL)	Conductividad (mS/cm)
8.5	0.53
10	0.60
12	0.62
14	0.74
16	0.76
18	0.77
20	0.85

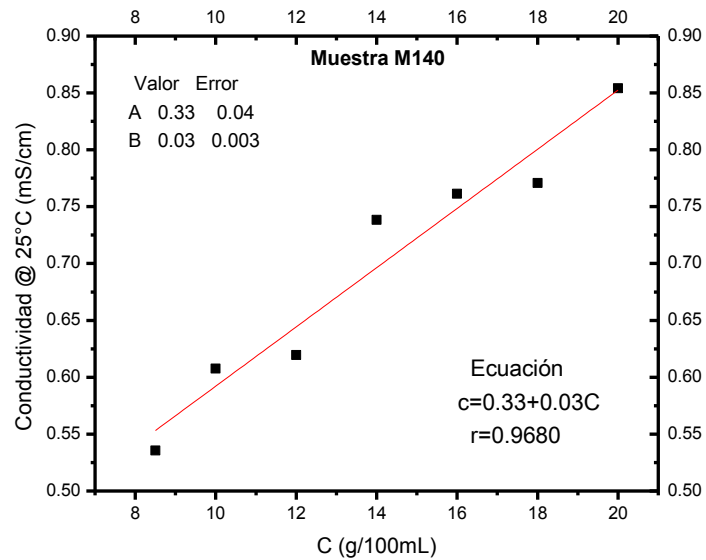


Gráfico 18.- Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de M140

## Muestra 170

Tabla 25.- Conductividad de las soluciones acuosas de M170

Concentración (g/100mL)	Conductividad (mS/cm)
8.5	0.81
10	0.90
12	0.91
14	1.06
16	1.09
18	1.18
20	1.21

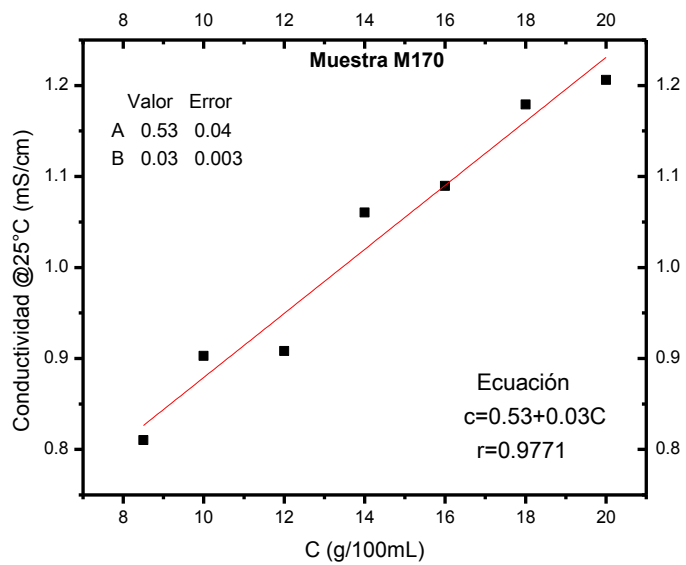


Gráfico 19.- Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de M170

Tabla 26.- Análisis de varianza de conductividad.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	Muestra	Media	DE	A
Entre tratamientos	2	28.4	14.1850	168.78	M035	3.3086	0.4648	B
Error	18	1.5	0.0840		M140	0.6957	0.1139	C
Total	20	29.9			M170	1.0229	0.1521	C

**GL** grados de libertad **SC** suma de cuadrados **CM** cuadrado medio **M** media **DE** desviación estándar **A** agrupamiento

Muestras que no comparten una letra son significativamente diferentes .Intervalo de confianza del 95%

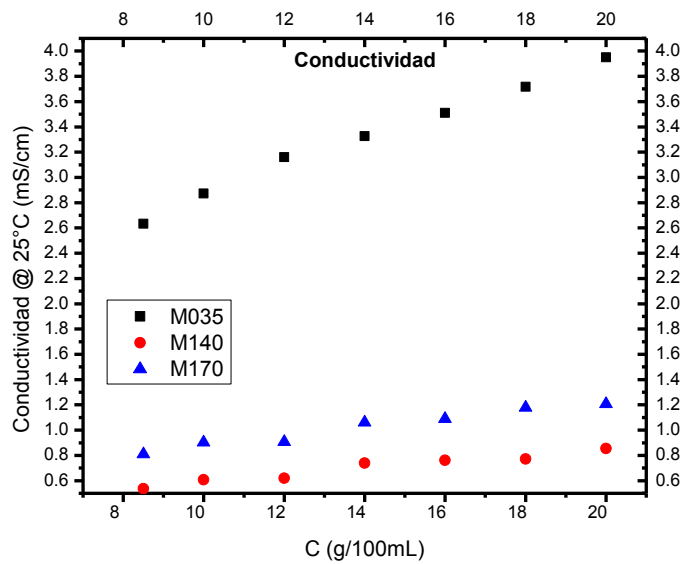


Gráfico 20.- Comparación de conductividad contra concentración de M035, M140 y M170



#### 4.1.5 Determinación de pH para las muestras M035, M140 y M170

Para valores farmacopeicos el pH se define como el valor dado por un instrumento potenciométrico apropiado, adecuadamente normalizado. Indica la concentración de iones hidronio ( $H_3O^+$ ) presentes en determinadas sustancias o logaritmo negativo en base 10 de la actividad de los iones hidrógeno. Depende del disolvente, la temperatura y estructura molecular.<sup>30</sup> Se presentan gráficos de pH a 25°C contra concentración en gramos por cada 100mL (Gráficos 21, 22 y 23). El pH encontrado para las muestras M035 y M170 resultó ser de 3.4, en cambio para la muestra M140 el pH obtenido fue de 5.7 (Gráfico 24). El pH a diferentes concentraciones es el mismo debido a que las proteínas poseen una gran capacidad de taponamiento de pH, especialmente en los márgenes de pH de 3 a 5 y de 9 a 12.

#### **Muestra M035**

Tabla 27.- pH de las soluciones acuosas de M035

concentración (g/100mL)	pH
8.5	3.4
10	3.4
12	3.4
14	3.4
16	3.4
18	3.4
20	3.4

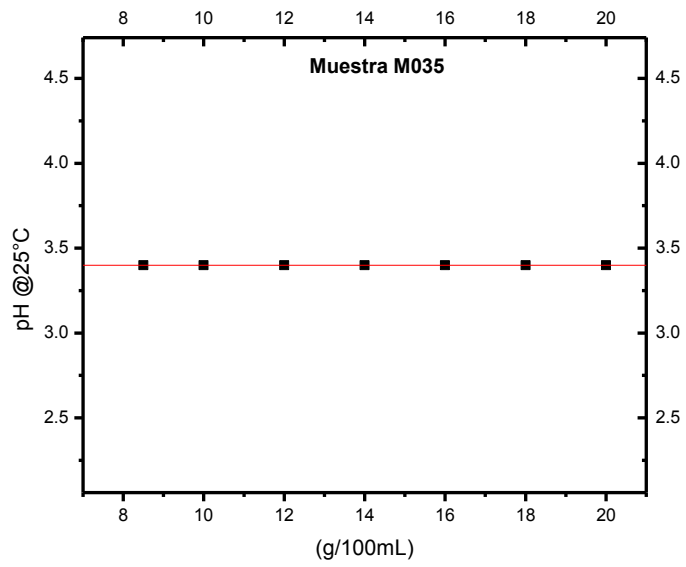


Gráfico 21.- Relación entre pH y concentración de las soluciones acuosas de M035

**Muestra M140**

Tabla 28.- pH de las soluciones acuosas de M140

Muestra (g/100mL)	pH
8.5	5.7
10	5.7
12	5.7
14	5.7
16	5.6
18	5.6
20	5.6

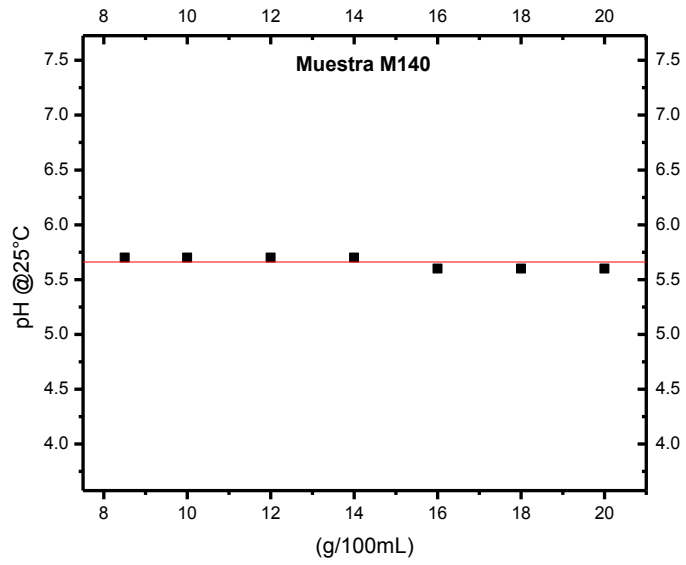


Gráfico 22.- Relación entre pH y concentración de las soluciones acuosas de M140

**Muestra M170**

Tabla 29.- pH de las soluciones acuosas de M170

Concentración (g/100mL)	pH
8.5	3.4
10	3.4
12	3.3
14	3.4
16	3.3
18	3.4
20	3.4

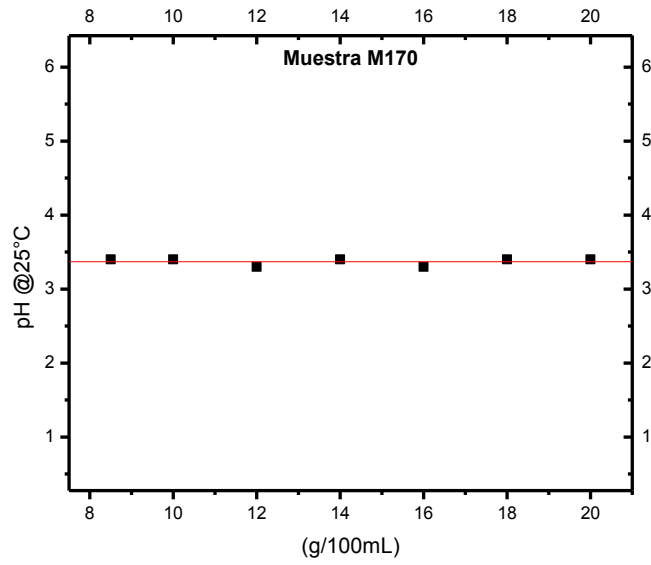


Gráfico 23.- Relación entre pH y concentración de las soluciones acuosas de M170

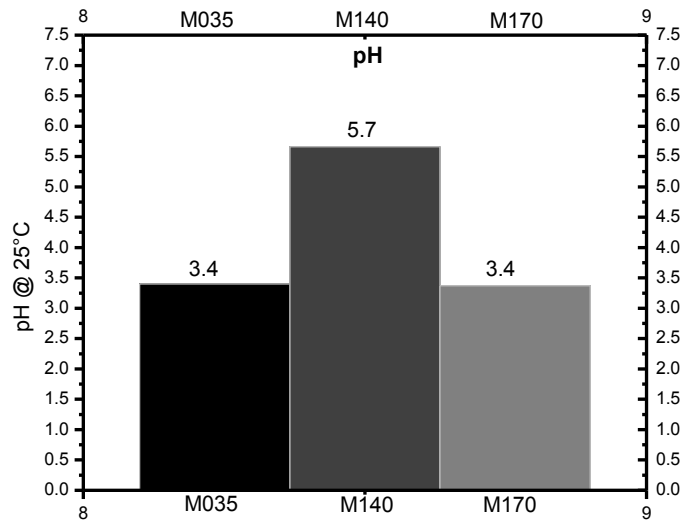


Gráfico 24.- Comparación de pH de M035, M140 y M170

#### 4.1.6 Determinación de viscosidad cinemática de las muestras M035, M140 y M170

Se muestran gráficos de viscosidad a 25°C contra concentración en gramos por cada 100mL (Gráficos 25, 26 y 27). Al aumentar la concentración aumenta la viscosidad, una de las razones es que los grupos iónicos pueden causar repulsión entre las cadenas, lo cual da lugar a una expansión de la molécula y por lo tanto, aumenta la viscosidad de la solución. De acuerdo al análisis estadístico entre las muestras M140 y M170 los resultados no presentan diferencias significativas (Tabla 33). La muestra M035 presenta una elevada viscosidad en comparación con las otras muestras (Gráfico 28).

#### **Muestra M035**

Tabla 30.- Viscosidad cinemática de las soluciones acuosas de M035

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A (cSt)	B (cSt)	C (cSt)
3.5	5.4	5.4	5.5
4.5	8.5	8.5	8.5
5.5	12.5	12.5	12.5
6.5	17.8	17.8	17.8
7.5	21.9	21.9	21.9

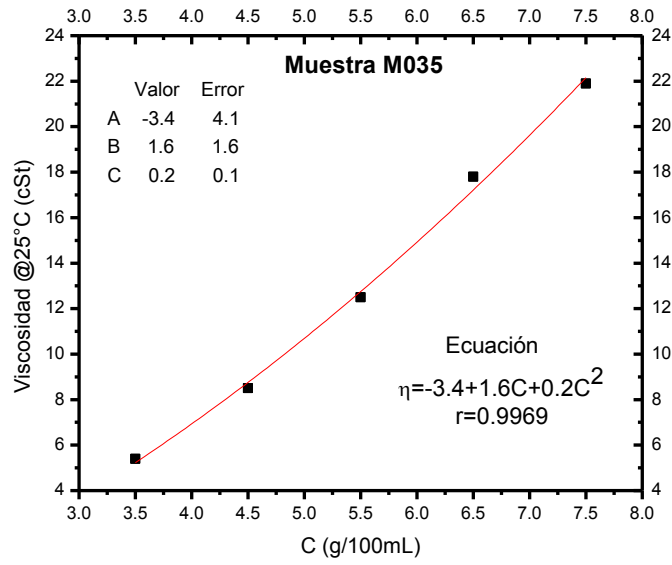


Gráfico 25.- Relación entre viscosidad cinemática y concentración de las soluciones de M035

**Muestra M140**

Tabla 31.- Viscosidad cinemática de las soluciones acuosas de M140

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A (cSt)	B (cSt)	C (cSt)
8.5	1.7	1.7	1.7
10	2.2	2.2	2.2
12	2.5	2.5	2.5
14	3.3	3.3	3.3
16	3.9	3.9	3.9
18	4.7	4.7	4.8
20	6.1	6.2	6.2

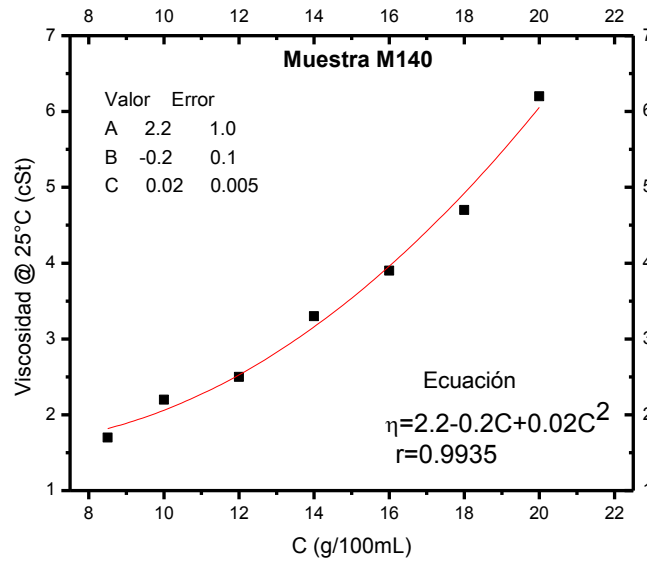


Gráfico 26. Relación entre viscosidad cinemática y concentración de las soluciones acuosas de M140

**Muestra M170**

Tabla 32.- Viscosidad cinemática de las soluciones acuosas de M170

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A (cSt)	B (cSt)	C (cSt)
8.5	2.5	2.5	2.5
10	2.9	2.9	3.0
12	3.0	3.1	3.1
14	3.3	3.3	3.4
16	4.7	4.7	4.7
18	5.9	5.8	5.9
20	9.7	9.8	9.8

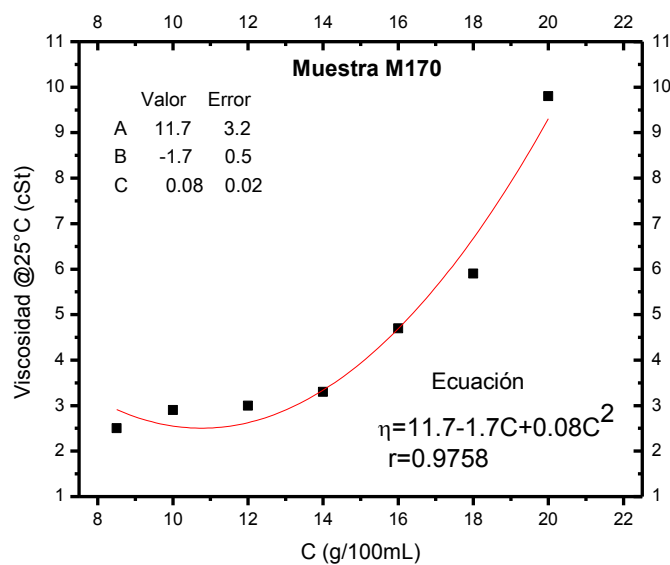


Gráfico 27.- Relación entre viscosidad cinemática y concentración de las soluciones acuosas de M170

Tabla 33.- Análisis de varianza de viscosidad cinemática

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	Muestra	Media	DE	A
Entre tratamientos	2	315.4	157.7	10.79	M035	13.2	6.7	B
Error	16	233.9	14.6		M140	3.5	1.5	C
Total	18	549.2			M170	4.6	2.6	C

GL grados de libertad SC suma de cuadrados CM cuadrado medio M media DE desviación estándar A agrupamiento

Muestras que no comparten una letra son significativamente diferentes. Intervalo de confianza del 95%



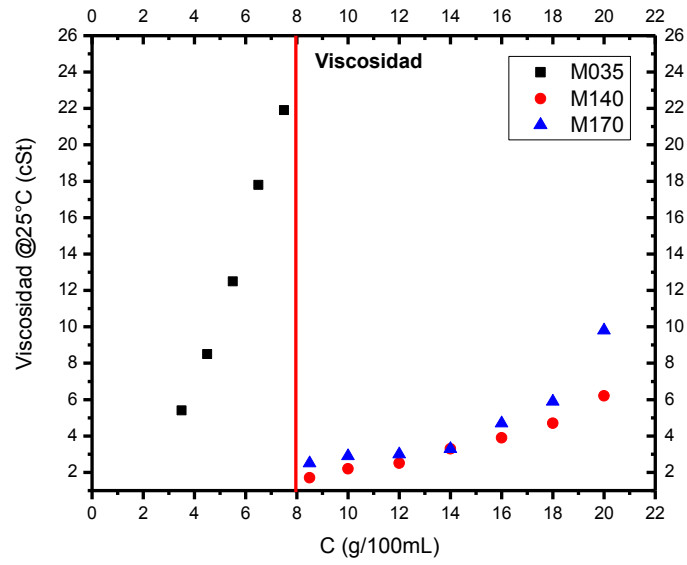


Gráfico 28. Comparación de viscosidad cinemática contra concentración de M035, M140 y M170

Tabla 34.- Determinación de parámetros fisicoquímicos para las muestras problema M035, M140 y M170

DETERMINACIÓN	M035	M140	M170	OBSERVACIÓN
Índice de refracción	1.3325± 0.0012	1.3335± 0.0005	1.3341± 0.0003	Directamente proporcional a la concentración
Por ciento de sólidos totales (°Brix)	1.0± 0.01	0.9± 5.7E <sup>-4</sup>	0.9± 0.002	Directamente proporcional a la concentración
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0.9982 ± 0.0007	1.0016 ± 0.0007	1.0007 ± 0.0005	Directamente proporcional a la concentración
Punto de fusión (° C)	21.0± 0.3	20.1± 0.6	21.2± 0.5	Directamente proporcional a la concentración
Conductividad (mS/cm)	1.77± 0.07	0.33±0.04	0.53±0.04	M035 > M170 > M140
pH	3.4	5.7	3.4	M140 menos ácida
**Viscosidad (cSt)	21.9	1.7	2.5	M035 > M170 > M140

\*Se presentan los valores de la ordenada de origen para cada determinación.

\*\* Concentraciones de 7.5 g/100mL para la muestra M035 y 8.5 g/100mL para las muestras M140 y M170.

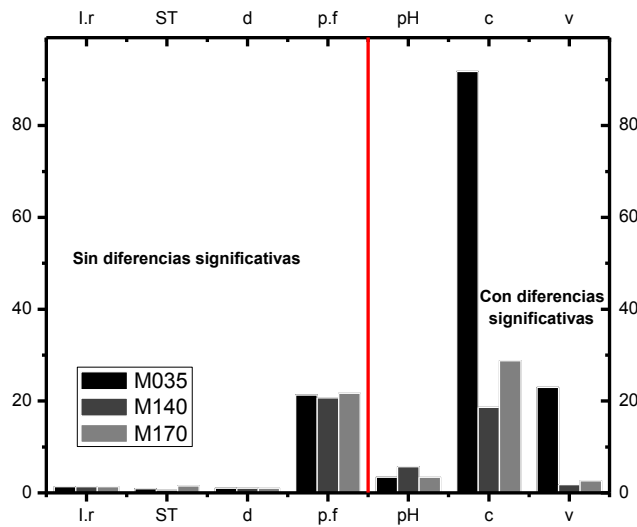


Gráfico 29.- Determinación de parámetros fisicoquímicos para las muestras problema M035, M140 y M170

Las muestras no presentan diferencias significativas para el índice de refracción, por ciento de sólidos totales (ST), densidad (d) y punto de fusión (p.f). De acuerdo al pH, conductividad (c) y viscosidad (v) se observan diferencias entre las muestras (Gráfico 29).

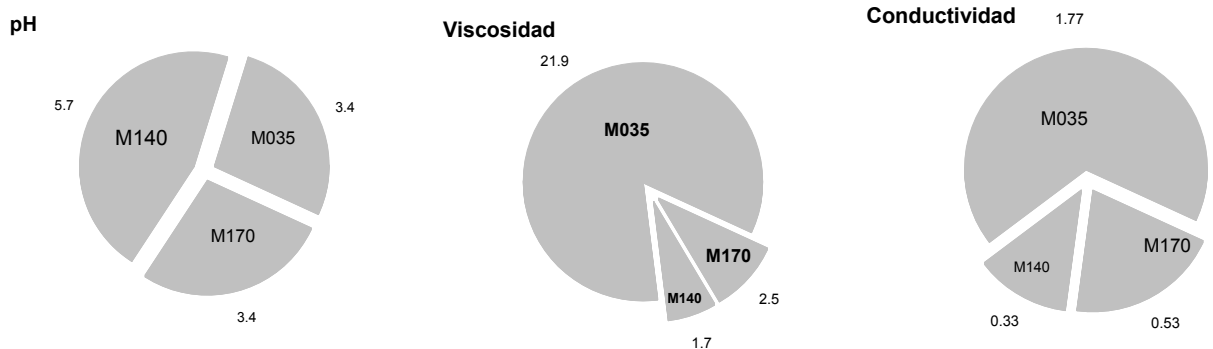


Figura 16. Parámetros fisicoquímicos que presentan diferencias para las muestras M035, M140 y M170

De acuerdo a lo observado en la Figura 16, es importante destacar que:

La muestra M035 presenta una viscosidad y conductividad mucho mayor con respecto a las muestras M140 y M170. La muestra M140 resultó ser menos ácida (pH 5.7) con respecto a las muestras M140 y M035, además presenta una conductividad y viscosidad ligeramente menor que la muestra M170 y la muestra M170 tiene un pH igual que la muestra M035.

La muestra M035 presenta el mismo pH de la muestra M170 el cual es de 3.4, sin embargo, su comportamiento de acuerdo a la viscosidad y la conductividad es diferente. Se ha observado que la conductividad varía con la concentración y una razón para esta variación es que el número de iones en solución puede ser o no ser proporcional a la concentración del electrolito. Los grupos ionizables son responsables de las fuerzas atractivas o repulsivas que contribuyen a estabilizar la estructura polimérica. La viscosidad de fluidos poliméricos va a depender de características intrínsecas de los biopolímeros: forma, tamaño y carga superficial que pueden ser modificadas por el desplegamiento inducido por factores ambientales como la fuerza iónica. Debido a esto, la conductividad y la viscosidad pueden relacionarse, y se infiere que la muestra M035 tiene mayor cantidad de grupos ionizables que la muestra M170. Lo que da como resultado una mayor viscosidad porque hay una expansión de la molécula al interactuar con las fuerzas repulsivas o atractivas impuestas por los electrolitos. Gracias a estos mismos se hace presente el aumento de la conductividad. En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad, este efecto continúa hasta que la solución está saturada de iones se restringe la libertad de movimiento y la conductividad puede disminuir en lugar

de aumentar, ocurriendo casos de dos diferentes concentraciones con la misma conductividad. La muestra M140 tiene un pH de 5.7, una viscosidad y conductividad menor que las muestras M035 y M170. Las proteínas pueden comportarse como un ácido o como una base dependiendo del pH, se trata de moléculas anfóteras. A valores de pH no alejados de su punto isoeléctrico, las moléculas proteicas exhiben interacciones mínimas con el agua y sus cargas netas son lo suficientemente bajas como para permitir que las cadenas polipeptídicas se aproximen y se formen algunos agregados. El punto isoeléctrico de la gelatina tipo A es de 7.0-9.0 y de la gelatina tipo B es de 4.7-5.4. Tomando la muestra M140 es una gelatina tipo B y está próximo a su punto isoeléctrico (presenta cargas netas bajas) por lo cual es la muestra que presenta menor viscosidad y conductividad con respecto a las muestras M035 y M170.

## **4.2. Determinación de parámetros fisicoquímicos para grenetinas XR1, XR2, XR3 e IP**

Las propiedades funcionales de las proteínas son aquellas propiedades fisicoquímicas que les permiten contribuir a que los alimentos exhiban características deseables.<sup>26</sup> Estas propiedades determinan su comportamiento durante el procesamiento, almacenamiento, preparación y consumo de los alimentos afectando su calidad y aceptación. Es por eso que es importante conocer el comportamiento fisicoquímico de la grenetina. Se presentan los resultados de viscosidad cinemática, punto de fusión, densidad y pH de las muestras IP (grenetina porcina), XR1, XR2 y XR3 (grenetinas bovinas).

### *4.2.1 Determinación de la masa molar para grenetinas XR2 e IP.*

Los métodos para determinar la masa molar están basados en la medición de la resistencia que ofrece un fluido, cuando se le aplica una fuerza interna que lo induce al movimiento, bajo condiciones establecidas.<sup>30</sup> Se presentan gráficos de viscosidad relativa contra concentración en gramos por cada 100mL (Gráficos 30 y 31). De acuerdo a los resultados la grenetina IP presenta una masa molar de 670000 g/mol y la gelatina XR2 presenta una masa molar de 95000g/mol.

Tabla 35.- Determinación de viscosidad para la grenetina IP

Concentración (g/ml) ( $\times 10^{-5}$ )	Tiempo (s)	Viscosidad			
		absoluta	relativa	especifica	reducida
0			1		0
2.4	454.5	0.892	1.002	0.002	87.7
3.2	455.9	0.895	1.005	0.05	166.9
4.2	456.8	0.896	1.007	0.007	171.0
4.8	458.8	0.900	1.012	0.012	242.9
5.4	459.7	0.902	1.014	0.014	253.5
6.0	460.5	0.903	1.015	0.015	255.7
6.6	462.9	0.908	1.021	0.021	311.9

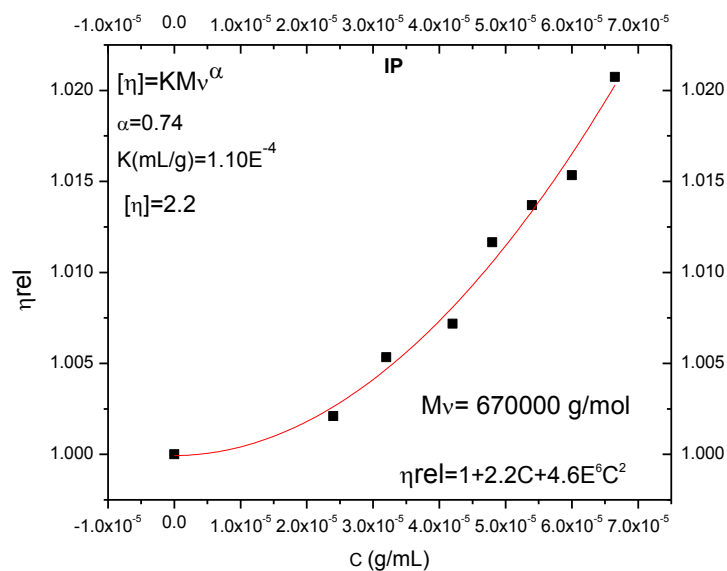


Gráfico 30. Determinación de la viscosidad intrínseca para la grenetina IP

Tabla 36.- Determinación de viscosidad para la grenetina XR2

Concentración (g/ml) ( $\times 10^{-5}$ )	Tiempo (s)	Viscosidad			
		absoluta	Relativa	especifica	Reducida
0			1		0
2.4	454.2	0.892	1.002	0.002	66.9
3.2	455.6	0.894	1.005	0.005	146.6
4.2	456.5	0.896	1.006	0.006	155.3
4.8	458.8	0.900	1.012	0.012	242.4
5.4	459.7	0.902	1.014	0.014	253.5
6.1	468.7	0.909	1.017	0.017	285.6
6.6	462.1	0.907	1.019	0.019	284.7

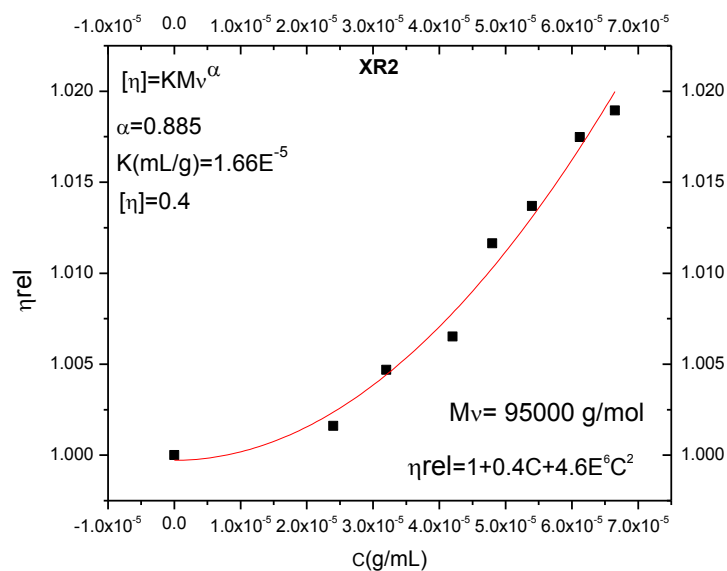


Gráfico 31. Determinación de la viscosidad intrínseca para la grenetina XR2



#### 4.2.2 Determinación de punto de fusión para gretinas XR1, XR2, XR3 e IP

El punto de fusión depende del número total de enlaces a una temperatura dada, afectado por el pH y sales de la muestra.<sup>32</sup> Se presentan gráficos de punto de fusión contra la concentración en gramos por cada 100mL (Gráficos 32, 33,34 y 35). El punto de fusión está en relación directa con la concentración, de acuerdo a los resultados (Gráfico 36) el punto de fusión va de mayor a menor de acuerdo a lo siguiente: IP, XR2, XR3 y XR1. Lo que nos indica de manera cualitativa el número y fuerza de enlace en cada muestra. El análisis estadístico muestra que los resultados no presentan diferencias significativas (Tabla 41).

#### XR1

Tabla 37.- Punto de fusión de las soluciones acuosas de gretina XR1

Concentración (g/100mL)	Punto de fusión (°C)
8	26.0
10	28.0
12	33.5

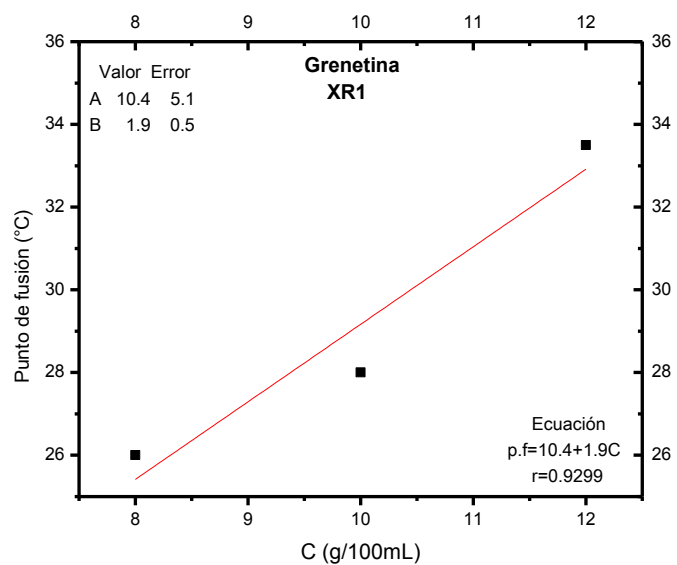


Gráfico 32.- Relación entre punto de fusión y concentración de soluciones acuosas de grenetina XR1

**XR2**

Tabla 38.- Punto de fusión de las soluciones acuosas de grenetina XR2

Concentración (g/100mL)	Punto de fusión (°C)
8	28.0
10	30.0
12	34.0

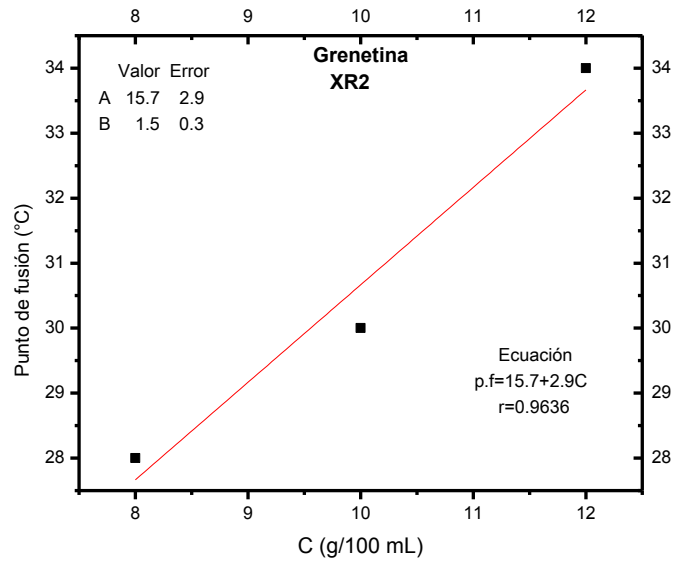


Gráfico 33.- Relación entre punto de fusión y concentración de soluciones acuosas de grenetina XR2

### XR3

Tabla 39.- Punto de fusión de las soluciones acuosas de grenetina XR3

Concentración (g/100mL)	Punto de fusión (°C)
8	27.0
10	30.0
12	34.0

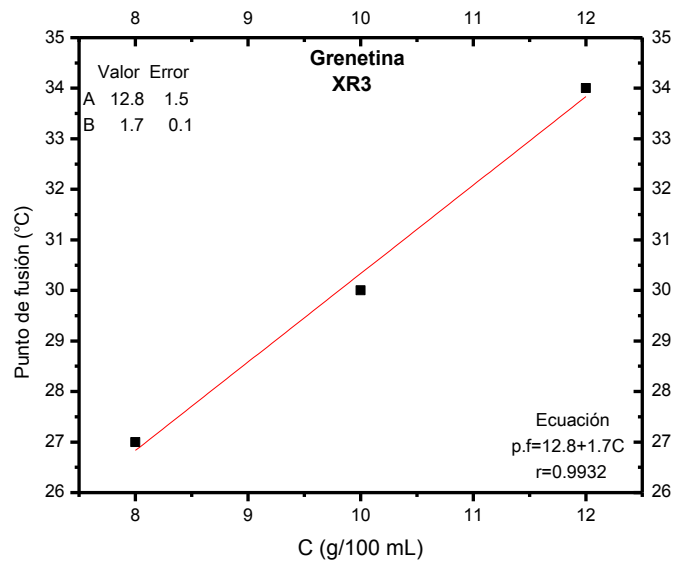


Gráfico 34.- Relación entre punto de fusión y concentración de soluciones acuosas de grenetina XR3

**IP**

Tabla 40.-Punto de fusión de las soluciones acuosas de grenetina IP

Concentración (g/100mL)	Punto de fusión (°C)
8	29.0
10	31.0
12	33.5

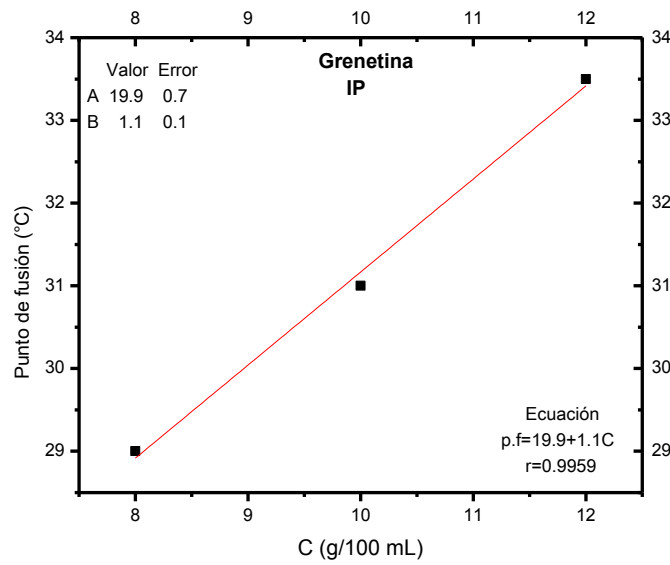


Gráfico 35.- Relación entre punto de fusión y concentración de soluciones acuosas de grenetina IP

Tabla 41. Análisis de variancia del punto de fusión entre las muestras de grenetina

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	Muestra	Media	DE	A
Entre tratamientos	3	6.5	2.2	0.21	XR1	29.2	3.9	B
Error	8	83.7	10.5		XR2	30.7	3.0	B
Total	11	90.2			XR3	30.3	3.5	B
					IP	31.2	2.2	B

**GL** grados de libertad **SC** suma de cuadrados **CM** cuadrado medio **M** media **DE** desviación estándar **A** agrupamiento

Muestras que no comparten una letra son significativamente diferentes Intervalo de confianza del 95%

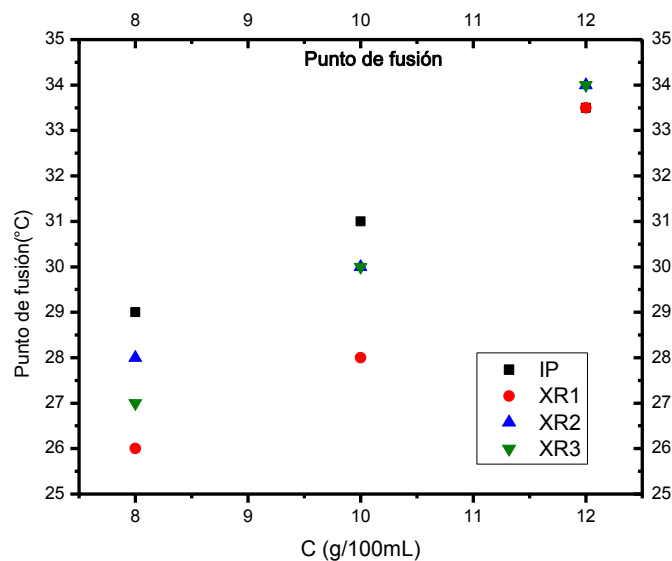


Gráfico 36.- Relación entre punto de fusión y concentración de soluciones acuosas de gretina XR1, XR2, XR3 e IP

#### 4.2.3 Determinación de densidad para gretinas XR1, XR2, XR3 e IP

Se presentan gráficos de densidad a 25°C contra la concentración en gramos por cada 100mL (Gráficos 37, 38, 39 y 40). Obteniendo una relación directa de la densidad con la concentración. En el gráfico 41, se puede distinguir que la muestra XR2 y la muestra XR3 tienen prácticamente el mismo valor obteniendo el valor más alto en comparación con las otras muestras, seguido de la muestra XR1 y finalmente, el valor más bajo de densidad es para la muestra IP. Sabemos que la densidad refleja el tipo y disposición de los átomos en la molécula y la colocación de las moléculas en la muestra microscópica. Es por ello que se puede inferir que las muestras con una densidad mayor serán aquellas que presenten un menor volumen, ya sea por el menor tamaño de las moléculas o la mayor atracción electrostática que favorece a la compactación y viceversa. El análisis estadístico indica que no existen diferencias significativas (Tabla 46).

## XR1

Tabla 42.-Densidad de soluciones acuosas de grenetina XR1

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A (g/cm <sup>3</sup> )	B (g/cm <sup>3</sup> )	C (g/cm <sup>3</sup> )
4	1.0087	1.0087	1.0087
5	1.0107	1.0107	1.0107
6	1.0139	1.0139	1.0139

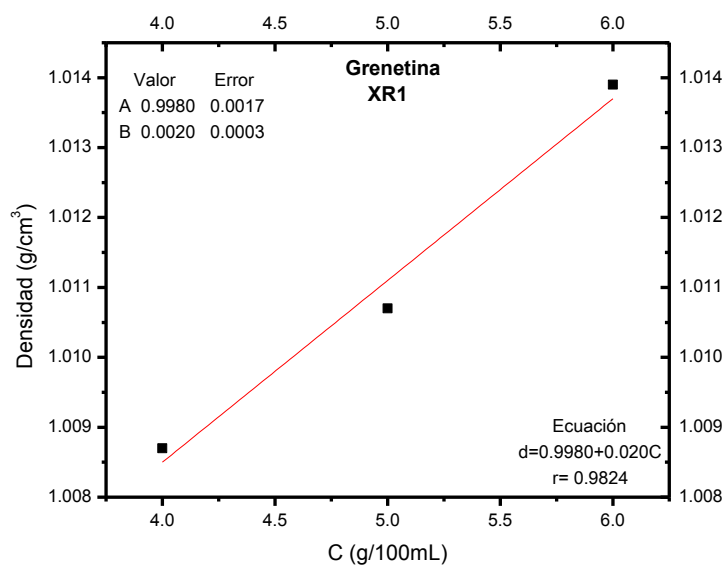


Gráfico 37.- Relación entre densidad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina XR2156

## XR2

Tabla 43.- Densidad de las soluciones acuosas de grenetina XR2

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A (g/cm <sup>3</sup> )	B (g/cm <sup>3</sup> )	C (g/cm <sup>3</sup> )
4	1.0087	1.0087	1.0087
5	1.0114	1.0114	1.0114
6	1.0150	1.0150	1.0150

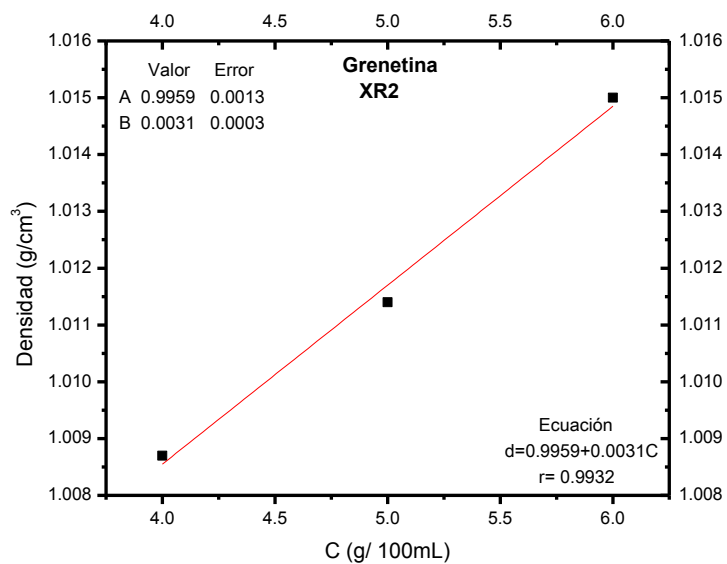


Gráfico 38.- Relación entre densidad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina XR2



### XR3

Tabla 44.- Densidad de las soluciones acuosas de grenetina XR3

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A (g/cm <sup>3</sup> )	B (g/cm <sup>3</sup> )	C (g/cm <sup>3</sup> )
4	1.0087	1.0087	1.0087
5	1.0120	1.0120	1.0120
6	1.0145	1.0145	1.0145

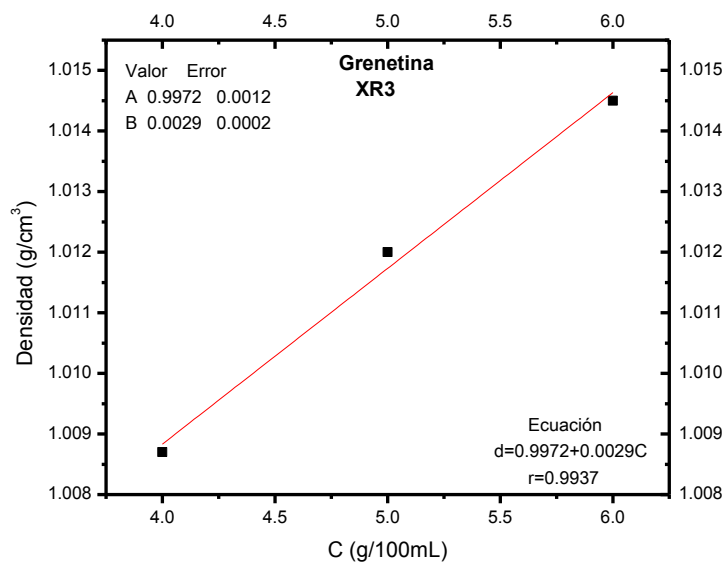


Gráfico 39.- Relación entre densidad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina XR3

### IP

Tabla 45.- Densidad de las soluciones acuosas de grenetina IP

Concentración (g/100mL)	Réplicas		
	A (g/cm <sup>3</sup> )	B (g/cm <sup>3</sup> )	C (g/cm <sup>3</sup> )
4	1.0079	1.0079	1.0079
5	1.0102	1.0102	1.0102
6	1.0137	1.0137	1.0137

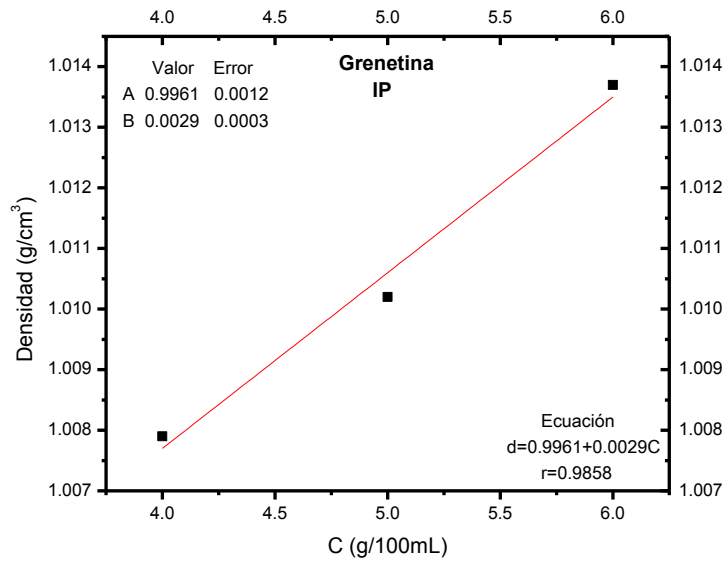


Gráfico 40.- Relación entre densidad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina IP

Tabla 46.- Análisis de varianza de densidad entre las muestras de grenetina.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	Muestras	Media	DE	A
Entre tratamientos	3	2.6E-6	9.0E-7	0.10	XR1	1.0111	0.0026	B
Error	8	6.7E-5	8.5E-6		XR2	1.0117	0.0032	B
Total	11	7.0E-5			XR3	1.0117	0.0029	B
					IP	1.0106	0.0029	B

**GL** grados de libertad **SC** suma de cuadrados **CM** cuadrado medio **M** media **DE** desviación estándar **A** agrupamiento

Muestras que no comparten una letra son significativamente diferentes. Intervalo de confianza del 95%

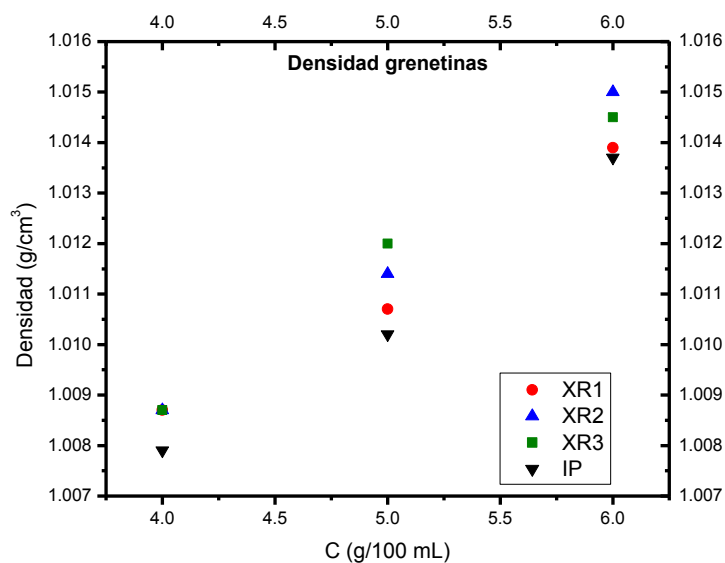


Gráfico 41. Relación entre la densidad y concentración de las soluciones acuosas de grenetinas XR1, XR2, XR3 e IP

#### 4.2.4 Determinaciones de conductividad de grenetinas XR1, XR2, XR3 e IP

Se presentan gráficos de conductividad a 25°C contra la concentración en gramos por cada 100mL (Gráficos 42, 43, 44 y 45). Obteniendo una relación directa de la conductividad con la concentración. En análisis estadístico indica que no existen diferencias significativas (Tabla 51).

#### XR1

Tabla 47.- Conductividad de las soluciones acuosas de grenetina XR1

Concentración (g/100mL)	Conductividad (mS/cm)
4	0.66
5	0.80
6	0.84

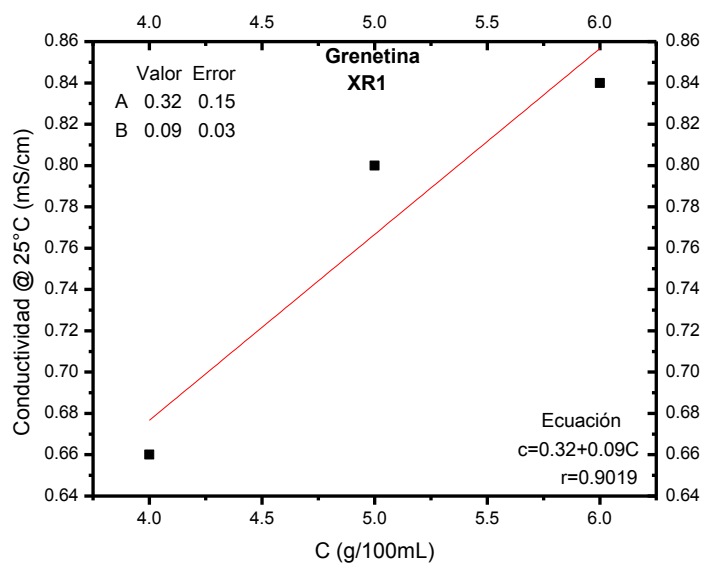


Gráfico 42.- Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina XR1

### XR2

Tabla 48.- Conductividad de las soluciones acuosas de grenetina XR2

Concentración (g/100mL)	Conductividad (mS/cm)
4	0.61
5	0.70
6	0.78

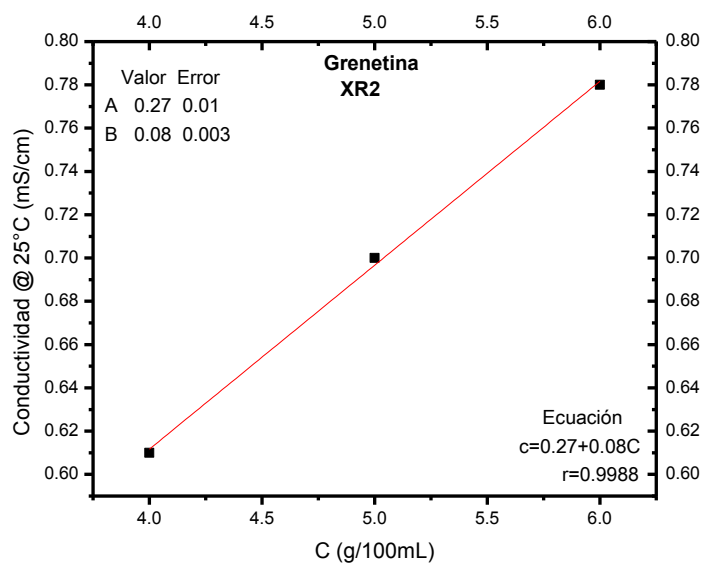


Gráfico 43.- Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina XR2

**XR3**

Tabla 49.- Conductividad de las soluciones acuosas de grenetina XR3

Concentración (g/100mL)	Conductividad (mS/cm)
4	0.78
5	0.94
6	1.05

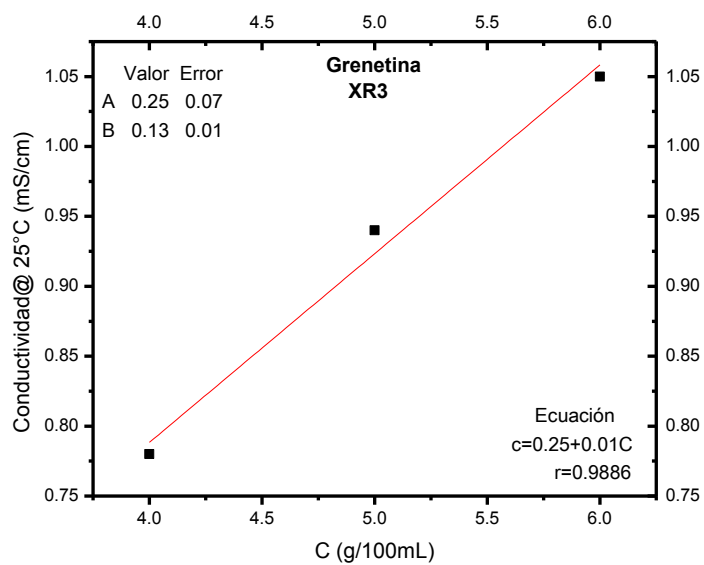


Gráfico 44.- Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina XR3

**IP**

Tabla 50.- Conductividad de las soluciones acuosas de grenetina IP

Concentración (g/100mL)	Conductividad (mS/cm)
4	0.71
5	0.76
6	0.85

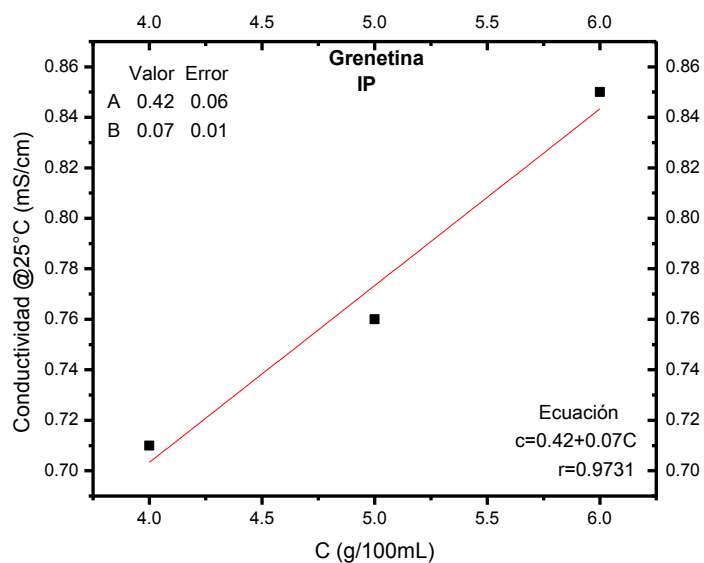


Gráfico 45.- Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina IP

Tabla 51. Análisis de varianza de conductividad entre las muestras de grenetina.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	Muestra	Media	DE	A
Entre tratamientos	3	0.08	0.03	2.76	XR1	0.77	0.09	B
Error	8	0.079	0.01		XR2	0.76	0.08	B
Total	11	0.16			XR3	0.92	0.13	B
					IP	0.77	0.07	B

**GL** grados de libertad **SC** suma de cuadrados **CM** cuadrado medio **M** media **DE** desviación estándar **A** agrupamiento

Muestras que no comparten una letra son significativamente diferentes. Intervalo de confianza del 95%

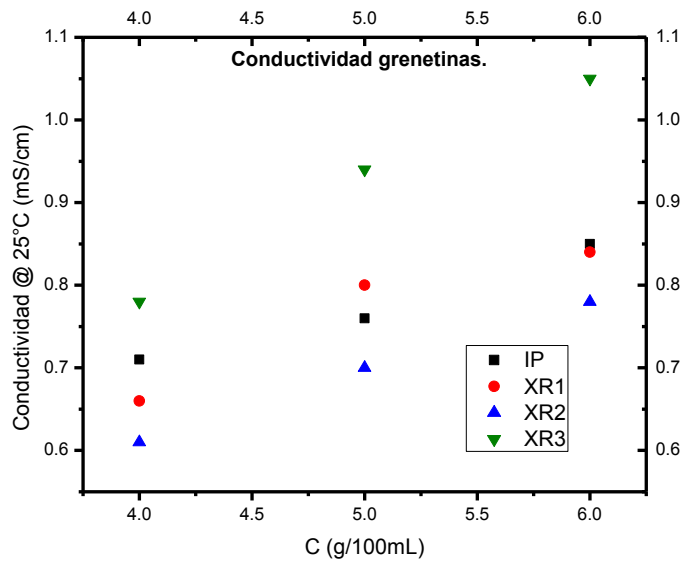


Gráfico 46.- Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de grenetinas XR1, XR2, XR3 e IP

#### 4.2.5 Determinación de pH de grenetinas XR1, XR2, XR3 e IP

Las propiedades ácidas y básicas de las proteínas son atribuibles a los aminoácidos que las componen. A pH bajo, el aminoácido existe como catión en el que sólo está ionizado el grupo alfa amino, conforme se hace la disolución más alcalina el grupo alfa carboxilo se disocia y queda ionizado. El pH determina que formas iónicas están presentes y en que proporciones.<sup>35</sup>

El pH al afectar en alguna magnitud la proteína y desnaturalizarla se convierte en un criterio de producto final importante para la selección del tipo óptimo de la gelatina.



Tabla 52.- pH de las soluciones acuosas de grenetinas XR1, XR2, XR3 e IP.

Muestra	pH
XR1	5.3
XR2	5.3
XR3	5.3
IP	4.8

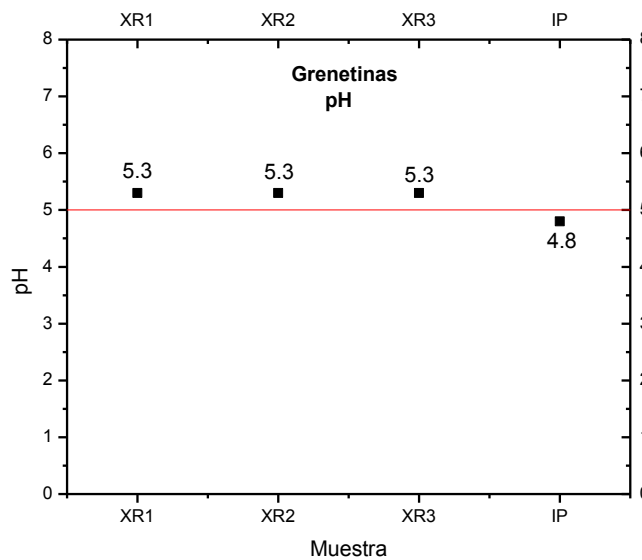


Gráfico 47.- Valores de pH de soluciones acuosas de grenetinas XR1, XR2, XR3 e IP.

De acuerdo a los resultados (Gráfico 47) el pH de las grenetinas de origen bovino presentan el mismo valor, 5.3 y la de origen porcino presenta un pH de 4.8 el cual es más ácido con respecto a las otras muestras. El pH de la muestra va a depender del proceso de fabricación, para los animales grandes, el tratamiento alcalino es el preferido, mientras que para los más pequeños un corto período de acondicionamiento ácido muy diluido es todo lo que es necesario.

#### 4.2.6 Determinación de Bloom en función de la concentración para las gretinas XR1, XR2, XR3 e IP

Las gelatinas son comercializadas de acuerdo con su capacidad para gelificar, son graduadas en categorías Bloom o fuerza de gelificación que es una medida estándar de la fuerza aplicada para provocar una deformación a una concentración y temperatura estandarizada en un gel.

Preparación de la muestra.

Se prepararon varias soluciones de la muestras de 10, 20, 25, 30, 35, 40 y 50 (g/L) de gretina, las muestras fueron preparadas por dilución partiendo de una solución stock de 50 g/L.

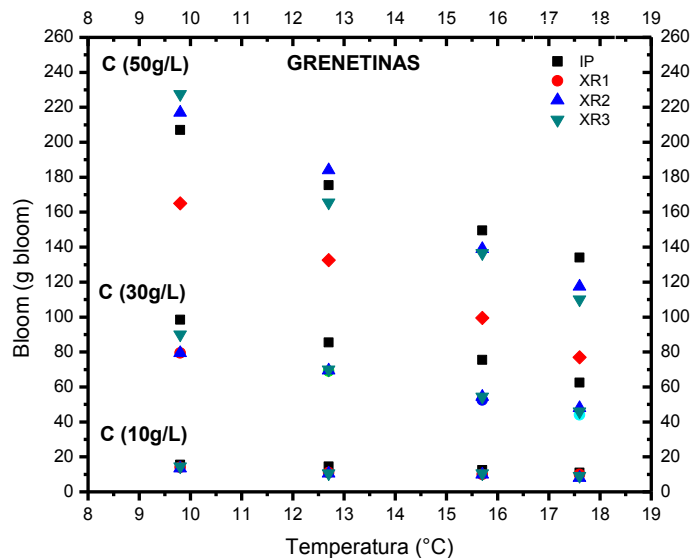


Gráfico 48.- Relación entre Bloom y temperatura de soluciones acuosas de gretinas XR1, XR2, XR3 e IP

De acuerdo al gráfico 48 para las soluciones de gretinas a concentración de 10g/L, el valor de Bloom no cambia significativamente; a 30g/L, se observa que la gretina porcina (IP) tiene mayor Bloom que las bovinas (las tres muestras

bovinas tienen un valor semejante o igual); finalmente, a 50 g/L el valor de Bloom oscila en un cierto intervalo para todas las muestras, con excepción de un tipo bovino (XR1), en tanto la muestra IP presenta una disminución gradual pero los valores finales son mayores que las demás. Existe una correlación entre la fuerza del gel y la concentración de la grenetina, siendo posible, en la práctica, producir cualquier grado de dureza necesario en el gel con cualquier tipo de Bloom, solamente cambiando la concentración. (Apéndice C).

Tabla 53.- Muestras valoradas

Determinación de parámetros fisicoquímicos de soluciones acuosas de grenetinas XR1, XR2, XR3 e IP

DETERMINACIÓN	XR1	XR2	XR3	IP
Viscosidad intrínseca	NA	2.5	NA	3.2
*Punto de fusión (°C)	28	30	30	31
**Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1.0107	1.0114	1.0120	1.0079
**Conductividad (mS/cm)	0.8	0.7	0.9	0.8
pH	5.3	5.3	5.3	4.8
***Bloom	77.0	117.5	101.0	134

NA no aplica

Se tomaron estas concentraciones como muestras representativas para facilitar la interpretación de los resultados

\*Resultados a concentración de 10g/100mL

\*\*Resultados a concentración de 5g/100mL

\*\*\* Resultados a concentración de 50g/L y temperatura de 17.5°C

Las propiedades que influyen en el comportamiento funcional de las proteínas en los alimentos incluyen su forma, tamaño, composición, carga neta, hidrofobicidad,

hidrofilicidad, estructura, flexibilidad molecular y rigidez en respuesta de factores del ambiente externo.<sup>17</sup>

Las muestras de grenetinas no presentaron cambios significativos en su comportamiento fisicoquímico (Tablas 41,46 y 51) ya que a partir de un cierto peso molecular (alrededor de 10 000kDa) las propiedades de los polímeros son independientes del peso molecular, es decir, aparentemente su valor no cambia a medida que la cadena crece,<sup>23</sup> sin embargo, es importante mencionar las diferencias que hay entre ellas (Tabla 53).

Como ya se mencionó, la densidad refleja el tipo y disposición de átomos en la molécula y la colocación de las moléculas en la muestra microscópica. De acuerdo a los resultados observamos las muestras IP, XR1, XR2 y XR3 en orden de menor a mayor densidad respectivamente. Si comparamos estos resultados con los de conductividad obtenemos que las muestras XR3, XR1, IP y XR2 se encuentran en un orden de mayor a menor respectivamente.

Debido a lo mencionado y recordando que las muestras bovinas (XRs) obtuvieron un pH de 5.3 y la muestra porcina (IP) presentó un pH de 4.8 se puede decir que el tamaño molecular de la muestra IP es mayor que el de las muestras restantes, un mayor tamaño molecular y expansión debido al pH refleja una viscosidad mayor la cual es proporcional con el peso molecular y una viscosidad mayor dificulta el flujo de los iones presentes y la conductividad disminuye.

Las muestras XR2 y XR3 al tener la menor densidad indica que sus moléculas son las más pequeñas en comparación con las otras muestras y, por lo tanto, presentan una viscosidad menor a la muestra IP cabe señalar que el peso molecular de la muestra XR2 resultó ser menor que el de la muestra IP.

La muestra XR1 presentó el menor punto de fusión (28°C) lo que quiere decir que la fuerza y número de enlaces son menores y por tanto, el valor Bloom también es el menor ya que esta propiedad mide la fuerza de gelificación que, a su vez, depende de si la galletina forma o no una red estable por enlaces intermoleculares.

La galletina se aplica como ingrediente en varios productos alimenticios, así como en productos farmacéuticos. Consciente de este hecho, la industria invierte anualmente grandes valores para garantizar y mejorar aún más la calidad frente a las exigencias de sus clientes y alcanzar las altas expectativas de los consumidores.

### 4.3 Determinación de Bloom para gelatina sin sabor presentación fresa, limón, piña y uva

Se determinó el Bloom para muestras de gelatina sin sabor presentación fresa, limón, piña y uva. El método empleado se encuentra en la página 35. Las tablas de resultados se encuentran en el apéndice D.

#### Preparación de la muestra

Se prepararon 500mL de gelatina por muestra (fresa, limón, piña y uva)., Para ello, se pesaron 60g de la muestra (se empleó una balanza Mettler PM 4800 con sensibilidad de 0.01g y capacidad de 4100g). Una vez pesada la muestra de gelatina se adicionó agua destilada a una temperatura de 80°C y se llevó la mezcla de gelatina a total disolución.

#### 4.3.1 Fresa

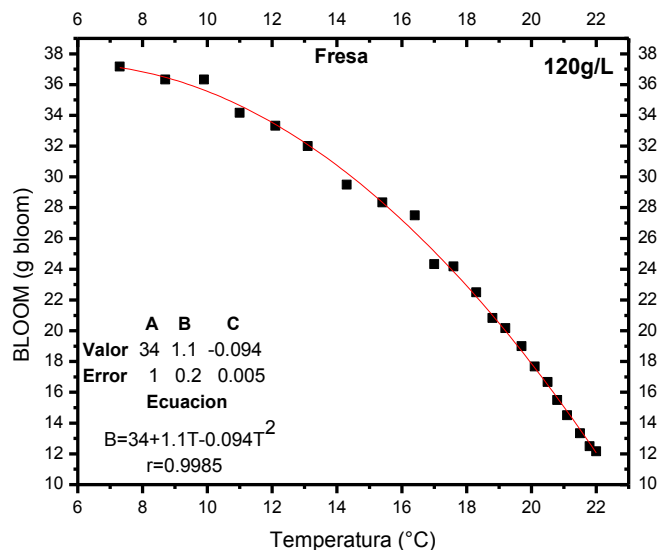


Gráfico 49.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra de gelatina presentación fresa sin sabor (SS)

### 4.3.2 Limón

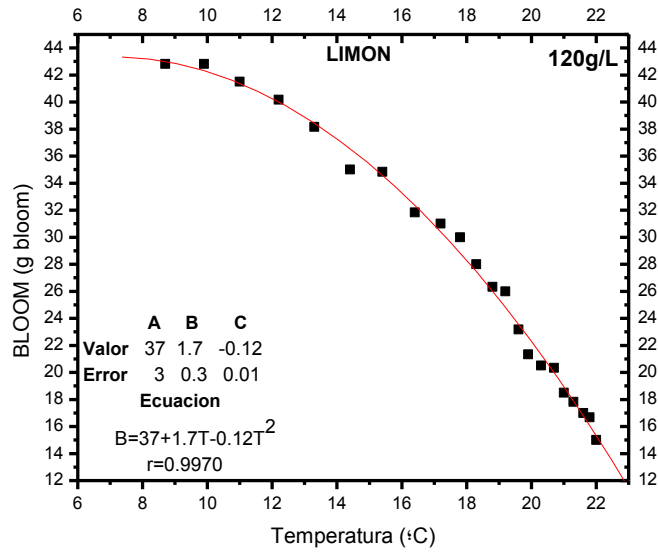


Gráfico 50.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra de gelatina presentación limón sin sabor (SS)

### 4.3.3 Piña

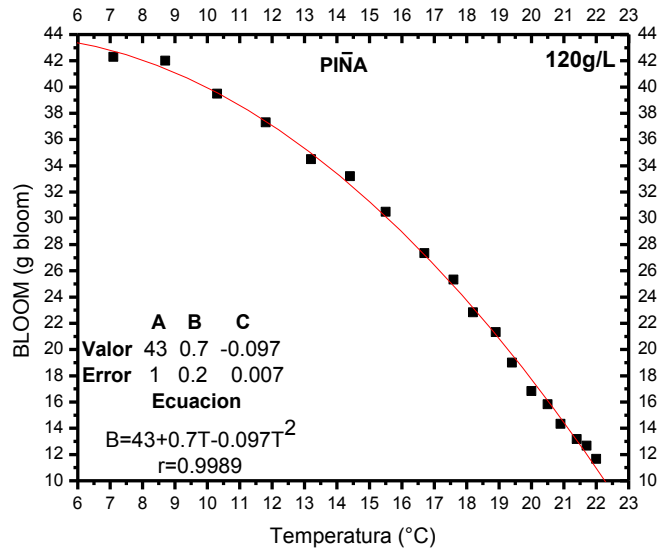


Gráfico 51.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra de gelatina presentación piña sin sabor (SS)

#### 4.3.4 Uva

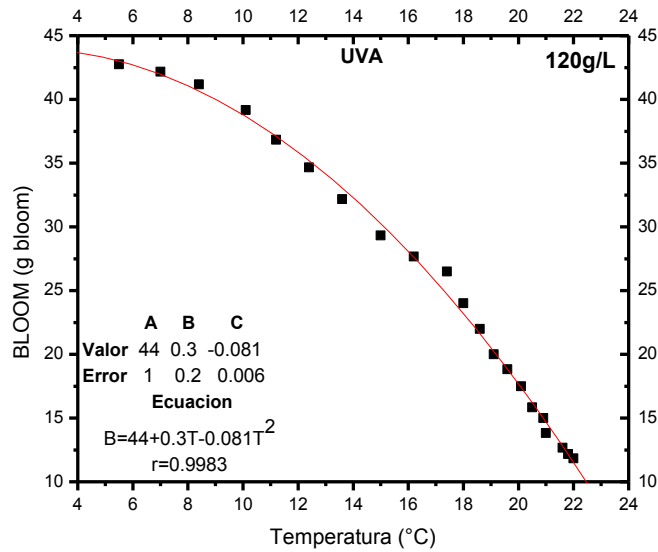


Gráfico 52.-. Relación entre Bloom y temperatura de la muestra de gelatina presentación uva sin sabor (SS)

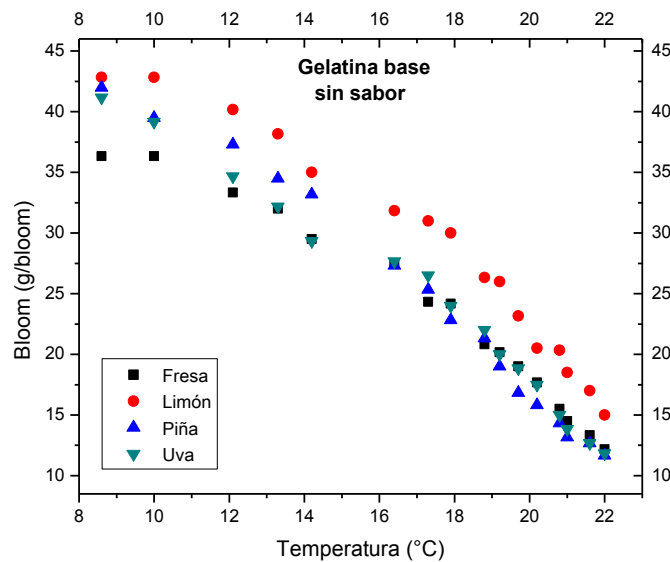


Gráfico 53.-. Relación entre Bloom y temperatura de las muestra de gelatina presentación fresa, limón, piña y uva sin sabor (SS)



Tabla 54. Análisis de varianza de Bloom entre las muestras de gelatina SS

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	Muestra	M	DE	A
Entre tratamientos	3	162.0	54.0	2.96	Limón	17.5	3.9	B
Error	32	584.3	18.3		Fresa	21.9	4.9	B C
Total	35	746.3			Uva	16.4	3.9	B C
					Piña	17.3	4.2	C

**GL** grados de libertad **SC** suma de cuadrados **CM** cuadrado medio **M** media **DE** desviación estándar **A** agrupamiento

Muestras que no comparten una letra son significativamente diferentes  
Intervalo de confianza del 95%

#### 4.4 Determinación de Bloom para gelatina con sabor presentación uva

Se determinó el Bloom para gelatina con sabor presentación uva para evaluar el efecto del saborizante en la determinación de bloom. El método empleado está en la página 36. Las tablas de resultados se encuentran en el apéndice D.

##### 4.4.1 Uva

###### *Preparación de la muestra*

Se prepararon 500mL de gelatina. Para ello se pesaron 49.75 g de la base; se adicionaron 10.25g de grenetina y se mezcló homogéneamente. Para esto, se empleó una balanza Mettler PM 4800 con sensibilidad de 0.01g y capacidad de 4100g. Una vez pesada y mezclada la muestra de gelatina se adicionó agua destilada a una temperatura de 80°C y se llevó la mezcla de gelatina a total disolución.

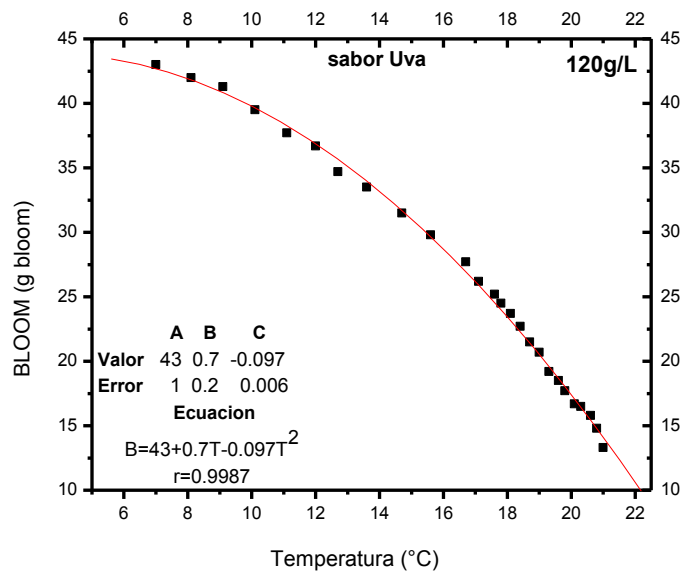


Gráfico 54.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra de gelatina con sabor (CS) presentación uva

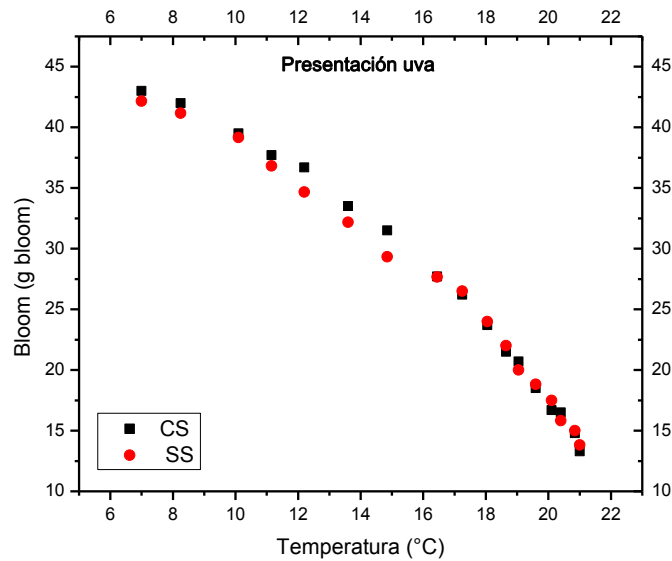


Gráfico 55.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra de gelatina con sabor (CS) y sin sabor (SS) presentación uva

Tabla 55. Análisis de varianza de Bloom entre las muestra de gelatina CS y SS.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	Muestra	M	DE	A
Entre tratamientos	1	0.1	0.1	0.01	SS	20.0	4.8	B
Error	18	420.5	23.4		CS	20.1	4.8	B
Total	19	420.6						

**GL** grados de libertad **SC** suma de cuadrados **CM** cuadrado medio **M** media **DE** desviación estándar **A** agrupamiento  
Muestras que no comparten una letra son significativamente diferentes  
Intervalo de confianza del 95%

#### 4.5 Determinación de Bloom para gelatinas marca comercial

Se determinó el Bloom en función de la temperatura para diferentes tipos de gelatinas comerciales que fueron identificadas como: GC-1, GC-2, GC-3,GC-4, GC-5 y GC-6. El método empleado está en la página 35. Las tablas de resultados y especificaciones se encuentran en el apéndice C.

##### 4.5.1 GC-1

#### **Mora silvestre 35g/L.**

Preparación de la muestra

Se prepararon 500 mL de gelatina, para ello se pesó 17.5 g de la base. Para esto, se empleó una balanza Mettler PM 4800 con una sensibilidad de 0.1g y una capacidad de 4100 g. Una vez pesada y mezclada la muestra de gelatina se adicionó agua destilada a una temperatura de 80°C y se llevó la mezcla de gelatina a total disolución.

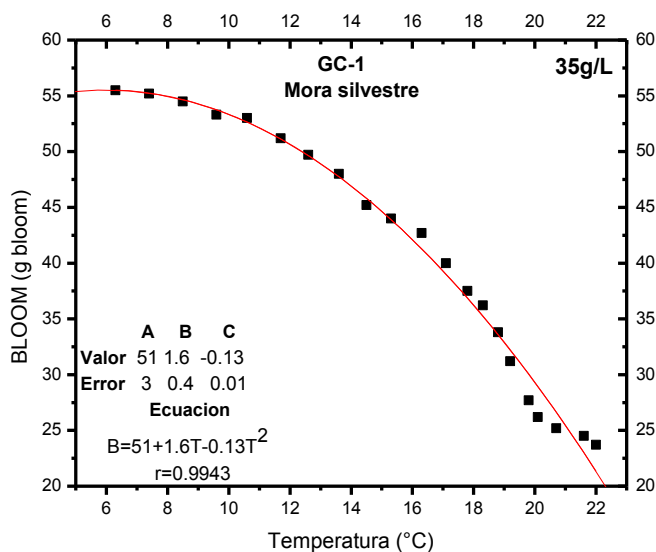


Gráfico 56.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-1, Mora silvestre

### Uva 35g/L.

Preparación de la muestra

La muestra se preparó de manera análoga a la gelatina GC-1 Mora silvestre

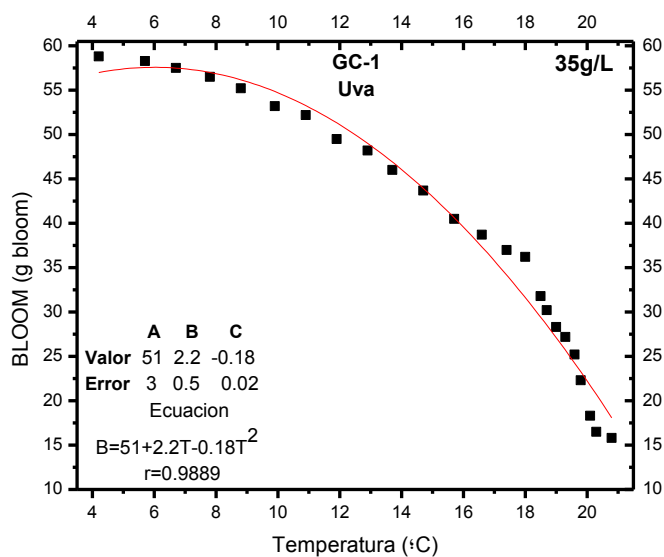


Gráfico 57.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-1, Uva

### Jerez 20g/L

#### Preparación de la muestra

Se prepararon 200mL de gelatina, para ello se pesó 4g de la muestra. Se usó una balanza Mettler PM 4800 con una sensibilidad de 0.1g y una capacidad de 4100 g. Una vez pesada y mezclada la muestra de gelatina se adicionó agua destilada a una temperatura de 80°C y se llevó la mezcla de gelatina a total disolución.

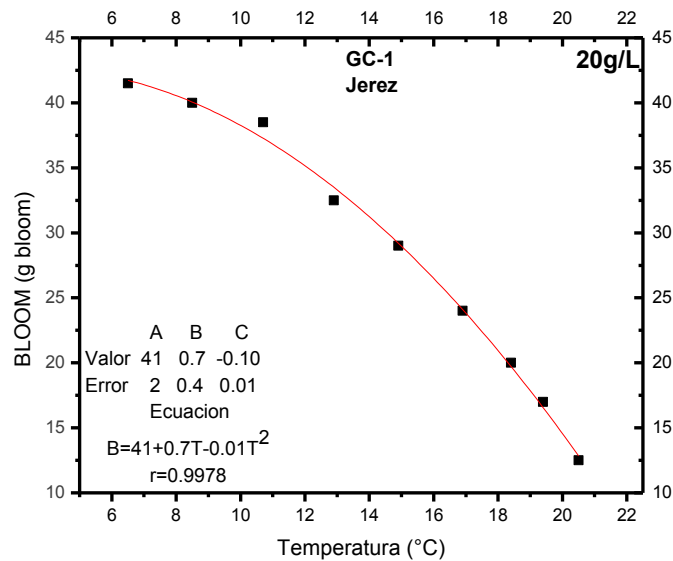


Gráfico 58.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-1, Jerez

### Vainilla 140g/L

#### Preparación de la muestra

Se prepararon 200mL de gelatina por muestra, para ello se pesó 28g de la muestra. Se usó una balanza Mettler PM 4800 con una sensibilidad de 0.1g y una capacidad de 4100 g. Una vez pesada y mezclada la muestra de gelatina se adicionó agua destilada a una temperatura de 80°C y se llevó la mezcla de gelatina a total disolución.

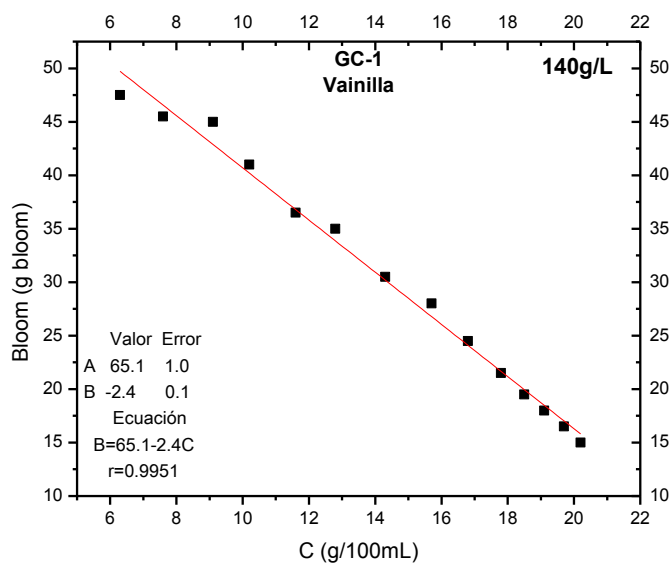


Gráfico 59.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-1, vainilla

#### 4.5.2 GC-2

##### Frutas rojas 60g/L

##### Preparación de la muestra

Se prepararon 500mL de gelatina, para ello se pesaron 30g de la muestra. Para esto, se empleó una balanza Mettler PM 4800 con una sensibilidad de 0.1g y una capacidad de 4100g. Una vez pesada la muestra de gelatina se adicionó agua destilada a una temperatura de 80°C y se llevó la mezcla de gelatina a total disolución.

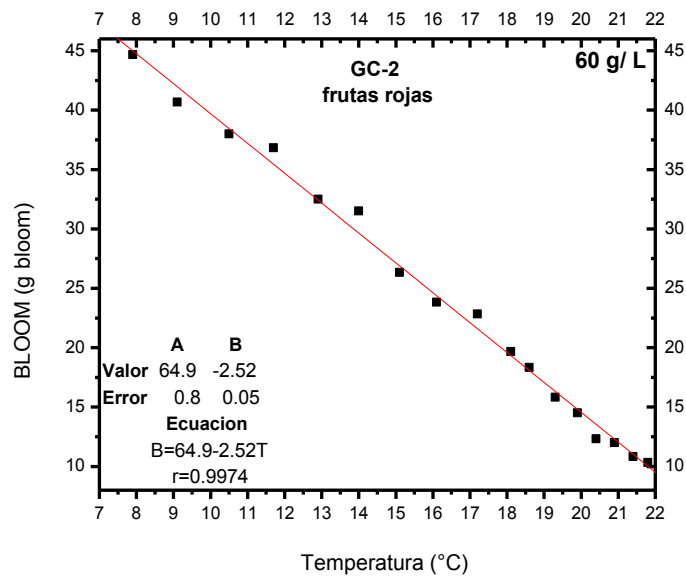


Gráfico 60.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-2, frutas rojas

#### 4.5.3 GC-3

##### Mango 35g/L

##### Preparación de la muestra

Se prepararon 500mL de gelatina, para ello se pesaron 17.5g de la base. Para esto, se empleó una balanza Mettler PM 4800 con una sensibilidad de 0.1g y una capacidad de 4100g. Una vez pesada y mezclada la muestra de gelatina se adicionó agua destilada a una temperatura de 80°C y se llevó la mezcla de gelatina a total disolución.

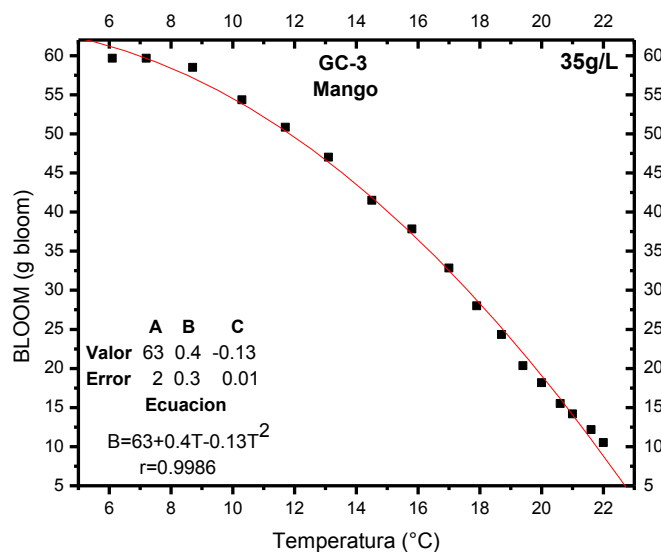


Gráfico 61.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-3, Mango

#### 4.5.4 GC-4

##### Piña 85g/L

#### Preparación de la muestra

Se prepararon 500mL de gelatina, para ello se pesaron 42.5g de la gelatina. Para esto, se empleó una balanza Mettler PM 4800 con una sensibilidad de 0.1g y una capacidad de 4100 g. Una vez pesada y mezclada la muestra de gelatina, se adicionó agua destilada a una temperatura de 80°C y se llevó la mezcla de gelatina a total disolución.



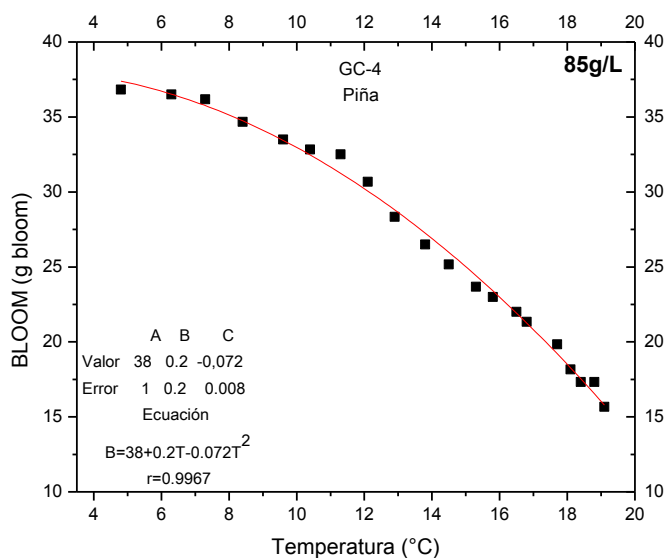


Gráfico 62.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-4, piña

Uva 85g/L

Preparación de la muestra

La muestra se preparó de manera análoga a la gelatina GC-4 piña

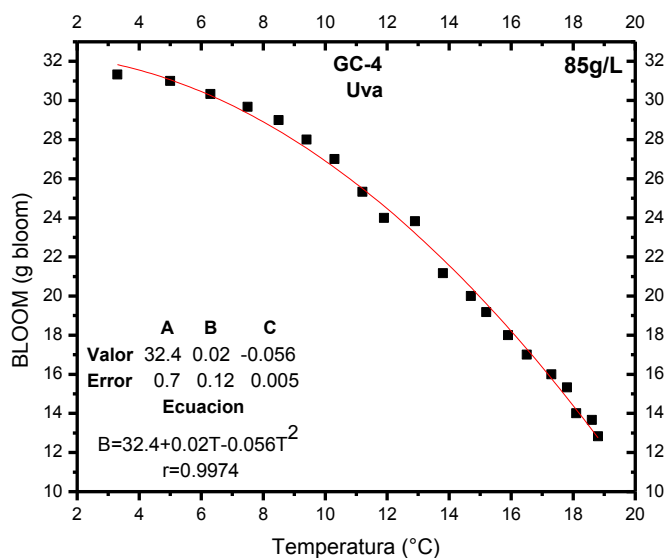


Gráfico 63.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-4, uva

#### 4.5.5. GC-5

#### Fresa, 84 g/L.

##### Preparación de la muestra

Se prepararon 500mL de gelatina, para ello se pesaron 42g de la muestra. Para esto, se empleó una balanza Mettler PM 4800 con una sensibilidad de 0.1g y una capacidad de 4100g. Una vez pesada la muestra de gelatina se adicionó agua destilada a una temperatura de 80°C y se llevó la mezcla de gelatina a total disolución.

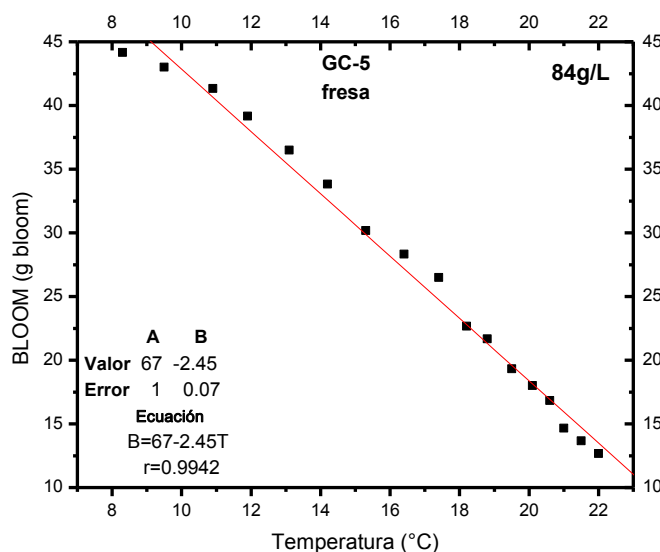


Gráfico 64.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-5, fresa

#### 4.5.6. GC-6.

#### Rompepe 170 g/L

##### Preparación de la muestra

Se prepararon 500mL de gelatina, para ello se pesó 85g de la muestra. Para esto, se empleó una balanza Mettler PM 4800 con una sensibilidad de 0.1g y una capacidad de 4100g. Una vez pesada la muestra de gelatina, se adicionó agua

destilada a una temperatura de 80°C y se llevó la mezcla de gelatina a total disolución.

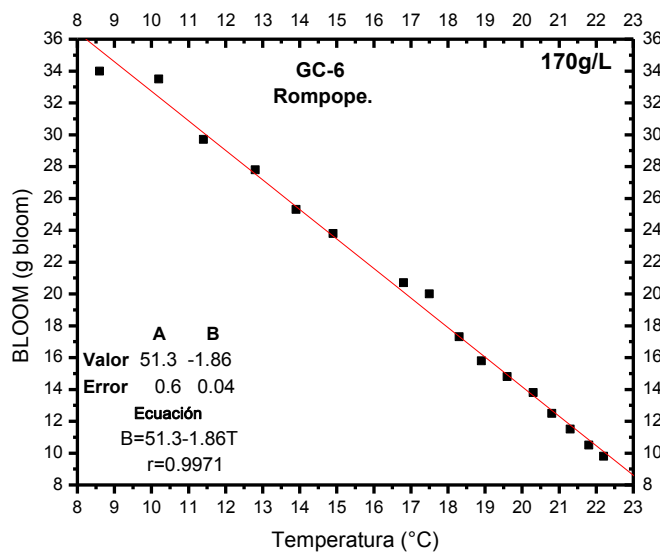
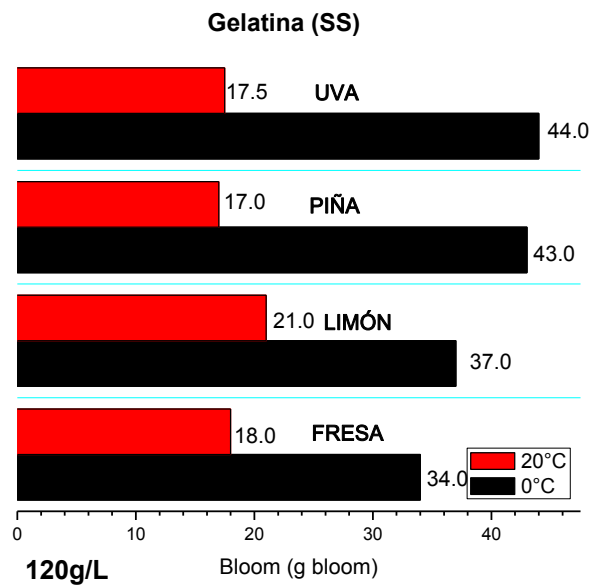


Gráfico 65.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-6, Rompope

Tabla 56.- Bloom para muestras de gelatina sin sabor (SS) y con sabor (CS) a temperatura de 0°C y 20°C

Muestra	Presentación (g/L)	Bloom @0°C (g bloom)	Bloom @20°C (g bloom)
SS	Fresa	34.0	18.0
	Limón	37.0	21.0
	Piña	43.0	17.0
	Uva	44.0	17.5
CS	Uva	43.0	17.0

SS sin sabor CS con sabor



*Figura 17. Bloom para muestras de gelatina sin sabor (SS) a temperatura de 0°C y 20°C*

Las muestras de gelatina SS se diferencian en el tipo de colorante empleado. El color es la primera sensación que se percibe de un alimento y la que determina el primer juicio sobre su calidad, ya que tiene a veces a modificar subjetivamente otras sensaciones como el sabor y el olor, condicionando el éxito o fracaso de un producto en el mercado.<sup>36</sup>

De acuerdo a los resultados (Figura 17 y Tabla 54), el colorante influye en la determinación de Bloom, esta influencia se puede deber a la estructura del colorante y su interacción con la muestra, sin embargo, la NMX-F-108-1971 indica que la diferencia entre determinaciones efectuadas de Bloom no debe exceder 6g Bloom para poder decir que son resultados reproducibles y confiables, por lo que las diferencias efectuadas por cada colorante no resultan significativas.

Los resultados de la muestra CS y SS presentación uva (Tabla 55) no generan diferencias en la determinación de Bloom ya que los saborizantes se agregan en cantidades bajas. Los saborizantes actúan directamente sobre los sentidos del

gusto y del olfato con la misión de reforzar el sabor o el olor que ya dispone el alimento en cuestión, o en su defecto le transmiten un sabor y aroma dado para de ese modo hacerlo mucho más atractivo y gustoso.<sup>36</sup>

Existen innumerables tipos de gelatina con distintos grados de capacidad gelificante. En tecnología de alimentos, ésta se mide y califica con un criterio industrial estándar conocido como el valor Bloom. Dado que la capacidad de la gelatina para formar un gel es un factor decisivo para su uso, la determinación de su poder gelificante o valor Bloom es un criterio importante para calificar. Cuanto mayor sea el valor Bloom, mayor es la fuerza gelificante de la gelatina

Las gelatinas con Bloom obtenidas se clasifican en tres grupos (Tabla 57):

- A) Gelatinas de 40 g Bloom (rojo)
- B) Gelatinas de 51 g Bloom (amarillo)
- C) Gelatinas de 60 g Bloom (azul)

La diferencia de las muestras está en su composición y concentración (Apéndice D). La resistencia del gel es fuertemente dependiente de la concentración, se observa que en cada grupo hay diferentes concentraciones, las cantidades más pequeñas de gelatina significan que requieren pocas cantidades para lograr la firmeza del gel deseado en el producto acabado.

Para la gelatina comestible, este valor habitualmente se encuentra en un intervalo de entre 80 y 300 Bloom. Sin embargo, el poder gelificante o el valor Bloom no es función de la “calidad” de la gelatina, ya que es sólo un parámetro que debe cumplirse para satisfacer la demanda de los clientes.

Tabla 57.-Bloom para muestras de gelatina comercial a temperatura de 0°C y 20°C

Muestra	Presentación (g/L)	Bloom @0°C (g bloom)	Bloom @ 20°C (g bloom)
GC-1	Mora	35	51.0
	Uva		51.0
	Jerez	20	41.0
	Vainilla	140	65.0
GC-2	Frutas rojas	60	64.9
GC-3	Mango	35	63.0
GC-4	Uva	85	32.4
	Piña		38.0
GC-5	Fresa	84	67.0
GC-6	Rompoppe	170	51.3

#### 4.6 Determinación de Bloom para gelatinas con adición de terceros componentes

Se determinó el Bloom en función de la temperatura con adicción de diferentes aditivos: polímeros naturales, polímeros semisintéticos y polialcoholes. Las tablas de resultados se encuentran en el apéndice D.

##### 4.6.1 Celulosa 1

Los derivados sintéticos de la celulosa se usan en los alimentos como agentes de relleno no metabolizables, ligantes y espesantes. Los éteres de la celulosa constituyen un grupo de excipientes que proceden de la eterificación, con halogenuros de alquilo, de los grupos –OH primarios y secundarios de las moléculas de glucosa. Se trata de productos blancos o casi blancos, granulares,

sin sabor ni olor. En agua fría dan una solución coloidal, siendo insolubles en agua caliente.

#### Preparación de la muestra

Se prepararon 4 muestras de 200 mL de gelatina. Para ello se pesaron 24,0 g de gelatina con 1%, 3% y 5% de celulosa 1 respectivamente, la cuarta muestra corresponde a un blanco de gelatina. Se empleó una balanza Mettler PM 4800 con una resolución de 0,01g. Se calentó agua destilada a una temperatura de 80°C y primero se adicionó 1/3 de agua a la muestra celulosa 1 que permaneció en agitación durante 10 minutos para total dispersión e hidratación del polímero. Por otro lado, se disolvió la gelatina en 2/3 de agua. Finalmente se dejaron enfriar las muestras a 40°C y se mezclaron las disoluciones de gelatina y celulosa 1, bajo agitación durante 15 minutos.

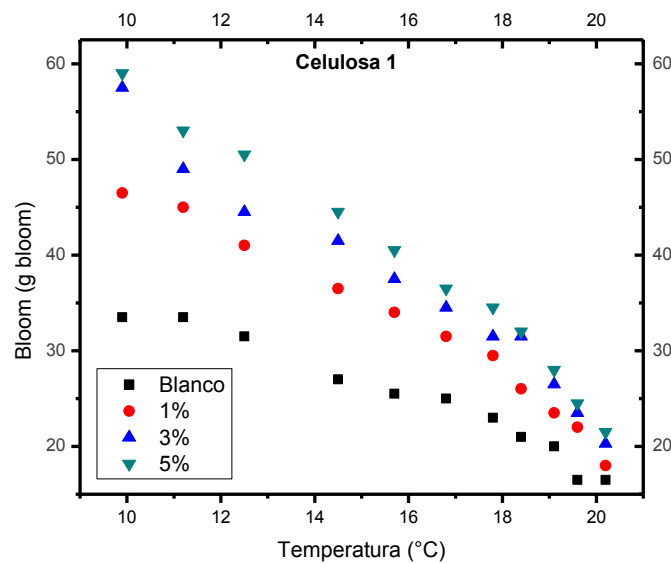


Gráfico 66.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 1%, 3% y 5% de celulosa 1

#### 4.6.2 celulosa 2

##### Preparación de la muestra

Se prepararon 200 mL de gelatina por cada muestra, las concentraciones evaluadas fueron 0.5, 1.0, 3, 5, 10 (% m/m). Primero se agregó celulosa 2 a 200mL de agua destilada a  $T = 80^{\circ}\text{C}$ , se agitó durante 10 minutos y en seguida, se agregó grenetina en presentación piña sin sabor y se mezcló durante 30 minutos. Al término de la agitación, las muestras se dejaron enfriar a temperatura ambiente hasta alcanzar  $25^{\circ}\text{C}$ .

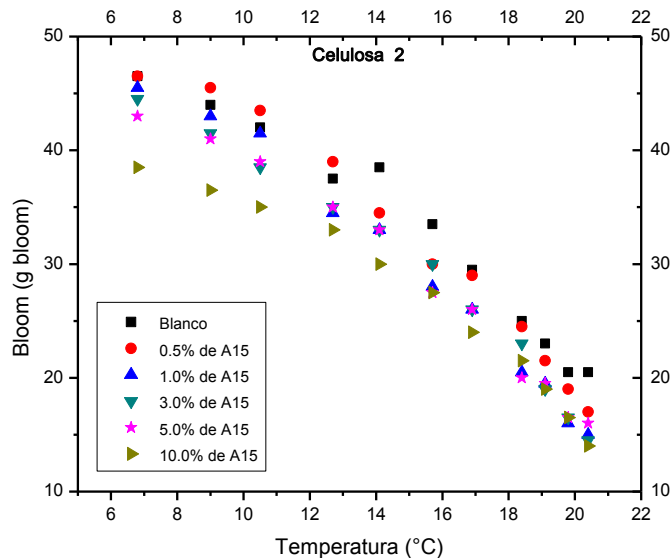


Gráfico 67.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 0.5%, 1%, 3%, 5% y 10% de celulosa 2

#### 4.6.3 Celulosa 3

##### Preparación de la muestra

Se prepararon 4 muestras de 200 mL de gelatina de la siguiente manera: 24,0 g de la muestra (gelatina y Benecel K100LV) con 1%, 3% y 5% de celulosa 3, respectivamente; la cuarta muestra corresponde a un blanco de gelatina. Se



calentó agua destilada a una temperatura de 80°C y primero se adicionó 1/3 de agua a la muestra celulosa 3 que permaneció en agitación durante 10 minutos para total dispersión e hidratación del polímero. Por otro lado, se disolvió la gelatina en 2/3 de agua. Finalmente, se dejaron enfriar las muestras a 40°C y se mezclaron las disoluciones de gelatina y celulosa 3, bajo agitación durante 15 minutos.

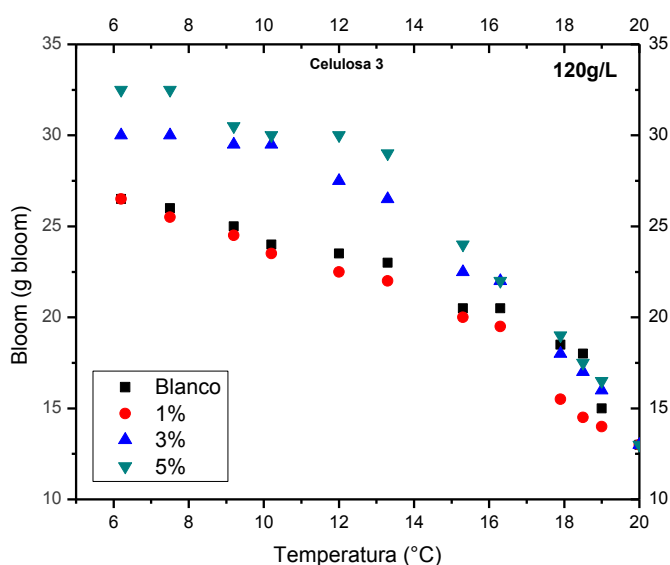


Gráfico 68.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 1%, 3% y 5% de celulosa 3.

#### 4.6.4 Celulosa 4

##### Preparación de la muestra

Se prepararon 200mL de gelatina por muestra (2), para ello se pesó 28g de la mezcla (gelatina/celulosa 4), donde la proporción de celulosa 4 fue de 3% y 5%, con respecto a la cantidad de sólidos totales. Se calentó agua destilada a una temperatura de 80°C y se adicionó la muestra de celulosa 4, la muestra permaneció en agitación y a una temperatura de 80°C para total dispersión e

hidratación de la muestra de celulosa 4, enseguida se agregó la gelatina y se llevó la mezcla a total disolución.

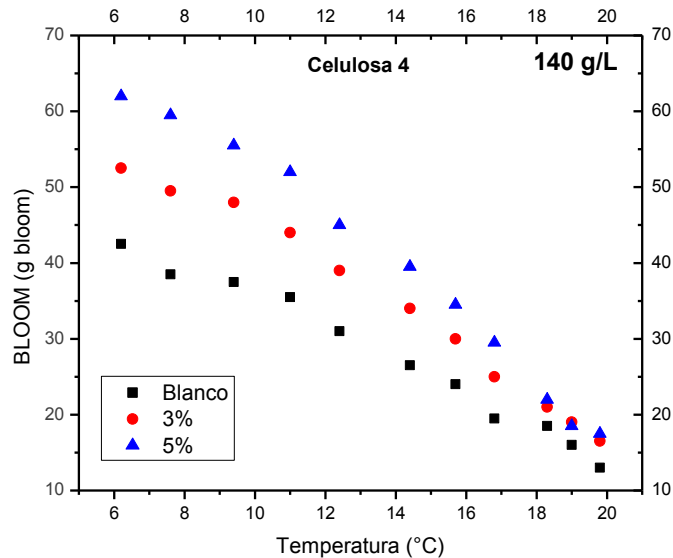


Gráfico 69.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 3% y 5% de celulosa 4

Todos los éteres de celulosa tienen la capacidad de hincharse en agua, originando soluciones viscosas. La mayoría de los éteres de celulosa tienen carácter no iónico, lo que los hace compatible con muchas proteínas y estables en un amplio rango de pH, es por esto que se observa un efecto positivo en la determinación de Bloom con respecto al blanco (gráficos 66, 67, 68 y 69).

#### 4.6.5 Pectina

La pectina es un polisacárido natural y uno de los constituyentes mayoritarios de las paredes de las células vegetales. Se obtiene a partir de los subproductos de la industrialización de los cítricos y manzanas. Su estructura es el ácido poligalacturónico esterificado parcialmente con grupos metilos y cadenas de

azúcares neutros, que facilitan la separación de las cadenas y, por consiguiente, su hidratación.<sup>36</sup>

#### Preparación de la muestra

Se prepararon 200mL de gelatina por cada muestra, para ello se pesaron 24 g de gelatina presentación fresca y, por otro lado, 1%, 3% y 5% de pectina respecto a la cantidad de sólidos totales. Para esto, se empleó una balanza Mettler PM 4800 con sensibilidad de 0.01g y capacidad de 4100g. Una vez pesada la muestra se calentó agua destilada a una temperatura de 80°C y se agregó la pectina, la mezcla se agitó hasta total disolución, enseguida se incorporó la gelatina presentación fresca y se mezcló hasta completa disolución.

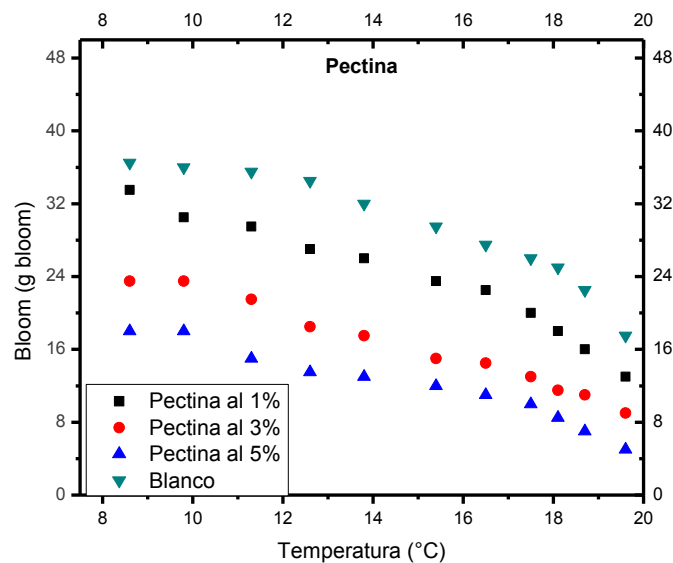


Gráfico 70.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 1%, 3% y 5% de pectina.

Se observa un efecto negativo en el Bloom comparado con el blanco (gráfico 70).

La pectina es un coloide por excelencia que tiene la propiedad de embeber grandes cantidades de agua, por lo que compite con la gelatina por el agua,

reduciendo así la hidratación en las gelatinas e interfiriendo con la formación de las zonas de unión lo que resulta un gel menos estable.

#### 4.6.6 Albumina de huevo

##### Preparación de la muestra

Se prepararon 200mL de gelatina por cada muestra, para ello se pesaron 24 g de gelatina presentación fresca y por otro lado; 1%, 3% y 5% de albúmina de huevo respecto a la cantidad de sólidos totales. Para esto, se empleó una balanza Mettler PM 4800 con sensibilidad de 0.01g y capacidad de 4100g. Una vez pesada la muestra se calentó agua destilada a una temperatura de 80°C y se agregó la albúmina de huevo, la mezcla se agitó durante 10 minutos para dispersión de la muestra, enseguida se incorporó la gelatina presentación fresca y se mezcló hasta completa disolución de la gelatina.

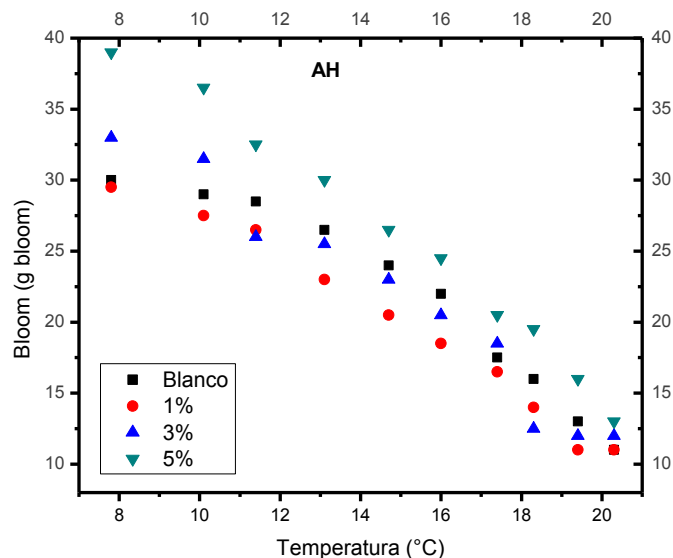


Gráfico 71.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 1%, 3% y 5% de albumina de huevo

Se observa un aumento de Bloom con el aumento de concentración de ovoalbúmina con respecto al blanco (Gráfico 71). La ovoalbúmina (albumina de huevo) es la proteína predominante del huevo, es una glicofosfoproteína, es decir, una proteína que tiene grupos fosfato y carbohidratos. La cadena polipeptídica de la ovoalbúmina contiene seis restos de cisteína. Dos de estos restos forman un puente disulfuro, cuando se eleva la temperatura a la que se somete, la cadena polipeptídica se despliega y se forman nuevos puentes disulfuro, no sólo intramoleculares, sino también entre moléculas próximas incluidas la gelatina, obteniéndose un gel rígido.<sup>36</sup>

#### *4.6.7 Polisorbato 80 (Tween 80)*

##### Preparación de la muestra

Se prepararon 500 mL de gelatina: 49.75 g de la base en agua, adicionó 10.25 g de grenetina y se mezcló homogéneamente. Después de mezclar, se adicionó solución acuosa de Tween 80 al 5% a 80°C y se efectuó la total disolución de la mezcla. Se vertieron 155 mL de solución a dos vasos BLOOM, se dejaron enfriar a temperatura ambiente, hasta alcanzar 40 °C y se refrigeraron a 4 °C durante 17 horas. Al término, se determinó Bloom y temperatura de la gelatina cada 10 minutos hasta alcanzar la temperatura ambiente

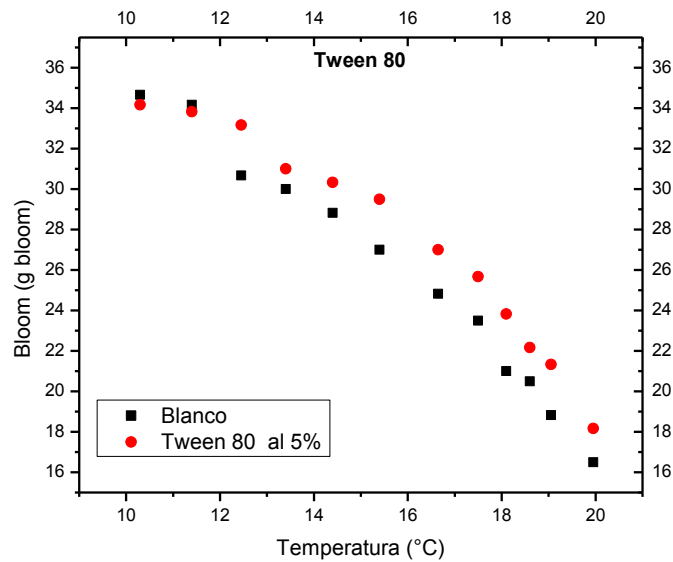


Gráfico 72.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 5% de Tween 80

#### 4.6.8 Polioxil 20 oleil éter (Brij 99)

##### Preparación de la muestra

Se prepararon 500 mL de gelatina; 49.75 g de la base en agua, se adicionó 10.25 g de grenetina y se mezcló homogéneamente Después, se adicionó una solución acuosa, de Brij 99 al 5% a 80 °C. La mezcla agitó a total disolución y se transfirieron 155mL a dos vasos BLOOM, se dejó enfriar cada muestra a temperatura ambiente hasta alcanzar 40 °C, posteriormente se refrigeró a 4 °C durante 17 horas. Al final del tiempo de refrigeración se determinó Bloom y temperatura de la gelatina cada 10 minutos hasta alcanzar la temperatura ambiente

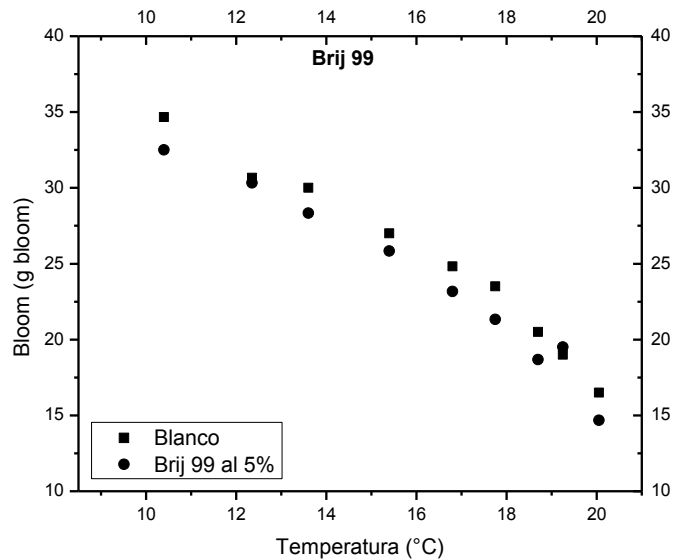


Gráfico 73.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 5% de Brij 99



Figura 18. Muestras de Bloom a) blanco b) Tween 80 C) Brij 99

Es comúnmente aceptado que los tensoactivos iónicos permiten altos grados de solubilización pero su interacción con la proteína rompen su estructura nativa. Sin embargo, tensoactivos no iónicos, con una actividad solubilizadora más débil permiten en numerosos casos la solubilización de moléculas proteicas preservando la actividad biológica de las mismas. Por eso es que no existen cambios de Bloom entre la muestra y el blanco (Gráficos 72 y 73), pero de acuerdo a la figura 18, podemos decir que la muestra ayuda a solubilizar la proteína al percibir un cambio de color con respecto al blanco.

## **Capítulo cinco**

### **Conclusiones**

Las propiedades que influyen en el comportamiento funcional de las proteínas en los alimentos incluyen: forma, tamaño, composición, carga neta, hidrofobicidad, hidrofiliidad, estructura, flexibilidad molecular y rigidez en respuesta de factores del ambiente externo. Los parámetros fisicoquímicos considerados en este trabajo ayudaron a determinar propiedades funcionales de la gelatina, que afectan su calidad y aceptación en el mercado.

El índice de refracción, el porcentaje de sólidos totales, la densidad, punto de fusión y conductividad presentan un comportamiento lineal directamente proporcional a la concentración. El porcentaje de sólidos totales (°Brix) es una determinación recomendable para medir concentración de la muestra ya que refleja una relación directa. La mayor conductividad de M035 se debe a la mayor cantidad de grupos ionizables presentes en esta mezcla y en consecuencia, su viscosidad también es mayor en comparación a M140 y M170. El pH de las muestras es constante e independiente de la concentración lo que revela un sistema de amortiguamiento satisfactorio. Con el estudio de viscosidad capilar se calculó la masa molecular de la gretina IP (origen porcino) y de la gretina XR2 (origen bovino), los valores obtenidos indican que no hay cambios significativos en su comportamiento fisicoquímico ya que a partir de una cierta masa molecular (alrededor de 10 000 kDa) las propiedades de los polímeros muestran independencia. La adición de terceros componentes resultó en tres situaciones: relación cooperativa, incompatibilidad y cosolvenca. Estos resultados dependieron del balance entre fuerzas electrostáticas, hidrofobicidad, equilibrio entre fuerzas intramoleculares e intermoleculares.



## **Apéndice A**

### **Figuras**

1. División de geles de acuerdo a sus propiedades.
2. Transformación de colágeno a gelatina
3. Propiedades funcionales de la gelatina
4. Clasificación de sustancias macromoleculares
5. Esquema de macromolécula lineal, ramificada y reticulada
6. Cadena en forma ovillada
7. Comportamientos reológicos
8. Distintos tipos de viscosímetros de vidrio: a) Ostwald. b) Cannon-Fenske c) Ubbelohde
9. Refractómetro de Abbe marca CARL ZEISS 38188 Germany
10. Densímetro de campo Anton Paar DMA 35
11. Determinación de punto de fusión con  $\text{CCl}_4$
12. Conductímetro Philips PW 9504/00
13. Pontenciómetro de campo pH tester BNC
14. Viscosímetro capilar de vidrio tipo Cannon-FenskeRoutine
15. Texturómetro Brookfield CT3
16. Parámetros fisicoquímicos que presentan diferencias para las muestras M035, M140 y M170
17. Bloom para muestras de gelatina sin sabor (SS) a temperatura de  $0^\circ\text{C}$  y  $20^\circ\text{C}$
18. Muestras de Bloom a) blanco b) Tween 80 C) Brij 99

## **Tablas**

- 1.-Tipos de dispersiones coloidales
- 2.-Clasificación de geles de acuerdo a una propiedad característica
- 3.-Resultados del INCO sobre las diferentes marcas de gelatina natural con sabor
- 4.-Clasificación de los altos polímeros de acuerdo a su composición química
- 5.-Factores que afectan el proceso de disolución de un polímero
- 6.-Terminología de uso común en viscosimetría
- 7.-Índice de refracción de las soluciones acuosas de M035
- 8.-Porcentaje de sólidos de las soluciones acuosas de M035
- 9.-Índice de refracción de las soluciones acuosas de M140
- 10.-Porcentaje de sólidos de las soluciones acuosas de M140
- 11.-Índice de refracción de las soluciones acuosas de M170
- 12.-Porcentaje de sólidos de las soluciones acuosas de M170
- 13.-Análisis de variancia del índice de refracción
- 14.-Análisis de varianza del porcentaje de sólidos totales
- 15.-Densidad de las soluciones acuosas de M035
- 16.-Densidad de las soluciones acuosas de M140
- 17.-Densidad de las soluciones acuosas de M170
- 18.-Análisis de varianza de densidad
- 19.-Punto de fusión de las soluciones acuosas de M035
- 20.-Punto de fusión de las soluciones acuosas de M140
- 21.-Punto de fusión de las soluciones acuosas de M170
- 22.-Análisis de varianza del punto de fusión
- 23.-Conductividad de las soluciones acuosas de M035

- 24.-Conductividad de las soluciones acuosas de M140
- 25.-Conductividad de las soluciones acuosas de M170
- 26.-Análisis de varianza de conductividad
- 27.-pH de las soluciones acuosas de M035
- 28.-pH de las soluciones acuosas de M140
- 29.-pH de las soluciones acuosas de M170
- 30.-Viscosidad cinemática de las soluciones acuosas de M035
- 31.-Viscosidad cinemática de las soluciones acuosas de M140
- 32.-Viscosidad cinemática de las soluciones acuosas de M170
- 33.-Análisis de varianza de viscosidad cinemática
- 34.-Determinación de parámetros fisicoquímicos para las muestras problema M035, M140 y M170
- 35.-Determinación de viscosidad de la grenetina IP
- 36.-Determinación de viscosidad para la grenetina XR2
- 37.-Punto de fusión de las soluciones acuosas de grenetina XR
- 38.-Punto de fusión de las soluciones acuosas de grenetina XR2
- 39.-Punto de fusión de las soluciones acuosas de grenetina XR3
- 40.-Punto de fusión de las soluciones acuosas de grenetina IP
- 41.-Análisis de variancia del punto de fusión entre las muestras de grenetina
- 42.-Densidad de soluciones acuosas de grenetina XR1
- 43.-Densidad de las soluciones acuosas de grenetina XR2
- 44.-Densidad de las soluciones acuosas de grenetina XR3
- 45.-Densidad de las soluciones acuosas de grenetina IP
- 46.-Análisis de varianza de densidad entre las muestras de grenetina

- 47.-Conductividad de las soluciones acuosas de grenetina XR1
- 48.-Conductividad de las soluciones acuosas de grenetina XR2
- 49.-Conductividad de las soluciones acuosas de grenetina XR3
- 50.-Conductividad de las soluciones acuosas de grenetina IP
- 51.-Análisis de varianza de conductividad entre las muestras de grenetina
- 52.-pH de las soluciones acuosas de grenetinas XR1, XR2, XR3 e IP
- 53.-Muestras valoradas.
- 54.-Análisis de varianza de Bloom entre las muestras de gelatina SS
- 55.-Análisis de varianza de Bloom entre las muestras de gelatina CS y SS
- 56.-Bloom para muestras de gelatina sin sabor (SS) y con sabor (CS) a temperatura de 0°C y 20°C
- 57.- Bloom para muestras de gelatina comercial a temperatura de 0°C y 20°C.

### **Gráficos**

- 1.-Relación entre índice de refracción y concentración de soluciones acuosas de M035
- 2.-Relación entre porcentaje de sólidos y concentración de las soluciones acuosas de M035
- 3.-Relación entre índice de refracción y concentración de las soluciones acuosas de M140
- 4.-Relación entre porcentaje de sólidos totales y concentración de las soluciones acuosas de M140
- 5.-Relación entre índice de refracción y concentración de las soluciones acuosas de M170

- 6.-Relación entre porcentaje de sólidos totales y concentración de las soluciones acuosas de M170
- 7.-Comparativo de índice de refracción contra concentración de M035, M140 y M170
- 8.-Comparativo de porcentaje de sólidos totales contra concentración de M035, M140 y M170
- 9.-Relación entre densidad y concentración de las soluciones acuosas de la M035
- 10.-Relación entre densidad y concentración de las soluciones acuosas de M140
- 11.-Relación entre densidad y concentración de las soluciones acuosas de M170
- 12.-Comparativo de densidad contra concentración de M035, M140 y M170
- 13.-Relación entre punto de fusión y concentración de las soluciones acuosas de M035
- 14.-Relación entre punto de fusión y concentración de las soluciones acuosas de M140
- 15.-Relación entre punto de fusión y concentración de las soluciones acuosas de M170
- 16.-Comparación de punto de fusión contra concentración de M035, M140 y M170
- 17.-Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de M035
- 18.-Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de M140
- 19.-Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de M170
- 20.-Comparación de conductividad contra concentración de M035, M140 y M170
- 21.-Relación entre pH y concentración de las soluciones acuosas de M035

- 22.-Relación entre pH y concentración de las soluciones acuosas de M035
- 23.-Relación entre pH y concentración de las soluciones acuosas de M170
- 24.-Comparación de pH de M035, M140 y M170
- 25.-Relación entre viscosidad cinemática y concentración de las soluciones acuosas de M035
- 26.-Relación entre viscosidad cinemática y concentración de las soluciones acuosas de M140
- 27.-Relación entre viscosidad cinemática y concentración de las soluciones acuosas de M170
- 28.-Comparación de viscosidad cinemática contra concentración de M035, M140 y M170
- 29.-Determinación de parámetros fisicoquímicos para las muestras problema M035, M140 y M170
- 30.-Determinación de viscosidad intrínseca para la grenetina IP
- 31.-Determinación de viscosidad intrínseca para la grenetina XR2
- 32.-Relación entre punto de fusión y concentración de soluciones acuosas de grenetina XR1
- 33.-Relación entre punto de fusión y concentración de soluciones acuosas de grenetina XR2.
- 34.-Relación entre punto de fusión y concentración de soluciones acuosas de grenetina XR3
- 35.-Relación entre punto de fusión y concentración de soluciones acuosas de grenetina IP

36.-Relación entre punto de fusión y concentración de soluciones acuosas de grenetina XR1, XR2, XR3 e IP

37.-Relación entre densidad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina XR1

38.-Relación entre densidad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina XR2

39.-Relación entre densidad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina XR3

40.-Relación entre densidad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina IP

41.-Relación entre la densidad y concentración de las soluciones acuosas de grenetinas XR1, XR2, XR3 e IP

42.-Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina XR1

43.-Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina XR2

44.-Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina XR3

45.-Relación entre conductividad y concentración de las soluciones acuosas de grenetina IP

46.-Relación entre conductividad y concentración de soluciones las acuosas de grenetinas XR1, XR2, XR3 e IP

47.-Valores de pH de soluciones acuosas de grenetinas XR1, XR2, XR3 e IP

- 48.-Relación entre Bloom y temperatura de soluciones acuosas de grenetinas XR1, XR2, XR3 e IP
- 49.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra de gelatina presentación fresa sin sabor
- 50.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra de gelatina presentación limón sin sabor (SS)
- 51.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra de gelatina presentación piña sin sabor (SS)
- 52.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra de gelatina presentación uva sin sabor (SS)
- 53.-Relación entre Bloom y temperatura de las muestra de gelatina presentación fresa, limón, piña y uva sin sabor (SS)
- 54.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra de gelatina con sabor (CS) presentación uva
- 55.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra de gelatina con sabor (CS) y sin sabor (SS) presentación uva
- 56.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-1, Mora silvestre
- 57.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-1, Uva
- 58.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-1, Jerez
- 59.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-1, Vainilla
- 60.- Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-2, Frutas rojas
- 61.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-3, Mango
- 62.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-4, Piña
- 63.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-4, Uva



- 64.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-5, Fresa
- 65.-Relación entre Bloom y temperatura de la muestra GC-6, Rompope
- 66.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 1%, 3% y 5% de celulosa 1
- 67.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 0.5%, 1%, 3%, 5% y 10% de celulosa 2
- 68.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 1%, 3% y 5% de celulosa 3
- 69.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 3% y 5% de celulosa 4
- 70.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 1%, 3% y 5% de pectina
- 71.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 1%, 3% y 5% de albumina de huevo
- 72.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 5% de Tween 80
- 73.-Relación entre Bloom y temperatura para gelatina con adición de 5% de Brij 99

## Apéndice B

### Validación del método de conductividad

Se evaluó la validez del método mediante una curva patrón de KCl a concentraciones de 0.005 M, 0.01 M, 0.02 M, 0.05 M. Todo a 25°C con un control de temperatura Polystat modelo 1253-00 con un rango de -20°C a 100°C.

Se determinó utilizando el conductímetro Philips PW 9504/00 con un rango de 0 S/cm a  $10^6$  S/cm en una frecuencia de 2000 Hz. La constante de la celda calculada es  $K=1.36$ .

#### A) Linealidad del método

La linealidad del método es su habilidad para asegurar que los resultados son proporcionales a la concentración de la sustancia dentro del intervalo determinado.

Datos obtenidos de conductividad para las disoluciones de KCl

Concentración de KCl (M)	Conductividad Referencia (mS/cm)	Philips (mS/cm)	K	Corrección Philips (mS/cm)
0.005	0.718	0.656	1.095	0.89216
0.01	1.413	1.198	1.179	1.62928
0.02	2.767	2.048	1.351	2.78528
0.05	6.668	3.636	1.834	4.94496

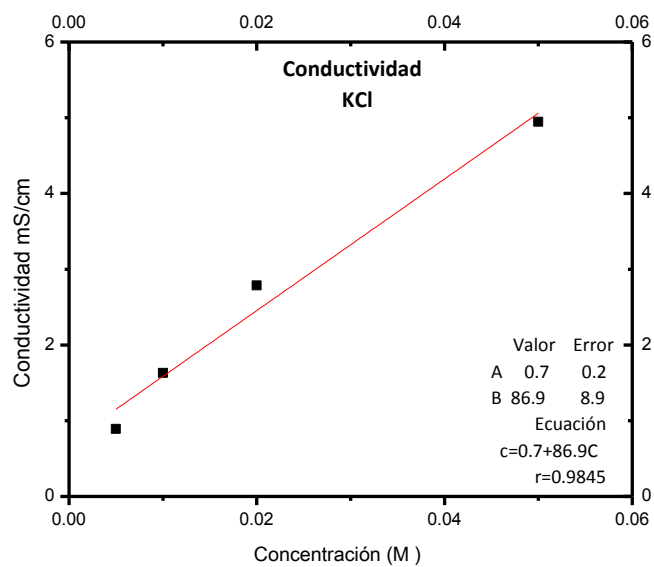
Promedio de  $K=1.36$

Curva patrón de KCl que muestra la proporcionalidad de la conductividad y la concentración

Concentración (M)	Conductividad (mS/cm)
0.005	0.89
0.01	1.63
0.02	2.8
0.05	4.9

Valores obtenidos de la curva patrón de KCl en el conductímetro Philips PW

9504/00



Criterio de aceptación: Coeficiente de correlación mayor o igual que 0.99

Coeficiente de correlación obtenido  $r=0.99$ , es decir, el método presenta linealidad.

## B) Precisión del método

Concentración (M)	Conductividad (mS/cm)			Media	Desviación Estándar	C.V (%)
	A	B	C			
	0.005	0.89	0.88			
0.01	1.63	1.63	1.61	1.62	0.01	0.71
0.02	2.8	2.7	2.7	2.73	0.06	2.11
0.05	4.9	4.9	4.8	4.87	0.06	1.19

Criterio de aceptación: Si el coeficiente de variación (C.V.) para muestras biológicas es menor al 10%, el método es preciso. Este estudio lo debe realizar un solo analista.

Los coeficientes de variación obtenidos son menores a 10%, es decir, el método es preciso.

## C) Sensibilidad

La sensibilidad es el cociente entre el cambio en la indicación de un sistema de medición y el cambio correspondiente en el valor de la cantidad objeto de la medición. En una regresión lineal la sensibilidad corresponde a la pendiente (m) de la recta de calibración y cuanto mayor es esta, mayor es la sensibilidad del método.

Resultados:

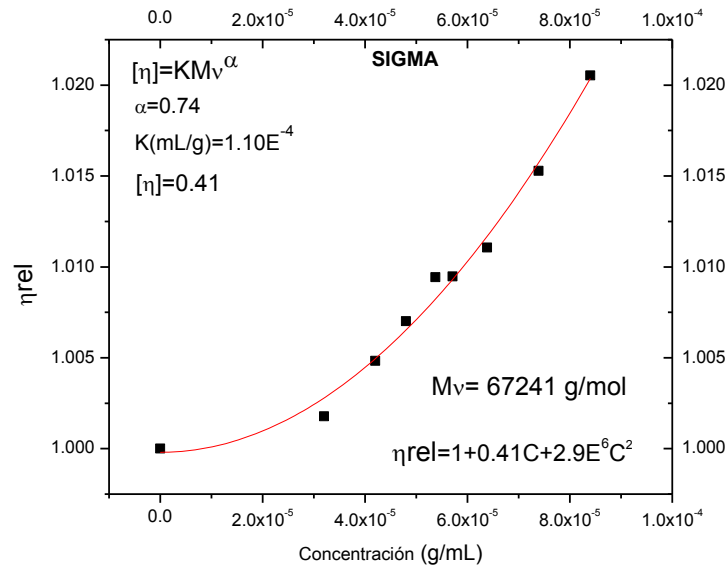
$$m_{\text{referencia}} = 131.8 \pm 1.1$$

$$m_{\text{experimental}} = 86.9 \pm 8.9$$

## Determinación del viscosidad de la gelatina tipo A marca

### SIGMA, 75-100 Bloom

Concentración (g/ml) ( $\times 10^{-5}$ )	Tiempo (s)	Viscosidad			
		absoluta	relativa	especifica	Reducida
0			1		0
3.2	454.32	0.881	1.002	0.002	55.66
4.2	455.70	0.883	1.005	0.005	114.86
4.8	456.69	0.885	1.007	0.007	145.98
5.4	457.79	0.888	1.009	0.009	175.46
5.7	457.81	0.888	1.009	0.009	165.91
6.4	458.53	0.889	1.011	0.011	173.31
7.4	460.44	0.893	1.015	0.015	206.65
8.4	462.82	0.897	1.020	0.020	244.33

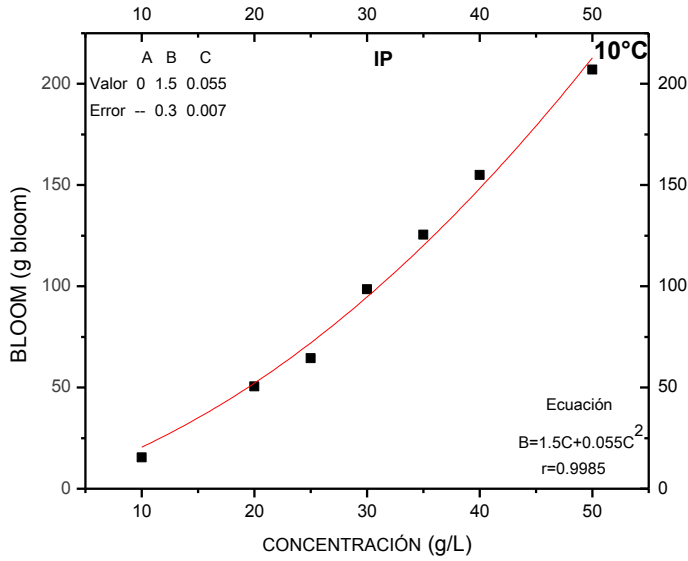


Determinación de la viscosidad intrínseca para la gelatina tipo A  
marca SIGMA, 75-100 Bloom

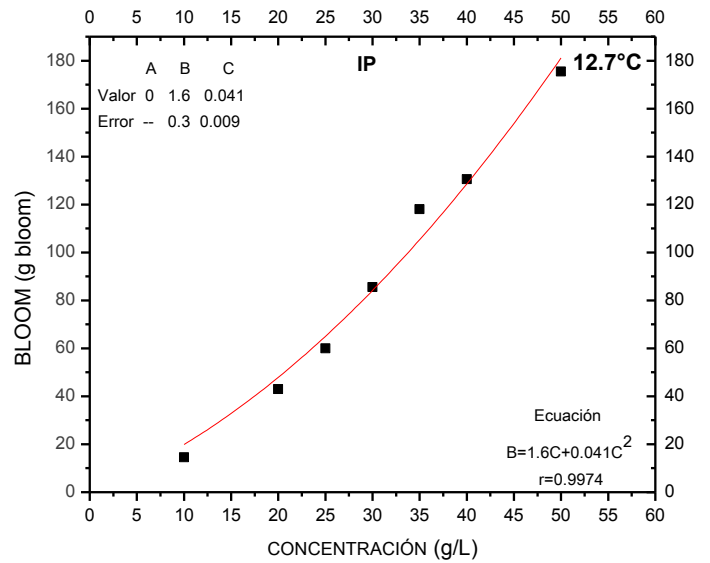
## Apéndice C

### A) IP7352

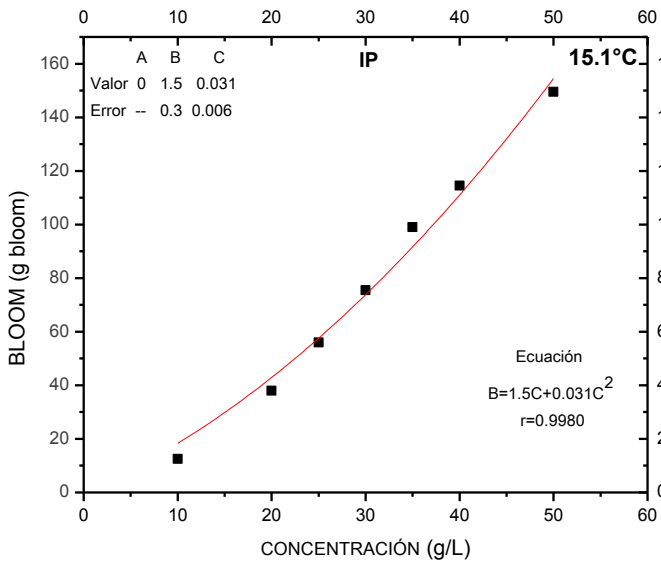
**Temperatura 10°C**



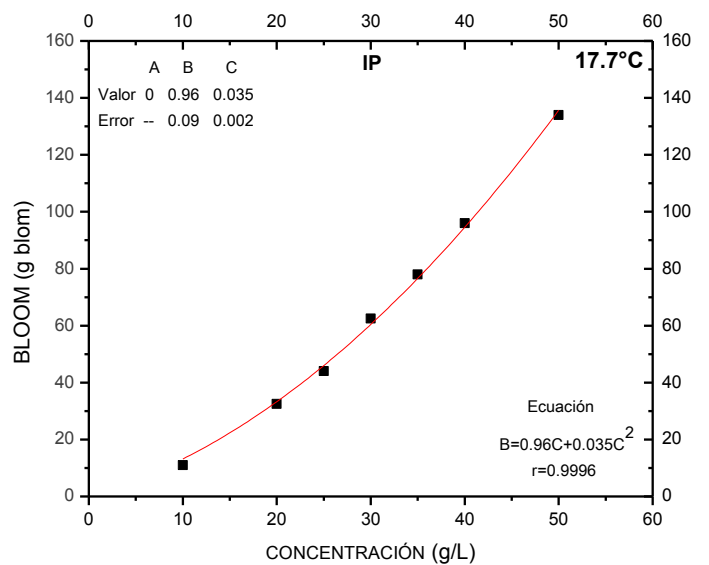
**Temperatura 12.7°C**



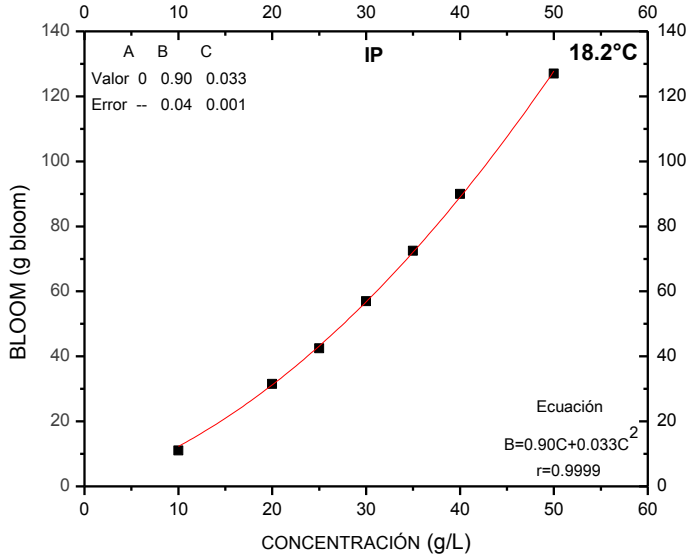
**Temperatura 15.1°C**



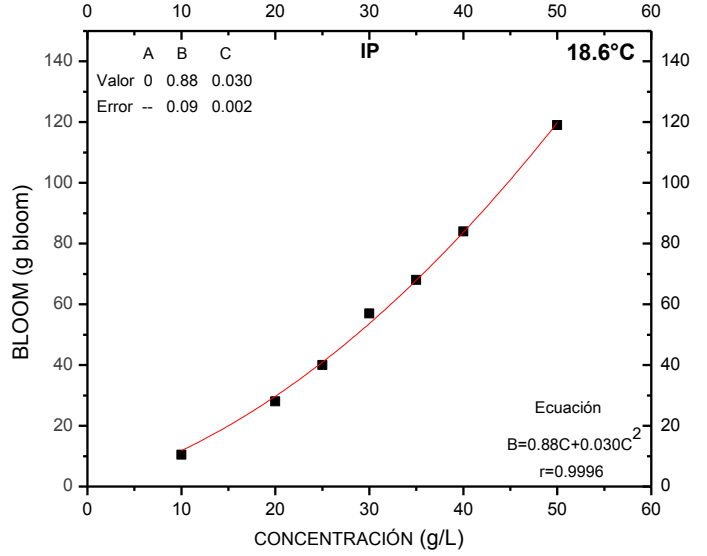
**Temperatura 17.7°C**



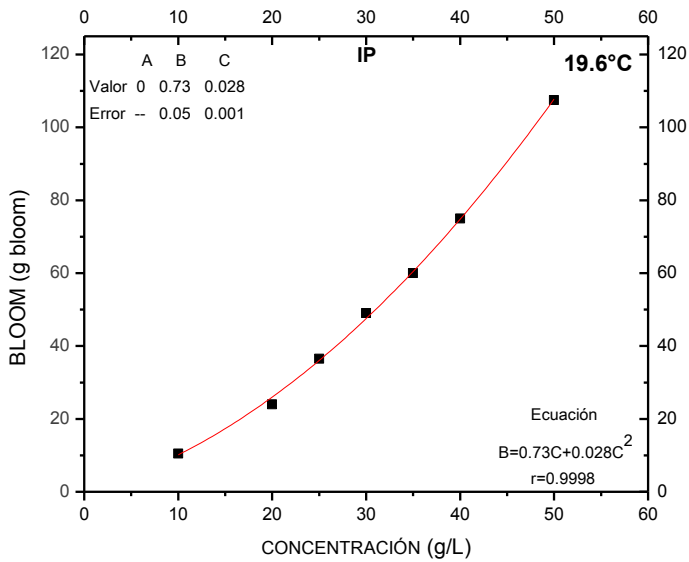
**Temperatura 18.2°C**



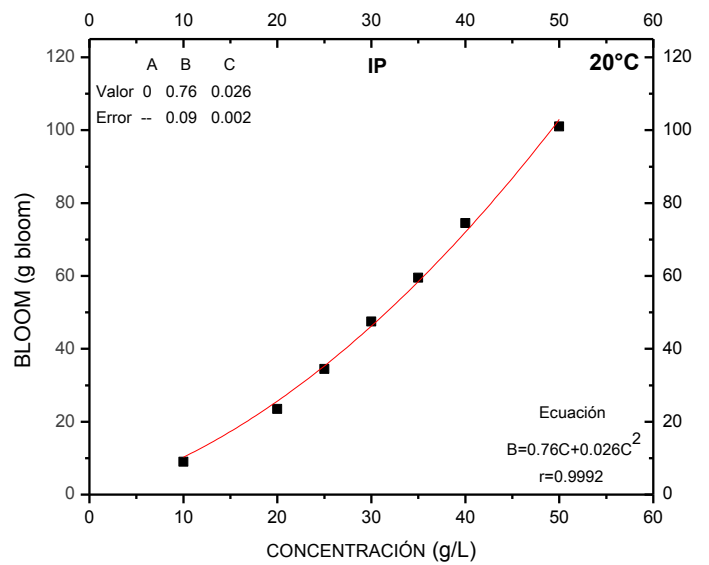
**Temperatura 18.6°C**



**Temperatura 19.6°C**

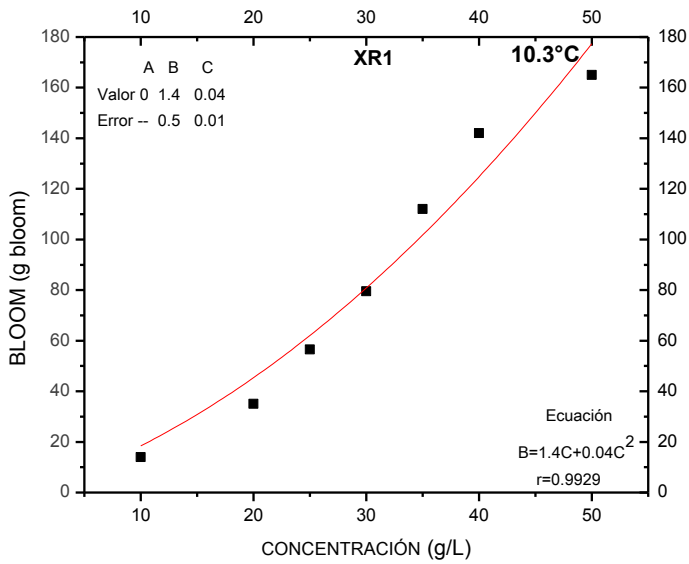


**Temperatura 20°C**

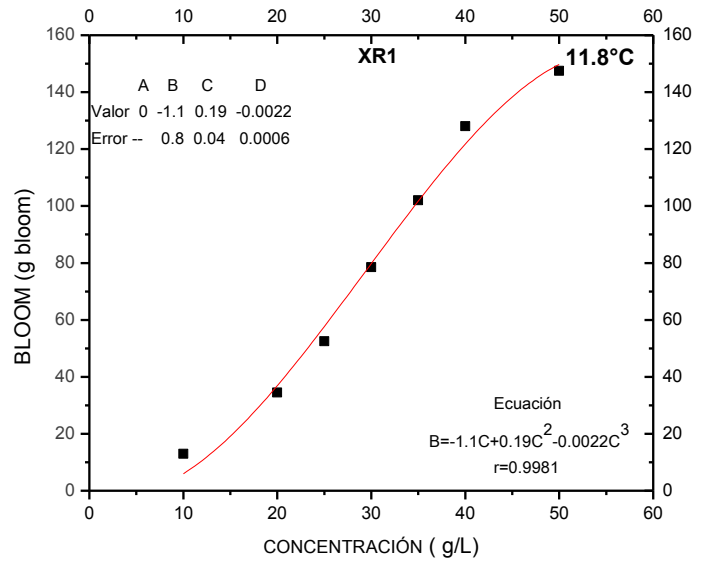


## B) XR2156

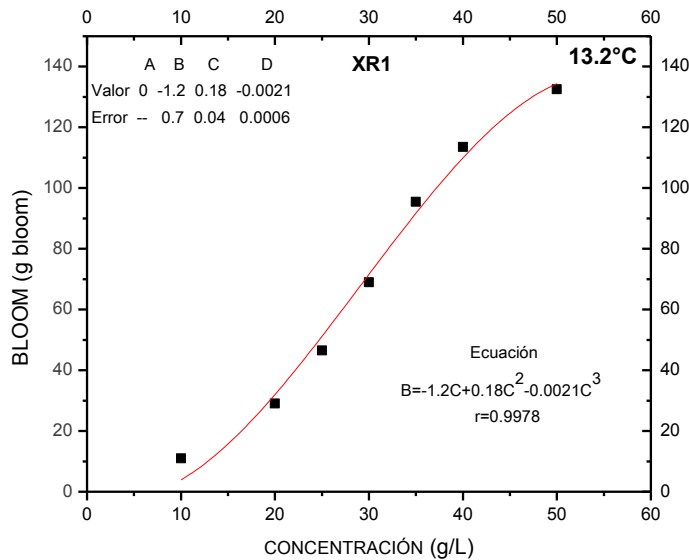
Temperatura 10.3°C



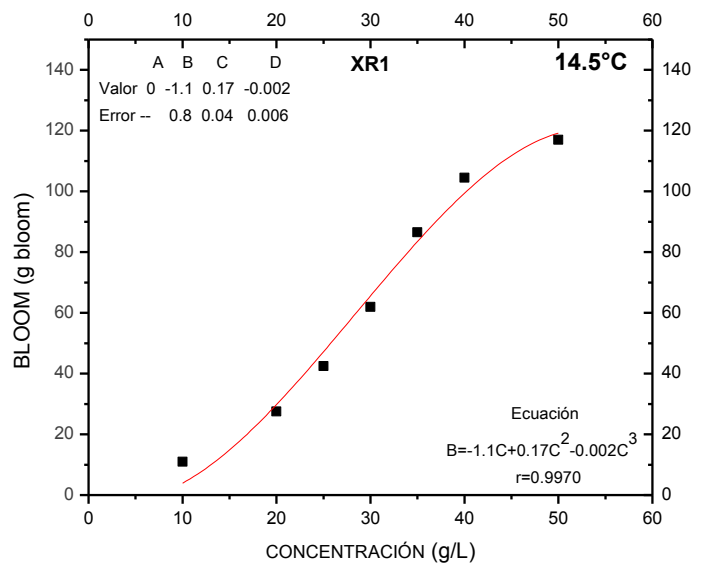
Temperatura 11.8°C



Temperatura 13.2°C

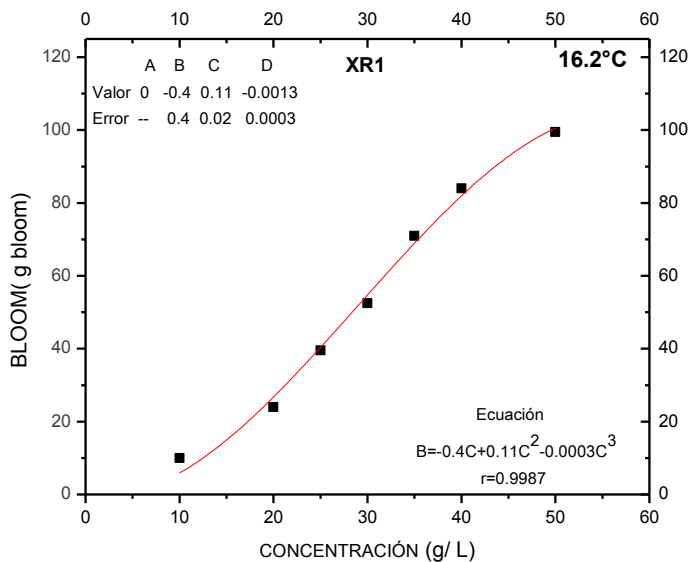


Temperatura 14.5°C

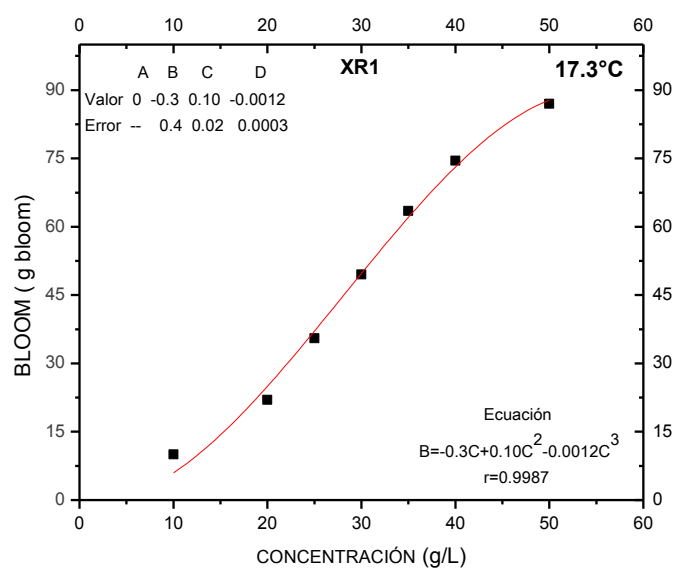




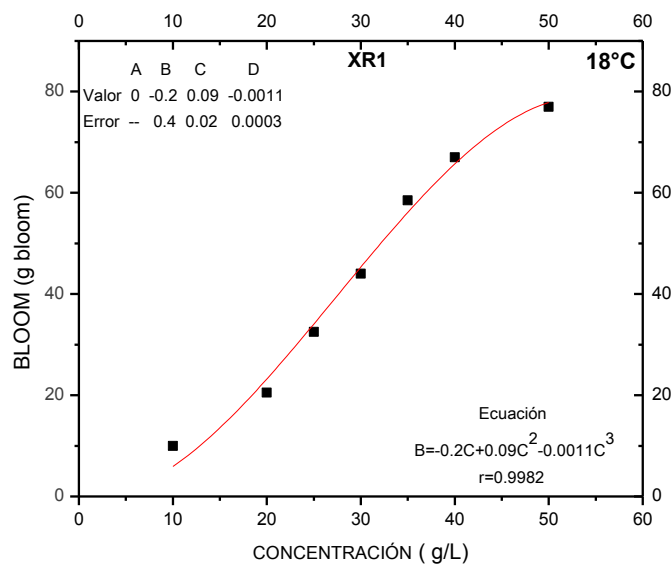
### Temperatura 16.2°C



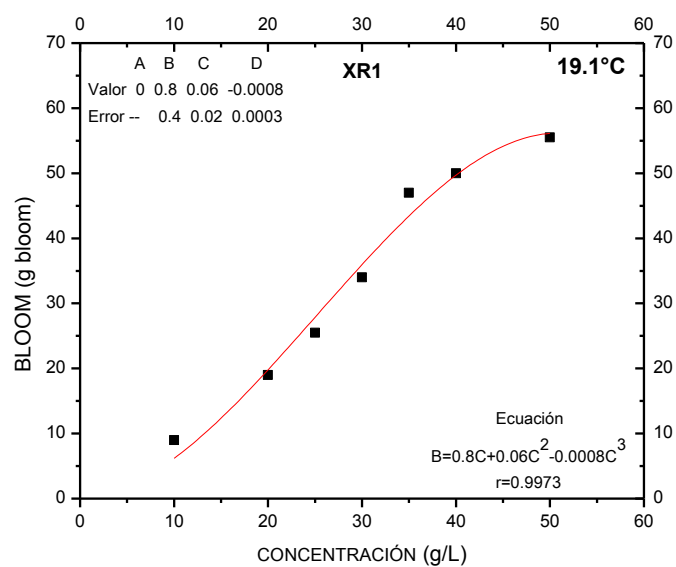
### Temperatura 17.3°C



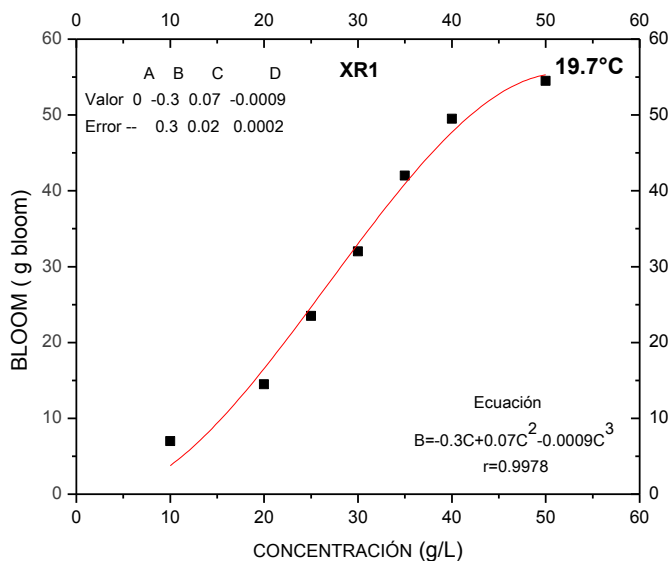
### Temperatura 18.0°C



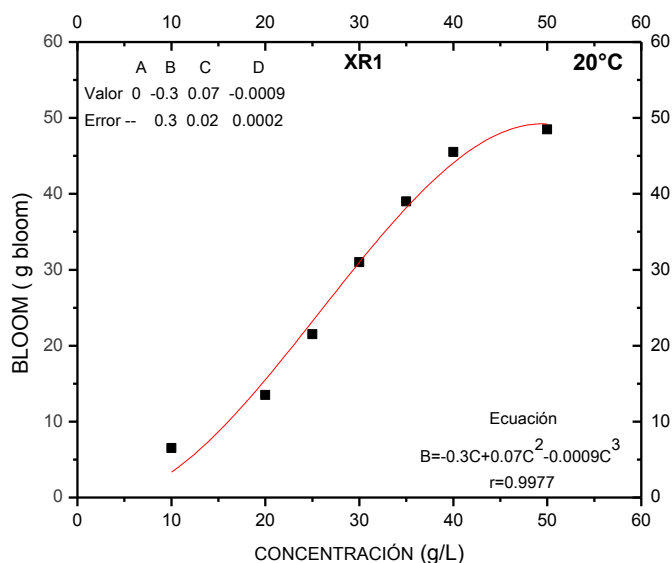
### Temperatura 19.1°C



### Temperatura 19.7°C

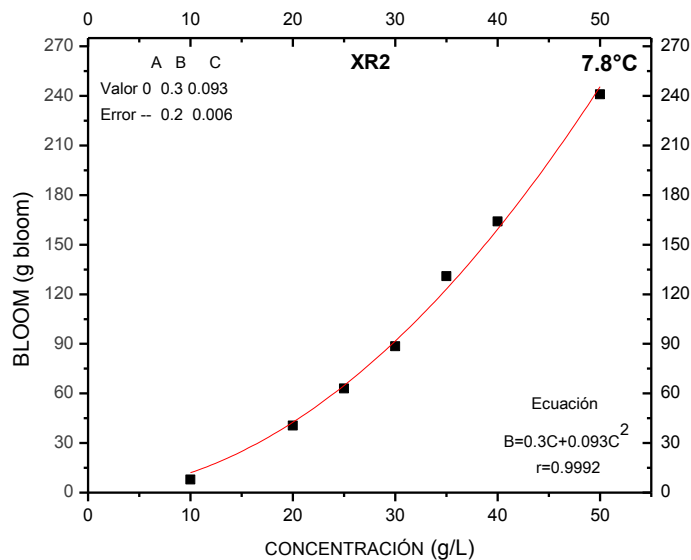


### Temperatura 20°C

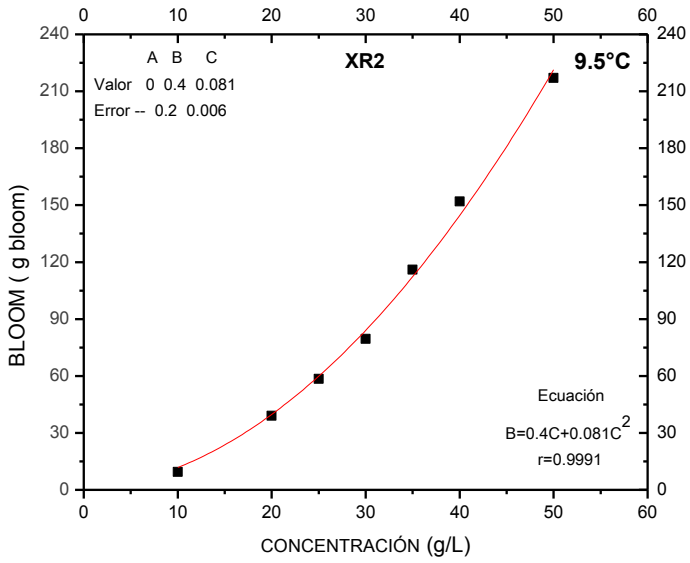


### C) XR2174

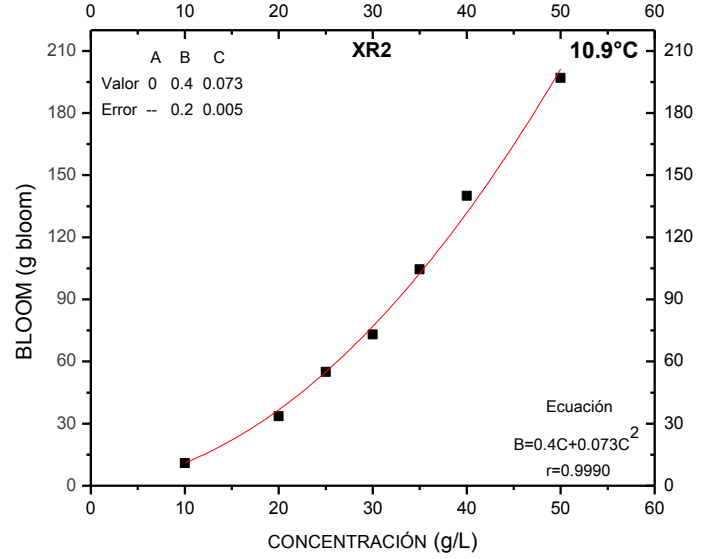
### Temperatura 7.8°C



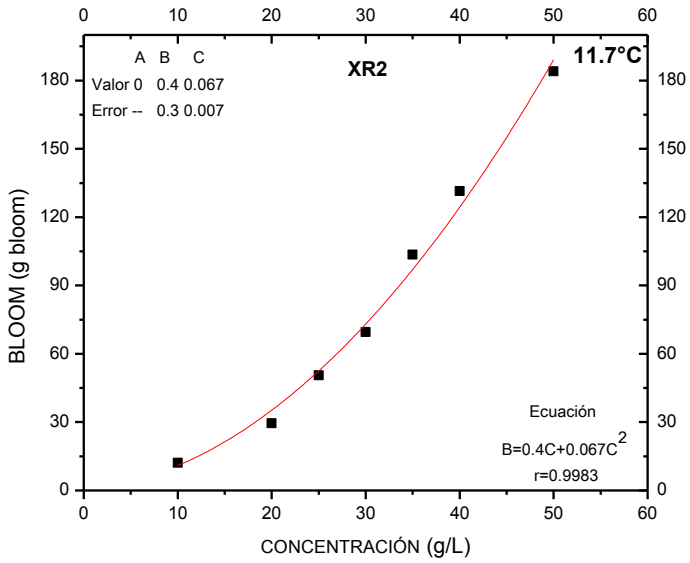
Temperatura 9.5°C



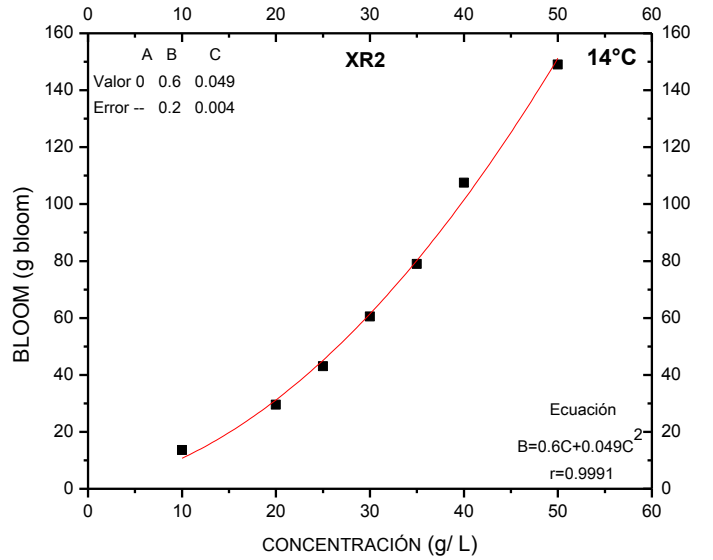
Temperatura 10.9°C



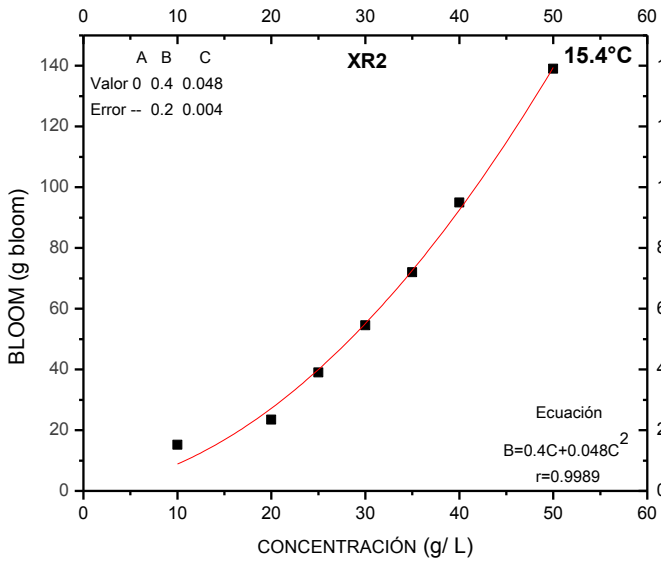
Temperatura 11.7°C



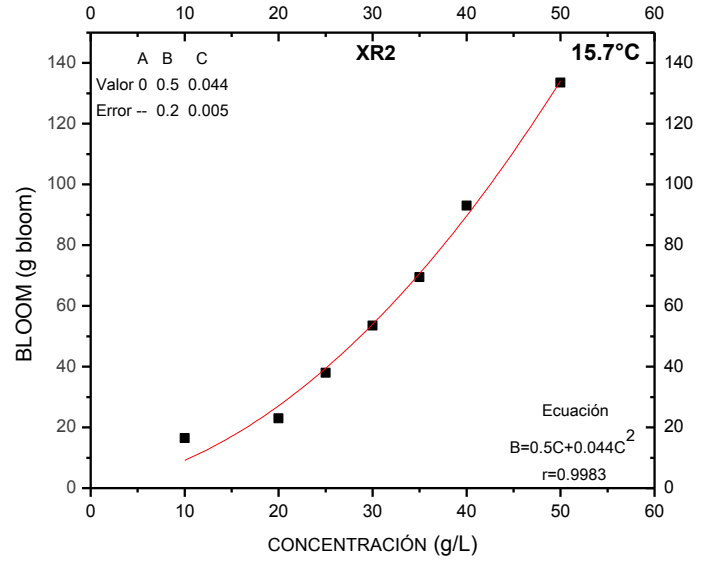
Temperatura 14°C



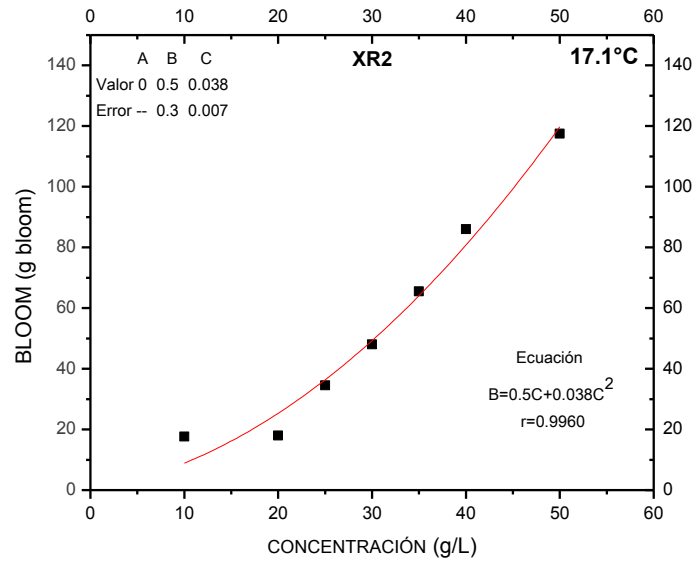
### Temperatura 15.4°C



### Temperatura 15.7°C

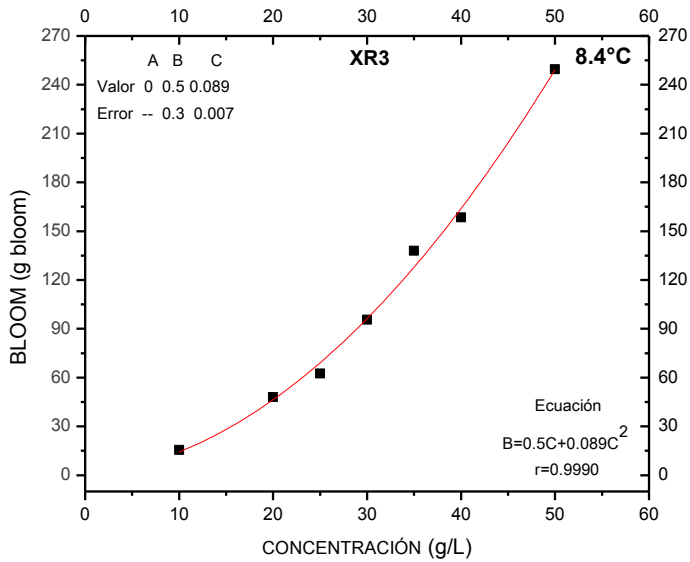


### Temperatura 17.1°C

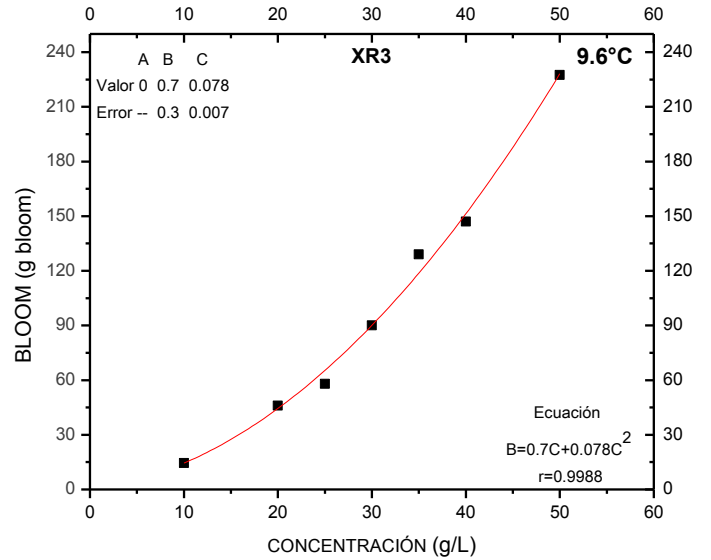


## D) XR2260

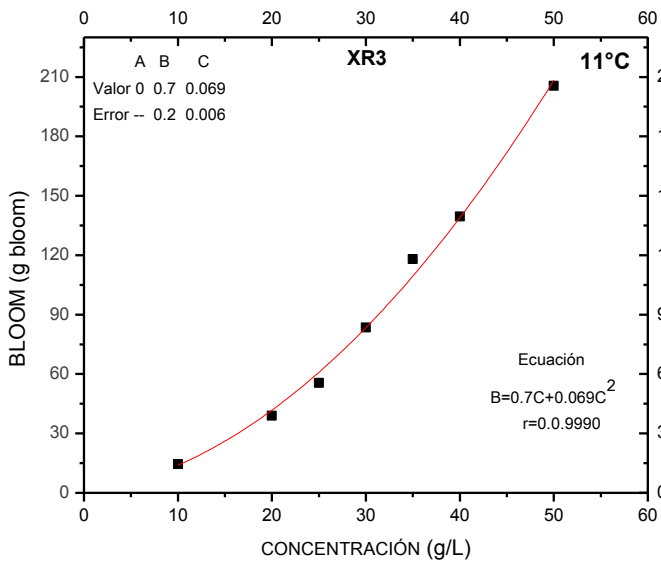
### Temperatura 8.4°C



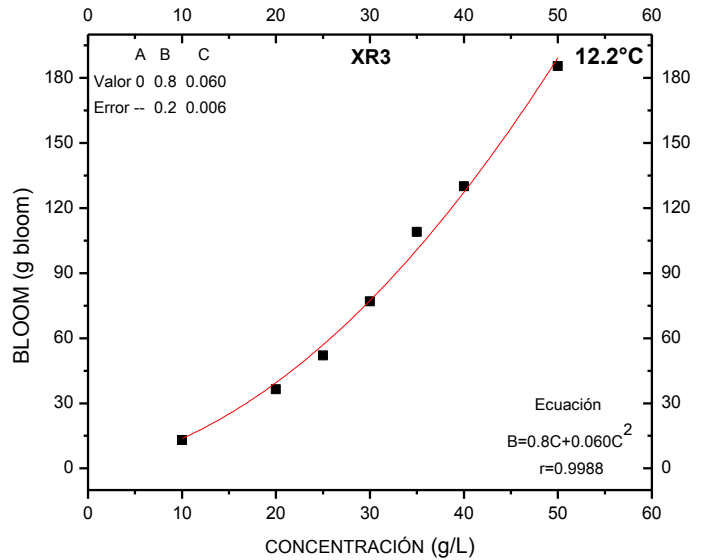
### Temperatura 9.6°C



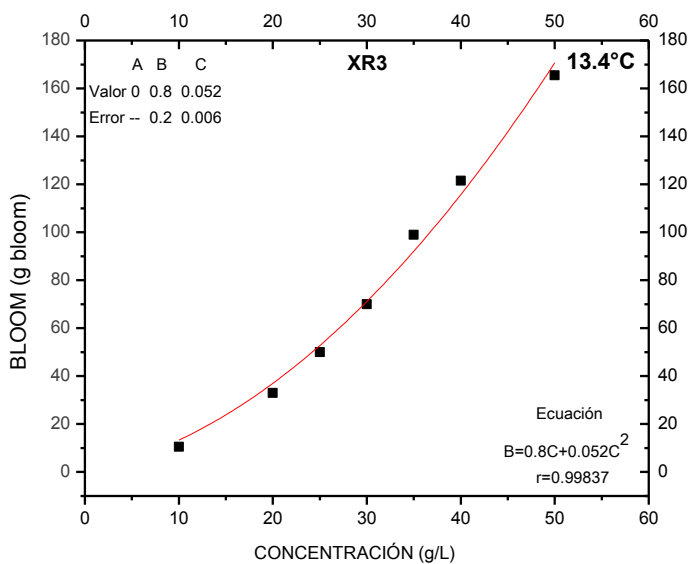
### Temperatura 11°C



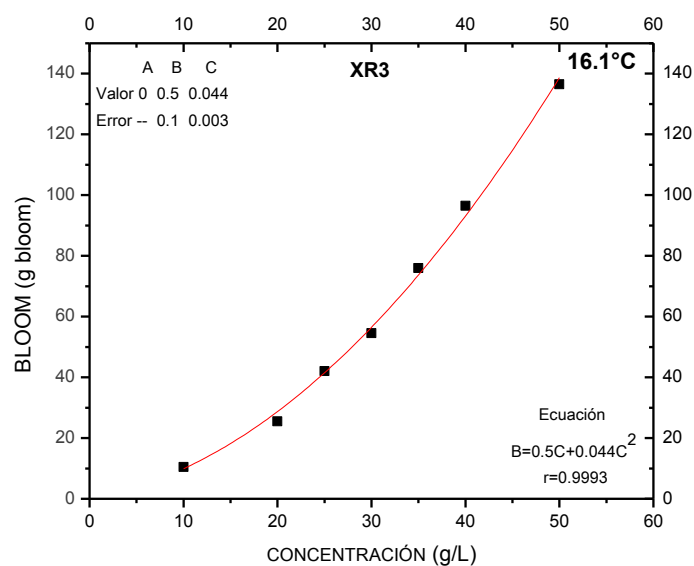
### Temperatura 12.2°C



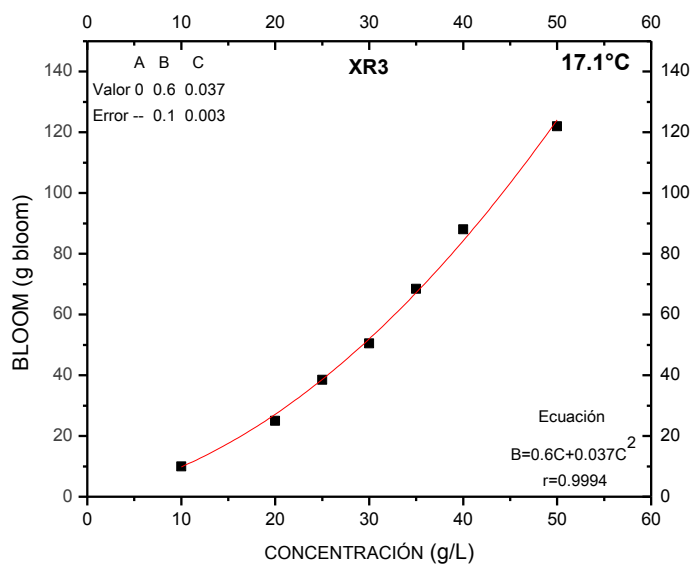
### Temperatura 13.4°C



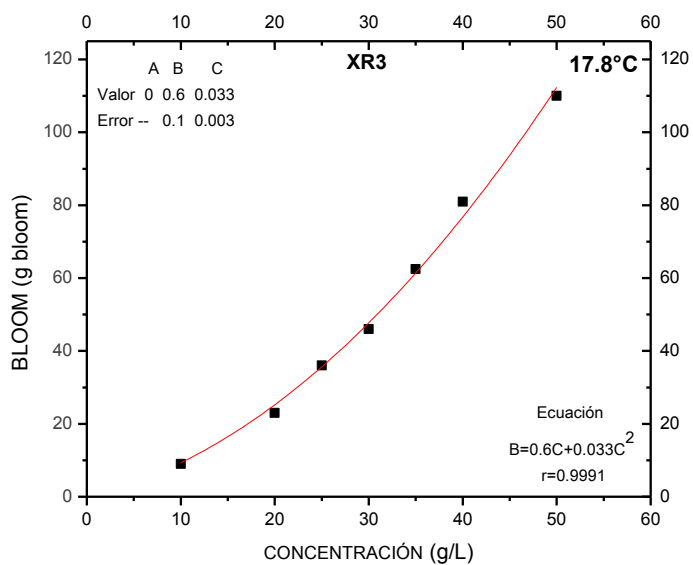
### Temperatura 16.1°C



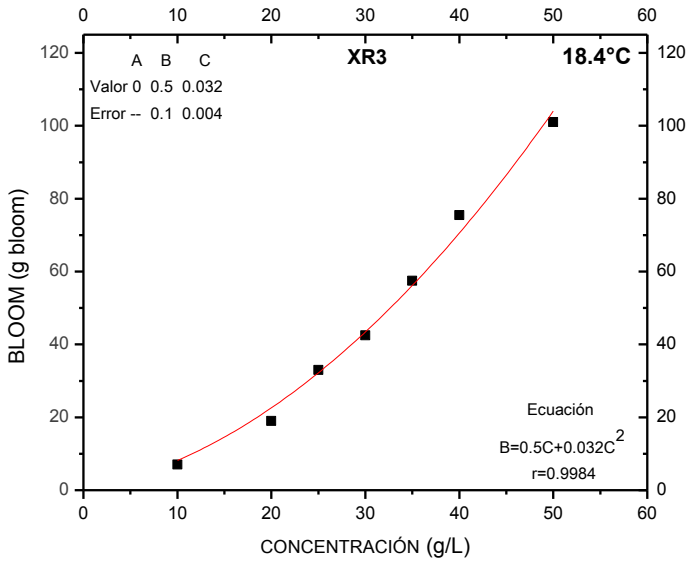
### Temperatura 17.1°C



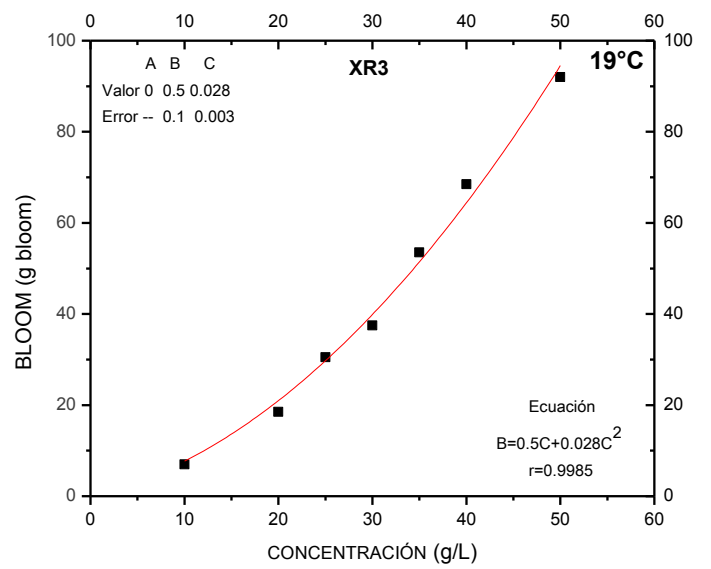
### Temperatura 17.8°C



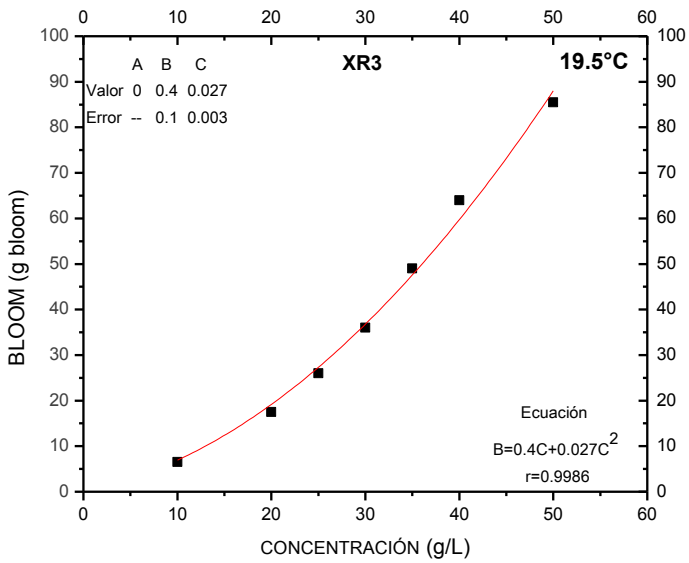
### Temperatura 18.4°C



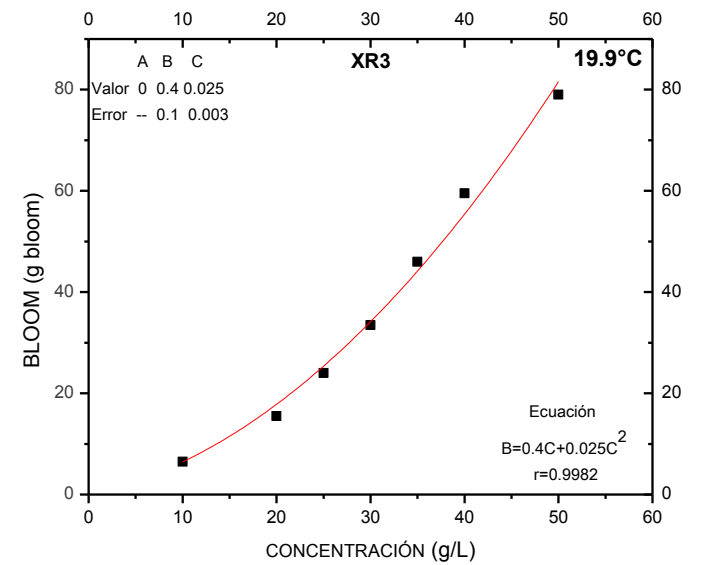
### Temperatura 19°C



### Temperatura 19.5 °C



### Temperatura 19.9°C



## Apéndice D

Gelatina presentación sin sabor (SS)

- **Fresa**

Temperatura de la gelatina (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación		
		A (g Bloom)	B (g Bloom)	C (g Bloom)
7.3	10	37.5	37.5	36.5
8.7	20	36.5	36.5	36.0
9.9	30	36.5	36.5	36.0
11.0	40	34.0	34.0	34.5
12.1	50	33.5	33.5	33.0
13.1	60	32.5	32.5	31.0
14.3	70	28.0	31.0	29.5
15.4	80	27.0	30.0	28.0
16.4	90	27.0	28.0	27.5
17.0	100	24.0	24.5	24.5
17.6	110	23.5	25.0	24.0
18.3	120	21.5	23.5	22.5
18.8	130	20.5	21.5	20.5
19.2	140	19.5	21.5	19.5
19.7	150	19.0	19.0	19.0
20.1	160	17.5	18.0	17.5
20.5	170	16.5	17.0	16.5
20.8	180	15.0	16.0	15.5
21.1	190	14.5	15.5	13.5
21.5	200	13.0	14.0	13.0
21.8	210	12.0	13.0	12.5
22.0	220	12.0	12.5	12.0



- **Limón**

Temperatura de la gelatina (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación		
		A (g Bloom)	B (g Bloom)	C (g Bloom)
8.7	10	43.5	42.5	42.5
9.9	20	43.5	42.5	42.5
11.0	30	41.5	41.5	41.5
12.2	40	40.5	40.0	40.0
13.3	50	38.5	38.0	38.0
14.4	60	35.5	35.5	34.0
15.4	70	35.5	34.5	34.5
16.4	80	33.0	32.5	30.0
17.2	90	31.0	31.0	31.0
17.8	100	30.0	30.0	30.0
18.3	110	28.0	28.0	28.0
18.8	120	26.5	27.5	25.0
19.2	130	26.0	26.0	26.0
19.6	140	23.5	24.0	22.0
19.9	150	21.0	22.0	21.0
20.3	160	21.0	21.5	19.0
20.7	170	20.5	21.5	19.0
21.0	180	18.5	19.0	18.0
21.3	190	17.5	18.0	18.0
21.6	200	17.5	17.5	16.0
21.8	210	16.5	17.5	16.0
22.0	220	15.0	15.5	14.5

- **Piña**

Temperatura de la gelatina (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación		
		A (g Bloom)	B (g Bloom)	C (g Bloom)
7.1	10	41.5	43.0	42.5
8.7	20	41.5	43.0	41.5
10.3	30	38.0	41.0	39.5
11.8	40	36.5	38.5	37.0
13.2	50	34.0	36.0	33.5
14.4	60	32.0	34.0	33.5
15.5	70	30.0	31.5	30.0
16.7	80	26.5	27.5	28.0
17.6	90	24.5	26.0	25.5
18.2	100	21.5	23.5	23.5
18.9	110	21.5	21.0	21.5
19.4	120	18.5	19.5	19.0
20.0	130	16.5	17.0	17.0
20.5	140	15.5	16.0	16.0
20.9	150	13.5	15.0	14.5

21.4	160	12.5	14.0	13.0
21.7	170	12.0	13.0	13.0
22.0	180	11.0	12.0	12.0

- *Uva*

Temperatura de la gelatina (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación		
		A (g Bloom)	B (g Bloom)	C (g Bloom)
5.5	10	42.5	43.0	42.5
7.0	20	42.0	42.5	42.0
8.4	30	41.0	41.5	41.0
10.1	40	39.0	39.5	39.0
11.2	50	36.5	37.5	36.5
12.4	60	34.5	35.0	34.5
13.6	70	32.0	32.5	32.0
15.0	80	29.5	30.0	28.5
16.2	90	27.5	28.0	27.5
17.4	100	26.5	26.5	26.5
18.0	110	24.5	24.0	23.5
18.6	120	22.5	21.5	22.0
19.1	130	21.0	20.0	19.0
19.6	140	19.5	19.0	18.0
20.1	150	18.0	17.0	17.5
20.5	160	16.0	16.0	15.5
20.9	170	16.0	15.0	14.0
21.0	180	14.5	13.0	14.0
21.6	190	13.5	12.0	12.5
21.8	200	12.5	12.0	12.0
22.0	210	12.5	11.5	11.5

Presentación gelatina con sabor (CS)

- **Uva (CS)**

Temperatura de la gelatina (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación		
		A (g Bloom)	B (g Bloom)	C (g Bloom)
9.5	10	36.0	35.0	35.0
10.4	20	34.5	35.0	34.5
11.4	30	35.0	34.5	33.0
12.4	40	31.0	30.5	30.5
13.3	50	30.5	30.0	29.5
14.3	60	29.5	29.0	28.0
15.3	70	27.0	27.5	26.5
16.0	80	26.0	26.5	25.0
16.8	90	25.0	25.5	24.0
17.6	100	23.5	23.5	23.5
18.2	110	21.0	21.0	21.0
18.6	120	21.0	20.5	20.0
19.0	130	19.5	18.5	18.5
19.5	140	19.0	18.0	18.0
*19.9	150	16.5	16.5	16.5
*20.2	160	15.5	15.5	16.5
*20.6	170	15.0	15.0	15.0
*21.0	180	13.0	13.5	13.5
*21.2	190	12.5	13.0	13.0

\*Se empieza a observar fractura de la gelatina debido a la manipulación.

- **GC-1.**

*Mora silvestre*

**Especificaciones de la muestra**

**A) Ingredientes:** Grenetina, azúcar, ácido cítrico, ácido málico, edulcorantes artificiales (aspartame 1,3g/100g y acesulfame K 0,4 g/100g), saborizante artificial de mora y colorante artificial (azul brillante FCF).

**B) Instrucciones:** **1)** Vacíe el contenido de este sobre en un litro de agua muy caliente. **2)** Mezcle hasta que se disuelva por completo. **3)** Vierta en moldes y refrigere.

**C) Contenido Neto:** 35 gramos

Temperatura de la gelatina (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación		
		A (g Bloom)	B (g Bloom)	C (g Bloom)
6.3	10	56.0	56.5	54.0
7.4	20	55.5	56.5	53.5
8.5	30	54.5	55.5	53.5
9.6	40	53.5	54.0	52.5
10.6	50	53.0	54.0	52.0
11.7	60	51.5	52.5	49.5
12.6	70	49.5	51.5	48.0
13.6	80	47.5	49.5	47.0
14.5	90	45.0	46.5	44.0
15.3	100	44.0	45.0	43.0
16.3	110	42.5	43.5	42.0
17.1	120	40.5	40.5	39.0
17.8	130	37.5	36.5	38.5
18.3	140	36.5	36.0	36.0
18.8	150	32.5	34.5	34.5
19.2	160	30.5	31.0	32.0
19.8	170	28.0	27.5	27.5
20.1	180	26.5	26.0	26.0
20.7	190	25.5	25.0	25.0
21.6	200	24.5	24.5	24.5
22.0	210	24.0	23.5	23.5

*Uva*

**Especificaciones de la muestra**

**A) Ingredientes:** Grenetina, azúcar, ácido cítrico, ácido fumárico, ácido tartárico, edulcorantes artificiales (aspartame 1,3g/100g y acesulfame K 0,4 g/100g), saborizante artificial de uva, colorante natural (carmin) y colorantes artificiales (eritrosina y azul brillante FCF).

**B) Instrucciones:** **1)** Vacíe el contenido de este sobre en un litro de agua muy caliente. **2)** Mezcle hasta que se disuelva por completo. **3)** Vacíe en moldes y refrigere.

**Contenido Neto:** 35 gramos

Temperatura de la gelatina (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación		
		A (g Bloom)	B (g Bloom)	C (g Bloom)
4.2	10	59.5	59.0	58.0
5.7	20	58.5	58.5	58.0
6.7	30	58.0	58.0	56.5
7.8	40	57.5	56.5	55.5
8.8	50	56.0	56.0	53.5
9.9	60	53.5	53.5	52.5
10.9	70	52.0	53.0	51.5
11.9	80	49.5	50.0	49.0
12.9	90	49.0	48.5	47.0
13.7	100	46.0	47.0	45.0
14.7	110	45.0	44.0	42.0
15.7	120	42.5	39.5	39.5
16.6	130	38.5	39.5	38.0
17.4	140	36.0	37.0	38.0
18.0	150	36.0	36.5	36.0
18.5	160	31.5	32.5	31.5
18.7	170	30.0	30.0	30.5
19.0	180	28.0	28.5	28.5
19.3	190	27.5	27.0	27.0
19.6	200	25.0	25.0	25.5
19.8	210	22.0	22.5	22.5
20.1	220	18.5	18.5	18.0
20.3	230	16.5	16.5	16.5
20.8	240	16.5	15.5	15.5

*Jerez*

### **Especificaciones de la muestra**

**A) Ingredientes:** Grenetina, ácido fumárico, edulcorantes artificiales (aspartame 2.8g/100g y acesulfame K 1.2 g/100g), saborizante artificial de jerez, sal yodada y colorantes artificiales (laca de rojo allura AC, tartrazina y azul brillante FCF).

**B) Instrucciones:** **1)** Vacíe el contenido de este sobre en un litro de agua muy caliente. **2)** Mezcle hasta que se disuelva por completo. **3)** Vierta en moldes y refrigere.

**C) Contenido Neto:** 20 gramos

Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación (g Bloom)
6.5	10	41.5
8.5	20	40.0
10.7	30	38.5
12.9	40	32.5
14.9	50	29.0
16.9	60	24.0
18.4	70	20.0
19.4	80	17.0
20.5	90	12.5

### *Vainilla*

#### **Especificaciones de la muestra**

- A) Ingredientes:** Azúcar, grenetina, saborizante artificial de vainilla, sucralosa, colorantes artificiales (tartrazina y rojo allura AC) y acesulfame K.
- B) Instrucciones:** 1) Vacíe el contenido de este sobre en un litro de leche muy caliente. 2) Mezcle hasta que se disuelva por completo. 3) Vierta en moldes y refrigere. Si sigue este método cuaja en 2 horas.
- C) Contenido Neto:** 140 gramos

Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación (g Bloom)
6.3	10	47.5
7.6	20	45.5
9.1	30	45.0
10.2	40	41.0
11.6	50	36.5
12.8	60	35.0
14.3	70	30.5
15.7	80	28.0
16.8	90	24.5
17.8	100	21.5
18.5	110	19.5
19.1	120	18.0
19.7	130	16.5
20.2	140	15.0

- **GC-2.**  
*Frutas rojas*

### Especificaciones de la muestra

- A) Ingredientes:** Azúcar, gnetina, saborizantes artificiales, citrato de sodio, ácido fumárico, jugo de fruta deshidratado con pulpa (0,1%), fosfato monocálcico, edulcorantes (aspartame y acesulfame k 0,50 g de mezcla /100g y sacarina 0,21g/ 100g), colorantes artificiales: azorrubina y amarillo ocazo FCF, ácido cítrico, dióxido de silicio.
- B) Instrucciones:** 1) Hierva un litro de agua. 2) Vierta el contenido del sobre en agua muy caliente y revuelva. 3) sirva en moldes, refrigere y disfrute de la más rica gelatina con pulpa de fruta.
- C) Contenido Neto:** 60 gramos.

Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación		
		A (g Bloom)	B (g Bloom)	C (g Bloom)
7.9	10	46.5	44.5	43.0
9.1	20	41.0	40.5	40.5
10.5	30	38.5	38.5	37.0
11.7	40	37.5	36.5	36.5
12.9	50	33.5	33.5	30.5
14.0	60	33.5	30.5	30.5
15.1	70	26.0	26.5	26.5
16.1	80	23.5	23.5	24.5
17.2	90	21.5	23.5	23.5
18.1	100	18.5	20.0	20.5
18.6	110	17.0	19.0	19.0
19.3	120	15.0	15.0	17.5
19.9	130	13.0	15.0	15.5
20.4	140	12.0	12.0	13.0
20.9	150	12.0	11.0	13.0
21.4	160	10.5	11.0	11.0
21.8	170	10.0	11.0	10.0
22.1	180	9.5	9.0	10.0

- **GC-3**

*Mango*

**Especificaciones de la muestra**

**A) Ingredientes:** Grenetina, azúcar, acidulante (Ácido Fumárico), Fosfato disódico, edulcorantes artificiales (Aspartame [1,3g/100g]), y Acesulfame potásico [0,30g/100gl]), saborizantes artificiales y naturales, Ácido Ascórbico (Vitamina C) y colorantes artificiales (amarillo ocaso FCF y Tartrazina)

**B) Instrucciones:** **1)** Vacíe el contenido en 2 tazas de agua hirviendo y revuelva hasta que se disuelva completamente. **2)** Agregue 2 tazas de agua fría y revuelva bien. **3)** Vacíe en 1 o varios moldes. **4)** Refrigere hasta que cuaje.

**C) Contenido Neto:** 35 gramos

Temperatura de la gelatina (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación		
		A (g Bloom)	B (g Bloom)	C (g Bloom)
6.1	10	58.5	58.5	62.0
7.2	20	58.5	58.5	62.0
8.7	30	57.5	57.5	60.5
10.3	40	53.5	53.5	56.0
11.7	50	50.0	51.0	51.5
13.1	60	46.0	47.0	48.0
14.5	70	42.5	40.5	41.5
15.8	80	38.0	38.0	37.5
17.0	90	33.0	33.0	32.5
17.9	100	28.5	28.5	27.0
18.7	110	24.5	25.0	23.5
19.4	120	21.0	20.5	19.5
20.0	130	19.0	18.0	17.5
20.6	140	16.0	15.5	15.0
21.0	150	14.5	14.5	13.5
21.6	160	12.5	12.5	11.5
22.0	170	11.0	10.0	10.5



- **GC-4.**

*Piña*

**Especificaciones de la muestra**

**A) Ingredientes:** Azúcar, grenetina, ácido fumárico, citrato de sodio, saborizante artificial, aspartame (200mg/100g), acesulfame K (100mg/100g), colorantes artificiales tartrazina y amarillo ocaso FCF, Hierro (ortofosfato férrico), zinc (sulfato de zinc), Vitamina B6 (clorhidrato de piridoxina), Vitamina B1 (Mononitrato de tiamina), Vitamina A, (Palmitato de retinilo) y Vitamina D (Colecalciferol). Piña 0%.

**B) Instrucciones:** **1)** Vacíe el contenido del sobre en un litro de agua muy caliente. **2)** Mezcle hasta que se disuelva completamente. **3)** Vacíe en uno o varios moldes y refrigere.

**C) Contenido Neto:** 85 gramos

Temperatura de la gelatina (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación		
		A (g Bloom)	B (g Bloom)	C (g Bloom)
4.8	10	36.5	37.5	36.5
6.3	20	36.0	37.5	36.0
7.3	30	35.5	37.5	35.5
8.4	40	34.5	35.5	34.0
9.6	50	33.5	34.5	32.5
10.4	60	33.0	34.0	31.5
11.3	70	33.0	34.0	30.5
12.1	80	31.0	31.5	29.5
12.9	90	28.5	29.0	27.5
13.8	100	26.5	28.0	25.0
14.5	110	25.5	26.0	24.0
15.3	120	24.0	25.0	22.0
15.8	130	24.0	24.0	21.0
16.5	140	22.5	23.0	20.5
16.8	150	22.0	22.5	19.5
17.7	160	21.0	20.0	18.5
18.1	170	19.0	18.5	17.0
18.4	180	18.0	17.5	16.5

18.8	190	18.0	17.5	16.5
19.1	200	15.5	16.5	15.0

Uva.

### Especificaciones de la muestra

**A) Ingredientes:** Azúcar, grenetina, ácido fumárico, citrato de sodio, saborizante artificial, aspartame (200mg/100g), colorantes artificiales rojo natural 4, rojo alimentos 1 y azul brillante FCF, acesulfame K (100mg/100g), Hierro (ortofosfato férrico), zinc (sulfato de zinc), Vitamina B6 (Clorhidrato de piridoxina), Vitamina B1 (Mononitrato de tiamina), Vitamina A, (Palmitato de retinilo) y Vitamina D (Colecalciferol). Uva 0%.

**B) Instrucciones:** 1) Vacíe el contenido del sobre en un litro de agua muy caliente. 2) Mezcle hasta que se disuelva completamente. 3) Vacíe en uno o varios moldes y refrigere.

**C) Contenido Neto:** 85 gramos.

Temperatura de la gelatina (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación		
		A (g Bloom)	B (g Bloom)	C (g Bloom)
3.3	10	32.0	30.0	32.0
5.0	20	31.5	30.0	31.5
6.3	30	31.5	29.0	30.5
7.5	40	30.0	29.0	30.0
8.5	50	29.0	28.0	30.0
9.4	60	29.0	27.0	28.0
10.3	70	26.5	26.5	28.0
11.2	80	26.5	24.5	25.0
11.9	90	25.5	22.5	24.0
12.9	100	24.0	23.5	24.0
13.8	110	22.0	21.0	20.5
14.7	120	21.0	20.5	18.5
15.2	130	19.5	19.0	19.0
15.9	140	18.0	18.5	17.5
16.5	150	17.5	17.0	16.5
17.3	160	16.5	16.0	15.5

17.8	170	16.5	15.5	14.0
18.1	180	14.0	14.0	14.0
18.6	190	14.0	14.0	13.0
18.8	200	13.0	13.0	12.5

- **GC-5**

*Fresa*

**Especificaciones de la muestra**

**A) Ingredientes:** Azúcar, grenetina, ácido fumárico, saborizante artificial, citrato de sodio, vitamina C, colorantes artificiales (rojo 5, amarillo 5 (tartrazina) y amarillo 6), sucralosa (0,12g/100g) y etil maltol.

**B) Instrucciones:** **1)** Hervir ½ litro de agua (2 tazas). **2)** Retirar del fuego y disolver completamente el contenido del sobre. **3)** Adicionar ½ litro de agua hervida fría (2 tazas) y revolver bien. Vaciar en uno o varios moldes. **4)** Refrigerar hasta que cuaje.

**C) Contenido Neto:** 84 gramos

Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación		
		A (g Bloom)	B (g Bloom)	C (g Bloom)
8.3	10	44.0	44.5	44.0
9.5	20	42.0	43.5	43.5
10.9	30	41.0	42.0	41.0
11.9	40	39.0	39.5	39.0
13.1	50	37.0	36.5	36.0
14.2	60	34.0	34.0	33.5
15.3	70	29.5	31.0	30.0
16.4	80	27.5	29.0	28.5
17.4	90	26.0	27.5	26.0
18.2	100	22.5	24.0	21.5
18.8	110	22.0	22.5	20.5
19.5	120	19.5	20.0	18.5
20.1	130	18.0	18.5	17.5
20.6	140	17.0	17.5	16.0
21.0	150	14.5	15.5	14.0
21.5	160	13.0	14.5	13.5
22.0	170	12.0	14.0	12.0

- **GC-6**

*Rompopo*

**Especificaciones de la muestra**

**A) Ingredientes:** azúcar, grenetina, saborizante artificial, fosfato monosódico, colorante artificial, FD&C amarillo /5 FD&C Rojo/5.

**B) Instrucciones:** **1)** Vacíe el contenido del paquete en un litro de leche hirviendo (4 tazas). **2)** Agite hasta disolver completamente. **3)** Vierta en un molde y refrigera hasta que cuaje.

**C) Contenido Neto:** 170 gramos.

Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Determinación		
		A (g Bloom)	B (g Bloom)	C (g Bloom)
8.6	10	34.5	34.0	33.5
10.2	20	34.5	33.0	33.0
11.4	30	30.5	29.5	29.0
12.8	40	28.0	28.5	27.0
13.9	50	25.0	26.0	25.0
14.9	60	24.0	24.0	23.5
16.8	70	20.5	21.0	20.5
17.5	80	20.0	20.0	20.0
18.3	90	17.5	17.0	17.5
18.9	100	15.5	16.5	15.5
19.6	110	14.5	15.0	15.0
20.3	120	13.0	14.0	14.5
20.8	130	12.0	12.5	13.0
21.3	140	11.0	11.5	12.0
21.8	150	10.0	10.0	11.5
22.2	160	9.0	10.0	10.5

- Celulosa 1

Temperatura de la gelatina (°C)	Determinación			
	Blanco (g Bloom)	1% (g Bloom)	3% (g Bloom)	5% (g Bloom)
9.9	33.5	46.5	57.5	59.0
11.2	33.5	45.0	49.0	53.0
12.5	31.5	41.0	44.5	50.5
14.5	27.0	36.5	41.5	44.5
15.7	25.5	34.0	37.5	40.5
16.8	25.0	31.5	34.5	36.5
17.8	23.0	29.5	31.5	34.5
18.4	21.0	26.0	31.5	32.0
19.1	20.0	23.5	26.5	28.0
19.6	16.5	22.0	23.5	24.5
20.2	16.5	18.0	20.3	21.5

- Celulosa 2

Temperatura (°C)	Blanco (g Bloom)	0.5% (g Bloom)	1.0% (g Bloom)	3.0% (g Bloom)	5.0% (g Bloom)	10.0% (g Bloom)
6.8	46.5	46.5	45.5	44.5	43.0	38.5
9.0	44.0	45.5	43.0	41.5	41.0	36.5
10.5	42.0	43.5	41.5	38.5	39.0	35.0
12.7	37.5	39.0	34.5	35.0	35.0	33.0
14.1	38.5	34.5	33.0	33.0	33.0	30.0
15.7	33.5	30.0	28.0	30.0	27.5	27.5
16.9	29.5	29.0	26.0	26.0	26.0	24.0
18.4	25.0	24.5	20.5	23.0	20.0	21.5
19.1	23.0	21.5	19.5	19.0	19.5	19.0
19.8	20.5	19.0	16.0	16.5	16.5	16.5
20.4	20.5	17.0	15.0	14.5	16.0	14.0

- **Celulosa 3**

Temperatura de la gelatina (°C)	Determinación			
	Blanco (g Bloom)	1% (g Bloom)	3% (g Bloom)	5% (g Bloom)
6.2	26.5	26.5	30.0	32.5
7.5	26.0	25.5	30.0	32.5
9.2	25.0	24.5	29.5	30.5
10.2	24.0	23.5	29.5	30.0
12.0	23.5	22.5	27.5	30.0
13.3	23.0	22.0	26.5	29.0
15.3	20.5	20.0	22.5	24.0
16.3	20.5	19.5	22.0	22.0
17.9	18.5	15.5	18.0	19.0
18.5	18.0	14.5	17.0	17.5
19.0	15.0	14.0	16.0	16.5
20.0	13.0	13.0	13.0	13.0

\* El texturómetro presenta una deformación mayor a 4mm en las determinaciones

- **Celulosa 4**

Temperatura (°C)	Blanco (g Bloom)	3%	5%
6.2	42.5	52.5	62.0
7.6	38.5	49.5	59.5
9.4	37.5	48.0	55.5
11	35.5	44.0	52.0
12.4	31.0	39.0	45.0
14.4	26.5	34.0	39.5
15.7	24.0	30.0	34.5
16.8	19.5	25.0	29.5
18.3	18.5	21.0	22.0
19.0	16.0	19.0	18.5
19.8	13.0	16.5	17.5

- **Pectina**

Temperatura de la gelatina (°C)	Determinación			
	Blanco (g Bloom)	Pectina 1% (g Bloom)	Pectina 3% (g Bloom)	Pectina 5% (g Bloom)
8.6	36.5	33.5	23.5	18.0
9.8	36.0	30.5	23.5	18.0
11.3	35.5	29.5	21.5	15.0
12.6	34.5	27.0	18.5	13.0
13.8	32.0	26.0	17.5	13.5
15.4	29.5	23.5	15.0	12.0
16.5	27.5	22.5	14.5	11.0
17.5	26.0	20.0	13.0	10.0
18.1	25.0	18.0	11.5	8.5
18.7	22.5	16.0	11.0	7.0
19.6	17.5	13.0	9.0	5.0

- **Albumina de huevo**

Temperatura de la gelatina (°C)	Determinación			
	Blanco (g Bloom)	1% (g Bloom)	3% (g Bloom)	5% (g Bloom)
7.8	30.0	29.5	33.0	39.0
10.1	29.0	27.5	31.5	36.5
11.4	28.5	26.5	26.0	32.5
13.1	26.5	23.0	25.5	30.0
14.7	24.0	20.5	23.0	26.5
16.0	22.0	18.5	20.5	24.5
17.4	17.5	16.5	18.5	20.5
18.3	16.0	14.0	12.5	19.5
19.4	13.0	11.0	12.0	16.0
20.3	11.0	11.0	12.0	13.0

- Tween 80

Temperatura (°C)	Blanco (g Bloom)	5 % (g Bloom)
10.3	34.7	34.2
11.4	34.2	33.8
12.4	30.7	33.2
13.4	30.0	31.0
14.4	28.8	30.3
15.4	27.0	29.5
16.6	24.8	27.0
17.5	23.5	25.7
18.1	21.0	23.8
18.6	20.5	22.2
19.0	18.8	21.3
19.9	16.5	18.2

- Brij 99

Temperatura de la gelatina (°C)	Blanco	Determinación 5% (g Bloom)
10.4	34.7	32.5
12.3	30.7	30.3
13.6	30.0	28.3
15.4	27.0	25.8
16.8	24.8	23.2
17.7	23.5	21.3
18.7	20.5	18.7
19.2	19.0	19.5
20.0	16.5	14.7



## **Bibliografía**

- 1.-Keith J, Laidler I y Meiser. (2011) *Fisicoquímica*. México: Patria.
2. - Bartlett, Cosgrove, Daves, Eastman y Eastoe (2005). *Colloid Science. Principles Methods and Applications*. Bristol: Terence Cosgrove.
- 3.- Remington (2003). *Farmacología*. México: Medica Panamericana.
- 4.- Carl F y Maron S. (2001) *Fundamentos de físico química*. México: Limusa.
- 5.- Fernández Cruz Maritza. (2010) *Síntesis de sistemas híbridos (SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> y SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) obtenidos a partir del proceso sol-gel*. Tesis de licenciatura en ingeniería química, Facultad de estudios superiores Zaragoza, México.
- 6.- Levine I. (2004) *Fisicoquímica*. México: Mc Graw Hill.
- 7.- Glicksman M. (1969) *Gum technology in the food industry*. San Diego, California: Academic.
- 8.- Glasstone S. (1968) *Tratado de química Física*. España: Aquilar.
- 9.- Gómez G, Giménez B y López C. (2011) Functional bioactive properties of collagen and gelatin from alternative. *Food hydrocolloids*. 25 ,1813-1827.
- 10.- Julieta Montiel Cruz. (2001) *Aplicación de propiedades reológicas y funcionales en alimentos: Comportamiento reológico de geles carragenina-Algarrobo: Pruebas estáticas y dinámicas* Tesis de licenciatura en ingeniera en alimentos, Facultad de estudios superiores Cuautitlan.
11. - Philippova y Khokhlov. (2012) *Polymer Gels*. Moscow. State university.
12. - Joel L and Gregory P. (1996) *Pharmaceutical dosage forms: disperse systems*.
- 13.- Jirgensons B. (1958) Organic Colloids. *Journal of polymer science*, 33 (126), 251-264
14. - British Pharmacopeia (2002). London: The stationery office.
15. - Gareis H y Schrieber R. (2007) *Gelatine Handbook: Theory and Industrial Practice*.
16. - Regenstein J (2000) Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin. *Journal of food science*, 65 (2), 194-199.

- 17.- M. en C Vannesa del Carmen Cabra (2006). *Estudio de la relación estructura-función de una  $\alpha$ -zeína con propiedades emulsificantes*. Tesis doctoral. Facultad de química, México.
- 18.- PROFECO. *Conozca las gelatinas que tiemblan de buenas*, disponible en: <http://www.consumidor.gob.mx/wordpress/wp-content/uploads/2012/04/RC-172-Gelatinas.pdf> , consultado 10-Diciembre-2013.
- 19.- Areizaga J, Cortázar M y Florza J. (2002) *Polímeros*. España: Síntesis.
- 20.- Martínez P. (1972) *Química y física de los altos polímeros y materiales plásticos*. España: Alhambra.
21. - Marian E, Paul J y Raymond C. (2009) *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. London: Pharmaceutical Press.
- 22.- James C. Enciclopedia de tecnología farmacéutica: Geles y jaleas, (6) ,415-435.
- 23.- Bellido V y José A. (1981) *Macromoléculas*. México: UNAM.
- 24.- Mario Alberto Martínez Vitela (2010). *Interacciones entre proteínas y polisacáridos y su comportamiento superficial en medio acuoso*. Tesis de licenciatura en ingeniería química, Facultad de Química, México.
25. - Carraher C y Raimond B (1955). *Introducción a la química de los polímeros*. México: Reverté.
- 26.- Owen R. (2011) *Química de los alimentos*. España: Acribia.
- 27.- Marta Elvia Rosas Mendoza. (1994) *Caracterización reologica de geles de alginato*. Tesis de licenciatura en ingeniería de alimentos, Facultad de estudios superiores Cuautitlan.
- 28.- Champetier G y Monnerie L. (1973). *Introducción a la química macromolecular*. Madrid: Calpe
29. - Masuelli A and Sansone G. (2011) Hydrodynamic Properties of Gelatin studies from intrinsic Viscosity Measurements. *Products and Applications of Biopolymers*. 85-110
- 30.- FEUM 10ª edición.
- 31.- Kenneth C. (1981) *Curso de análisis farmacéutico: ensayo del medicamento*. España: Reverté.

- 32 Química orgánica experimentos con un enfoque ecológico (2001). México: UNAM
- 33.- Engel T, Henre W y Reid P. (2006) *Química Física*. España: Addison Wesley.
- 34.-Champetier G y Monnerie L.(1973) *Introducción a la química macromolecular*. Madrid: Espasa-Calpe
- 35.- Morris J. (2001) *Fisicoquímica para biólogos*. México: Reverté.
- 36 Coulate T. (2007) *Manual de química y bioquímica de los alimentos*. España: Acribia.