



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2026,
Volumen 10, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i3

RESPUESTA DE SOLUBILIDAD DE LA GRENETINA (COLÁGENO) A UN DOE FACTORIAL 2*3 FACTORES CON IMPLICACIONES DE LA CONCENTRACIÓN Y LA TEMPERATURA

**SOLUBILITY RESPONSE OF GELATIN (COLLAGEN) TO A
2*3 FACTORIAL DOE WITH CONCENTRATION AND
TEMPERATURE IMPLICATIONS**

Alejandro Rojas Ayala
Tecnológico Nacional de México

Luis Alberto Arau Roffiel
Tecnológico Nacional de México

Roberto Carlos Cárdenas Valdez
Tecnológico Nacional de México

Nicolas Domínguez Reyes
Tecnológico Nacional de México

Iris Lizeth Hernández Solís
Tecnológico Nacional de México

Jessica Itzel Osorio Martínez
Tecnológico Nacional de México

José Luis García Gutiérrez
Tecnológico Nacional de México

Respuesta de Solubilidad de la Grenetina (Colágeno) a un DOE Factorial 2*3 Factores con implicaciones de la Concentración y la Temperatura

Alejandro Rojas Ayala¹

alejandro.ra@zacatepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0403-6169>

Tecnológico Nacional de México
IT de Zacatepec
Zacatepec Morelos
México

Luis Alberto Arau Roffiel

luis.ar@zacatepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-7795-8052>

Tecnológico Nacional de México
IT de Zacatepec
Zacatepec Morelos
México

Roberto Carlos Cárdenas Valdez

roberto.cv@zacatepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1813-0092>

Tecnológico Nacional de México
IT de Zacatepec
Zacatepec Morelos
México

Nicolas Domínguez Reyes

nicolas.dr@zacatepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0004-7282-0988>

Tecnológico Nacional de México
IT de Zacatepec
Zacatepec Morelos
México

Iris Lizeth Hernández Solís

Iris.hs@zacatepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0006-5479-1532>

Tecnológico Nacional de México
IT de Zacatepec
Zacatepec Morelos
México

Jessica Itzel Osorio Martínez

L24090298@zacatepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0006-1627-8471>

Tecnológico Nacional de México
IT de Zacatepec
Zacatepec Morelos
México

José Luis García Gutiérrez

L24090281@zacatepec.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0003-4930-5585>

Tecnológico Nacional de México
IT de Zacatepec
Zacatepec Morelos
México

¹ Autor principal

Correspondencia: alejandro.ra@zacatepec.tecnm.mx

ESUMEN

En el presente trabajo se realizó el análisis de lo que son los Diseños de Experimentos (DOE) en específico un DOE Factorial con 2 Factores y 3 Niveles, con relación a la Solubilidad de la Grenetina (Colágeno) con la interacción de la Concentración y Temperatura. Además, se contrastó con algunas proteínas globulares modelo como la albúmina y la caseína, las cuales sufren desnaturalización irreversible por estrés térmico. En este sentido utilizamos un Diseño Experimental Factorial, es decir, un DOE 2×3 con dos Factores los cuales son: Concentración (A) y Temperatura (B), es decir, Concentraciones de 5 y 10 mL/mg y Temperaturas de 40, 60 y 80 °C, con un total de tres repeticiones por Tratamiento. Se observó que el incremento de temperatura favorece la solubilización de la grenetina, demostrando su naturaleza termorresistente y su capacidad de hidratarse progresivamente en medios acuosos. Este comportamiento confirma que, a diferencia de otras proteínas, el colágeno requiere calor para disolverse debido a la ruptura parcial de los enlaces de hidrógeno que estabilizan su estructura de triple hélice, sin que ello implique una pérdida irreversible de funcionalidad molecular, evidenciando una estabilidad funcional distinta a la de las proteínas globulares convencionales. Por lo tanto, el modelo estadístico que se utilizó para desarrollar una mejor aplicación de un DOE Factorial de dos Factores con tres réplicas, las cuales se obtuvieron al llevar a cabo la fase experimental de manera individual y con la interacción de los factores ya mencionados. Las consideraciones que se tomaron fueron, la identificación del problema y definición de los objetivos, elección de los factores y los niveles a tratar, además, de la selección de la variable de respuesta, elección del diseño experimental, ejecución de la parte experimental, análisis estadístico de los datos, así como, mejoras y control del proceso, toma de decisiones y conclusión, según (Ayala et al., 2025). Es pertinente mencionar que los DOE son una herramienta esencial hoy en día en el ámbito educativo, industrial y de servicios que permite al investigador ser más eficiente y productivo en la toma de decisiones.

Palabras clave: grenetina, colágeno, solubilidad, temperatura, proteínas



Solubility Response of Gelatin (Collagen) to a 2*3 Factorial DOE with Concentration and Temperature Implications

ABSTRACT

In this work, analyzed Designs of Experiments (DOE), specifically a 2×3 Factorial DOE with 3 levels, in relation to the solubility of gelatin (collagen) under the interaction of concentration and temperature. The results were compared with those of model globular proteins such as albumin and casein, which undergo irreversible denaturation under thermal stress. A 2×3 Factorial Design was used, with two factors: Concentration (A) and Temperature (B), specifically concentrations of 5 and 10 mL/mg and temperatures of 40, 60, and 80 °C, with a total of three replicates per treatment. The results showed that increasing temperature favored the solubilization of gelatin, demonstrating its heat-resistant nature and its ability to progressively hydrate in aqueous media. This behavior confirms that, unlike other proteins, collagen requires heat to dissolve due to the partial rupture of the hydrogen bonds that stabilize its triple helix structure, without resulting in an irreversible loss of molecular functionality. This demonstrates a functional stability distinct from that of conventional globular proteins. Therefore, the statistical model used to develop a better application of a two-factor factorial design of experimental experiments (DOE) with three replicates was obtained by carrying out the experimental phase individually and with the interaction of the aforementioned factors. The considerations taken into account were: problem identification and definition of objectives, selection of factors and levels to be addressed, selection of the response variable, choice of experimental design, execution of the experimental phase, statistical analysis of the data, as well as process improvements and control, decision-making, and conclusion, according to (Ayala et al., 2025). It is worth mentioning that DOE are an essential tool today in the educational, industrial and service fields that allows the researcher to be more efficient and productive in decision-making.

Keywords: gelatin, collagen, solubility, temperature, proteins

*Artículo recibido 25 abril 2026
Aceptado para publicación: 25 mayo 2026*



INTRODUCCIÓN

El Diseño de Experimentos DOE ha sido una herramienta primordial y fundamental para generar una serie de conocimientos acerca de un proceso o un sistema. Por ello, es necesario conocer nuestros Factores, Tratamientos, Variables y Replicas a utilizar, así como, las posibles variantes que podemos tener con ellos, con el fin, de determinar un conjunto de pruebas experimentales estadísticas que nos ayuden a resolver diversas problemáticas, con la mayor facilidad posible (Garza Villegas, 2017; Valencia et al., 2020).

El DOE permite analizar datos mediante distintos modelos estadísticos, con el cual podemos observar el comportamiento de las Factores, variables dependientes e independientes, estableciendo la importancia de cada una de ellas dentro de un proceso óptimo con el menor error posible, con el fin de incrementar la producción de servicios y bienes (Gutiérrez Pulido & VARA SALAZAR, 2008; Napolitano, 2010).

Las proteínas son secuencias de aminoácidos que se pliegan hasta adquirir una configuración tridimensional, la cual les permite realizar una gran variedad de actividades biológicas (Rigueto et al., 2021). Estas moléculas están codificadas en la información genética de cada organismo, donde se determina su orden de aminoácidos, y posteriormente son producidas por los ribosomas (Cañedo Andalia & Guerrero Pupo, 2005). Además, las proteínas cumplen un rol esencial en los seres vivos y constituyen las biomoléculas más versátiles y diversas. Llevan a cabo una amplia gama de tareas, entre ellas funciones estructurales, catalíticas, de transporte, entre muchas otras (Guillén, 2009).

La forma de una proteína depende en gran medida de los puentes de hidrógeno y de otras interacciones que pueden ser alteradas, cuando las proteínas se exponen a temperaturas elevadas o a valores de pH muy extremos, pierden su estructura tridimensional y, en consecuencia, también sus propiedades físicas (Barcellini, 2024). A este fenómeno se le conoce como desnaturalización de la proteína, lo que significa que se desenrollan o se despliegan, perdiendo así su conformación (López Sánchez, 2016). Una vez que la estructura de una proteína se pierde, también lo hace su función biológica. Puedes observar la desnaturalización al cocinar un huevo. El componente primordial que constituye entre el 55 y 60% del huevo es la proteína llamada albúmina, esta se encuentra en la clara (*Descubre Todas Las Claves Sobre Las Proteínas de Un Huevo*, n.d.).



La cocción no afecta los enlaces covalentes de la estructura primaria de la albúmina, pero sí destruye los puentes de hidrógeno, más débiles, que mantienen la forma tridimensional de la proteína. Cuando la clara transparente del huevo se vuelve opaca, la albúmina ha sido desnaturalizada (CANSECO, 2013). Para algunas proteínas, la desnaturalización puede ser reversible si se restablecen las condiciones originales, pero la albúmina no es una de ellas. No existe manera de revertir la cocción de un huevo.

El colágeno es una proteína de tipo estructural y constituye el componente principal de la mayoría de los tejidos conectivos fibrosos blancos presentes en los animales, tales como cartílago, tendones, fibras musculares y piel, entre otros (Amirrah et al., 2022). La mayor parte de las proteínas estructurales presenta una versatilidad fisicoquímica que depende de diversas variables del entorno, incluyendo la temperatura y el pH. Por ello, según las condiciones empleadas durante los procesos de extracción, se obtendrán propiedades distintas en la gelatina resultante (Rodiles, n.d.). La gelatina es una proteína soluble que se obtiene mediante la hidrólisis del colágeno, otra proteína insoluble que forma parte del tejido conectivo presente en la piel, los músculos y los tendones de los animales (Rather et al., 2022). Las moléculas de gelatina generan una estructura tridimensional debido a que sus cadenas interactúan entre sí, principalmente a través de puentes de hidrógeno.

Este tipo de interacciones se establecen a bajas temperaturas y se rompen cuando la temperatura aumenta. Por esta razón, para formar un gel de gelatina es necesario refrigerarlo, y una vez formado, si se mantiene por un tiempo a temperatura ambiente, el gel se deshace. Este proceso puede repetirse en múltiples ocasiones, lo que confiere a este tipo de gel la propiedad de ser reversible (Rembado, 2009).

La gelatina actúa de manera distinta a otras proteínas empleadas en la cocina. Usualmente, las proteínas se desnaturalizan al calentarse, lo que permite que formen enlaces entre sí, fenómeno conocido como coagulación. Así se obtiene una masa sólida. Por ejemplo, al freír un huevo, la proteína líquida denominada albúmina se transforma en una sustancia blanca y sólida debido al calor.

Por otro lado, las proteínas de la gelatina no establecen nuevos enlaces entre ellas. El calor provoca que sus cadenas se separen y se dispersen, al igual que ocurre con otras proteínas, pero sin llegar a formar una red sólida. Por eso, el líquido donde están dispersas permanece fluido. Esto sucede porque las proteínas de la gelatina son largas y de naturaleza fibrosa. Cuando la gelatina se enfría, estas cadenas se mantienen alineadas unas junto a otras, como si formaran una estructura continua, lo que transforma



el líquido en un gel (Universidad del País vasco, 2024); Sin embargo, esta capacidad se debe a su estructura química, en donde el monómero de colágeno posee la forma de una varilla de aproximadamente 300 nm de longitud y apenas 1.5 nm de diámetro. Esta molécula está constituida por tres hélices polipeptídicas levógiras (conocidas como cadenas α), cada una cerca de mil residuos, las cuales se enrollan entre sí para formar una superhélice dextrógira. Dado que las hélices polipeptídicas y la superhélice del tropocolágeno se encuentran enrolladas en direcciones opuestas, la estructura superhelicoidal cumple la función de impedir el desenrollamiento de las tres cadenas polipeptídicas (LOZANO TRUEL, 2005).

Este mismo principio se manipula en la producción de cables de acero empleados en puentes colgantes y en otras construcciones que requieren fibras resistentes y ligeras. Cada una de las tres hélices del colágeno se estabiliza gracias a la repulsión estérica generada por los anillos de pirrolidina presentes en los residuos de hidroxiprolina (Cedillo Nieto, 2022). Estos anillos se separan entre sí cuando la cadena polipeptídica adopta su conformación helicoidal, lo que hace que la hélice resultante sea mucho más abierta que la hélice α , caracterizada por estar fuertemente enrollada (de Paz Lugo, 2006).

El objetivo final de este trabajo de investigación es analizar la Solubilidad de la Grenetina, con base a las variaciones de los factores en sus distintos niveles o tratamientos, que pueden afectar significativamente la variable de repuesta, los cuales son la Concentración y Temperatura.

METODOLOGÍA

Para el diseño de experimento se empleó el método científico, al observar el comportamiento de la grenetina con el agua a temperatura ambiente y notar que está ya formaba coágulos surgió la pregunta ¿cómo actúa la proteína que conforma la grenetina (colágeno) al desnaturalizarse si esta no presenta una coagulación, cambio de color o precipitación con el aumento de temperatura? Así surge la experimentación, con un enfoque dirigido a la identificación del colágeno en la grenetina comercial mediante la observación del cambio fisicoquímico en soluciones de grenetina.

Se plantearon 3 hipótesis. Primero, la temperatura no afecta la solubilidad de la grenetina. Dos, la concentración no afecta la solubilidad de la grenetina. Tres, la temperatura y la concentración no dependen una de la otra en la solubilidad de la solución.



Se realizó un DOE Factorial 2x3 con tres Replicas por interacción, tomando la Concentración y Temperatura como Factores y el Tiempo en que la muestra se solubiliza como variable de respuesta Y. Los Factores a evaluar fueron la Concentración de Grenetina en la solución de 5 mililitros de agua. Ocupando concentraciones de 10 mg/mL y 5 mg/mL. Expuestas a tres Temperaturas distintas de 40°, 60° y 80°C. Nuestro indicador fue meramente cualitativo, observamos la muestra detenidamente hasta notar la desaparición de los granos de grenetina en las soluciones. El procedimiento experimental se realizó de la siguiente manera: la grenetina se sometió a pesaje en balanza analítica, haciendo tres repeticiones por interacción entre Concentración y Temperatura, cada muestra se colocó en un tubo de ensayo etiquetado con la respectiva concentración de temperatura a la que se sometería. A continuación, sobre un baño maría (cuba sobre mechero Bunsen), manteniendo un control con un termómetro de mercurio. Se introdujo cada una de las réplicas al agua caliente, con ayuda de un cronómetro se tomó el tiempo que le demoraba a la grenetina solubilizarse.

Los datos se procesan y examinaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0.05, para evaluar la diferencia entre el tiempo que le tomaba a la grenetina solubilizarse por completo, utilizando formulas y haciendo los cálculos con calculadora profesional.

Para esta investigación, lo primordial e interesante es determinar el efecto de la solubilidad de la Grenetina (Colágeno) al interactuar con otros Factores. Considerando, el factor A la Concentración y el factor B la Temperatura. Así mismo, se seleccionaron 3 niveles de Concentración (A) A1, A2 y A3, para la Temperatura (B) se consideraron 3 niveles B1, B2 y B3. Por lo tanto, se supone que se consideraron que $a = 3$ niveles para el factor A y $b = 3$ niveles para el factor B, de esta forma tenemos un arreglo de 2x3x3 de un DOE Factorial. Es pertinente mencionar que se utilizó un modelo estadístico con tres replicas para resolver la parte de nuestra problemática.

El Modelo Estadístico se puede expresar de la siguiente forma:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$$i = 1, 2, \dots, a; \quad j = 1, 2, \dots, b; \quad k = 1, 2, \dots, n$$



Donde μ es la media general, α_i es el efecto debido al i -ésimo nivel del factor A, β_j es el efecto del j -ésimo nivel del factor B, $(\alpha\beta)_{ij}$ representan el efecto de interacción entre ij y ε_{ij} es el error aleatorio que se supone de la distribución con media cero $\mu=0$ y varianza σ^2 constante. Para este modelo donde $a=2$ niveles, $b=3$ niveles y $n=3$ réplicas. Las Hipótesis de interés para los tres efectos para el modelo estadístico son:

Tabla 1

Las Hipótesis se plantean con los Factores de la siguiente manera:	Hipótesis planteadas con los efectos descritos en el modelo:
H_0 : Efecto de Concentración (A) = 0	$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0$
H_1 : Efecto de Concentración (A) $\neq 0$	$H_1: \alpha_i \neq 0$ para alguna i
H_0 : Efecto de Temperatura (B) = 0	$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$
H_1 : Efecto de Temperatura (B) $\neq 0$	$H_1: \beta_j \neq 0$ para alguna j
H_0 : Concentración x Temperatura (AB) = 0	$H_0: (\alpha\beta)_{ij} = 0$ para toda ij
H_1 : Concentración x Temperatura (AB) $\neq 0$	$H_1: (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$ para alguna ij

Estas hipótesis y los resultados obtenidos por medio del Método de Mínimos Cuadrados se calculan con las fórmulas y se representan en la Tabla 2 ANOVA mediante la técnica del Análisis de Varianza.

Tabla 2. Tabla ANOVA del análisis de Varianza obtenido.

F.V.	SC	GL	CM	F0
Concentración A	SCA	a-1	CMA = SCA/(a-1)	CMA / CME
Temperatura B	SCB	b-1	CMB = SCB/(b-1)	CMB / CME
Interacción AXB	SCAB	(a-1)(b-1)	CMAB = SCAB/(a-1)(b-1)	CMAB / CME
Error	SCE	ab(n-1)	CME = SCE/ab(n-1)	
Total	SCT	(abc)-1	CMT = SCT/(abc)-1	

Fijado un nivel de significancia α , dado que se rechaza H_0 correspondiente si el Estadístico de Prueba es mayor que el Valor Crítico, es decir $F_0 > F_\alpha$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

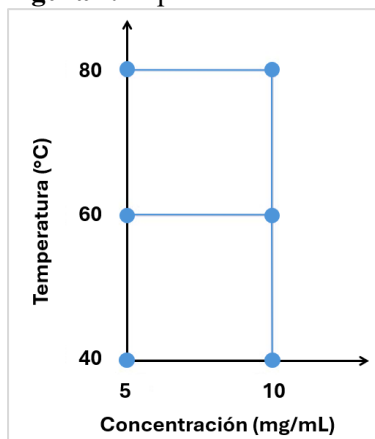
El tiempo en el que la grenetina se solubiliza por completo en cada muestra disminuyó respecto al aumento de temperaturas en ambas concentraciones. Esto sugiere que el colágeno se desnaturaliza con el calor. En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos del DOE Factorial de 2 * 3 factores y niveles, respectivamente, así como, las réplicas en su unidad de medida en segundos.

Tabla 3. Obtención de datos de la Variable de respuesta en laboratorio

Factor B – Temperatura	Factor A – Concentración		Total Y.j.
	Concentración 10 MG/ML	Concentración 5 MG/ML	
Temperatura 40°C	69.4	40.5	434.64
	82	56.02	
	133.08	53.64	
Temperatura 60°C	61.29	51.61	274.0
	45.84	33.56	
	59.16	22.54	
Temperatura 80°C	24.41	19.35	164.66
	15.69	25.66	
	39.61	39.94	
Total Yi..	530.48	342.82	Total Y...= 873.3

La representación del Diseño Factorial 2*3 con tres replicas, que permitirá obtener toda la información relevante con relación al efecto de estos factores respecto al Tiempo de Solubilidad. Al aleatorizar las 18 pruebas se obtienen los resultados y se representan gráficamente en la Figura 1.

Figura 1. Representación del DOE Factorial 2*3 Factores.



En la siguiente Tabla 4 se obtienen los datos de la interacción de los factores A y B en términos de totales:

Tabla 4. Interacción AxB en términos de totales.

Temperatura	Concentración 10 MG/ML	Concentración 5 MG/ML
T 40°C	284.48	150.16
T 60°C	166.29	107.71
T 80°C	79.71	84.95

Por consiguiente, utilizamos la notación de puntos para representar sumas y medias, es decir, la Suma de Cuadrados Totales (SC_T):

$$SC_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{N} = (69.4^2 + 40.5^2 + \dots + 39.94^2) - \frac{873.3^2}{2 * 3 * 3} = 55601.02 - 42369.6$$

$$= 13231.417$$

La Suma de Cuadrados de los Efectos son:

$$SC_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_{i..}^2}{bn} - \frac{Y_{...}^2}{N} = \sum_{i=1}^2 \frac{(530.48^2 + 342.82^2)}{3 * 3} - \frac{873.3^2}{2 * 3 * 3} = 44326.07 - 42369.6 = 1956.47$$

$$SC_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j.}^2}{an} - \frac{Y_{...}^2}{N} = \sum_{j=1}^3 \frac{(434.64^2 + 274.0^2 + 164.66^2)}{2 * 3} - \frac{873.3^2}{2 * 3 * 3} = 48516.81 - 42369.6$$

$$= 6147.21$$

$$SC_{AB} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y_{ij.}^2}{n} - \frac{Y_{...}^2}{N} - SC_A - SC_B$$

$$SC_{AB} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 \frac{(284.48^2 + 150.16^2 + \dots + 84.95^2)}{3} - \frac{873.3^2}{2 * 3 * 3} - SC_A - SC_B = 52100.297$$

$$- 42369.6 - 1956.47 - 6147.21 = 1627.02$$

Y por último, obtenemos la Suma de Cuadrados del Error Aleatorio (SC_E):

$$SC_E = SC_T - SC_A - SC_B - SC_{AB} = 13231.417 - 1956.47 - 6147.21 - 1627.02 = 3500.717$$

De acuerdo con Gutiérrez Pulido y Vara (2005), en una Tabla ANOVA (Tabla 5), la Suma de los Cuadrados (SC) cuantifica la variabilidad total de los datos y se descompone la Suma de los Cuadrados



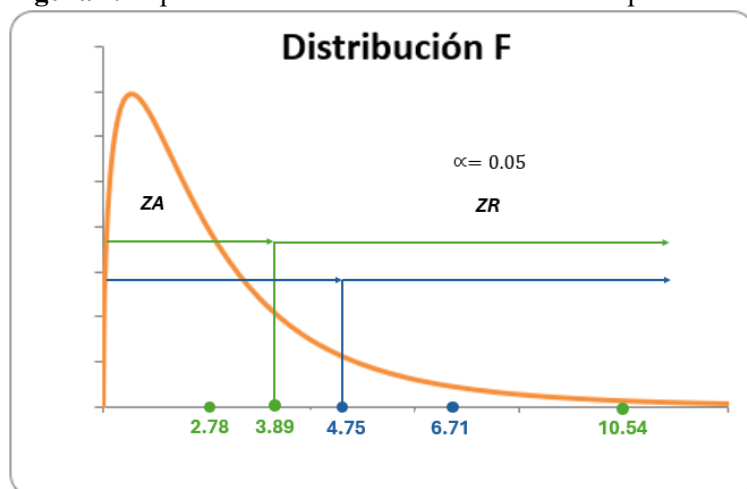
Totales (SC_T) y la Suma de los Cuadrados del Error (SC_E). Estas sumas se utilizan para calcular los valores de los Cuadrados Medios (CM) y el Estadístico de Prueba F que determina la significancia de la prueba de Solubilidad de la Grenetina (Colágeno) en sus respectivos Factores y niveles analizados.

Tabla 4. Resultados de la Tabla ANOVA

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Estadístico de Prueba (Fo)	Valor Crítico $\alpha = 0.05$
Concentración A	1956.47	1	1956.47	6.7068	4.75
Temperatura B	6147.21	2	3073.605	10.5363	3.89
Interacción AXB	1627.02	2	813.51	2.7887	3.89
Error	3500.717	12	291.7165		
Total	13231.417	17			

En la siguiente Figura 2 se muestra la representación gráfica de los factores y la decisión de rechazo o aceptación de la hipótesis nula y la alternativa, así como la determinación de si existe un efecto significativo entre de los factores con relación a la variable de respuesta.

Figura 2. Representación de la toma de decisiones a partir de la Tabla ANOVA.



CONCLUSIONES

Este DOE Factorial de 2*3 Factores, partiendo del Análisis de Varianza se concluye que los dos Factores considerados, es decir, la Concentración (A) y la Temperatura (B), afectan significativamente la Solubilidad de la Grenetina (Colágeno) en sus respectivos niveles analizados. Además, con un nivel de significancia del 5% se determina que la interacción AxB no tiene un efecto significativo en la variable de respuesta que es el tiempo que toma la Grenetina en solubilizarse.

Así mismo el modelo estadístico utilizado nos permitió desarrollar un mejor DOE Factorial de 2*3 Factores con tres replicas, las cuales se obtuvieron al realizar la fase experimental con los factores ya mencionados.

Con las consideración tomadas, según (Ayala et al., 2025), como la identificación del problema y definición de los objetivos, elección de los factores y los niveles a tratar, además, de la selección de la variable de respuesta, elección del diseño experimental, ejecución de la parte experimental, análisis estadístico de los datos, así como, mejoras y control del proceso, toma de decisiones y conclusión; nos dieron la pauta para determinar correctamente las variantes que afectan o no afectan nuestro análisis factorial

La temperatura tuvo un gran impacto en la velocidad con la que los granos de grenetina se solubilizaron en la solución de agua. De igual manera la concentración de muestra tuvo un impacto al prolongar por unos segundos el tiempo en el que la solución se homogenizaba. Esto se demostró estadísticamente al no presentar diferencias significativas entre la temperatura y la concentración, rechazando ambas hipótesis sobre que estos factores no generaban una afectación en el comportamiento de la muestra. La propiedad termorreversible de la gelatina abre un gran campo de aplicaciones y utilidades para el uso de la proteína de colágeno (*La Ciencia Detrás de La Gelatina: Del Plato Al Laboratorio | Academia de Ciencias de Morelos, A.C.*, n.d.). Tanto en la industria y la academia, para la optimización de procesos educativos y productivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Amirrah, I. N., Lokanathan, Y., Zulkiflee, I., Wee, M. F. M. R., Motta, A., & Fauzi, M. B. (2022). A comprehensive review on collagen type I development of biomaterials for tissue engineering: from biosynthesis to bioscaffold. *Biomedicines*, 10(9), 2307.
- Ayala, A. R., Valdez, R. C. C., Moreno, A. F., Reyes, N. D., Delgado, J. F. S., Robledo, R. R., & Roffiel, L. A. A. (2025). Aplicación de un Diseño de Experimentos Factorial, como Análisis de la Viscosidad en un Almidón a base de Maiz. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(6), 8546–8558.
- Barcellini, L. (2024). Proteínas. *Libros de Cátedra*.



- Cañedo Andalia, R., & Guerrero Pupo, J. C. (2005). Nociones de bioquímica y genética útiles para los profesionales de la información del sector de la salud. *ACIMED*, 13(1), 1.
- CANSECO, P. P. A. R. (2013). Comisión Especial Para La Actualización De Los Programas De Biología I Y Biología II.
- Cedillo Nieto, J. T. (2022). Identificación de ADN de especies de bovino, porcino, pollo y pescado en gelatinas comerciales, mediante la técnica de reacción en cadena de polimerasa (PCR).
- de Paz Lugo, P. (2006). Estimulación de la síntesis de colágeno en cultivos celulares. Posible tratamiento de enfermedades degenerativas mediante la dieta. Universidad de Granada.
- Descubre todas las claves sobre las proteínas de un huevo. (n.d.). Retrieved May 22, 2026, from <https://www.academianutricionydietetica.org/nutricion-deportiva/proteinas-huevo/>
- Garza Villegas, J. B. (2017). Aplicación de diseño de experimentos para el análisis de secado de un producto. *Revista Innovaciones de Negocios*, 10(19), 145–158. <https://doi.org/10.29105/rinn10.19-7>
- Guillén, M. V. L. (2009). Estructura y propiedades de las proteínas. *Obtenido de Http://Www. Uv. Es: Http://Www. Uv. Es/Tunon/Pdf_doc/Proteinas_09. Pdf. 34p, 9.*
- Gutiérrez Pulido, H., & VARA SALAZAR, R. D. E. L. A. (2008). Analisis Y Diseño De Experomentos. La ciencia detrás de la gelatina: del plato al laboratorio | Academia de Ciencias de Morelos, A.C. (n.d.). Retrieved May 21, 2026, from <https://acmor.org/publicaciones/la-ciencia-detr-s-de-la-gelatina-del-plato-al-laboratorio>
- López Sánchez, L. B. (2016). Guía Didáctica” conociendo nuestro cuerpo “Basado en metodología conceptual, para propiciar el aprendizaje de la Biología en los estudiantes de Segundo Año BGU de la Unidad Educativa del Milenio “Mejía D7” de la ciudad de Quito, Provincia Pichincha durant. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo, 2016.
- LOZANO TRUEL, J. A. (2005). Bioquímica Y Biología Molecular: Para Ciencias De La Salud.
- Napolitano, H. (2010). Diseño de experimentos. *Journal Article*.
- Rather, J. A., Akhter, N., Ashraf, Q. S., Mir, S. A., Makroo, H. A., Majid, D., Barba, F. J., Khaneghah, A. M., & Dar, B. N. (2022). A comprehensive review on gelatin: Understanding impact of the sources, extraction methods, and modifications on potential packaging applications. *Food*



Packaging and Shelf Life, 34, 100945.

Rembado, F. M. (2009). La química en los alimentos.

Rigueto, C. V. T., Nazari, M. T., Massuda, L. Á., Ostwald, B. E. P., Piccin, J. S., & Dettmer, A. (2021).

Production and environmental applications of gelatin-based composite adsorbents for contaminants removal: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19(3), 2465–2486.

<https://doi.org/10.1007/s10311-021-01184-0>

Rodiles, J. C. O. (n.d.). *Facultad de Ingeniería Química Colegio de Ingeniería de Alimentos*.

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Universidad del País vasco. (2024). *Gelatinas*.

Valencia, T. E. S., Caballero, L. E. U., Anguiano, A. del C. T., Hernández, H. J. V., & Robles, D. R.

(2020). Análisis Estadístico en Aplicación de Soldadura GTAW Usando Diseño de Experimentos Factorial Completo. *Soldagem & Inspeção*, 25, 1–10.

<https://doi.org/10.1590/0104-9224/si25.16>

