



---

---

**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**

**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS ALIMENTARIAS**

**TESIS**

**COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE EMULSIONES EN  
BASE A COCO (*COCOS NUCÍFERA*) PARA SU APLICACIÓN EN  
LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

**QUE PRESENTA:**

***ING. DORA AMELIA GUERRERO QUIROGA***

**ASESORES**

**DRA. ELOISA LÓPEZ HERNÁNDEZ**

**DRA. MA. ADELFA APARICIO TRÁPALA**

**M. EN C. JOSÉ I. LÓPEZ NARANJO**

**VILLAHERMOSA, TABASCO, ABRIL 2019.**



UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE  
CIENCIAS AGROPECUARIAS



ASUNTO: El que se indica.

OFICIO: DACA-142

Villahermosa, Tabasco, a 08 de abril de 2019

**C. DORA AMELIA GUERRERO QUIROGA**  
**EGRESADA DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS ALIMENTARIAS**  
**PRESENTE**

Por este conducto y de acuerdo a su solicitud de autorización de impresión de Tesis, informo a usted que sobre la base del Artículo 26 del reglamento de Posgrado de esta Universidad, esta Dirección a mi cargo, le autoriza la impresión de su trabajo recepcional bajo la modalidad de Tesis titulada "Comportamiento reológico de emulsiones en base a coco ( Cocos nucífera) para su aplicación en la industria alimentaria."

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un saludo cordial.

ATENTAMENTE

PhD. ROBERTO ANTONIO CANTÚ GARZA  
DIRECTOR



U.J.A.T.  
DIRECCIÓN ACADÉMICA DE  
CIENCIAS AGROPECUARIAS  
DIRECCIÓN

C.c.p.- Archivo.

Miembro CUMIX desde 2008

Consortio de  
Universidades  
Mexicanas

UNA ALANZA DE CALIDAD POR LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Km 25, Carret. Villahermosa-Teapa  
Ra. La Huasteca, 2ª sección, 86298, Centro, Tabasco, México  
Tel. (+52 993) 358-15-85 y 142-9150

Correos electrónicos: [dirección.daca@ujat.mx](mailto:dirección.daca@ujat.mx), [daca.direccion@gmail.com](mailto:daca.direccion@gmail.com)

[www.ujat.mx](http://www.ujat.mx)

[www.facebook.com/ujat.mx](https://www.facebook.com/ujat.mx) | [www.twitter.com/ujat](https://www.twitter.com/ujat) | [www.youtube.com/UJATmx](https://www.youtube.com/UJATmx)

## CARTA AUTORIZACIÓN

La que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente la tesis de grado denominada "**Comportamiento reológico de emulsiones en base a coco (*cocos nucifera*) para su aplicación en la industria alimentaria**", de la cual soy autora y titular de los derechos de autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de la tesis antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa mas no limitada para subirla a la red abierta de bibliotecas digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes mencionado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en este documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco a los veintiséis días del mes de abril del año 2019

Autoriza

Dora Amelia Guerrero Quiroga



Nombre y firma

## AGRADECIMIENTOS

A mi Padre Dios y a todas las personas que han sido importantes en mi vida y quienes me seguirán inspirando para reconocer lo recibido y dar las gracias por ello.

A mi Padre quien trabajó por su familia, hasta el último día de su vida y por todo el esfuerzo y amor que dedicó a mi persona.

A mi madre quien siempre a su lado, igualmente trabajó toda su vida y por su ejemplo de mujer íntegra.

A mis hermanos por su cariño incondicional y su ejemplo de superación.

A mi esposo quien me ayudó de muchas maneras a concluir esta meta y por su ejemplo de constancia y honradez.

De manera especial, a mis hijas, a quienes debo el agradecimiento y el ejemplo, quienes nos han dado innumerables satisfacciones y son merecedoras de mi esfuerzo hasta el último día de mi vida.

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, a mis compañeras y a todos los maestros, a quienes agradezco su ejemplo, su esfuerzo y conocimientos, MUCHAS GRACIAS.

## DEDICATORIAS

A mis nietos por inspirar tanto amor en mi corazón, a ellos, a César, Valeria, Diego y Hugo, a ellos dedico esta tesis.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS DE ESTUDIO REOLÓGICO .....	5
RESUMEN .....	8
SUMMARY.....	9
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
1.1.1 ANTECEDENTES .....	12
1.1.2 PROBLEMA CIENTÍFICO CENTRAL Y COLATERAL A RESOLVER .....	15
1.1.3 SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN TEMÁTICA .....	17
1.1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.1.5 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	20
1.1.6 JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN TEMÁTICA.....	21
1.1.7 REPERCUSIONES DE LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA .....	23
1.1.8 VIABILIDAD DEL ESTUDIO.....	24
1.2 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	25
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....	26
2.1 ÁCIDOS GRASOS EN EL COCO .....	26
2.2 EMULSIONES .....	29
2.2.1 ESTABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DE UN PRINCIPIO ACTIVO.....	30
2.2.2 PROBLEMAS DE INESTABILIDAD.....	34
2.2.3 TIPO Y CONCENTRACIÓN DEL EMULGENTE .....	38

2.3 LA REOLOGÍA.....	40
2.4 EL COCOS <i>NUCÍFERA</i> Y SUS BENEFICIOS .....	44
2.5 LAS AGROINDUSTRIAS .....	48
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	52
3.1 DETERMINACIÓN DEL MÉTODO.....	52
3.2 ANÁLISIS DOCUMENTAL.....	54
3.3 CRITICA DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS EN TRABAJOS ANTERIORES.....	55
3.4 DISEÑO DE LA EXPERIMENTACIÓN.....	55
CAPÍTULO 4. LA CIENCIA Y LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS EN MÉXICO .....	58
4.1 LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS.....	58
4.2 LA CIENCIA Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA.....	60
4.3 EL PAPEL DEL ESTADO EN EL DESARROLLO ALIMENTARIO .....	62
4.4 PERSPECTIVAS DE LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS.....	63
4.5 LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS EN MÉXICO.....	65
4.6 LA INDUSTRIA ALIMENTARIA EN MÉXICO.....	69
CAPITULO 5. RESULTADOS .....	72
CONCLUSIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA .....	80
ANEXOS .....	85
A1. RESULTADOS REOLÓGICAS DE EMULSIÓN DE COCO CON XANTANA/ALGARROBO EN 1%. .....	85
A2. RESULTADOS REOLÓGICAS DE EMULSIÓN DE COCO AL 0%.....	89
A3. RESULTADOS REOLÓGICAS DE EMULSIÓN DE COCO CON ALGARROBO EN 1%.....	93
A1. RESULTADOS REOLÓGICAS DE EMULSIÓN DE COCO CON ALGARROBO EN MENOS DE 1%. .....	101

A2. RESULTADOS REOLÓGICAS DE EMULSIÓN DE COCO CON GUAR EN MENOS DE 1%. .....	113
A3. RESULTADOS REOLÓGICAS DE EMULSIÓN DE COCO CON XANTANA EN MENOS DE 1%.....	125
A4. RESULTADOS REOLÓGICAS DE EMULSIÓN DE COCO CON XANTANA Y ALGARROBO EN MENOS DE 1%. .....	137

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Perfil de ácidos grasos del aceite de coco. ....	27
Tabla 2. Perfil de ácidos grasos (%). ....	28
Tabla 3. Composición química de los cocos, por 100 g comestibles. ....	45
Tabla 4. Diseño experimental. ....	57
Tabla 5. Resultados de emulsión con goma Xantana. ....	73
Tabla 6. Resultados de emulsión con gomas Xantana/Algarrobo. ....	85
Tabla 7. Resultados de emulsión al 0%. ....	89
Tabla 8. Resultados de la emulsión con goma de algarrobo. ....	93
Tabla 9. Resultados de emulsión con goma Guar. ....	97

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Representación esquemática de una gota en una emulsión W1/O/W2. Adaptado de Garti N. y Aserin A. (1996). .....	32
Ilustración 2. Representación esquemática de los principales mecanismos de rompimiento de una emulsión doble. ....	37
Ilustración 3. Clasificación de emulgentes usados en alimentos. ....	39
Ilustración 4. Diagrama de flujo del método. ....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS DE ESTUDIO REOLÓGICO

Figura 1. Strain en emulsión con goma Xantana al 1%. ....	74
Figura 2. Frecuencia en emulsión con goma Xantana al 1%. ....	75
Figura 3. Viscosidad en emulsión con goma Xantana al 1%. ....	76
Figura 4. Strain en emulsión con goma Xantana/Algarrobo al 1%. ....	86
Figura 5. Frecuencia en emulsión con goma Xantana/Algarrobo al 1%. ....	87
Figura 6. Viscosidad en emulsión con goma Xantana/Algarrobo al 1%. ....	88
Figura 7. Strain en emulsión al 0%. ....	90
Figura 8. Frecuencia en emulsión al 0%. ....	91
Figura 9. Viscosidad en emulsión al 0%. ....	92
Figura 10. Strain con emulsión con algarrobo al 1%. ....	94
Figura 11. Frecuencia en emulsión con algarrobo al 1%. ....	95
Figura 12. Viscosidad de emulsión con algarrobo al 1%. ....	96
Figura 13. Strain en emulsión con goma Guar al 1%. ....	98
Figura 14. Frecuencia en emulsión con goma Guar al 1%. ....	99
Figura 15. Viscosidad en emulsión con goma Guar al 1%. ....	100
Figura 16. Strain de emulsión de coco con algarrobo al 0.8%. ....	101
Figura 17. Frecuencia de emulsión de coco con algarrobo al 0.8%. ....	102
Figura 18. Viscosidad de emulsión de coco con algarrobo al 0.8%. ....	103

Figura 19. Strain de emulsión de coco con algarrobo al 0.6%. .....	104
Figura 20. Frecuencia de emulsión de coco con algarrobo al 0.6%.....	105
Figura 21. Viscosidad de emulsión de coco con algarrobo al 0.6%. .....	106
Figura 22. Strain de emulsión de coco con algarrobo al 0.4%. .....	107
Figura 23. Frecuencia de emulsión de coco con algarrobo al 0.4%.....	108
Figura 24. Viscosidad de emulsión de coco con algarrobo al 0.4%. .....	109
Figura 25. Strain de emulsión de coco con algarrobo al 0.2%. .....	110
Figura 26. Frecuencia de emulsión de coco con algarrobo al 0.2%.....	111
Figura 27. Viscosidad de emulsión de coco con algarrobo al 0.2%. .....	112
Figura 28. Strain de emulsión de coco con guar al 0.8%. .....	113
Figura 29. Frecuencia de emulsión de coco con guar al 0.8%.....	114
Figura 30. Viscosidad de emulsión de coco con guar al 0.8%. .....	115
Figura 31. Strain de emulsión de coco con guar al 0.6%.....	116
Figura 32. Frecuencia de emulsión de coco con guar al 0.6%.....	117
Figura 33. Viscosidad de emulsión de coco con guar al 0.6%. .....	118
Figura 34. Strain de emulsión de coco con guar al 0.4%. .....	119
Figura 35. Frecuencia de emulsión de coco con guar al 0.4%.....	120
Figura 36. Viscosidad de emulsión de coco con guar al 0.4%. .....	121
Figura 37. Strain de emulsión de coco con guar al 0.2%. .....	122
Figura 38. Frecuencia de emulsión de coco con guar al 0.2%.....	123
Figura 39. Viscosidad de emulsión de coco con guar al 0.2%. .....	124
Figura 40. Strain de emulsión de coco con xantana al 0.8%. .....	125
Figura 41. Frecuencia de emulsión de coco con xantana al 0.8%. .....	126
Figura 42. Viscosidad de emulsión de coco con xantana al 0.8%.....	127
Figura 43. Strain de emulsión de coco con xantana al 0.6%. .....	128
Figura 44. Frecuencia de emulsión de coco con xantana al 0.6%. .....	129
Figura 45. Viscosidad de emulsión de coco con xantana al 0.6%.....	130
Figura 46. Strain de emulsión de coco con xantana al 0.4%. .....	131
Figura 47. Frecuencia de emulsión de coco con xantana al 0.4%. .....	132
Figura 48. Viscosidad de emulsión de coco con xantana al 0.4%.....	133
Figura 49. Strain de emulsión de coco con xantana al 0.2%. .....	134

Figura 50. Frecuencia de emulsión de coco con xantana al 0.2%. .....	135
Figura 51. Viscosidad de emulsión de coco con xantana al 0.2%. .....	136
Figura 52. Strain de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.8%. .....	137
Figura 53. Frecuencia de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.8%. .....	138
Figura 54. Viscosidad de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.8%. .....	139
Figura 55. Strain de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.6%. .....	140
Figura 56. Frecuencia de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.6%. .....	141
Figura 57. Viscosidad de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.6%. .....	142
Figura 58. Strain de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.4%. .....	143
Figura 59. Frecuencia de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.4%. .....	144
Figura 60. Viscosidad de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.4%. .....	145
Figura 61. Strain de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.2%. .....	146
Figura 62. Frecuencia de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.2%. .....	147
Figura 63. Viscosidad de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.2%. .....	148

## RESUMEN

Dado el bajo precio de la copra en el estado de Tabasco, en México y en el mundo, debido a la inserción de otras grasas, surge la necesidad de desarrollar procesos eficientes y escalables que permitan sacar al mercado productos derivados del coco.

En el presente proyecto se propuso la obtención de una crema (emulsión) de coco (*Cocos nucífera*) estabilizada mediante gomas naturales, para ser utilizada y aplicada en la Industria de la heladería y repostería. Se anticipa que la aplicación de estas estrategias facilite el desarrollo de productos de alto valor comercial con respecto a la copra, que permitan a los productores obtener mayores ingresos al elaborar estos productos, dar valor agregado a su producción y obtener apoyo técnico, dotándolas con oportunidades de ingreso, con acciones dirigidas al desarrollo del capital humano así como al desarrollo de infraestructura productiva, que mejore las alternativas de inserción en el mercado laboral de las familias que habitan en el medio rural e incluso atraer la atención de la industria para aplicaciones de alto nivel industrial.

## SUMMARY

Given the low price of copra in the state of tabasco, in mexico and in the world, due to the insertion of other fats, the need arises to develop efficient and scalable processes that allow to take to the market the products derived from the coconut.

In the present project it was proposed to obtain a cream (emulsion) of coconut (*cocos nucífera*) stabilized by natural gums, to be used and applied in the ice cream and confectionery industry. It is anticipated that the implementation of these strategies facilitates the development of products of high commercial value with respect to copra, which allows producers to obtain higher revenues to produce these products, add value to their production and obtain technical support, providing them with opportunities income, with actions directed to the development of human capital as well as to the development of the productive infrastructure, to improve the alternatives of insertion in the labor market of the families that live in the rural environment and also to attract the attention of the industry for the applications high industrial level.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El coco (*Cocos nucífera*) es una fruta con una relevancia económica como para la subsistencia, ya que de este dependen a nivel global más de 80 millones de personas, en un poco más de 80 países, cultivándose en 12 millones de hectáreas. De forma cultural, se le conoce como el árbol de la vida, ya que se pueden ocupar todas sus partes para obtener una gran cantidad de productos. El coco se ha transformado en bienes ya sea de forma manual o artesanal, o por medio de su industrialización, obteniendo ralladuras, aceites, sustratos, emulsiones y licores. En cuanto a la comercialización del *coco nucífera*, se han desarrollado mercados como el agua de coco embazada, el aceite de la carne del fruto (con la que se ha emprendido el estudio para convertirlo en biodiésel), la concha (con la cual se hace carbón activado) y la creación de filtros para mascarillas. En la industria automotriz se ha hecho uso de la fibra de coco en la fabricación de accesorios y autopartes, al combinarla con polímeros. Sin embargo, aunque se describa el potencial que tiene el coco, existen problemas fitosanitarios y de manejo de cultivos que afectan la producción nacional en gran parte de los países. En cuanto a los problemas fitosanitarios del fruto se puede describir el amarillamiento letal del cocotero, conocido como ALC, el cual es una enfermedad que ha afectado a millones de palmas en la zona del Caribe, en África y Asia (CONACYT, 2015)

En el Estado de Tabasco, el coco ha representado una fuente de ingresos importante en el sector agropecuario, donde convergen las actividades económicas más representativas de la entidad. Para el año 2009, la producción de coco se estimaba en 8551 toneladas al año en Tabasco, por debajo de Estados como Guerrero, Colima y Oaxaca. Aproximadamente, representaba el 12 por ciento de la producción agrícola de la entidad, usándose en esta región este fruto principalmente para la industria alimentaria como materia prima para

la elaboración de dulces; aceites para la fabricación de jabones y cosméticos, pinturas y lubricantes.

La producción de coco en Tabasco ha tenido retos importantes, ya que los productos locales no han podido competir frente a los de otras entidades debido a la falta de canales de comercialización; además, se cuenta con mínima información sobre las características físicas y de imagen de los productos que definan sus ventajas competitivas y sus aportaciones nutrimentales. A nivel nacional, existen productos a base de coco que han sido introducidos por grandes empresas que controlan la industria nacional, con los cuales han tenido éxito, ya que sus productos derivados del coco cuentan con las características que los consumidores requieren, lo que se vuelve una competencia para la producción local. Estudios previos que se han realizado sobre el potencial industrial del coco, lo colocan como un excelente aislante, con una oportunidad para ser usados en empaques, geotextiles, filtros absorbentes y superficies activas (Guerrero Gonzalez & et. al., 2015)

Ahora bien, para el aborde de este estudio, se busca que a partir de la fisicoquímica se encuentren nuevas oportunidades para el uso del coco, de este modo, la fisicoquímica es una disciplina de la ciencia que tiene por objetivo el análisis de los procesos químicos desde el punto de vista físico, teniendo como resultado un conjunto de datos necesarios para la definición de las propiedades y características de los gases, líquidos, sólidos, soluciones y dispersiones coloidales con el fin de que su sistematización genere nuevas aplicaciones para el material en estudio. Por otro lado, establece las relaciones existentes entre la energía en lo que refiere a las transformaciones físicas de la materia y busca predecir la magnitud y velocidad en que se produce. El método que utiliza esta ciencia es el enfoque microscópico y macroscópico, fundando leyes, modelos y postulados que permitan dar explicación y predecir los fenómenos analizados; por ello se apoya de la matemática y la experimentación, cuyas técnicas y métodos tienen un papel relevante.



Con lo anterior, se entiende que la fisicoquímica nace a partir del interés de los sistemas de reacciones eléctricas que se manifiestan en los compuestos químicos, para que a partir de ello se desarrollen técnicas para el uso de los compuestos químicos estudiados para el diseño de nuevas aplicaciones. Los estudios más relevantes de la fisicoquímica fueron de Alessandro Volta, de quien proviene el desarrollo de los trabajos en favor de la conducción de la electricidad; aunado a Michael Faraday, a quien se le atribuyen los enunciados de las primeras leyes de la electrolisis (Enciclopedia culturalia, 2015).

Todo lo expuesto, permite buscar nuevas formas de aplicación del coco, específicamente en la industria alimentaria; lo cual se desarrollará a lo largo de esta investigación.

## **1.1 Planteamiento del problema**

### **1.1.1 Antecedentes**

En el sentido histórico, el origen del coco se remonta al Sureste asiático, a una zona que comienza desde la península malaya por el oeste, hasta Nueva Guinea y la isla Melanesia en el este (Salcedo Gomez, 1986). Es a lo largo del tiempo que el coco y sus productos derivados han tenido un papel preponderante para la supervivencia humana, como un fruto que se compone de fibra, una carnosidad y agua.

El cocotero tiene un rol fundamental en el comercio internacional y en la producción de oleaginosas. En el mundo, la participación promedio del aceite de coco en las exportaciones de aceites y grasas vegetales se ubica en un promedio

del 5 por ciento del total, gracias a la opción que representa para prevenir la degradación de las áreas costeras. Económicamente, se plantea que los productos de la fibra de coco son más rentables que los elaborados a partir de su pulpa, y en lo que respecta al agua de coco se estima que la producción de ésta se triplicará hasta 180 millones de cocos, lo mismo sucederá con el aceite de coco virgen; lo que reflejará que 150 millones de agricultores duplicarán sus ingresos. Los principales importadores de coco son: China, Malasia, la Unión Europea, Estados Unidos y los Emiratos Árabes Unidos.

A como se ha descrito, existen diversos productos que se pueden elaborar a partir del coco, sin embargo, la copra ha sido el principal bien procedente del coco, para la generación de aceite y proteínas vegetales. El coco es una planta que prospera favorablemente en terrenos donde otros cultivos oleaginosos tienen dificultades. Este fenómeno se aprecia en las plantaciones de las zonas costeras y en condiciones óptimas se puede producir tres veces más aceite por hectárea al año, a lo largo de 25 años, que es su ciclo de vida. El cultivo del coco en México data de mediados del siglo pasado, cuando el cultivo de este fruto creció de manera considerable, convirtiéndose en una fuente del desarrollo económico en las zonas costeras del país, tanto en el pacífico, el golfo de México y el Caribe. Como amenazas para la producción del coco, se puede mencionar el bajo rendimiento que presenta en diversas regiones, los productos sustitutos provenientes de otras grasas, los esquemas de comercialización erráticos, la falta de organización de los productores, escasas investigaciones y la falta de tecnificación de las nuevas tecnologías del cultivo (Ariza & al., 2001).

La industria del coco presenta como problemática los bajos niveles de productividad, un alto desaprovechamiento de sus subproductos, falta de capacitación para mejorar y eficientar los procesos, la falta de producción sobre nuevos procesos de industrialización, una falta de inversión en desarrollo

tecnológico y una escasa investigación para implementar nuevas tecnologías (Fundación Produce, 2003).

Por todo lo anterior, es importante analizar el comportamiento fisicoquímico y reológico de emulsiones con base en el Coco (*Cocos nucífera*) con materia prima intermedia, estabilizando una emulsión elaborada a partir de la pulpa de este fruto; haciendo uso de tres gomas naturales: Xantana, Algarrobo y Guar. Con lo que se pretende que pueda utilizarse en la industria alimentaria como leche, bebida, helado, productos congelados e insumo para la repostería. La preparación de emulsiones, presenta, por su parte, problemas al presentarse una inestabilidad física en ellos y sus subproductos, pueden contraer enranciamiento debido a los ácidos grasos ya que se separan las fases acuosas y oleasas disminuyendo su calidad.

Los estudios reológicos, contribuyen al conocimiento de la estructura de la materia, siendo de gran utilidad para el control de los procesos alimentarios y en la fabricación de equipos (homogeneizadoras, centrífugas, mezcladoras, filtros, tuberías y bombas), ya que proporcionan información precisa para su diseño. Por lo tanto, conocer las características fisicoquímicas y reológicas influye de manera determinante en los procesos de producción y transporte de un alimento líquido de forma estacionaria o móvil, debido a que se vincula directamente con sus propiedades, principalmente en la viscosidad, presión y densidad (Heldman & Singh, 1993).

### 1.1.2 Problema científico central y colateral a resolver

Como se ha descrito, la problemática del coco se centra en la rentabilidad y tecnificación del cultivo. Es observable que la productividad de las plantaciones es baja porque las técnicas de manejo empleadas son tradiciones, incluyendo instrumentos manuales básicos, aunado a la fuerza de trabajo no especializada; son pocas las plantaciones que usan alguna maquinaria en el proceso de cosecha del fruto. En el Estado de Tabasco, las plantaciones de coco lucen abandonadas y solo reciben un manejo inadecuado. La falta de nutrientes en los suelos de cultivo como el nitrógeno, se suman al desuso de fertilizantes que eleven la productividad.

La globalización ha modificado los procesos de producción en todas las actividades económicas, entre las que destaca la agricultura; Brasil, Israel y Estados Unidos han destinado significativamente parte de su Producto Interno Bruto a la ciencia y tecnología agroalimentaria. Sin embargo, en gran parte de Latinoamérica, región donde se localiza México, los costos de los agroquímicos son altos y los precios de los subproductos del coco son bajos, lo que deja un cerrado margen de ganancias para los productores, lo que se traduce en una desventaja para la competitividad del sector propiciando que los productores emigren a las ciudades en busca de empleos que son mal remunerados y en los cuales no se encuentran capacitados. Los cálculos realizados a los precios de los paquetes tecnológicos recomendados para esta plantación, demuestran que no genera beneficios económicos el incremento de los costos por los gastos que ocasionan la compra de productos y la mano de obra requerida, ya que los rendimientos no son importantes (Curiel, 1992).

Existe en México, la grave amenaza de que el avance de las enfermedades y las plagas que afectan el cocotero, junto con los limitados programas oficiales que existen para apoyar el desarrollo de las plantaciones, generen pérdidas para el sector, ocasionando que en el corto plazo las áreas de producción queden desoladas, generando una catástrofe al medio natural y generando problemas económicos para la industria agroalimentaria. Se debe considerar que el coco no solo es un cultivo con gran potencial alimenticio, sino que también es un símbolo tropical, que se ha vuelto un icono en los sitios turísticos de playa del país (Howard, 1987).

Desde el punto de vista del empleo, más de un millón de campesinos en el país dependen directamente del cultivo del cocotero, mientras dos millones de personas entre comerciantes, industriales y otros intermediarios dependen indirectamente del coco. Por ello se requiere de la preservación y el fomento de las plantaciones, a través de un programa integral para el desarrollo del cocotero, con lo que básicamente se promovería el desarrollo sustentable de las costas tropicales de México.

Ahora, aunque reviste la necesidad de tecnificar las plantaciones de coco como sus subproductos, es relevante mencionar que uno de sus derivados, como los son las emulsiones pueden originar problemas en varios sentidos. La estabilidad y la disponibilidad de un principio activo es un área de interés de estudio para la ciencia de los alimentos, previniendo en todo momento el equilibrio del medio ambiente y la racionalidad del uso de los recursos naturales. Contar con subproductos que prolonguen la utilidad de los frutos es un reto para los investigadores hoy en día. Por ello, la formación de emulsiones que contengan el principio activo, y sea disuelto o encapsulado es necesario para los usos posibles que puedan dársele en el área de los alimentos, como insumo en la cocina o como un macronutriente. Sin embargo, la inestabilidad de las

emulsiones, las técnicas y las condiciones de elaboración juegan un papel destacado. El alcanzar que una emulsión perdure con las características que se desean a través de un determinado tiempo, es algo complejo, ya que en ciertas investigaciones se ha observado un efecto sinérgico en la utilización de macromoléculas naturales en combinación con emulgentes monoméricos tradicionales. Esto se suma, al control de la presión osmótica en la fase acuosa, la cual es relevante para la estabilidad de las emulsiones; en otras palabras, mantener las características como la viscosidad, el tamaño de gota y el porcentaje del compuesto para evitar su coalescencia o ruptura, son las principales razones por las que se pierde o rompe una emulsión (Kosegarten-Conde & Jimenéz Munguía, 2012).

### 1.1.3 Selección y delimitación temática

El *cocos nucífera* forma parte de la familia *Palmae*, que comprende a un solo género; por lo que es una planta monopódica cuyas medidas son entre 12 a 25 metros de altura, su tallo es delgado y estipitoso que crece con cierta angulación, empero, a menudo es más ancho en la base llegando a tener en promedio ochenta centímetros de ancho. La porción superior del tronco en pocas ocasiones alcanza los 30 centímetros, sus hojas se agrupan en el ápice formando un penacho. Los pecíolos que son de entre 90 a 150 centímetros de ancho se disponen en forma envolvente hacia la estructura fibrosa al tallo, haciendo que las frondas de las hojas tengan una longitud de 1.8 a 6 metros.

El coco es una planta que tiene flores masculinas y femeninas que se reúnen en una inflorescencia que se observa envuelta por un espádice. En lo que concierne al fruto, es una drupa de tres caras de 20 a 30 centímetros de diámetro que pesa alrededor de 1.5 kilogramos con epicarpio brillante, mesocarpio fibroso de un

color castaño que llega a los rojizos y un endocarpio lignificado o nuez que encierra una sola semilla.

La reserva alimenticia de la semilla se forma por una porción carnosa o albuminosa conocida como carne y un jugo lechoso dulce mayormente nombrado agua de coco. El endospermo carnoso seco se utiliza para producir la copra, de la cual se extrae el aceite; el fruto del coco requiere entre nueve o diez meses para madurar.

En lo que respecta a las variedades del coco, no existe una clasificación clara, sin embargo, para el uso cotidiano se ha hecho una distinción entre cocoteros altos y enanos. Algunos autores plantean 77 variedades de cocoteros altos, de los cuales 15 son de Filipinas, 11 de India, 13 de Malasia, 10 de Vietnam, 10 de Nueva Caledonia, 9 de Sri Lanka, 2 de Indonesia, 2 de Seychelles, 1 de Nueva Guinea, 1 de Conchinchina, 1 de Siam, 1 de Fiji y 1 de América. Mencionando a los cocoteros enanos, se ubican 17 variedades, de las cuales 6 son de Filipinas, 5 de la India, 2 de Malasia, 2 de Fiji, 1 de Sri Lanka y 1 de Vietnam. En nuestro país, existen tres tipos de cocos que se explotan actualmente, en primer lugar se encuentra el tipo caribe, el cual crece en la región del Golfo de México y el Caribe; el pacífico que es originario de la costa del océano del mismo nombre y la variedad de enano Malasia. Estas variedades se localizan en 13 entidades de la República Mexicana, en la región sur del Trópico de Cáncer. Las principales entidades productoras son Guerrero, Colima, Tabasco y Oaxaca, las cuales también son las que producen la mayor parte de la copra del país (Granados Sánchez & López Ríos, 2002).

En el contexto descrito, reviste en el Estado de Tabasco la importancia de explotar el coco como un medio para el desarrollo alimenticio e industrial; por ello es que las Instituciones de Educación Superior deben de emprender proyectos de investigación para caracterizar los derivados del coco y aplicarlos en la industria alimentaria. Estudios universitarios han destacado que las grasas no saturadas también están implicadas en las enfermedades cardíacas, por lo que los países que subsistan de una alimentación que incluya el coco pueden alcanzar mejores índices en salud. El Departamento de Salud de los Estados Unidos estima que las grasas trans artificialmente hidrogenadas, las cuales se encuentran en los alimentos procesados son los responsables de un gran número de ataques cardíacos; por lo que el aceite de coco es una alternativa convincente debido a que contiene pocas grasas de doble enlace altamente percedero (Mercola, 2017).

En la ciencia alimentaria, es importante la caracterización de las emulsiones a partir de los recursos del entorno ya que permite explotar los beneficios que tienen al ser humano; al mismo tiempo que se genera conocimiento que puede ser aplicado en otros mercados, como el farmacéutico y cosmético.

#### **1.1.4 Objetivos de la investigación**

Objetivo general

Estudiar el comportamiento reológico de una emulsión en base a pulpa de coco (*cocos nucífera*) utilizando tres gomas naturales: Xantana, Algarrobo y Guar.

Objetivos Específicos



- Conocer la problemática acerca del uso del coco y de los riesgos que tiene el uso de emulsiones a partir de frutos como el *cocos nucífera*.
- Analizar las aplicaciones del coco en la industria alimenticia y las teorías acerca del estudio reológico de emulsiones.
- Caracterizar reológicamente una emulsión preparada en base a pulpa de coco.

#### 1.1.5 Preguntas de investigación

Pregunta principal

¿Qué aplicación en la industria alimentaria tendrá el uso de los resultados del comportamiento reológico de una emulsión en base a pulpa de coco (*cocos nucífera*) utilizando tres gomas naturales: Xantana, Algarrobo y Guar?

Preguntas colaterales

- ¿Qué problemática tiene la industria del coco y que riesgos conlleva el uso de emulsiones a partir de frutos como el *cocos nucífera*?
- ¿Qué aplicaciones tiene el coco en la industria alimenticia y que teorías existen acerca del estudio fisicoquímico y reológico de emulsiones?
- ¿Cuáles son las características reológicas de una emulsión preparada en base a pulpa de coco?

#### 1.1.6 Justificación de la selección temática

En la entidad, a mediados del siglo pasado se establecieron empresas agroindustriales que abonaron en el desarrollo de Tabasco, entre ellas “Oleaginosas del Sureste”, quien llegó a procesar en la década de los ochentas hasta 14 mil toneladas de coco para convertirlas en aceite. Sin embargo, en las últimas décadas, esta empresa como algunas otras dedicadas a la transformación de productos agropecuarios decayeron. La superficie de terreno donde comenzó a operar era de 9 hectáreas, con una capacidad de extracción mecánica para 40 mil toneladas anuales de copra, con un espacio de refinación e hidrogenación para 14 mil toneladas de aceite. El número de socios productores de coco en aquel año eran de 6 mil 167 socios; entre los factores que llevaron a la quiebra a la empresa fueron la baja producción, la falta de apoyo, la caída de los precios y las plagas que atacan a las plantaciones.

La agroindustria del coco, no fue la única que resintió los debacles de la tecnificación y la competencia, en menos de treinta años, cinco importantes empresas han cerrado operaciones por factores similares al de Oleaginosas del Sureste: Una empresa pimentera ubicada en el municipio de Centro, la industrializadora de Buergos en el municipio de Macuspana, la procesadora de cítricos en el Poblado Dos Montes del municipio de Centro, la empresa Ultralacteos, el Frigorífico y Empacadora de Tabasco.

En el año 2013, la empresa Oleaginosas del Sureste tenía un acopio de cuatro mil toneladas de copra, mientras que para 2016 solo se recibían dos mil toneladas. Uno de las causas de este fenómeno es que intermediarios llegan hasta el domicilio de los productores y compran la copra a un mejor precio (Inforural, 2017).

Como se muestra, la actividad agroindustrial en el Estado de Tabasco se ha reducido y en el caso particular del coco, las actividades relacionadas con su transformación son nulas, debido a la falta de competitividad, tecnología y comercialización del producto; por lo que la búsqueda de nuevas aplicaciones del coco, como lo es en la industria alimentaria, traerá beneficios económicos para la entidad, al mismo tiempo que se abre la oportunidad a nuevos estudios acerca de este fruto.

En el Estado de Tabasco, en enero de 2017, el Secretario de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesquero (SEDAFOP), Pedro Jiménez León, sostuvo una reunión con los integrantes del Consejo Coordinador Empresarial de Tabasco (CCET), liderados por su presidente, Gustavo Rodríguez López, y con representantes de la empresa Proveedora de Maquinaria de Leche S. A. de C. V., con el objetivo de establecer las estrategias que permitan concretar el

proyecto agroindustrial para transformar y aprovechar integralmente el coco. En dicha reunión se mencionó que para este proyecto se considera una inversión cercana a los 80 millones de pesos, la cual contribuirá en la generación de empleos y detonará el cultivo del coco en la entidad. En este sentido se plantea que la empresa que estará a cargo de esta agroindustria cuenta con la tecnología necesaria para transformar el coco en subproductos.

Tabasco cuenta con 12 mil hectáreas de coco sembradas, además, este fruto permite que mínimamente se extraigan 10 subproductos de alto valor comercial a nivel nacional e internacional (Oro negro, 2017).

#### **1.1.7 Repercusiones de la resolución del problema**

A lo largo del planteamiento del problema, se han descrito las oportunidades del estudio de las emulsiones en el área de los alimentos; en este sentido, la fisicoquímica de los alimentos ha cobrado relevancia en la búsqueda de nuevos paradigmas para la alimentación humana. Gran parte de los fenómenos que gobiernan los procesos alimentarios y los cambios en los alimentos durante su almacenamiento y conservación pueden ser afrontados desde la óptica de la fisicoquímica moderna. Este último concepto se entiende como aquella que marca los fundamentos para entender los fenómenos físicos y químicos en los alimentos, los instrumentos para examinar estos fenómenos y para establecer procesos y alimentos mejorados, con ello se busca optimizar la calidad y estabilidad de los productos.

Los fenómenos fisicoquímicos como la velocidad a la que ocurren las reacciones en los alimentos; los equilibrios de fases de la fusión, congelación y

cristalización; los procesos controlados por difusión y flujo a través de las fases vítreas o gomosas de los alimentos; el comportamiento reológico y textural de los ingredientes; las propiedades funcionales de los ingredientes alimentarios; la formación y propiedades de los geles; tienen un impacto en los atributos de calidad del producto final.

Por lo anterior, los estudios planteados en esta investigación dan solución a un sin número de problemas de la industria alimentaria, como la distribución de tamaños de cristales de hielo durante la congelación, la estabilidad de emulsiones y espumas, la selección de los estabilizantes y emulsionantes adecuados para una formulación, la selección de solutos que proporcionen la textura deseada en un producto final, la textura de los geles, el apelmazamiento o cristalización de productos en polvo, por nombrar algunos.

No obstante, el análisis fisicoquímico, debe contemplar la descripción de los sistemas alimentarios desde los enfoques estructural, termodinámico, molecular, cinético y hedónico-nutricional (Universidad Nacional de Colombia, 2012).

#### **1.1.8 Viabilidad del estudio**

En este apartado es importante mencionar que se cuenta con la base teórica y metodológica necesaria para realizar un estudio fisicoquímico y reológico del coco, además que la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco cuenta con los materiales y la bibliografía necesaria. El Estudio reológico se realizará en el

Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI-IPN) en la Ciudad de Yauhtepec, Morelos.

A como se explicó en el punto anterior, la fisicoquímica de los alimentos presenta una oportunidad para crear nuevos productos a partir de los recursos naturales que se encuentran en nuestro entorno, que se conviertan en un punto de partida para nuevas investigaciones.

El coco, es y ha sido desde el siglo pasado uno de los recursos estratégicos para la entidad, económicamente hablando. Se ha descrito como se industrializó en 1980, sin embargo, la capacidad tecnológica de las empresas del mercado no fueron suficientes para hacer frente a la competencia.

## **1.2 Formulación de la hipótesis**

En el Estado de Tabasco, México por sus características climáticas, hídricas y de relieve, resulta importante la explotación del coco; buscando la generación de agroindustrias a partir de su manufactura. Por lo que la ciencia alimenticia tiene una oportunidad para aplicar sus técnicas y métodos para la creación de productos derivados del coco.

En este contexto, la utilización de la Goma Guar, Goma de algarrobo y Goma de Xantana para estabilizar una emulsión elaborada en base a pulpa de coco, puede generar áreas de oportunidad para la industria alimentaria en Tabasco.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Ácidos grasos en el coco

Gran parte de los aceites vegetales contienen ciertos micronutrientes llamados “fitoquímicos” que presentan beneficios para la salud humana, ya que disminuyen el colesterol en la sangre, previenen enfermedades cardiovasculares, actúan como antioxidantes, previenen varios tipos de cáncer, entre otros. Por ello los efectos favorables en el consumo del aceite de coco, se le ha atribuido a la presencia de estos compuestos.

La importancia de los ácidos grasos radica en que son necesarios para que se lleven a cabo las funciones fisiológicas normales. Los saturados están involucrados en promover y almacenar energía, transporte de lípidos y síntesis de fosfolípidos.

Los ácidos grasos monoinsaturados están vinculados a estos procesos. Esta designación está guardada para los ácidos grasos poliinsaturados, los cuales se necesitan para mantener una buena salud y no son completamente sintetizados por el cuerpo humano (Spector, 1999).

Los ácidos grasos poliinsaturados de especial importancia nutricional, son el ácido linoléico (n-6) y el ácido linolénico (n-3). Los cuales son importantes para el crecimiento y desarrollo del organismo humano; ya que son precursores de prostaglandinas, hormonas que desempeñan una actividad importante en la regulación de algunas funciones fisiológicas y bioquímicas del organismo humano. Al existir deficiencia de estos ácidos grasos esenciales se reduce el crecimiento, la síntesis de prostaglandinas y se producen daños en la piel.

El ácido palmítico (C16), ácido mirístico (C14) y el ácido laúrico (C12) aumentan la concentración de colesterol sérico, sin embargo, el ácido esteárico (C18) no.

Por su parte, el consumo de ácidos grasos mono y poliinsaturados (cis) reducen la concentración de colesterol sérico y las lipoproteínas de baja densidad. De forma particular el aceite de coco está compuesto por aproximadamente el 92% de ácidos grasos saturados, por lo que los beneficios o daños que puede causar su consumo son aún muy controversiales.

Tabla 1. Perfil de ácidos grasos del aceite de coco.

Ácido graso	Porcentaje
Ácido Caproico (6:0)	0.0 – 0.8
Ácido Caprílico (8:0)	5.5 – 9.5
Ácido Capríco (10:0)	4.5 – 9.5
Ácido Laurico (12:0)	44 – 52
Ácido Mirístico (14:0)	13 – 19
Ácido Palmítico (16:0)	7.5 – 10.5
Ácido Esteárico (18:0)	1 – 3
Ácido Oleico (18:1)	5 – 8
Ácido Linoléico (18:2)	1.5 – 2.5
Ácido Araquídico (20:0)	0.4

Fuente: Chow Ch. K. 1992. Fatty Acids in Foods and Their Health Implications. Ed. Marcel Dekker. USA. Pp. 238-239, 248-249, 654-658.

Al respecto, se menciona que las grasas saturadas no están formadas por una sola familia, sino que están comprendidas dentro de tres subgrupos: ácidos



grasos de cadena corta (C2 - C6), ácidos grasos de cadena media (C8 – C12) y ácidos grasos de cadena larga (C14 – C24) (Connor, 2000; Kabara , 2000).

La composición de los ácidos grasos es una de las características químicas más significativas para la identificación de los aceites, es relevante conocer el tipo y la cantidad de cada ácido graso presente en el aceite. En la determinación del perfil de ácidos grasos del aceite de coco, no se detecta ácido araquídico ni ácido caproico. Se pueden encontrar cantidades muy pequeñas o no detectarse estos ácidos en el aceite de coco (Chow, 1992). Los ácidos grasos encontrados están dentro de los intervalos reportados para aceite de coco, los cuales se muestran a continuación.

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos (%).

Ácido graso	Chow (1992)
Laúrico	44 – 52
Mirístico	13 – 19
Palmítico	7.5 – 10.5
Caprílico	5.5 – 9.5
Caprico	4.5 – 9.5
Oleico	5 – 8
Esteárico	1 – 3
Linoleico	1.5 – 2.5
Araquídico	0.4
Caproico	0.0 – 0.8

Fuente: Chow Ch. K. 1992. Fatty Acids in Foods and Their Health Implications. Ed. Marcel Dekker. USA. Pp. 238-239, 248-249, 654-658.

## 2.2 Emulsiones

Se pueden entender a las emulsiones como sistemas dispersos con una termodinámica inestable, que están constituidos por dos componentes inmiscibles entre sí; son sistemas fuera de su equilibrio y con propiedades que obedecen a las propiedades físico-químicas del sistema, en otras palabras, de las particularidades de sus componentes, como la salinidad, tipo de tensoactivo y componente oleoso, temperatura y presión del sistema, de su método de preparación y del orden de sus componentes.

La tecnología con la cual se crean las emulsiones tiene una relación con la complejidad de su química. El entendimiento teórico de una emulsión en particular se limita a los modelos existentes, los cuales son muy simplificados para mostrar la realidad, no obstante son una guía cualitativa con cierta aproximación (Menjivar Aleman, 2004).

Una emulsión, es considerada, en términos científicos, un tipo de sistema disperso que se compone por la homogeneización o dispersión de dos o más fluidos no miscibles o fases líquidas, en las que una de ellas se distribuye de forma discontinua en el seno de la otra, las cuales se conocen respectivamente como fase dispersa y fase continua. Esta última, es por la cual se accede desde cualquier punto a otro, sin abandonarla, mientras que para ir de un punto de la fase dispersa a otro hay que pasar por tramos de la fase continua. Por lo general, una de las fases suele ser agua o una disolución acuosa, mientras que la otra sustancia puede ser oleaginosa.

Las emulsiones cuentan diversas características, como la estabilidad y la viscosidad, los cuales dependen del tamaño de la gota y de la distribución de

tamaños. En la clasificación de las emulsiones se pueden encontrar las emulsiones propiamente dadas o macroemulsiones, las miniemulsiones o nanomulsiones y las microemulsiones; la diferencia entre ellas recae en la estabilidad. Las emulsiones, en su mayoría, se forman debido a la presencia de uno varios aditivos o agentes emulsionantes capaces de disminuir la energía superficial en la interface de las gotas producidas. Las emulsiones son sistemas termodinámicamente inestables, es por lo que tienden a completar la separación de fases y que forman espontáneamente al mezclar las fases en equilibrio.

El método más simple para establecer la naturaleza de una emulsión (O/W o W/O) es verificar la miscibilidad con disolventes acuosos y apolares. En las emulsiones elaboradas por una dispersión de gotas de aceite en agua se puede con facilidad diluir con agua y, viceversa, una emulsión hecha por gotas de agua en aceite puede ser fácilmente diluida con aceite, sin separaciones de fase detectables en un periodo de tiempo suficiente corto (Fernández Arteaga, 2006).

### **2.2.1 Estabilidad y disponibilidad de un principio activo**

Los estudios sobre la estabilidad y la disponibilidad de los principios activos es un área de gran interés para la ciencia; es por tal motivo, que se buscan proteger los recursos de la naturaleza, ya que brindan beneficios en todos los sentidos, como el alimentario; prolongar la vida útil y llevar un control de su liberación, son algunos de los retos que se tienen en este sentido.

Uno de los métodos para lograr lo antes planteado es la formación de emulsiones dobles, en donde las gotas de la fase dispersa tienen en su contenido pequeñas

gotas inmiscibles y también dispersas, conteniendo el principio activo, ya sea disuelto o encapsulado.

En este orden de días, los sistemas así formados cuentan con dos interfaces termodinámicamente inestables, que cuentan con una integridad que depende del tipo de compuestos que forman la fase dispersa, la fase continua y las interfaces, considerando las proporcionan en que se encuentran éstas y los emulgentes utilizados.

Lograr que una emulsión perdure con las características esperadas a través de un tiempo definido, es algo complejo, obedece a los factores de los emulgentes seleccionados, unos han declarado crear interfases más estables, pero con una inoportuna liberación del principio activo de interés o viceversa. Determinados análisis han planteado un efecto sinérgico en el uso de macromoléculas naturales en combinación con emulgentes monoméricos tradicionales.

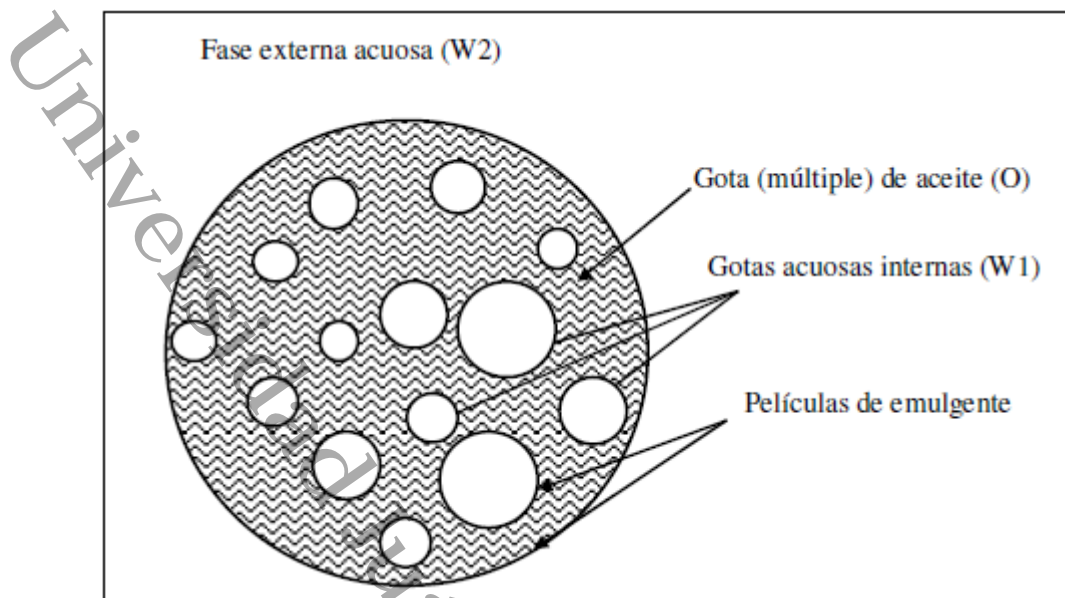
Un factor importante es el control de la presión osmótica en la fase acuosa, la cual contribuye de manera demostrativa en la estabilidad de las emulsiones dobles; en otras palabras, a conservar sus tipologías originales, como viscosidad, tamaño de gota y porcentaje del compuesto deseable encapsulado, al impedir que se presente coalescencia o ruptura por hinchazón o encogimiento, las cuales son las principales causas por las que se pierde o rompe una emulsión doble.

Las emulsiones múltiples o dobles están formadas por una fase dispersa inmiscible en la fase continua, donde la fase dispersa contiene a su vez gotas

que son inmiscibles en ésta. Estas emulsiones, se dividen en dos grupos importantes; las llamadas emulsiones aceite en agua en aceite (O/W/O, por sus siglas en inglés), y las llamadas, emulsiones agua en aceite en agua (W/O/W, por sus siglas en inglés), en las cuales se enfoca el presente trabajo, y más investigación existe.

El hallazgo de las emulsiones dobles se le atribuye a Seifriz en 1925 y una de las nacientes aplicaciones de las emulsiones dobles se consigue en 1965, por Herbert, encontrando en la actualidad, aplicaciones importantes en el área farmacéutica, cosmética, médica, y en el tratamiento de aguas residuales (Kosegarten-Conde & Jiménez Munguía, 2012)

Ilustración 1. Representación esquemática de una gota en una emulsión W1/O/W2. Adaptado de Garti N. y Aserin A. (1996).



Fuente: Kosegarten-Conde, C. E., & Jiménez Munguía, M. T. (2012). Factores principales que intervienen en la estabilidad de una emulsión doble. Temas selectos de ingeniería en alimentos, 1-18. Se ilustra una representación de un conjunto de gotas internas acuosas (W1), dispersas en aceite (O), resultantes de una primera emulsión (W1/O) llamada agua en aceite, debido a que el porcentaje en peso de la fase acuosa es menor al de la fase de aceite; y éste a su vez (W1/O), disperso en una segunda fase acuosa (W2), formando una emulsión doble W1/O/W2. La gota de aceite presenta dos interfaces, una con las gotas acuosas internas y otra con la fase acuosa externa.

Es importante mencionar que un emulgente es una molécula anfílica o antipática que tiene una “cabeza” hidrófila, con una alta correlación por el agua, y una “cola” lipófila, la cual tiene correspondencia por el aceite. Los emulgentes se clasifican como lipófilos e hidrófilos, según su mayor afinidad por compuestos no polares o polares respectivamente, conservando en ambos casos, su capacidad de disolverse en ambos tipos de compuestos.

Las emulsiones dobles, se crean en dos formas, una homogeneizando en uno o dos pasos. Existe infinidad de estudios sobre la preparación de emulsiones tipo W/O/W en un paso; esto incluye agitación mecánica fuerte de la fase acuosa que contiene un emulgente hidrófilo, y una fase de aceite conteniendo grandes

cantidades de emulgente lipófilo, para formar una emulsión W/O, sin embargo parte de ésta, se invierte para dar una emulsión doble W/O/W.

De acuerdo con Kosegarten-Conde & Jimenéz Munguía (2012) el reto para el científico en alimentos es desarrollar productos que utilicen no los emulgentes tradicionales de la industria farmacéutica y cosmética, sino aquellos de grado alimenticio estabilizados con biopolímeros naturales y no con emulgentes sintéticos, los cuales tienen restricciones de consumo. De esa manera, la atención se ha enfocado hacia la búsqueda de proteínas y polisacáridos que ofrezcan buenas características como emulgentes. Para el caso de alimentos bajos en grasa, se espera reemplazar cierta cantidad de aceite en la emulsión, por agua en el interior de las gotas de aceite sin que se altere significativamente la viscosidad total. En casos en los que la fase interna no es fácilmente liberada en la boca, se pueden diseñar emulsiones W/O/W para influenciar percepciones de sabor (ácidos, sales, compuestos amargos, etc.) modificando el grado en que la fase acuosa interactúa con las superficies orales. El problema, es que no es fácil elaborar emulsiones dobles alimentarias, debido a su inestabilidad. En otras aplicaciones, dicho problema se resolvería agregando la cantidad de emulgente necesario, como los ésteres de sorbitán y copolímeros sintéticos, pero para los productos alimenticios, existe restricción en ese tema.

### **2.2.2 Problemas de inestabilidad**

Una emulsión es una dispersión termodinámicamente inestable que se presenta entre dos o más líquidos inmiscibles o con cierta parcialidad miscible. En este tenor, los diámetros de las gotas líquidas que son dispersas se localizan en el rango de 0.1 y 20  $\mu\text{m}$ .

Las emulsiones pueden ser estables cinéticamente debido a la presencia de agentes tensioactivos que cuentan con la propiedad de absorción en las superficies de las gotas. En gran parte de las emulsiones una de las fases es acuosa y la otra un aceite polar. Las emulsiones con el aceite como una fase dispersa se conocen como emulsiones en agua (O/W) y las emulsiones con agua como fase dispersa se conocen como emulsiones de agua en aceite (W/O).

El tipo de emulsión que se forma depende directamente del balance entre las propiedades hidrófilas e hidrófobas del agente emulsificante. Para esto, se cumple con la regla de Bancroft, en el cual la fase continua es aquella la cual solubiliza al agente emulsificante; en ella la naturaleza anfótera de los agentes tensioactivos se manifiesta en términos de una escala empírica que comúnmente se denomina el balance HLB1 (balance hidrófilo-lipófilo). Para ello se han planteado diversas ecuaciones para calcular los valores de HLB y a los agentes tensioactivos menos hidrófilos se le les ha asignado los valores de HLB más bajos. No obstante, el número de HLB es asignado al agente tensioactivo puro y suele diferir del comportamiento del mismo en disolución. El valor HLB puede alterarse en función del tipo de electrolito, temperatura y tipo de aceite debido a que modifican la geometría de la capa de agentes tensioactivos en la interfase y por lo tanto varían su curvatura preferida.

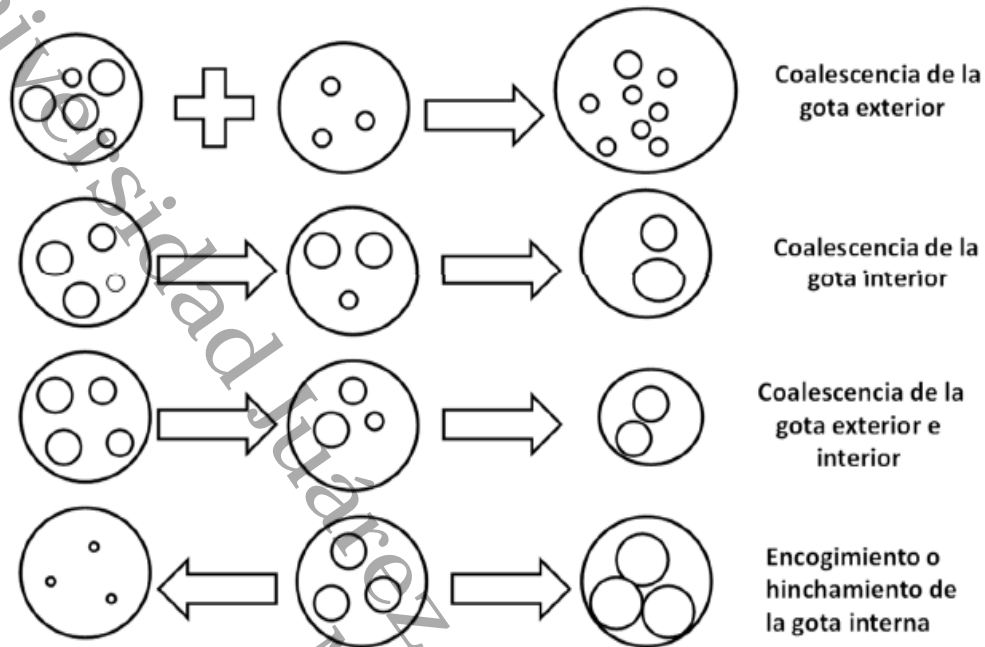
El proceso por medio del cual se rupturan las emulsiones puede darse por medio de cuatro mecanismos de inestabilidad diferente. Por "creaming" o sedimentación es un proceso causado por la acción de la gravedad y produce un gradiente vertical de concentración de las gotas sin ocurrir una variación en la distribución del tamaño de las mismas. Otro método, la floculación es la adhesión de las gotas sin fusionarse y una vez más no existe una variación en



la distribución de tamaño de gotas. Este proceso está controlado por un equilibrio global entre las fuerzas de atracción electrostáticas de van der Waals, y repulsivas de tipo estéricas y de hidratación. La predicción y control de la floculación mediante la adición de agentes tensioactivos iónicos y electrolitos a emulsiones estabilizados por tensioactivos no iónicos se describe en la referencia.

Por otra parte, a la coalescencia se le conoce como la fusión de gotas para generar unas gotas más grandes con la eliminación de parte de la interfase líquido/líquido. Esta modificación irreversible requiere un aporte extra de energía para restablecer la distribución de tamaño de partícula original. Contrariamente de que el proceso de inestabilidad debido a la coalescencia no se comprende en su totalidad, se cree que está vinculado con la curvatura preferida y con la rigidez de la capa de tensioactivo que estabiliza la emulsión. Por último, el engrosamiento de gotas (Ostwald ripening), se debe al crecimiento de las gotas más grandes a costa de las más pequeñas hasta que éstas últimas prácticamente desaparecen. Esto sucede a una velocidad que es función de la solubilidad de la fase dispersa en la fase continua y se debe a que la presión interna de las gotas (presión de Laplace) es mayor en las gotas más pequeñas.

Ilustración 2. Representación esquemática de los principales mecanismos de rompimiento de una emulsión doble.



Fuente: Kosegarten-Conde, C. E., & Jimenéz Munguía, M. T. (2012). Factores principales que intervienen en la estabilidad de una emulsión doble. Temas selectos de ingeniería en alimentos, 1-18.

En cuanto al método para medir la estabilidad de una emulsión doble, se encuentra el rendimiento. Esta se refiere al porcentaje de la fase acuosa de la primera emulsión ( $W_1$ ), que permanece en la fase interna al realizar la segunda emulsión. Se plantea que una emulsión tiene un buen rendimiento inmediatamente después de ser formada, si éste es del 95%, y si es del 70-80% después de algunas semanas de almacenamiento inactivo. En unas situaciones se requiere que se libere rápidamente el principio activo, esto se logra diluyendo la emulsión en una solución hipoosmótica, empleando una agitación moderada o sometiendo a la fase de aceite a un ciclo de congelado y descongelado (Kosegarten-Conde & Jimenéz Munguía, 2012).

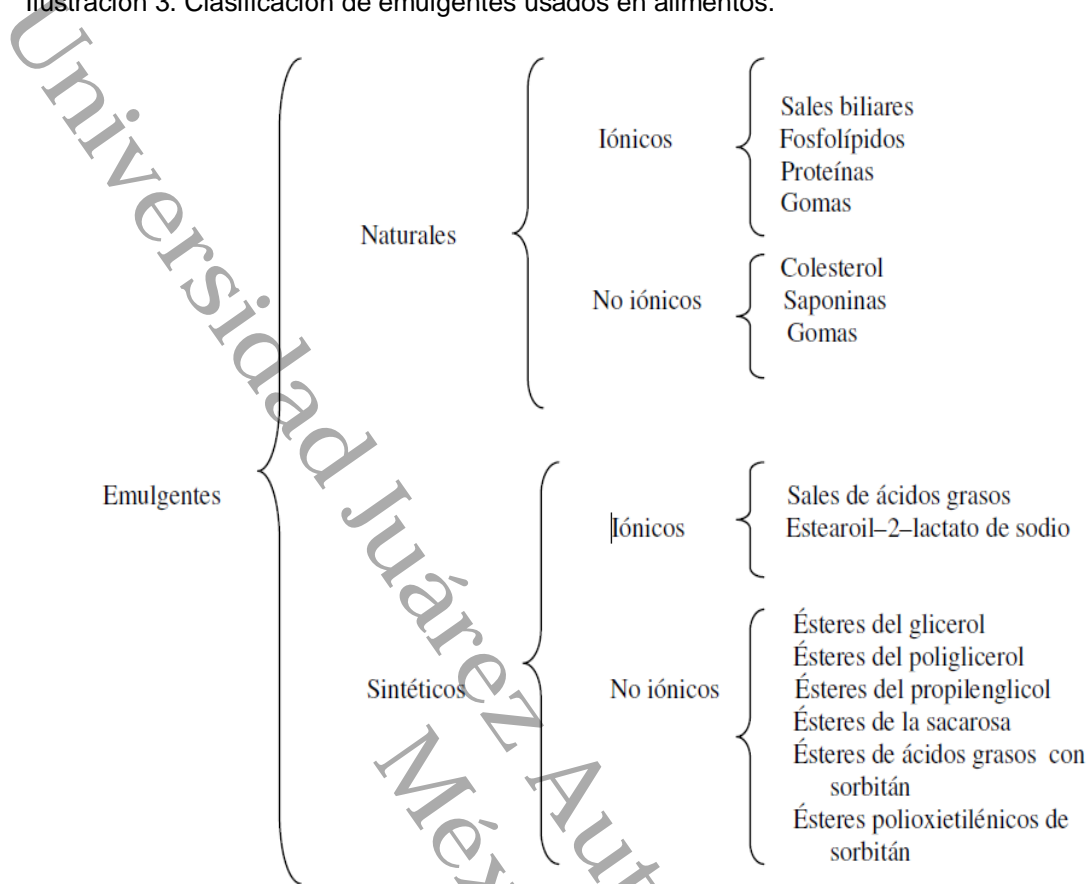
### 2.2.3 Tipo y concentración del emulgente

Uno de los elementos más importantes para la estabilidad de las emulsiones dobles es el tipo de emulgente o emulgentes seleccionados para su elaboración, ya que de ello depende la resistencia de esa película estabilizadora que otorgará las particularidades deseadas a la emulsión y que separa la fase acuosa interna de la externa. La forma en que se prepare la emulsión da lugar al tipo de morfología resultante; las emulsiones W/O/W deben tener al menos dos emulgentes, uno lipófilo y uno hidrófilo, que apoyen a constituir y estabilizar la emulsión.

Los emulgentes pueden ser clasificados de diferentes maneras; se clasifican por su número de regiones hidrófilas en monofuncionales y multifuncionales. Por un lado, los emulgentes monofuncionales conservan sólo una región hidrófila; los multifuncionales, en contraste, tienen diferentes grupos hidrófilos y también, en la mayoría de los casos, más de un grupo lipófilo. Por su carga eléctrica se clasifican en aniónicos, anfotéricos, catiónicos y no iónicos. Pueden ser clasificados en poliméricos y monoméricos; tales clasificaciones no son excluyentes.

En el mercado existe un gran número de emulgentes pero no todos trabajan convenientemente en cualquier alimento; de acuerdo con su composición y estado de dispersión, cada sistema requiere de un emulgente específico. Por ello, la selección del emulgente adecuado debe ser muy metódica (Kosegarten-Conde & Jimenéz Munguía, 2012).

Ilustración 3. Clasificación de emulgentes usados en alimentos.



Fuente: Kosegarten-Conde, C. E., & Jiménez Munguía, M. T. (2012). Factores principales que intervienen en la estabilidad de una emulsión doble. Temas selectos de ingeniería en alimentos, 1-18.

La utilización de emulsiones dobles formuladas con emulgentes de bajo peso molecular no ha tenido éxito en la práctica, debido a que estos sistemas por lo general no se usan en procesos donde ocurren perturbaciones hidrodinámicas, que originan rompimiento de la emulsión interna y de la emulsión doble. Se ha propuesto la agregación de un espesante o un polímero gelificante en la fase acuosa interna de la emulsión primaria. Se piensa que la presencia de este polisacárido conduce a una estructura viscoelástica tipo gel en todas las gotas acuosas internas y en la interfase entre la fase acuosa interna y la fase de aceite.

La creación de una membrana gelatinosa en la interfase agua-aceite actúa como una barrera física, para impedir la coalescencia de las gotas internas. Los estudios en el área de alimentos de este tipo de emulsiones dobles se han encauzado a perfeccionar su estabilidad usando mezclas binarias de emulgentes de bajo peso molecular en la formulación de la emulsión W1/O, y sustituyendo el emulgente hidrófilo presente en la fase acuosa externa, por materiales biopoliméricos.

Tomando en cuenta que diversos factores fisicoquímicos afectan la estabilidad de la emulsión W1/O/W2, es inevitable el uso de biopolímeros o mezclas de éstos que operen como emulgentes, presentando no sólo una actividad superficial relativamente alta como las proteínas, sino también propiedades de solvatación de la fase acuosa, como los polisacáridos.

Lo antes expuesto, implica el uso de complejos proteína polisacárido. La naturaleza y fuerza de las interacciones entre estas moléculas contribuyen a la estabilidad, características estructurales y funcionales del sistema disperso (Kosegarten-Conde & Jimenéz Munguía, 2012).

### **2.3 La reología**

Se le conoce a la reología como al estudio del flujo y la deformación de la materia sometidas a fuerzas, y que se mide usando un reómetro. La medición de propiedades reológicas se emplea a todos los materiales, desde fluidos como soluciones diluidas de polímeros y surfactantes hasta fórmulas concentradas de proteínas, y desde semi sólidos como pastas y cremas hasta polímeros derretidos o sólidos, así como al asfalto. Las propiedades reológicas pueden

medirse a través de la deformación de una muestra en un volumen grande, usando un reómetro mecánico, o en una escala microscópica mediante el uso de un viscosímetro de microcapilaridad o una técnica óptica como la microreología.

La gran parte de los materiales y fórmulas usados comúnmente presentan propiedades reológicas complejas, cuya viscosidad y viscoelasticidad puede variar de acuerdo con las condiciones externas aplicadas, como la tensión, deformación, período de tiempo y temperatura. Las variaciones internas de la muestra, como la concentración de proteínas y la estabilidad, y el tipo de fórmula en caso de materiales biofarmacéuticos, son elementos clave para determinar las propiedades reológicas.

Las propiedades reológicas tienen un impacto en todas las fases del uso de los materiales en las diversas industrias, desde el desarrollo de fórmulas y su estabilidad, hasta el procesamiento y el rendimiento de los productos. El tipo de reómetro que se necesita para medir estas propiedades depende, en lo general, de las velocidades de cizallamiento y períodos de tiempo pertinentes, así como del tamaño de la muestra y de la viscosidad. Algunos ejemplos de mediciones reológicas incluyen:

- La realización de perfiles de viscosidad para comportamientos dependientes de cizalla, no newtonianos o para simular el procesamiento o las condiciones durante el uso.
- La clasificación de materiales mediante la identificación de sus características específicas de viscoelasticidad, para establecer el grado de comportamiento de dichos materiales como sólidos o como líquidos.

- La optimización y evaluación de la estabilidad de la dispersión.
- La determinación de tixotropía de las pinturas y recubrimientos para la aplicación de productos y la calidad del acabado final.
- El impacto de la arquitectura molecular de los polímeros en la viscoelasticidad para el desempeño durante el procesamiento y el uso final.
- La comparación contra los estándares, en cuanto a la facilidad de bombeo o dispersión de productos alimenticios o del cuidado personal.
- La determinación del tiempo específico de curado total para sistemas de adhesión o gelificación.
- El cribado previo a la formulación de productos terapéuticos, en particular biofarmacéuticos (Malvern, 2017).

Desde otro punto de vista, se le conoce como reología al estudio de la deformación y el flujo de la materia. De esta forma, se define a la reología como al estudio de los principios físicos que regulan el movimiento de los fluidos.

La reología es la parte de la física que asimila la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir. La reología es una parte de la mecánica de medios continuos. Uno de los objetivos más destacados en reología es localizar ecuaciones constitutivas para modelar el comportamiento de los materiales, dichas ecuaciones son, en general, de carácter tensorial.

Las propiedades mecánicas estudiadas por la reología se pueden medir mediante reómetros, aparatos que permiten someter al material a diferentes tipos de deformaciones controladas y medir los esfuerzos o viceversa. Algunas de las propiedades reológicas más importantes son:

- Viscosidad aparente (relación entre esfuerzo de corte y velocidad de corte)
- Coeficientes de esfuerzos normales
- Viscosidad compleja (respuesta ante esfuerzos de corte oscilatorio)
- Módulo de almacenamiento y módulo de pérdidas (comportamiento viscoelástico lineal)
- Funciones complejas de viscoelasticidad no lineal

Los estudios teóricos en reología en ocasiones emplean modelos microscópicos para explicar el comportamiento de un material. Por ejemplo, en el estudio de polímeros, éstos se pueden representar como cadenas de esferas conectadas mediante enlaces rígidos o elásticos (QuimiNet, 2009).

Etimológicamente, la reología (del griego reos, fluir y logos, estudio) es la ciencia del flujo y la deformación de la materia, describe la interrelación entre fuerzas, deformaciones y tiempo. La reología es adaptable a todos los materiales, desde los gases hasta los sólidos. La ciencia de la reología tiene apenas 80 años, fue fundada por dos científicos en 1920, quienes tuvieron la necesidad común de describir las propiedades de flujo de fluidos. Estos fundadores fueron los profesores Marcus Reiner y Eugene Bingham.



El filósofo griego Heraclitus describió la reología como *panta rei* – todas las cosas fluyen. Traducido a términos reológicos esto significa que si se espera tiempo suficiente todo fluirá. La reología de fluidos es usada para describir la consistencia de diferentes fluidos, normalmente mediante dos componentes, la viscosidad y la elasticidad. Por viscosidad se entiende la resistencia a fluir o el “espesamiento” y por elasticidad la “pegajosidad” o “estructura”.

De lo anterior, la reología es entonces la rama de la física que estudia el comportamiento de los fluidos sometidos a diferentes tipos de esfuerzos. El campo de la reología se extiende desde la mecánica de los fluidos Newtonianos por una parte, hasta la elasticidad de Hooke por otra (Rojas & et. al., 2012).

#### **2.4 El *cocos nucífera* y sus beneficios**

Las grasas saturadas del coco se digieren y metabolizan fácilmente por el organismo y se usan como fuente de energía en lugar de almacenarse en forma de grasa. El coco tiene efectos curativos principalmente por su contenido de magnesio. El cuerpo lo usa para la conservación de la tensión muscular, indispensable para la defensa contra las variaciones cancerígenas de las células, por lo tanto los alimentos ricos en magnesio como el coco formarán parte de las dietas anticancer.

El coco mejora el tránsito intestinal, es rico en sales minerales que participan en la remineralización de los huesos, refuerza el sistema inmune, posee un suave efecto laxante, la fibra previene o mejora el estreñimiento, contribuye a reducir las tasas de colesterol en sangre y al buen control de la glucemia (niveles de azúcar en la sangre) en la persona que tiene diabetes.

La pulpa y la leche de coco consumidas en ayunas provocan la expulsión de varios tipos de tenia. El coco se puede comer crudo, en batidos, en postres, etc. y añadirlo a bizcochos, tartas, flanes, etc. (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España, 2013).

Tabla 3. Composición química de los cocos, por 100 g comestibles.

Componentes	Gramos
Calorías	365
Proteínas	6
Lípidos	40
Hidratos de Carbono	16
Fibra	12
Ácidos grasos saturados	35
Ácidos grasos monoinsaturados	2
Ácidos grasos poliinsaturados	1

Calcio	25 mg
Hierro	3'6 mg
Magnesio	32 mg
Cinc	1'8
Sodio	20 mg
Potasio	360 mg
Fósforo	113 mg
Selenio	810 mcg
Vitamina B1 (Tiamina)	0'1 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	0'02 mg
Vitamina B3 (Niacina)	0'30 mg
Vitamina B5 (Ácido pantoténico)	0'3 mg
Vitamina B6	0'054 mg

Vitamina B9 (Ácido fólico)	26 mcg
Vitamina C	2 mg

Fuente: Elaboración propia con base en Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España. (2013). Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España. Obtenido de Cocos nucifera L.: [http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/coco\\_tcm7-315348.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/coco_tcm7-315348.pdf).

El coco como la mayoría de aceites y grasas funciona como fuente de energía en la dieta humana, además de aportar nutrimentos y ser agente solubilizador de vitaminas. Proporciona alrededor de 9 Kcal. de energía por gramo, en comparación con 4 a 5 Kcal. de proteínas y carbohidratos. En Filipinas más del 90 % del aceite de cocina que se consume es de coco.

El aceite de coco tiene un sabor suave, olor agradable y fácil digestibilidad. Estas particularidades y su bajo costo lo hacen apto como sustituto de grasas en fórmulas de leche y queso, aunque por carecer de ácidos grasos esenciales no es recomendable su uso en la alimentación de los lactantes. Como aceite para freír es un agente efectivo en la transferencia de calor, confiere una apariencia brillante a los alimentos cocinados y les provee de una capa protectora que evita su rápido deterioro. Tiene un fino sabor y olor permiten que la comida procesada con él acentúe su sabor natural, contribuyendo en general a la palatabilidad de los mismos.

Debido a la composición de ácidos grasos y triglicéridos, el aceite de coco es de color blanco y de consistencia sólida hasta una temperatura de 22 a 25 grados centígrados, teniendo por esto aplicación en la fabricación de manteca vegetal, margarina y mantequilla artificial (semejante a la manteca de cacao), productos muy empleados en la confitería y preparación de alimentos horneados como pasteles y bizcochos. Los productos antes mencionados se elaboran por hidrogenación y por incorporación de otros aceites vegetales.

Del estado sólido la grasa de coco pasa al líquido en forma abrupta en un rango muy estrecho, por lo que puede emplearse como aceite para ensaladas y aderezos a temperaturas mayores de 27 grados centígrados. Por su capacidad de retención de espuma se utiliza en la elaboración de merengues, decoración de nieve, batidos de crema y alimentos congelados; todo ello de gran aplicación en repostería.

A partir de aceite de coco se fabrica detergente de ropa, jabón de tocador, shampoo y cosméticos. El alto contenido de ácido láurico le proporciona al jabón buenas cualidades de solubilidad al enjuague y una sensación de sedosidad y tibieza en la piel, aunado a su carácter relativamente no aceitoso (Granados Sánchez & López Ríos, 2002).

## **2.5 Las agroindustrias**

En el siglo pasado, la agricultura y la industria han sido consideradas de forma tradicional como dos sectores separados tanto por sus características como por su función en el crecimiento económico. Por un lado, se ha entendido a la agricultura es el elemento característico básico del desarrollo, y por otro se ha

usado a la industrialización como un indicador del avance del desarrollo. No obstante, se ha replanteado la función de la agricultura en el proceso del desarrollo desde el punto de vista de su contribución a la industrialización y su importancia para un desarrollo armónico y una estabilidad política y económica.

La agricultura ha llegado a ser una forma de industria, a medida que la tecnología, la integración vertical, la comercialización y las preferencias de los consumidores han evolucionado según pautas que se ajustan más al perfil de los sectores industriales comparables, a menudo con una notable complejidad y riqueza en cuanto a su variedad y ámbito. Si bien todavía se puede distinguir entre la fase de producción de materias primas y la de elaboración y transformación, por lo general esta distinción queda desvanecida por la complejidad de la tecnología y según la medida de la integración vertical: la industrialización de la agricultura y el desarrollo de agroindustrias son, en efecto, un proceso común que está generando un tipo completamente nuevo de sector industrial.

Un concepto tradicional de la agroindustria se refiere al conjunto de actividades de manufacturación por medio de las cuales se transforman materias primas y productos intermedios derivados del sector agrícola. La agroindustria significa así la transformación de productos procedentes de la agricultura, la actividad forestal y la pesca. En la agroindustria, parte muy considerable de la producción agrícola se somete a un cierto grado de transformación entre la cosecha y la utilización final. Por lo tanto, las industrias que emplean como materias primas productos agrícolas, pesqueros y forestales forman un grupo muy variado.

Las industrias alimentarias son mucho más homogéneas y más fáciles de clasificar que las industrias no alimentarias, ya que todos sus productos tienen

el mismo uso final. Por ejemplo, la mayor parte de las técnicas de conservación son básicamente análogas con respecto a toda la gama de productos alimenticios perecederos, como frutas, hortalizas, leche, carne o pescado. De hecho, la elaboración de los productos alimenticios más perecederos tiene por objeto en gran medida su conservación.

En contraposición a las industrias alimentarias, las no alimentarias tienen una amplia variedad de usos finales. Casi todos los productos agrícolas no alimentarios requieren un alto grado de elaboración. Pueden incluir, de forma mucho más característica que las industrias alimentarias, una serie definida de operaciones que, a través de los distintos productos intermedios, llevan al producto final. Debido al valor añadido de cada una de estas etapas sucesivas de elaboración, la proporción del costo de la materia prima original en el costo total disminuye progresivamente. Otra característica de las industrias no alimentarias es que muchas de ellas utilizan cada vez más productos sintéticos u otros sucedáneos artificiales (especialmente fibras) juntamente con las materias primas naturales.

El desarrollo implica necesariamente una transferencia de recursos fuera del sector agrícola y que coincide en gran medida con el desarrollo industrial. Sin embargo, en la actualidad el debate sobre el desarrollo se ha centrado en una cuestión mucho más pertinente, a saber, si cabe esperar que el sector agrícola aporte una contribución óptima al proceso general de crecimiento económico. Para destacar la función de la agroindustria en el proceso de desarrollo cabe mencionar la hipótesis de concatenación de Hirschman, la cual constituye que la mejor vía de desarrollo consiste en elegir las actividades en las que el progreso inducirá otros progresos en otros lugares. Es así que una actividad que muestre un alto grado de interdependencia, medida en proporción al producto vendido a

otras industrias o adquirido por estas, puede proporcionar un fuerte estímulo para el crecimiento económico (FAO, 1997).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.



## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

### 3.1 Determinación del método

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Tecnología de alimentos del Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias (CICA), de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA). La caracterización reológica se llevó a cabo en el laboratorio de Alimentos del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI-IPN), en la ciudad de Yautepec, Mor.

Se utilizó el fruto del cocotero con una edad aproximada de 10 meses de edad., color blanco y sabor característico más concentrado, de acuerdo a las recomendaciones de Braun y Rosen. Los frutos fueron recolectados en una plantación comercial, ubicada en el municipio de Centla, Tabasco. Se utilizaron las siguientes Gomas: Xantana, Guar y Algarrobo, con referencia: IRX 55395, Francia; importadas por Colloides Naturales de México, S. A. de C. V.

Una vez recolectados los frutos se transportaron a los laboratorios, se lavaron con agua clorada al 1%, se separaron: cáscara, agua y pulpa. Ésta última se dejó en reposo dentro de una solución de Hipoclorito de sodio al 0.1%, durante 15 min.

Posteriormente, se molieron en un molino marca "Moulimex", y se mezclaron uniformemente, adicionando despacio los emulsificantes previamente hidratados y se mezclaron vigorosamente utilizando un mezclador rápido con control de

velocidad marca "Rapid mixer", durante 15 minutos. Cuando la emulsión estuvo suave y blanca, se agregó el Benzoato de sodio como conservador y se mezcló uniformemente con una velocidad moderada.

Se adicionaron por separado cada uno de los emulsificantes Goma Guar, de Xantana o de Algarrobo, en proporciones de 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1%. Se envasaron, se pasteurizaron (Braun & Rosen, *Relogy Modifiers Handbook*, 2000).

A cada una de las emulsiones obtenidas se les determinaron las características reológicas: Densidad, Viscosidad, Módulo de pérdida y Elasticidad, Módulo de almacenamiento, para lo cual se utilizó un Reómetro TA Instruments, modelo AR1000-N, (TA Instruments, División: Análisis Térmico y Reológico de DúPont. Dirección: 109 LuKens Drive, New Castle, DE 19720, 302-427-4005 EE. UU (Guerrero Quiroga & et. al., 2005).

El enfoque de esta investigación cuantitativo, ya que como se explica se hará uso de la experimentación, la cual emplea métodos matemáticos y estadísticos para medir los resultados. Es el enfoque más utilizado en las ciencias como la física y la química, como este caso.

En todos los experimentos cuantitativos se usa un formato estándar, con algunas pequeñas divergencias inter-disciplinarias para generar una hipótesis que será probada o desmentida. Esta hipótesis debe ser demostrable por medios matemáticos y estadísticos y constituye la base alrededor de la cual se diseña todo el experimento.

Esta investigación, también es de tipo explicativo, debido a que busca por medio de experimentos conocer las causas y consecuencias del uso de emulsiones con base en el coco. Pretende comprender como las emulsiones con base en el coco puede ser utilizadas en la ciencia alimentaria en el Estado de Tabasco, de acuerdo con las características fisicoquímicas del coco (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2003).

### **3.2 Análisis Documental**

Para realizar la investigación documental, se consultaron libros digitales e impresos, artículos científicos y hemerograficos, así como informes de estadísticas nacionales y estatales sobre la producción del coco.

Es importante destacar que para la realización del marco teórico se analizaron informes que las Instituciones de Educación Superior realizan sobre diversas áreas de la ciencia, como lo es la reología.

Al igual, instituciones gubernamentales como la Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA) presentan panoramas sobre la producción de coco en el país.

### **3.3 Crítica de los métodos utilizados en trabajos anteriores**

En cuanto a los trabajos dedicados a la caracterización de las especies en el Estado de Tabasco, existen pocos que hagan uso de experimentos reológicos. Además, que no se han aprovechado este tipo de estudios para generar áreas de oportunidad para su aplicación en las agroindustrias, en este caso de la industria alimentaria.

Además, con este tipo de trabajos se busca vincular los experimentos realizados en laboratorios con el entorno, ya que la apropiación social del conocimiento tiene que generar beneficios para la comunidad.

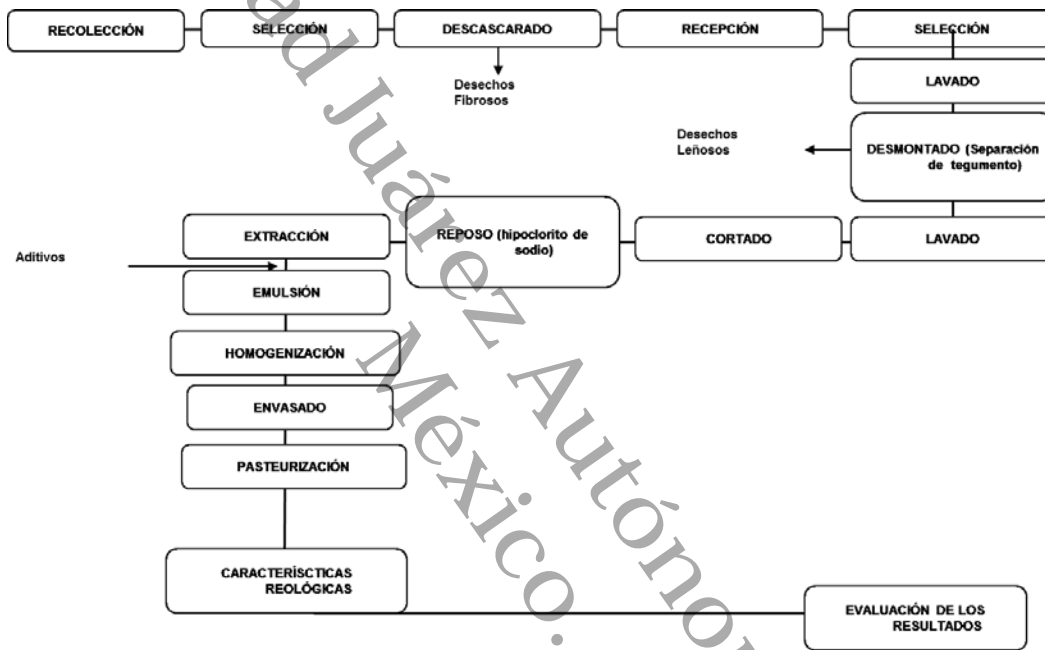
### **3.4 Diseño de la experimentación**

Los experimentos para esta investigación, a como se ha descrito, se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de alimentos del Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias (CICA) de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y la caracterización reológica se realizó en el Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI-IPN) en la Ciudad de Yauhtepec, Morelos.

Como materia prima, se utilizó el fruto del cocotero con una edad aproximada de 10 meses de maduración, de acuerdo a las recomendaciones de Braun y Rosen; como emulsificantes se utilizó goma guar, goma de Algarrobo y Goma de Xanthana. El equipo utilizado consto de:

- Reómetro oscilatorio Roennegard y Dejmek.
- Molino coloidal
- Mezclador rapid mixer

Ilustración 4. Diagrama de flujo del método.



Fuente: Elaboración propia.

Para esta investigación, se empleará un Diseño Completamente al Azar Con arreglo factorial 4 X 6 con 3 repeticiones.

Tabla 4. Diseño experimental.

Concentración de emulsificante	1%	0.80%	0.60%	0.40%	0.20%	0%
Goma Guar	1 , 2, 3	4 , 5 , 6	7 , 8 , 9	10 , 11, 12	13 , 14, 15	61, 62, 63
Goma Algarrobo	16, 17, 18	19 , 20, 21	22, 23 , 24	25 , 26, 27	28, 29, 30	
Goma Xantana	31, 32, 33	34, 35, 36	37, 38, 39	40, 41, 42	43, 44, 45	
Goma Xantana y Goma Algarrobo	46, 47, 48	49, 50, 51	52, 53, 54	55, 56, 57	58, 59, 60	

Fuente: Elaboración propia.

Para la evaluación de los resultados se aplicará un ANOVA a los datos obtenidos, puntualizando los efectos principales y la interacción de ambos factores y se analizarán posibles diferencias entre las medias de los tratamientos, mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey, con un  $\alpha = 0.05$ .

## **CAPÍTULO 4. LA CIENCIA Y LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS EN MÉXICO**

### **4.1 La ciencia de los alimentos**

La ciencia de los alimentos es la que estudia la química y la física de los mismos, esta disciplina se particulariza por controlar y mejorar la calidad de la producción, distribución, transformación y comercialización alimentaria, la mejora de los productos alimenticios y nutritivos para su consumo, las causas de su variación y los fundamentos del procesamiento de los alimentos. Al interior de esta ciencia se analizan y evalúan procesos que llegan hasta la promoción, aceptación y consumo alimentario. Se centra en el sector alimentario pero también en la farmacéutica.

Esta ciencia puede llegar a confundirse con la tecnología de los alimentos, pero es fácil diferenciarlas sabiendo que esta última se encarga de la selección, conservación, transformación, envasado, distribución y uso de alimentos nutritivos y seguros.

La ciencia y la tecnología de los alimentos en conjunto tratan aspectos que abarcan desde la salud y bienestar vinculados al consumo de alimentos, hasta la producción y/o aptitud de las materias primas, pasando por los eslabones de transformación y conservación de alimentos propiamente dichos. De igual forma, contempla el estudio de la reutilización de coproductos o subproductos que pudieran derivarse durante los procesos de producción, transformación o elaboración de los alimentos.

Existen diversas líneas de investigación de las que se ocupa esta ciencia, una de ellas es la de nutrición y funcionalidad la cual se centra en el estudio de los efectos saludables, principalmente. Por otra parte, se encuentra la línea de calidad y seguridad, la cual trabaja estableciendo estrategias para garantizar la eficacia de los productos y que se minimicen los errores de calidad. De igual forma existe la biotecnología, y por último, está la caracterización de alimentos y la modelización y desarrollo de procesos (Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología, 2013).

Los estudios alimentarios se conforman de diversas disciplinas científicas, cada una de ellas con identidad propia, pero que, en conjunto, se vinculan para contribuir al progreso en el conocimiento de los tres pilares básicos de la alimentación:

- La elaboración y conservación de alimentos
- La calidad y seguridad alimentarias
- El binomio alimentación-salud

En la actualidad, la forma de vida de la sociedad solicita alimentos variados, cómodos y de larga vida útil. Los cambios en las costumbres y la propia composición y funcionamiento del entorno familiar, han conformado un consumidor que cambia de necesidades vertiginosamente y para el que el ahorro en tiempo, la salud, la comodidad, y el medio ambiente son valores en alza. Así, se configura un mercado que exige más, y mayor calidad y variedad a los productos alimentarios.



Aunado, la influencia de la alimentación en la salud humana y las recientes alarmas alimentarias han despertado en la población la máxima preocupación y exigencia por la seguridad alimentaria. Así, el desarrollo de procesos y productos alimentarios, su control de calidad, la trazabilidad y la vigilancia de la seguridad, se han instalado en nuestro día a día para quedarse (Universidad de Zaragoza, 2017).

## **4.2 La ciencia y la seguridad alimentaria**

La seguridad alimentaria es un tema de discusión en todas las agendas de desarrollo, abarcando la agricultura, el manejo ambiental, la economía, la gobernabilidad y la igualdad social. De acuerdo con los informes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) se tiene que aumentar en 70 por ciento los alimentos para 2050 para poder alimentar a la creciente población; ya que se estima que diez mil millones de personas habitarán la Tierra en 2050. El aumento en la producción de alimentos que se requerirá para alimentarlas se debe alcanzar en un panorama en el que los recursos para producirlos son expoliados por la urbanización, la degradación ambiental y la competencia de tierras para biocombustibles y ganadería. A nivel mundial, más de 2.3 mil millones de toneladas de cereales se producen anualmente, según la FAO. Ellos son responsables, directa o indirectamente a través de la alimentación animal, de la cantidad de calorías que los humanos consumen.

Las mediciones tradicionales de seguridad alimentaria se centran en el acceso a las calorías y por lo tanto no reconocen la importancia de consumir una serie de nutrientes, explica. El paso más importante para mejorar las dietas de la

población, especialmente de los campesinos pobres, es alentarlos a producir una serie de cultivos en cada pequeña parcela, así como diferentes variedades de cada cultivo.

La ciencia tiene un rol preponderante en el perfeccionamiento y disseminación de estas estrategias, pero la falta de apoyo político puede impedir que se generalicen, advierte. La ciencia también es esencial para mejorar la calidad, no solo la cantidad, de cereales mediante el aumento de las concentraciones de micronutrientes como zinc y hierro. De igual forma se requieren emprender investigaciones para el desarrollo de técnicas para aumentar los insectos en los alimentos y desechos de origen humano hasta el crecimiento de tejidos de proteínas en el laboratorio.

A nivel global, las tecnologías para mantener los alimentos comestibles aún después de la cosecha, como los equipos para secar los granos y almacenar los cultivos, requieren más desarrollo (Piotrowski, 2013).

La seguridad alimentaria sacude una de las necesidades más fundamentales de la humanidad, el acceso a una dieta nutritiva y adecuada. Es un derecho fundamental, según lo estipulan las Naciones Unidas en su Declaración Universal de los Derechos Humanos. No obstante, 842 millones de personas en el mundo aún están subalimentadas, 98 por ciento de las cuales viven en los países en desarrollo.

La seguridad alimentaria en realidad describe a una serie de fenómenos distintos pero relacionados, por ejemplo, la disponibilidad de alimentos pero también la capacidad de acceder a ellos y utilizarlos de forma confiable. La Organización

de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define la seguridad alimentaria como un estado por el cual todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficientes alimentos, seguros y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana. Mejorar la diversidad y el valor nutricional de los alimentos cultivados por los agricultores para su propia subsistencia es otra manera de garantizar una nutrición adecuada y estable. La investigación biotecnológica está ayudando a mejorar la resistencia de los cultivos al calor, sequías e inundaciones, y están siendo fortificados con micronutrientes esenciales que de otro modo podrían estar ausentes en los alimentos básicos de una determinada región.

Los hábitos de consumo juegan un papel significativo en la seguridad alimentaria debido a su influencia sobre los tipos de comida que se producen y los recursos que se requieren para ello (Hoevel, 2013).

#### **4.3 El papel del Estado en el desarrollo alimentario**

Los gobiernos se encargan de planear y ejecutar las políticas alimentarias, y nutrición, el marco legal e institucional para garantizar que los alimentos que se consumen sean inocuos, nutritivos y de calidad. De igual manera formula las normas, controles y requisitos relativos a los alimentos que son alterados por la ciencia (FAO, 2010).

En el desarrollo de estas políticas, incluyendo los subsidios a largo plazo a los fertilizantes y los problemas con los derechos a la tenencia de la tierra, con frecuencia desalientan a los agricultores por adoptar estrategias alternativas. Esto se debe reformar para estimular la innovación, el acceso a nuevas tecnologías y a un sector empresarial dinámico. En los países en desarrollo, los sistemas de 'extensión' que acortan la brecha entre los laboratorios y los campos de agricultores con frecuencia son débiles, conformando grandes obstáculos para la difusión del conocimiento científico, (Piotrowski, 2013).

#### **4.4 Perspectivas de la ciencia de los alimentos**

Las nuevas tendencias en alimentación y los cambios en la producción obligarán a variar, en cierta medida, algunos hábitos de consumo. La aplicación de la ciencia de los alimentos incluye la selección, conservación, elaboración, envasado, distribución y uso de alimentos seguros, nutritivos y saludables.

Una de las principales causas de posible cambio en la alimentación será el calentamiento global, con consecuencias directas en la agricultura y en las condiciones de cultivo. Este calentamiento podría tener efectos negativos en el rendimiento de las plantas y, por tanto, acabar en una mayor escasez de alimentos, sobre todo en las zonas en desarrollo. Para evitarlo, ya se apuntan algunas medidas, como la creación de variedades más resistentes a los factores ambientales. La modificación genética también puede convertirse en una gran aliada de la producción agrícola para el diseño de plantas más resistentes a plagas.

En materia de investigación agrícola, es necesario desarrollar nuevas variedades de cultivo con mayor rendimiento, pero que necesiten menos agua o fertilizantes,

que sean más resistentes a la sequía, al calor o a las plagas. Los nuevos cambios y las nuevas ideas para la agricultura obligan a aplicar un enfoque multidisciplinario que involucre a biólogos, agrónomos y agricultores.

Aplicar la ciencia en el campo de la alimentación incluye la selección, conservación, elaboración, envasado y uso de productos seguros y nutritivos (Chavarrias, 2012).

En los últimos años, los avances entre la tecnología y la alimentación han sido los siguientes:

- Nanotecnología: la nanotecnología es la ciencia que se ocupa a una escala de nanómetros. Esta técnica se ha usado para mejorar la conservación de los alimentos, como alargar su frescura durante más tiempo y con la misma calidad. La ciencia de lo minúsculo puede también aplicarse para mejorar la absorción de vitaminas o reducir el contenido de grasa o sal en los alimentos.
- Alimentos funcionales: son alimentos a los que se agregan uno a varios ingredientes con efectos beneficiosos sobre la salud humana. Un ejemplo podrían ser los yogures probióticos, leches enriquecidas o productos enriquecidos con sustancias antioxidantes.
- Alimentos modificados genéticamente (OMG): la modificación genética implica alterar los genes de una planta, de un animal o de un microorganismo o insertar genes de otro organismo.

- **Animales clonados:** este tipo de reproducción, basada en la tecnología del ADN, involucra la creación de un animal que sea una copia genética exacta de otro y reproduce los aspectos fisiológicos y bioquímicos de una célula en todo el organismo. El fin es crear un animal con la misma composición genética que su primogénito.
- **Irradiación:** esta técnica se puede emplear para eliminar las bacterias patógenas responsables de intoxicaciones alimentarias. Permite retrasar la maduración de la fruta y, en consecuencia, su deterioramiento. Se trata de un proceso que produce un efecto similar a la pasterización (Chavarrias, Eroski Consumer, 2009).

#### **4.5 La ciencia de los alimentos en México**

En México, para 1950 más del cincuenta por ciento de la población se encontraba en las comunidades rurales, y se alimentaba con productos vegetales, al igual que en las zonas marginadas de las grandes ciudades. El desarrollo de los productos agrícolas avanzó al mismo tiempo que el desarrollo de la ciencia de la nutrición, por la influencia del pensamiento asiático que predominó en el siglo XX, además, por la introducción del pensamiento de autores extranjeros.

Aunado a lo anterior, surgió la idea del relativismo cultural para negar la universalidad de la alimentación carnívora; al igual, la idea de que la alimentación

vegetariana es infinitamente preferible, y produce mayor potencia, tanto en el cuerpo como en el alma. Entre la población, creció el planteamiento de que la carne era la causa principal de las enfermedades y de la degeneración humana. De esta manera, con el apoyo de una peculiar noción de ciencia y otra de historia, se condenó el consumo de carne y se acusó a dicho consumo de generar la degradación moral de los individuos, al grado de volverlos viciosos, criminales y crueles.

A finales del siglo XX, en México los médicos y el Estado se dieron a la tarea de combatir lo que consideraban problemas de desnutrición en México. Por tal motivo se crearon una serie de instituciones a partir de 1936 encargadas de investigar ese problema y de diseñar a la vez estrategias para resolverlo.

En México, la investigación científica destruyó mitos en torno a las descalificaciones sobre las cualidades nutritivas de los alimentos autóctonos, secularmente utilizados por los indígenas; por el otro, se tendió a ignorar los hallazgos positivos de dichas cualidades debido a prejuicios profundamente arraigados en el imaginario dominante (Pio Martínez, 2013).

En México, académicamente, el desarrollo de nuevos productos y de nuevos procesos, ha necesitado de conocimientos profundos en diversos campos del saber, incluyendo fundamentos de química, bioquímica, física, fisicoquímica, microbiología, análisis químico y microbiológico; ingeniería de procesos, nutrición; biotecnología e ingeniería de procesos. Por lo tanto, para lograr avances en este importante campo del conocimiento, se ha exhortado la participación interinstitucional y multidisciplinaria y consecuentemente la integración de redes de colaboración.

La Red de Alimentos, Nutrición y Salud surgió como una necesidad académica de diferentes expertos nacionales en el área, para tener un espacio de colaboración e intercambio de conocimientos, experiencias, infraestructura y capacidades científicas, que permitan tanto la generación, como la difusión del conocimiento científico.

Entre los logros obtenidos por parte de la red se cuenta con la coordinación para apoyar la realización de congresos y mesas de trabajo, algunos de ellos apoyados por el Consorcio de Universidades Mexicanas (CUMEX); el apoyo a revistas científicas nacionales, contribuyendo con artículos científicos de alta calidad, para alcanzar el registro en el índice de Revistas Mexicanas Científicas del Conacyt y la obtención de financiamiento para formalizar la Red de Alimentos, Nutrición y Salud ante el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la Secretaría de Educación Pública y la obtención de recursos para el desarrollo de un proyecto de investigación conjunto (Ramírez de León & Uresti, 2013).

En México, en las últimas décadas, se ha intensificado la producción científica en temas relacionados con los alimentos. Entre el periodo comprendido de 2005 a 2009, España ha sobresalido notablemente por su gran volumen de artículos publicados en la temática durante el período considerado, con 6.305 documentos. Su importancia ha sido tal, que su producción científica equivale prácticamente a la suma de los documentos científicos publicados por todo el resto de los países iberoamericanos.



En segundo lugar y con menos del cincuenta por ciento de la producción española en la temática, se encuentra Brasil, con 2.314 publicaciones especializadas en este campo durante este periodo. En tercer lugar se ubica México, que registra 1.060 artículos en alimentos.

La investigación en México, ha ido a la par de la investigación en Brasil, ya que las dos se encuentran concentradas en Estados Unidos. Además, en el caso de México, Venezuela aparece entre sus cinco principales socios internacionales, aunque el volumen total de documentos no es demasiado significativo.

México y Chile cuentan con una institución cada uno entre las veinticinco más productivas de la región en 2009. En el caso de México, se trata del Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México y de la Universidad de Chile, ambas vinculadas entre sí y con otras instituciones iberoamericanas. En el caso de la institución mexicana, tiene vinculación con la USP brasileña, la española Universidad Complutense de Madrid y el CONICET argentino.

En lo que respecta a las patentes, España sobresale notoriamente por su gran volumen de títulos registrados, con 233 patentes. Brasil ocupa el segundo puesto con 70 títulos. En tercer lugar se ubica México, que registró 63 patentes (Barrere, 2009).

#### **4.6 La industria alimentaria en México**

Recientemente el tema de la autosuficiencia alimentaria a nivel mundial ha cobrado relevancia a raíz de las problemáticas derivadas del aumento constante de precios y la insuficiencia de alimentos. En relación con este tema se han planteado varios factores entre los que se encuentran: el crecimiento de economías emergentes en Asia (y su mayor demanda de alimentos), el redireccionamiento que se ha hecho de los granos básicos hacia su uso como biocombustibles y, el acaparamiento-control que grandes empresas de la cadena agroalimentaria tienen desde la producción y/o manipulación genética de las semillas, hasta la elaboración de “alimentos” cuyo consumo se fomenta sin que necesariamente contribuya a mejorar la nutrición del consumidor.

En el caso de México los factores mencionados no son únicamente los causantes de la escasez y del aumento de precios de los alimentos. En ello influyen también otras circunstancias, por un lado, la presencia de grandes complejos agroindustriales con empresas semilleras, agrobiotecnológicas, agroquímicas, agroindustriales y alimentarias, de diversas partes del mundo que tienen la capacidad y el poder para controlar la producción, distribución y servicios a escala mundial.

Por otro lado, ha influido el cambio de prioridades que el Estado tuvo a raíz de la variación del modelo económico, ya que desde la década de 1980 se dejó de considerar prioritario el apoyo al campo y la seguridad alimentaria basada en la producción nacional, en aras de operar bajo las fuerzas del mercado con la mínima intervención del Estado.

Con todo lo anterior, la industria de alimentos en nuestro país tiene una importancia relevante en la economía, ya que se encarga de suministrar sus productos a una población creciente, además de que, utilizando un envase adecuado, los alimentos se conservan desde su procesamiento hasta que son consumidos (Enfasis alimentacion, 2012).

De 1990 a 2000 la población de México creció más de 20%, es decir, de 83.8 a 100 millones de habitantes, según el Consejo Nacional de Población, en tanto que el valor agregado por la industria alimentaria del periodo 1999-2001 fue 49% superior al registrado en el periodo 1988-1990. Además, del periodo 1999-2001 del total de la producción del sector alimentario, 41% correspondió a alimentos manufacturados y el resto a productos agrícolas (43%), ganadería (13.8%) y pesca (1.7%) (Salomón, 2005).

Del 2013 al 2015, el país ha registrado una mayor producción de productos agrícolas. México para el 2015 ocupaba el tercer lugar en producción de alimentos en Latinoamérica y el décimo segundo en el mundo, con una producción para este año se estimada en 280 millones de toneladas de alimentos, de acuerdo con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

En México, las exportaciones registran un dinamismo relevante, con mayor éxito en rubros como aguacate, que de un año a otro creció 39%, y en carne de res, con 65% más en volumen y en valor comercial. Les siguen tomate, pepino, mango, arándanos y carne de pollo, entre otros productos.

En 2013 se redujo dos mil millones de dólares el déficit de la balanza comercial agroalimentaria y la balanza con Estados Unidos pasó a ser superavitaria. México cuenta con un territorio y litorales que permiten producir más de 818 productos agrícolas, pecuarios y pesqueros. Esto hizo que el país ocupara en 2015 el tercer lugar en producción de alimentos en Latinoamérica y el doceavo lugar en el mundo, para ese año las expectativas fueron de una producción de 280 millones de toneladas de alimentos en el país.

La SAGARPA actualmente se centra en la generación de datos que puedan convertirse en información confiable y oportuna para la toma de decisiones y que potencialicen la transformación del sector (Industria alimenticia, 2015).

México se encuentra en una transición epidemiológica caracterizada por la persistencia de añejos problemas de nutrición y salud que se vinculan a la pobreza, así como a fenómenos como la riqueza y la obesidad. La historia de la industria alimentaria mexicana ha dado respuesta a los problemas de la distribución desigual del ingreso y de un poder adquisitivo insuficiente de gran parte de la población.

En este sentido, es importante mencionar que el proceso de desarrollo económico se caracteriza por el tránsito de una sociedad rural y agrícola a una urbana e industrial en que el autoconsumo se sustituye por actividades de distribución y transformación que deben garantizar y facilitar el consumo de alimentos a toda la población mexicana (Salomón, 2005).

## CAPITULO 5. RESULTADOS

De acuerdo con la caracterización Viscoamilográfica (Método Brabender), para determinar el perfil de viscosidad de las emulsiones de coco, se empleó la técnica propuesta por la AACC (Braun & Rosen, 2000).

Se prepararon emulsiones a concentraciones de: 1%, 0.8%, 0.6%, 0.4%, 0.2% de Goma Xantana, Algarrobo y Guar, respectivamente, así como la emulsión a 0% de concentración. De 100 ml de estas emulsiones se colocaron muestras con una pipeta desechable en la placa del reómetro.

En cuanto al Método viscosimétrico (curvas de flujo); se analizaron las emulsiones de coco con un Reómetro TA Instruments, modelo AR1000-N, con un sistema de cono y placa, con un ángulo de  $1^\circ$ , se realizaron mediciones a  $25^\circ\text{C}$ , a 2 ciclos de 0.06 a 600  $\text{s}^{-1}$  ascendente y descendente, y un tercer barrido descendente de 600 a 0.06  $\text{s}^{-1}$ . En donde se evaluaron los parámetros: módulo de almacenamiento o elástico ( $G'$ ), módulo de pérdida o viscoso ( $G''$ ) y tangente del ángulo de desfase ( $\text{Tan } \delta = G''/G'$ ). La viscosidad fue calculada por la relación  $t/\dot{\gamma}$  como una función de la velocidad de deformación ( $\dot{\gamma}$ ). Se reporta el último ciclo (descendente) como una función del esfuerzo de corte ( $t$ ), donde  $\dot{\gamma} = f(t)$ , representados por  $\dot{\gamma}$  y  $t$ , en las gráficas (curvas de flujo o reogramas) (Steffe, 1997).

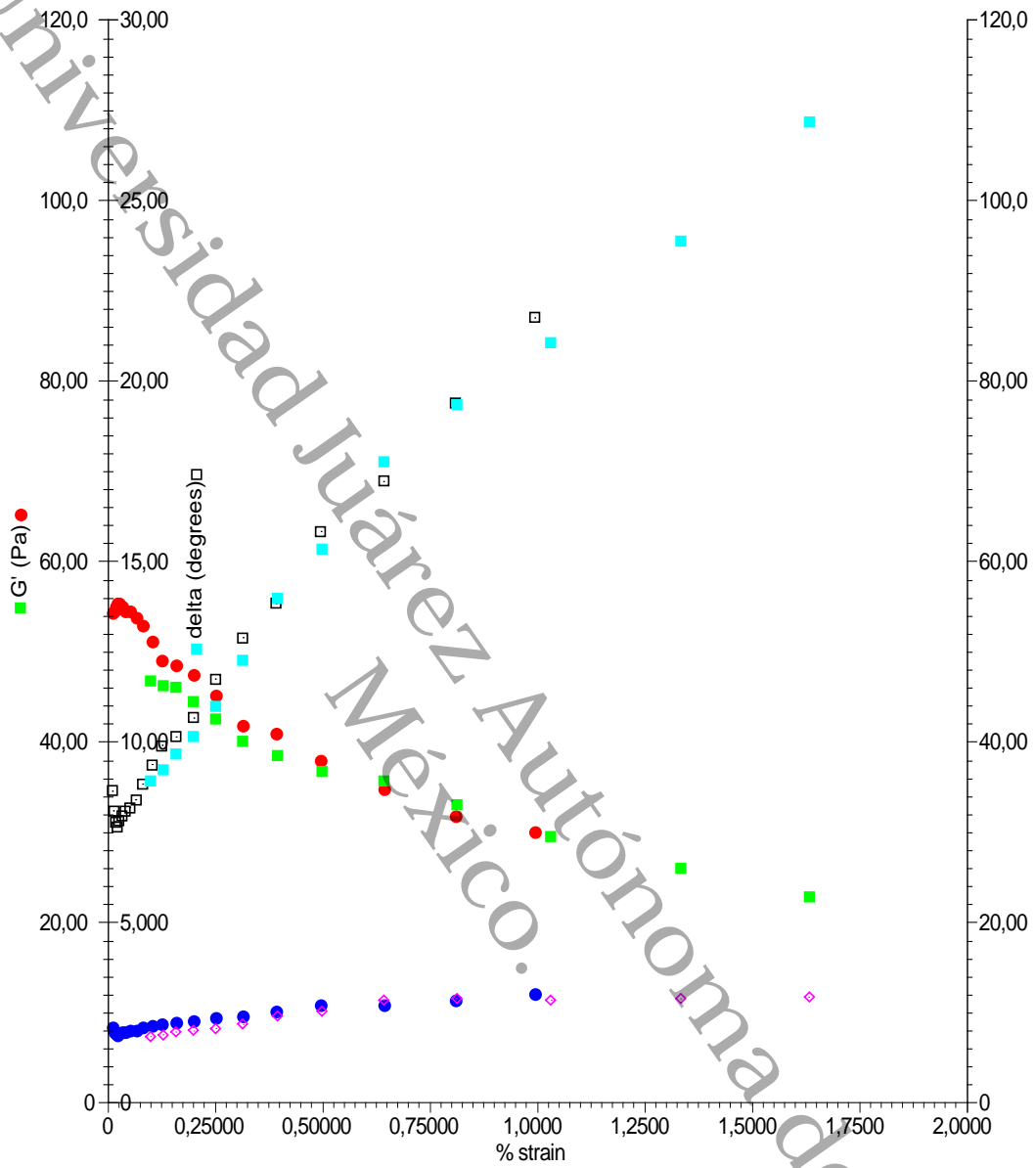
A continuación, se presentan los resultados de las pruebas reológicas, con goma Xantana, considerando como porcentaje de la emulsión 1 por ciento del total.

Tabla 5. Resultados de emulsión con goma Xantana.

<b>Frecuencia</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Presión</b>	<b>strain</b>	<b>Delta</b>	<b>G'</b>	<b>G''</b>
<i>rad/sec</i>	<i>°C</i>	<i>s</i>	<i>Pa</i>		<i>degrees</i>	<i>Pa</i>	<i>Pa</i>
6,283	25	39	4,51E-02	9,90E-04	8,935	46,68	7,339
6,283	25	60	0,05781	1,28E-03	9,236	46,23	7,518
6,283	25	90	0,07103	1,58E-03	9,665	46,05	7,842
6,283	25	119	0,08666	1,99E-03	10,16	44,39	7,957
6,283	25	149	0,1046	2,51E-03	10,96	42,52	8,237
6,283	25	178	0,1237	3,15E-03	12,25	40,01	8,687
6,283	25	208	0,15	3,95E-03	13,95	38,43	9,547
6,283	25	237	0,1813	4,96E-03	15,36	36,79	10,1
6,283	25	276	0,229	6,40E-03	17,75	35,59	11,39

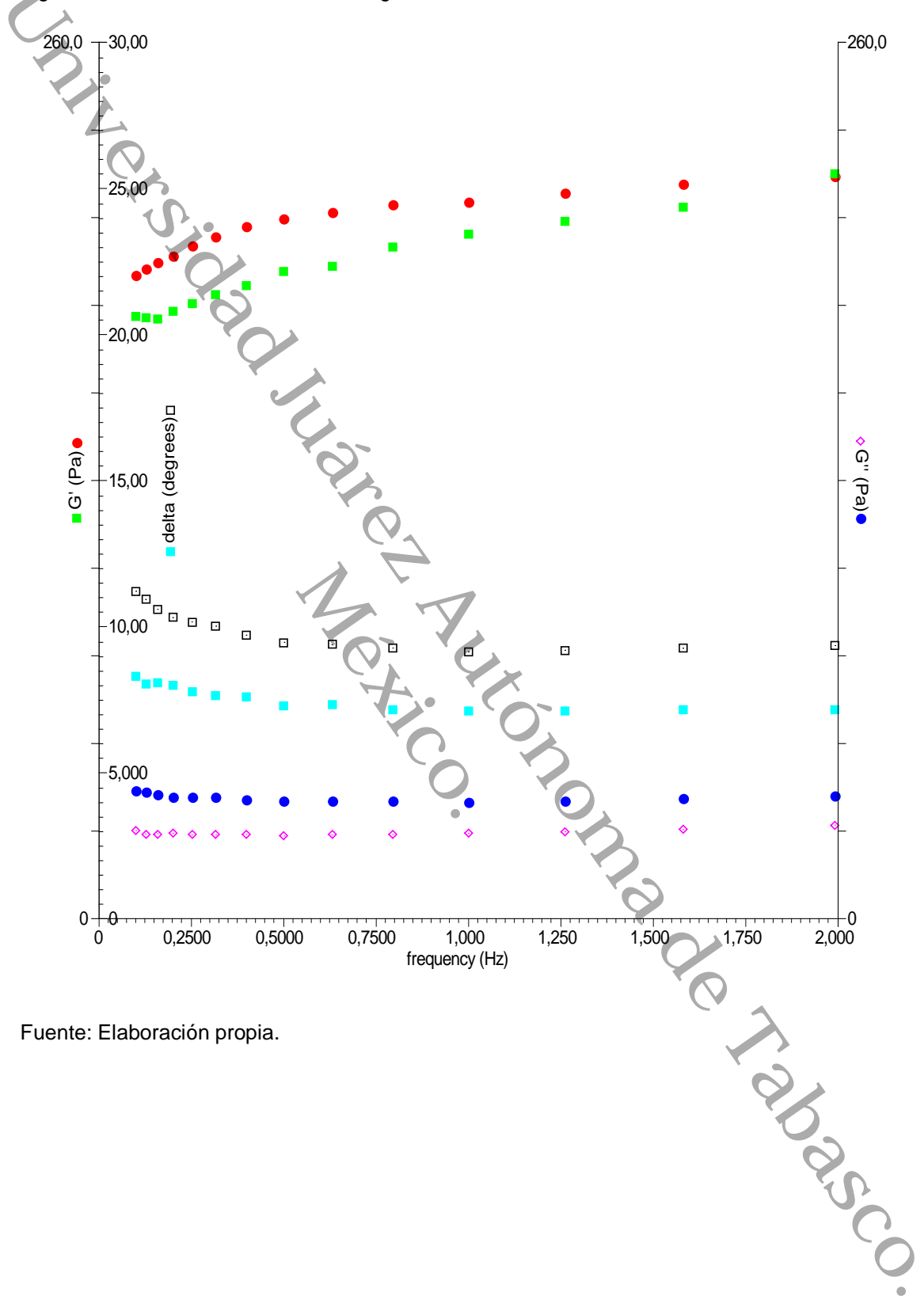
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Strain en emulsión con goma Xantana al 1%.



Fuente: Elaboración propia.

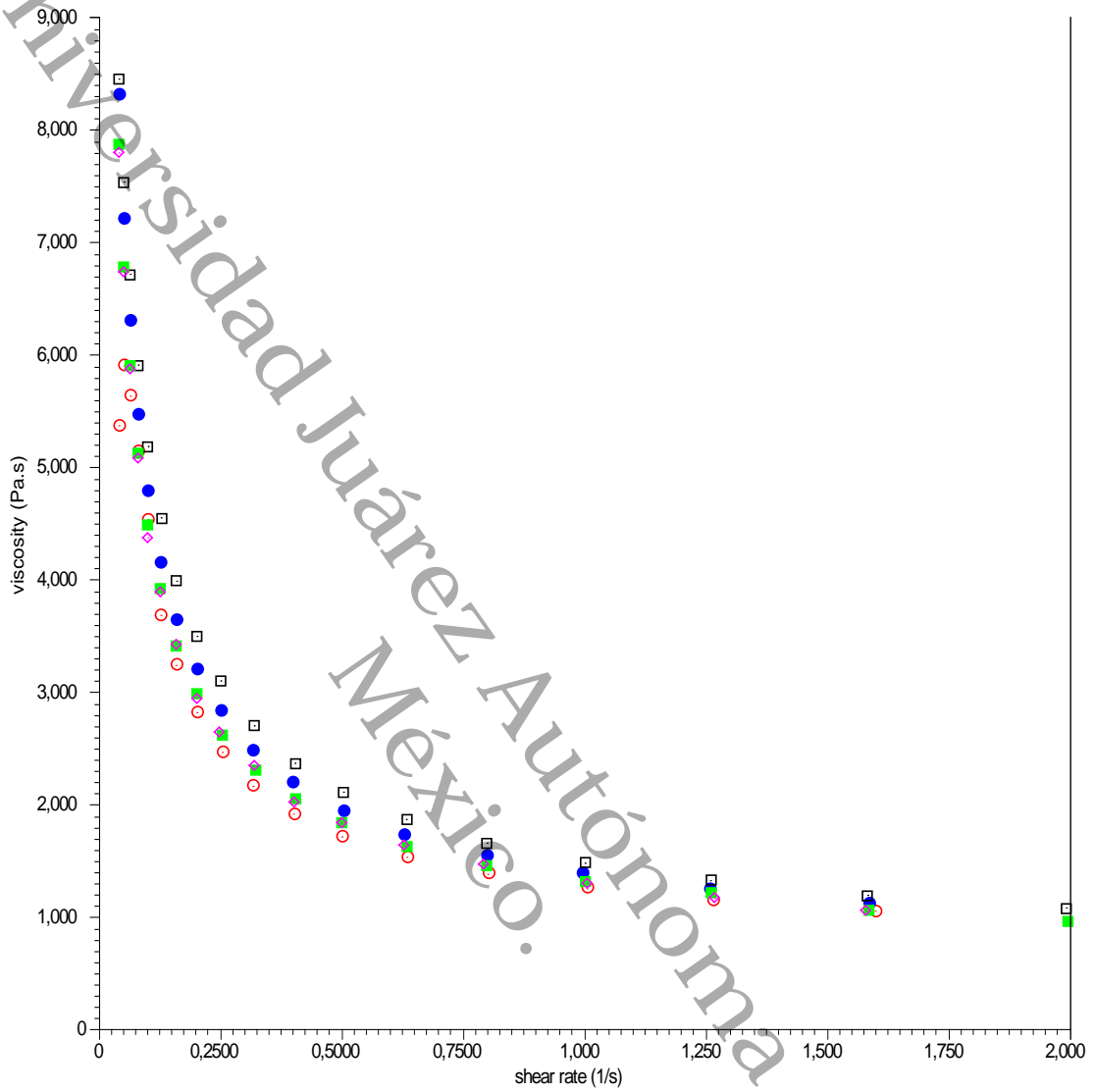
Figura 2. Frecuencia en emulsión con goma Xantana al 1%.



Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Viscosidad en emulsión con goma Xantana al 1%.



Fuente: Elaboración propia.

Los valores más altos correspondientes a esta etapa fueron para la emulsión con goma Xantana y concentración al 1% habiendo demostrado las mejores características de estabilización y viscosidad esperadas.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## CONCLUSIONES

Como se comprendió en esta investigación, las emulsiones guardan relación directa con la química, por ello es un tipo de sistema disperso que se compone por la homogeneización o dispersión de dos o más fluidos no miscibles o fases líquidas, en las que una de ellas se distribuye de forma discontinua en el seno de la otra, las cuales se conocen respectivamente como fase dispersa y fase continua. El análisis de las emulsiones abre la oportunidad de su aplicación en distintas áreas de la ciencia como en la alimenticia.

En Tabasco, la producción del coco da lugar a la realización de estudios que planteen nuevas aplicaciones que beneficien a la sociedad, en este caso, las emulsiones con base en coco pueden ser usadas en la industria alimentaria como materia prima intermedia para la preparación de helados, postres, galletas e incluso bebidas funcionales que nutrimentalmente puedan beneficiar a la población, coadyuvando en el largo plazo en la búsqueda de la seguridad alimentaria. Las grasas saturadas del coco se metabolizan con facilidad y se usan como fuente de energía en lugar de almacenarse en forma de grasa. El cuerpo lo usa para la conservación de la tensión muscular, indispensable para la defensa contra las variaciones cancerígenas de las células, por lo tanto los alimentos ricos en magnesio como el coco formarán parte de las dietas anticancer.

El gobierno del Estado de Tabasco, ha emprendido en los últimos años la tarea de tecnificar el campo, como por ejemplo por medio de la agroindustria. En los últimos años, se ha intensificado la producción de la palma de aceite, sin embargo, es necesario replantear la forma en que se producen otras especies como el coco, la naranja y la pimienta. Por ello, los resultados de los estudios

realizados al coco pueden usarse para transformarlo a través de la creación de una agroindustria.

Por último, los estudios reológicas al coco, arrojaron que la goma Xantana a 1% de concentración, resultó la mejor alternativa para fines de lograr la estabilización de la emulsión de coco, con un efecto menor en su viscosidad, habiendo demostrado las mejores características de estabilización y viscosidad esperadas.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ariza, F., & al., e. (2001). *Mejoramiento del cultivo en el Estado de Guerrero*. Chilpancingo, Guerrero: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Barrere, R. (2009). *La investigación en ciencia y tecnología de alimentos en Iberoamérica situación actual y tendencias*. México: ricyt.
- Braun, D., & Rosen, M. (2000). *Reology Modifiers Handbook*. EUA: Edit Noves Publications.
- Braun, D., & Rosen, M. (2000). *Reology Modifiers Handbook*. EUA: Edit Noves Publications.
- Chavarrias, M. (8 de abril de 2009). *Eroski Consumer*. Obtenido de Los avances en tecnología alimentaria y su repercusión social f: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2009/04/08/184560.php>
- Chavarrias, M. (5 de septiembre de 2012). *Ciencia y alimentos*. Obtenido de Eroski Consumer: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2012/09/05/212905.php>
- Chow, K. (1992). *Fatty acids in foods and their health implications*. USA: Marcel Dekker.
- CONACYT. (2015). *CONACYT PRENSA*. Recuperado el 18 de marzo de 2017, de En torno al cocotero se desarrollan industrias de gran impacto: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/economia/128-en-torno-al-cocotero-se-desarrollan-industrias-de-gran-impacto>
- Connor, W. (2000). Importance of n-3 fatty acids in health disease. *am j clin nutr*, 171-175.

- Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología. (13 de noviembre de 2013). *Conect@2*. Obtenido de ¿Ciencia en los alimentos?: <http://www.copocyt-divulgacion.gob.mx/conecta2/index.php/16-sabias-que/68-ciencia-alimentos>
- Curiel, A. (1992). *Potencial de aprovechamiento de palma real (sabal mexicana) en un conjunto predial de Amatepec, México*. Chapingo: DICIFO.
- Disalvo, E. (2012). *Universidad Nacional de La Plata*. Obtenido de Maestría en Tecnología e Higiene de Alimentos: <https://www.biol.unlp.edu.ar/alimentos/asignatura-13.htm>
- Enciclopedia culturalia. (2015). *Cual es el significado de fisicoquímica*. Recuperado el 18 de marzo de 2017, de <https://edukavital.blogspot.mx/2013/04/fisicoquimica-definicion-de.html>
- Enfasis alimentacion. (10 de abril de 2012). *Enfasis alimentacion*. Obtenido de La industria de alimentos en México: <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/63590-la-industria-alimentos-mexico>
- FAO. (1997). *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO. (2010). *La ciencia a favor de los alimentos inocuos*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Fernández Arteaga, A. (2006). *Preparación, caracterización y estabilidad de emulsiones y microemulsiones O/W*. Granada: Universidad de Granada.
- Fundación Produce. (2003). *Memoria del Foro para el Sistema-Producto Coco*. Villahermosa: Fundación Produce.

- García Colín Scherer, L. (2001). El desarrollo de la química en México: físico-química y áreas afines. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 123-127.
- Granados Sánchez, D., & López Ríos, G. (2002). Manejo de la palma de coco (cocos nucifera L) en México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 39-48.
- Guerrero Gonzalez, J., & et. al. (2015). Consumo de subproductos del coco en industrias de México. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, IV(8).
- Guerrero Quiroga, D. A., & et. al. (2005). COMPORTAMIENTO FISICOQUÍMICO Y REOLÓGICO DE EMULSIONES DE COCO (Cocos nucifera) PARA SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA. *Semana de Dovulgación y Video Científico*, 216-221.
- Heldman, D., & Singh, R. (1993). *Introduction to food engineering*. USA: Elsevier.
- Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2003). *Metodología de la Investigación*. Mexico, D.F.: McGraw-Hill.
- Hoevel, M. (22 de noviembre de 2013). *Seguridad alimentaria: hechos y cifras*. Obtenido de Scidev: <http://www.scidev.net/americas-latina/seguridad-alimentaria/especial/seguridad-alimentaria-hechos-y-cifras.html>
- Howard, F. (1987). *Myndus Crudus (Homoptera: Cixiidae), a vector of lethal yellowing of palms*. Florida: Universidad of Florida.
- Industria alimenticia. (22 de abril de 2015). *México ocupa el tercer lugar en producción de alimentos en Latinoamérica*. Obtenido de Industria alimenticia: <http://www.industriaalimenticia.com/articles/87757-mxico-ocupa-el-tercer-lugar-en-produccion-de-alimentos-en-latinoamerica>
- Inforural. (17 de marzo de 2017). *Inforural*. Obtenido de Agroindustria en quiebra: <http://www.inforural.com.mx/agroindustria-en-quiebra/>

- Kabara , J. (2000). A health oil for the next millennium. *inform*, 123-126.
- Kosegarten-Conde, C. E., & Jimenéz Munguía, M. T. (2012). Factores principales que intervienen en la estabilidad de una emulsión doble. *Temas selectos de ingeniería en alimentos*, 1-18.
- Malvern. (2017). *Malvern*. Obtenido de Reología y viscosidad: <http://www.malvern.com/es/products/measurement-type/rheology-viscosity/>
- Menjivar Aleman, J. (2004). *Seminario de graduación: hacer una preparación farmacèutica (crema) a partir de oleorresina extraída del árbol de balsam o de el salvador myroxylon pereirae (royle) klotzsch*. El Salvador: Universidad Dr. José Matias Delgado.
- Mercola, J. (2017). *Aquí Está la Mejor Alternativa para Reemplazar Esos Aceites en Su Cocina*. Obtenido de <http://productos.mercola.com/aceite-de-coco/>
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España. (2013). *Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España*. Obtenido de Cocos nucifera L.: [http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/coco\\_tcm7-315348.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/coco_tcm7-315348.pdf)
- Oro negro. (10 de enero de 2017). *Oro negro*. Obtenido de Avanzan trabajos para crear agroindustria integral del coco: <http://oronegro.mx/2017/01/10/avanzan-trabajos-para-crear-agroindustria-integral-del-coco/>
- Pio Martinez, J. (2013). La ciencia de la nutrición y el control social en México en la primera mitad del siglo XX. *Relaciones* , 225-255.
- Piotrowski, J. (22 de noviembre de 2013). *Scidev*. Obtenido de Ciencia para aumentar alimentos variados y nutritivos: <http://www.scidev.net/americas>



latina/seguridad-alimentaria/especial/ciencia-para-aumentar-alimentos-variados-y-nutritivos.html

QuimiNet. (19 de enero de 2009). *¿Qué es la reología?* Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-la-reologia-33383.htm>

Ramírez de León, J., & Uresti, R. (2013). *Avances de ciencia y tecnología alimentaria en México*. México: Plaza y Valdes.

Rojas, O., & et. al. (2012). *Fundamentos de reología*. Merida, Venezuela: Universidad de los Andes.

Salcedo Gomez, J. G. (1986). *La producción coprera en el Estado de Tabasco*. México: Universidad Autónoma de Chapingo.

Salomón, A. (2005). La industria alimentaria en México. *Comercio Exterior*, 242-257.

Silva Diaz, J. (2014). *Fisicoquímica en la Agroindustria*. Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali.

Spector, A. (1999). *Essentiality of fatty acids lipids*.

Steffe. (1997). *Viscoelastic properties of food*. EUA: Elsevier applied science.

Universidad de Zaragoza. (2017). *Universidad de Zaragoza*. Obtenido de Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos: <http://titulaciones.unizar.es/tecnologia-alimentos/>

Universidad Nacional de Colombia. (27 de noviembre de 2012). *Fisicoquímica de Alimentos*. Obtenido de [http://www.medellin.unal.edu.co/~labcca/index.php?option=com\\_content&view=article&id=7&Itemid=19](http://www.medellin.unal.edu.co/~labcca/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=19)

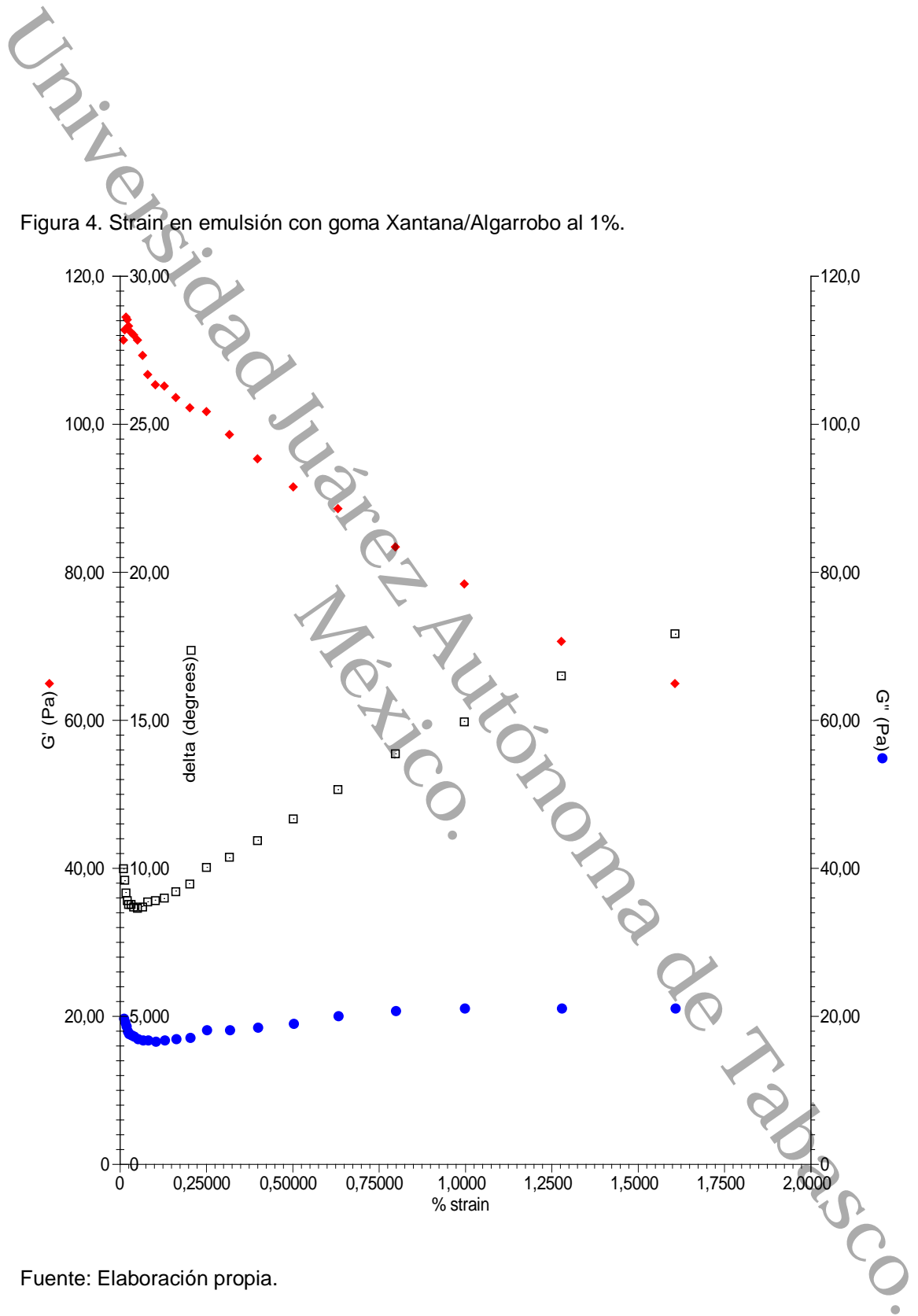
## ANEXOS

### A1. Resultados reológicas de emulsión de coco con Xantana/Algarrobo en 1%.

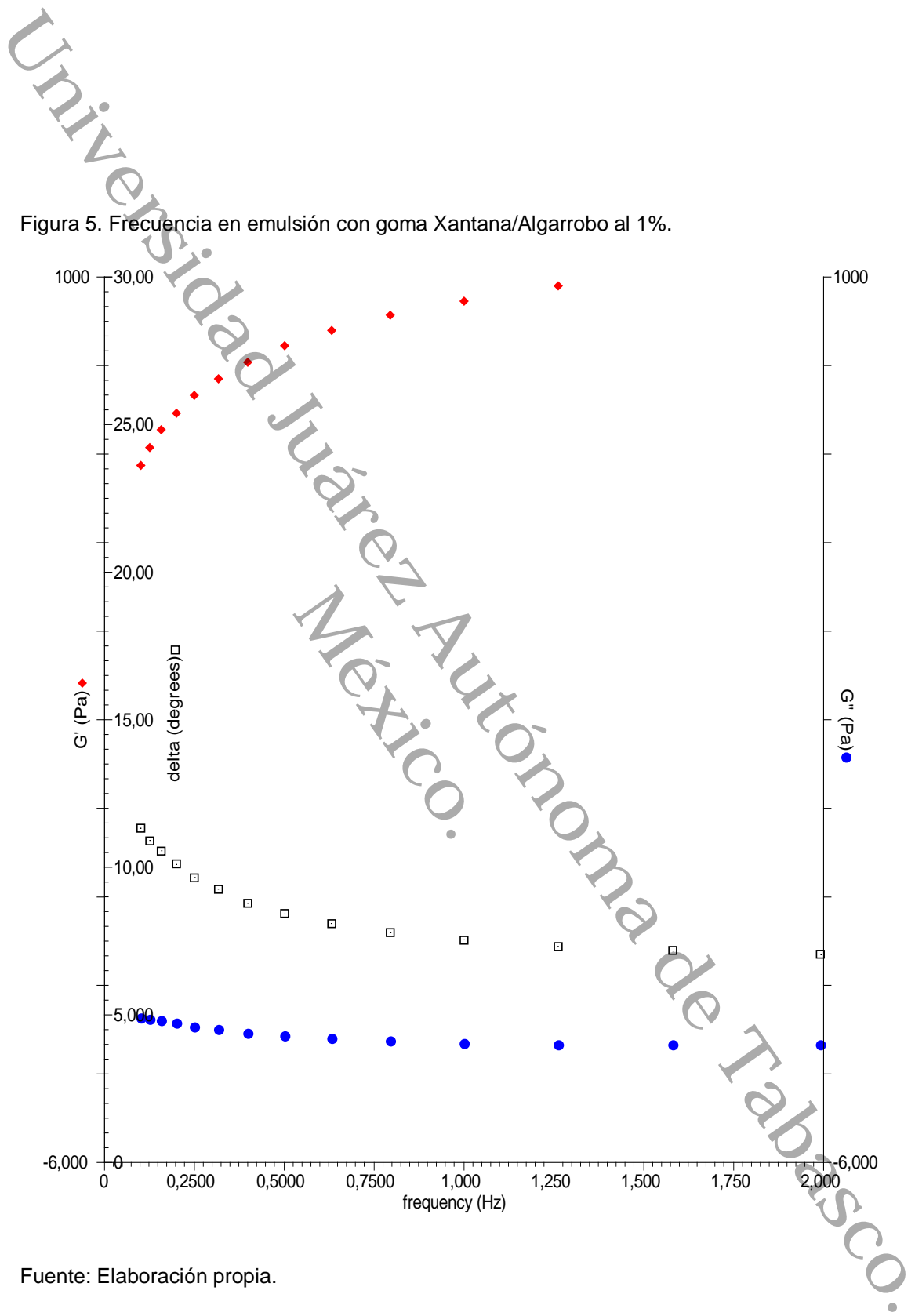
Tabla 6. Resultados de emulsión con gomas Xantana/Algarrobo.

Frecuencia	Temperatura	Tiempo	Presión	strain	Delta	G'	G''
<i>rad/sec</i>	<i>°C</i>	<i>s</i>	<i>Pa</i>		<i>degrees</i>	<i>Pa</i>	<i>Pa</i>
6,283	25	21	1,77E-03	1,97E-04	27,16	9,337	4,791
6,283	25	32	1,77E-03	2,00E-04	27,96	9,129	4,846
6,283	25	43	1,77E-03	1,87E-04	27,21	9,737	5,007
6,283	25	55	1,77E-03	1,89E-04	27,09	9,688	4,956
6,283	25	75	2,49E-03	2,50E-04	26,62	10,26	5,143
6,283	25	96	3,20E-03	3,14E-04	26,52	10,48	5,227
6,283	25	116	4,07E-03	3,86E-04	26,71	10,76	5,411
6,283	25	136	5,36E-03	4,94E-04	26,65	11,04	5,543
6,283	25	157	6,98E-03	6,29E-04	26,61	11,28	5,654

Fuente: Elaboración propia.



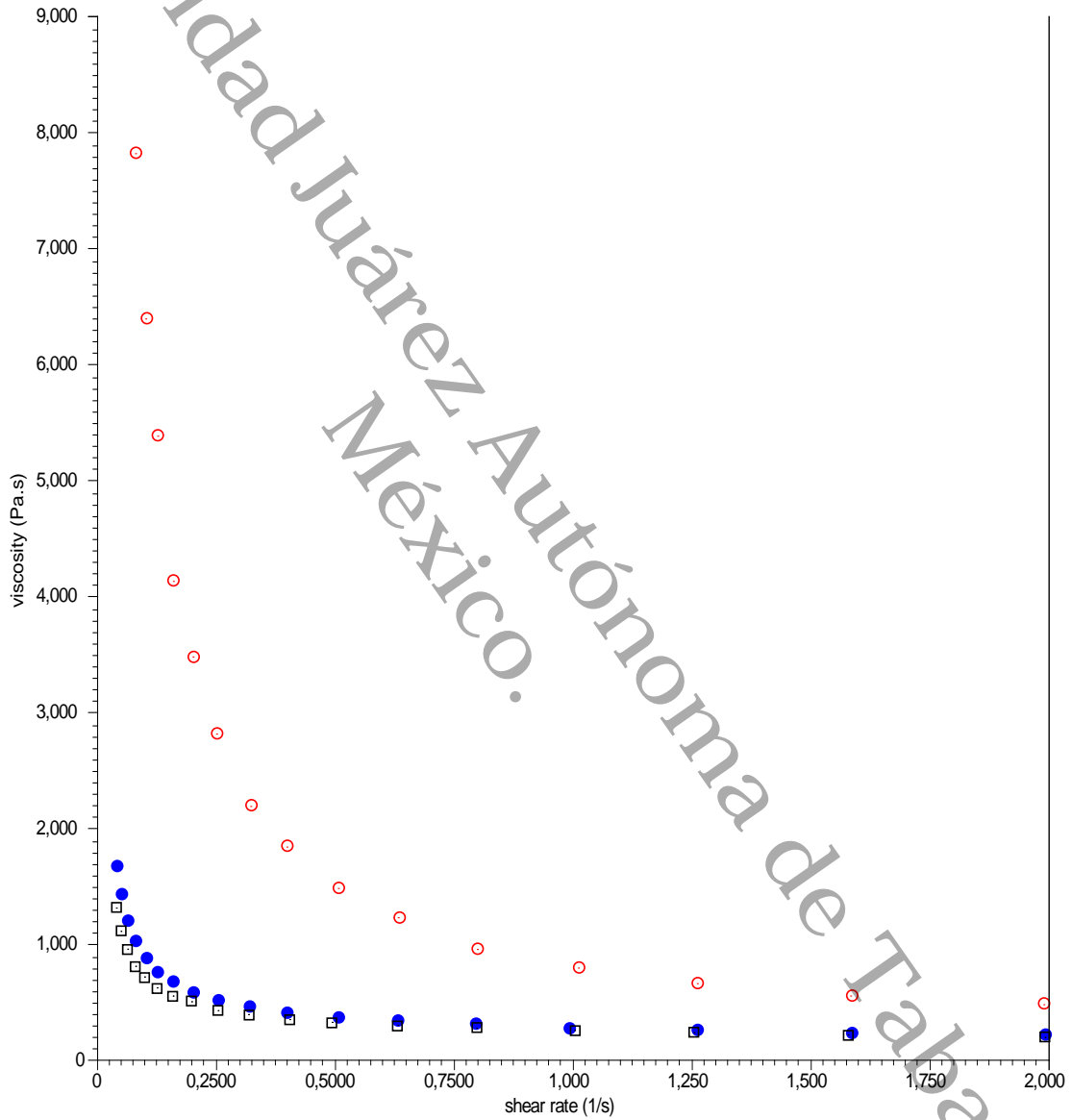
Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Figura 6. Viscosidad en emulsión con goma Xantana/Algarrobo al 1%.



Fuente: Elaboración propia.

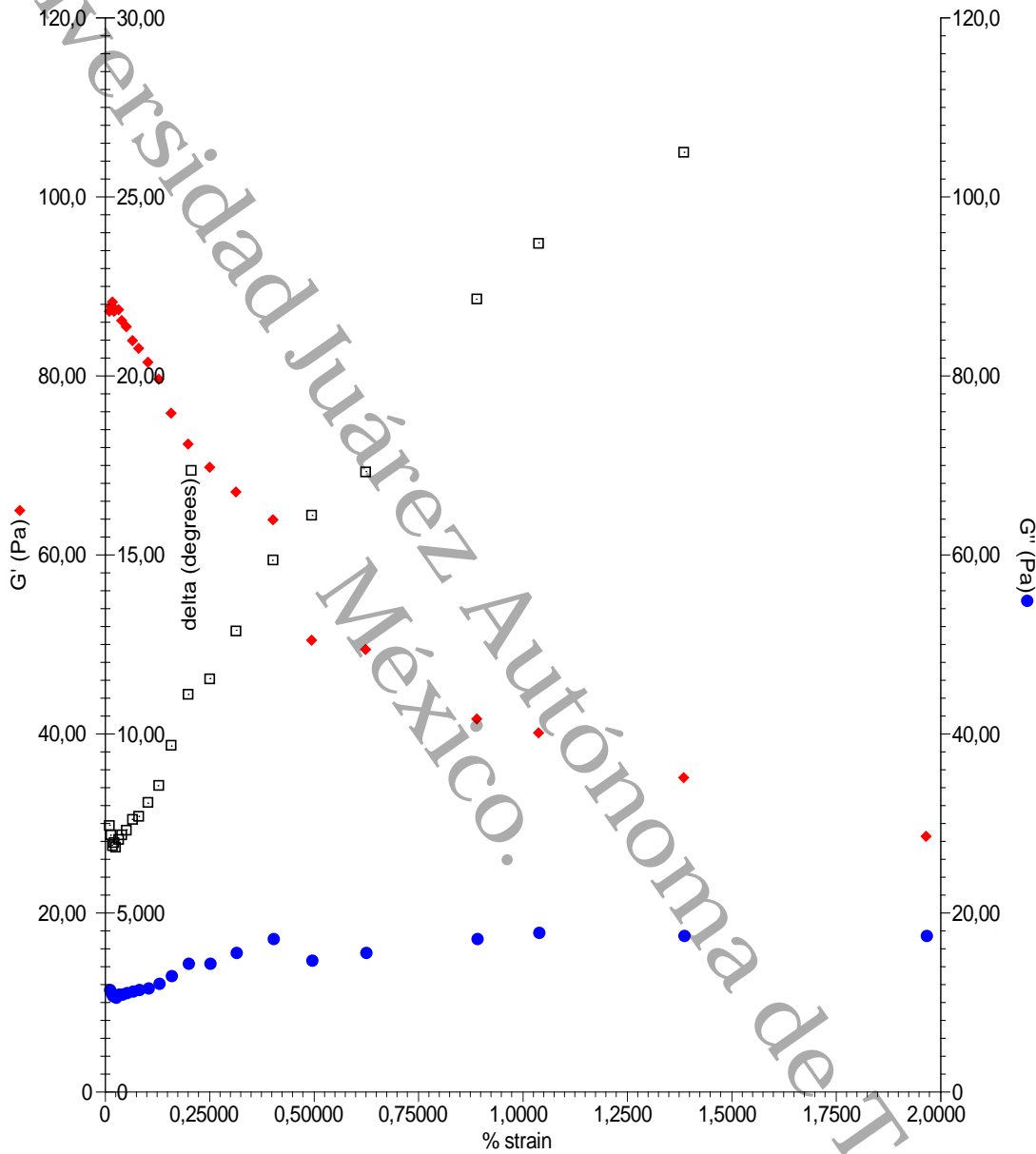
## A2. Resultados reológicas de emulsión de coco al 0%.

Tabla 7. Resultados de emulsión al 0%.

Frecuencia	Temperatura	Tiempo	Presión	strain	Delta	G'	G''
<i>rad/sec</i>	<i>°C</i>	<i>s</i>	<i>Pa</i>		<i>degrees</i>	<i>Pa</i>	<i>Pa</i>
6,283	25	30	1,77E-01	9,70E-05	7,393	1807	234,5
6,283	25	51	2,28E-01	1,24E-04	7,218	1813	229,6
6,283	25	71	2,92E-01	1,62E-04	7,286	1790	228,8
6,283	25	92	3,64E-01	2,03E-04	7,532	1774	234,6
6,283	25	112	4,51E-01	2,59E-04	8,103	1724	245,5
6,283	25	133	5,58E-01	3,31E-04	8,855	1663	259,1
6,283	25	162	6,37E-01	3,95E-04	9,863	1587	275,9
6,283	25	192	7,44E-01	4,91E-04	11,16	1488	293,6
6,283	25	231	8,79E-01	6,49E-04	13,66	1315	319,6

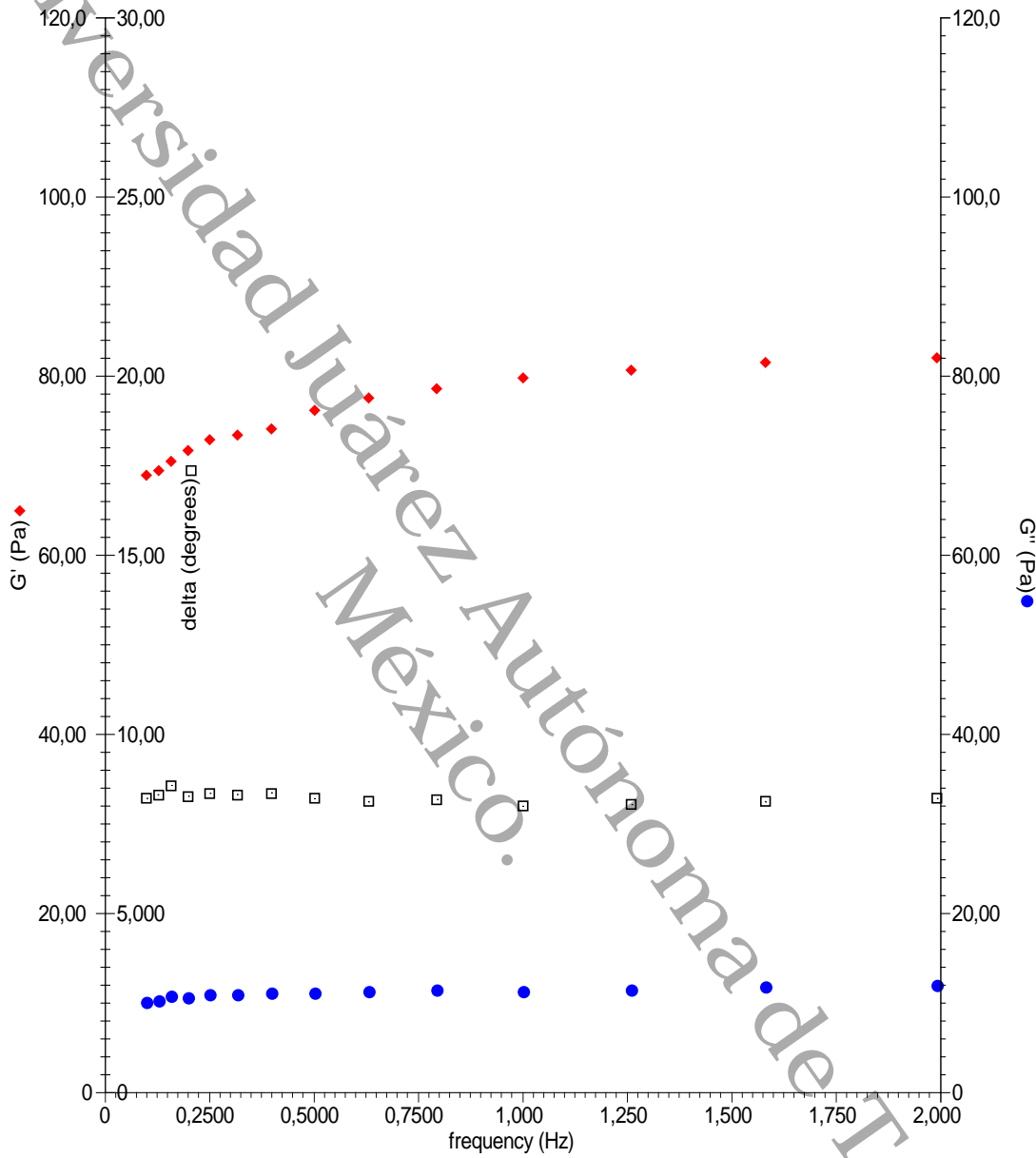
Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Strain en emulsión al 0%.



Fuente: Elaboración propia.

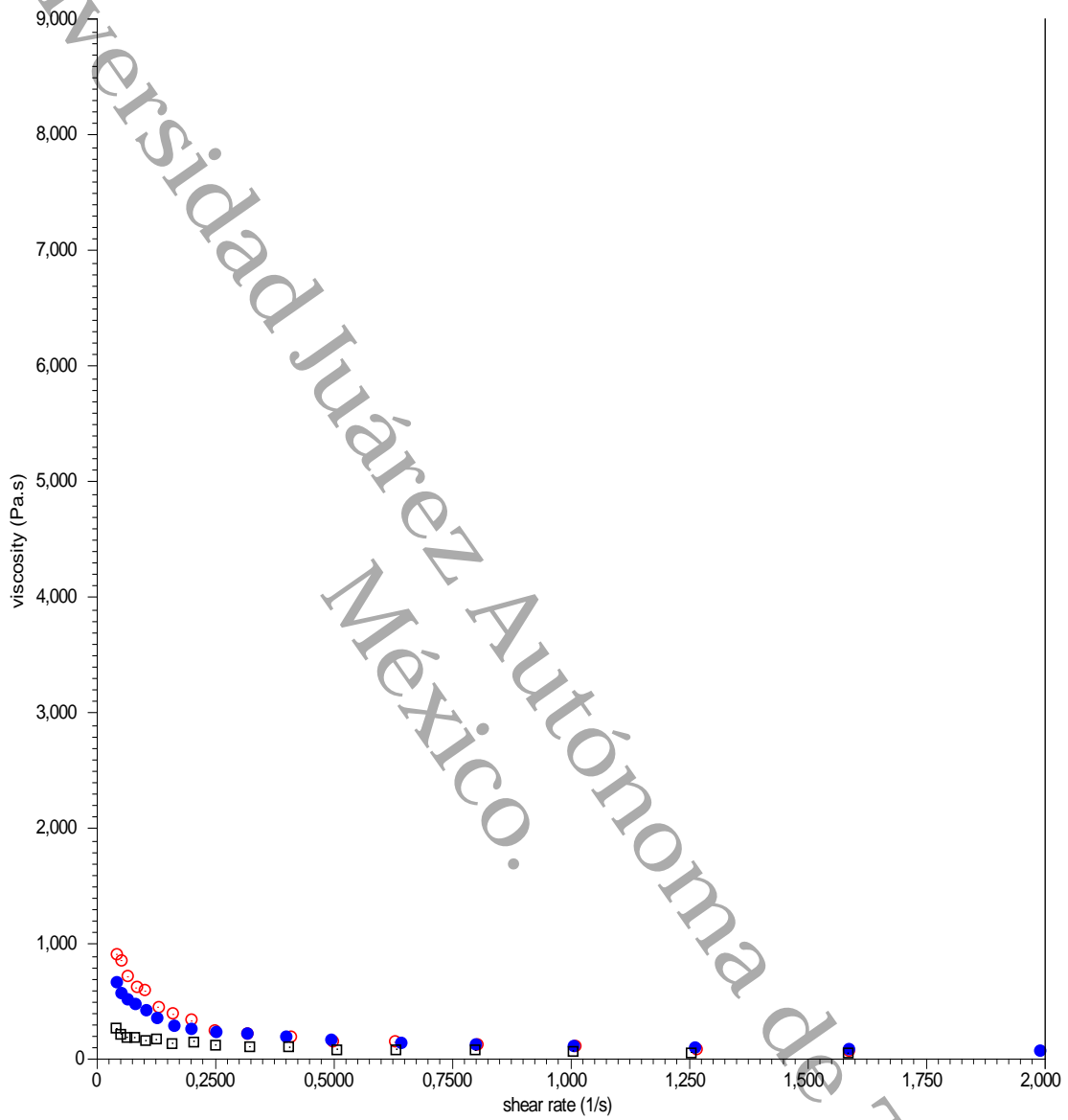
Figura 8. Frecuencia en emulsión al 0%.



Fuente: Elaboración propia.



Figura 9. Viscosidad en emulsión al 0%.



Fuente: Elaboración propia.

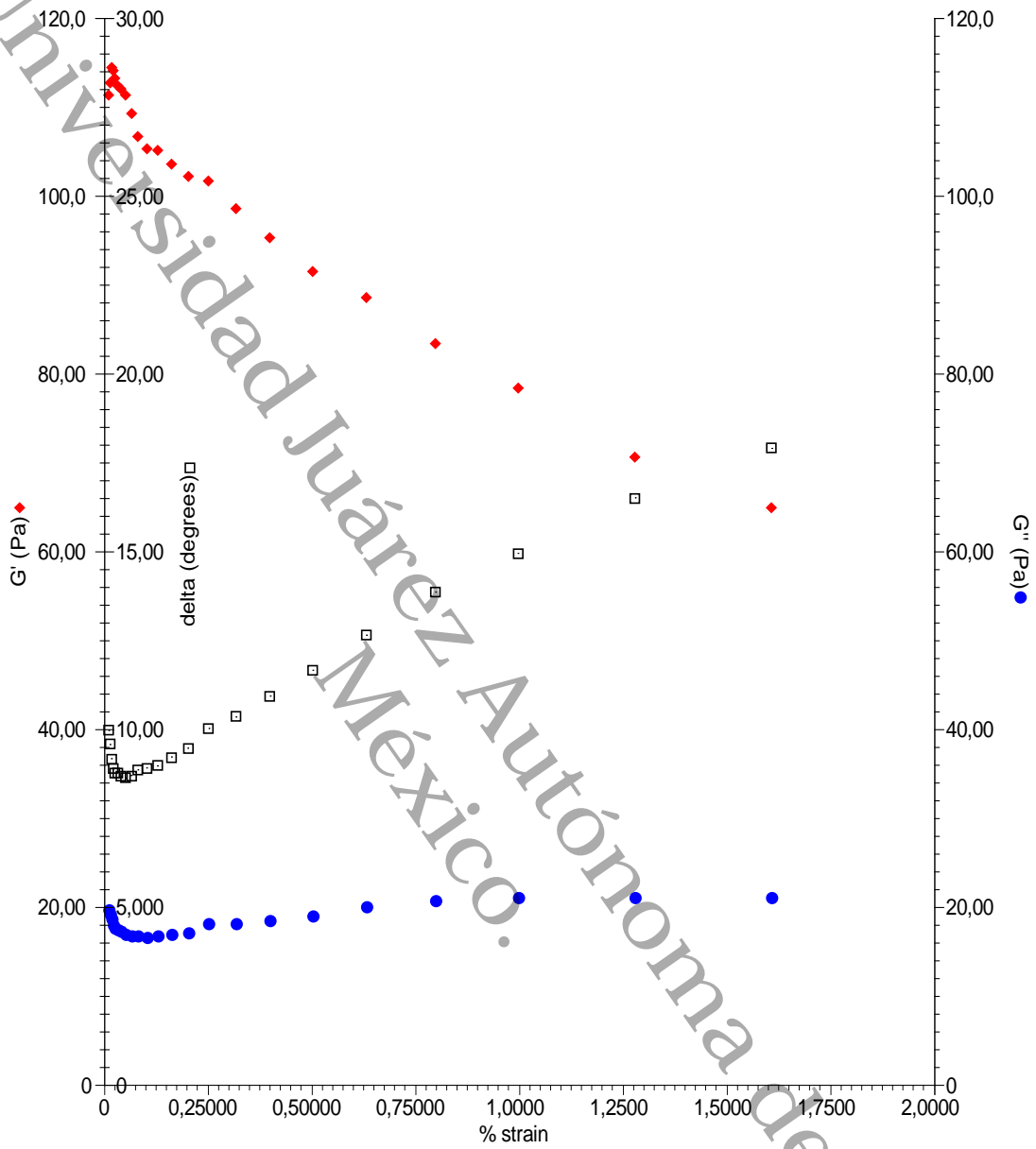
### A3. Resultados reológicas de emulsión de coco con algarrobo en 1%.

Tabla 8. Resultados de la emulsión con goma de algarrobo.

Frecuencia	Temperatura	Tiempo	Presión	strain	Delta	G'	G''
<i>rad/sec</i>	<i>°C</i>	<i>s</i>	<i>Pa</i>		<i>degrees</i>	<i>Pa</i>	<i>Pa</i>
6,283	25	20	0,01113	9,98E-05	9,98	111,3	19,59
6,283	25	41	0,01477	1,31E-04	9,587	112,8	19,05
6,283	25	61	0,01853	1,62E-04	9,186	114,6	18,53
6,283	25	82	0,02284	2,00E-04	8,915	114,2	17,92
6,283	25	102	0,02862	2,53E-04	8,782	113,2	17,49
6,283	25	122	0,03562	3,17E-04	8,804	112,5	17,43
6,283	25	143	0,04493	4,02E-04	8,694	112	17,13
6,283	25	163	0,05623	5,06E-04	8,641	111,4	16,93
6,283	25	184	0,06953	6,38E-04	8,718	109,2	16,75

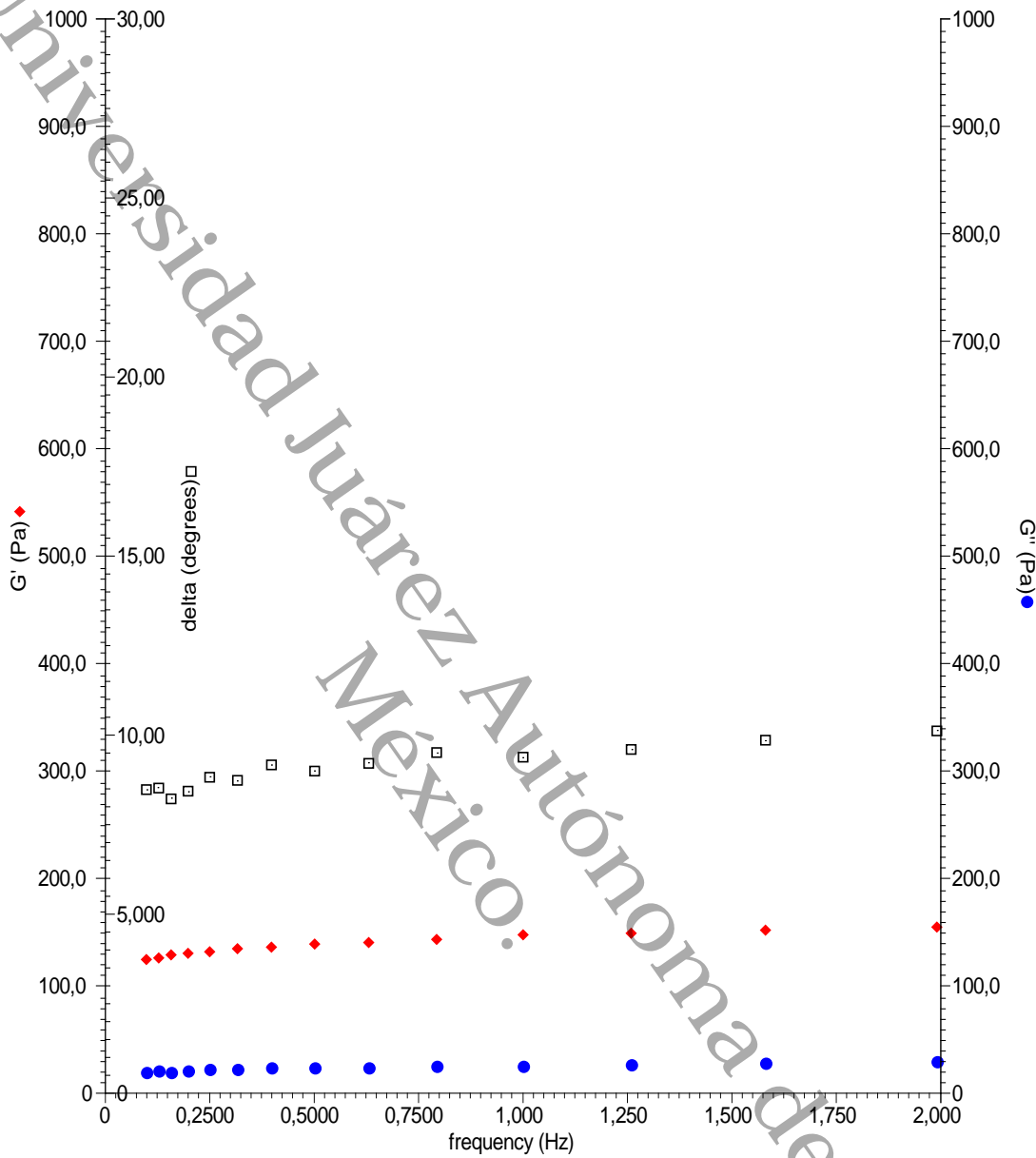
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Strain con emulsión con algarrobo al 1%.



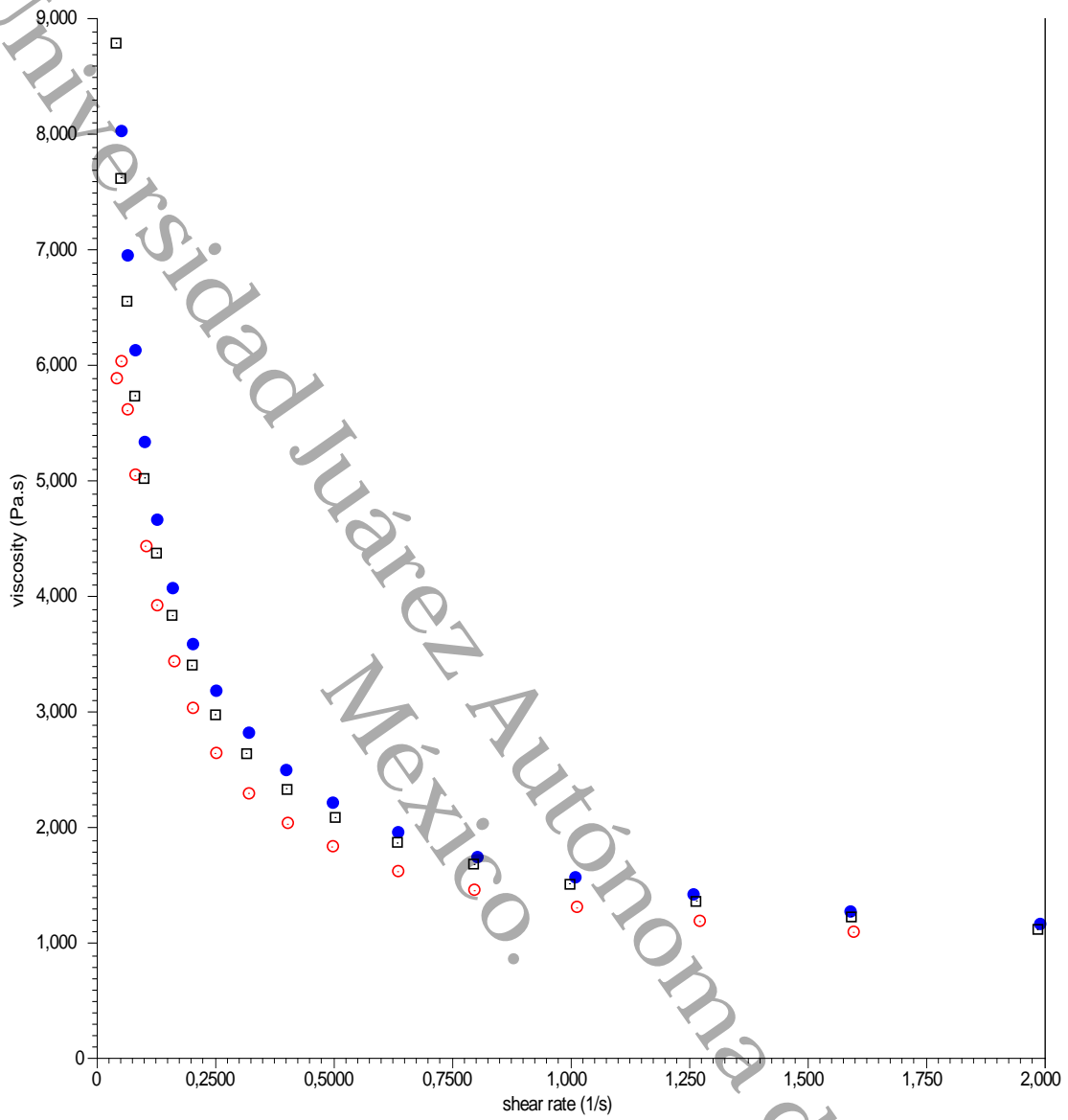
Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Frecuencia en emulsión con algarrobo al 1%.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Viscosidad de emulsión con algarrobo al 1%.



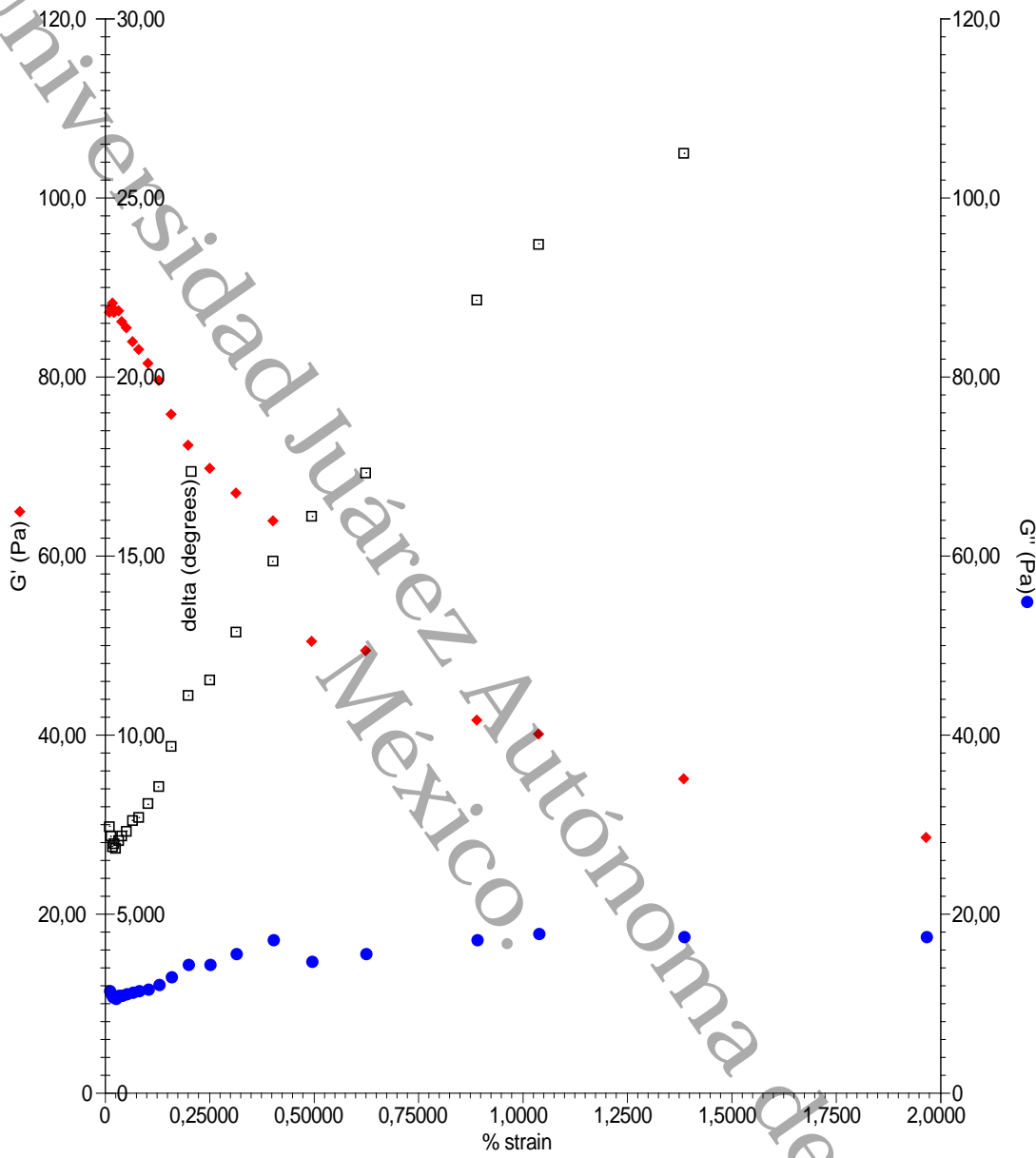
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Resultados de emulsión con goma Guar.

<b>Frecuencia</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Presión</b>	<b>strain</b>	<b>Delta</b>	<b>G'</b>	<b>G''</b>
<i>rad/sec</i>	<i>°C</i>	<i>s</i>	<i>Pa</i>		<i>degrees</i>	<i>Pa</i>	<i>Pa</i>
6,283	25	21	9,36E-03	1,06E-04	7,617	89,08	11,91
6,283	25	41	0,01053	1,27E-04	7,461	83,52	10,94
6,283	25	62	0,01294	1,55E-04	5,906	84,56	8,748
6,283	25	82	0,01696	1,95E-04	7,296	87,68	11,23
6,283	25	112	0,01651	2,42E-04	6,943	69,23	8,429
6,283	25	132	0,02162	3,05E-04	6,613	72,08	8,357
6,283	25	153	0,02886	3,97E-04	6,477	73,81	8,38
6,283	25	173	0,03686	5,02E-04	6,64	74,52	8,674
6,283	25	193	0,04572	6,27E-04	6,574	74,1	8,539

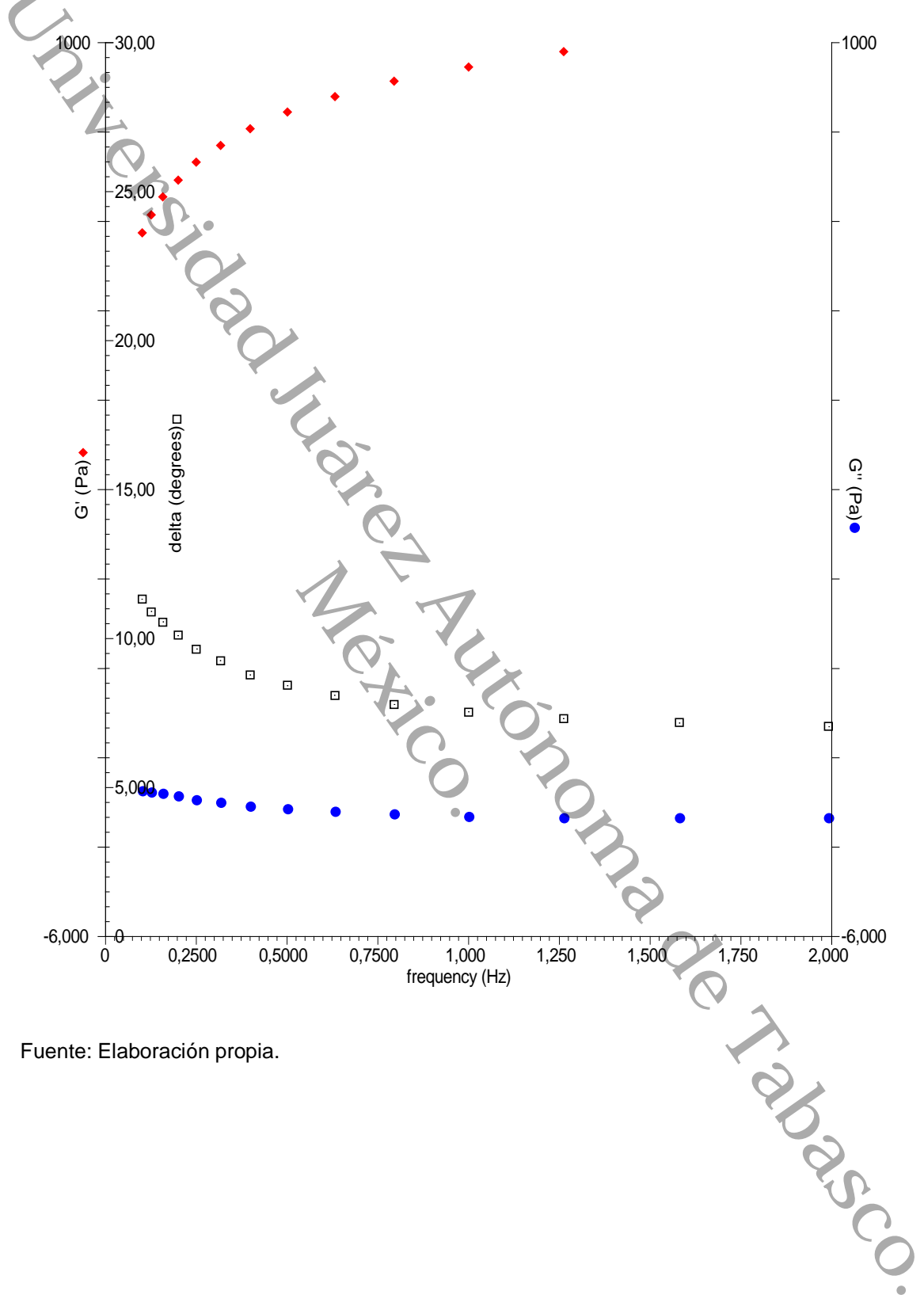
Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Strain en emulsión con goma Guar al 1%.



Fuente: Elaboración propia.

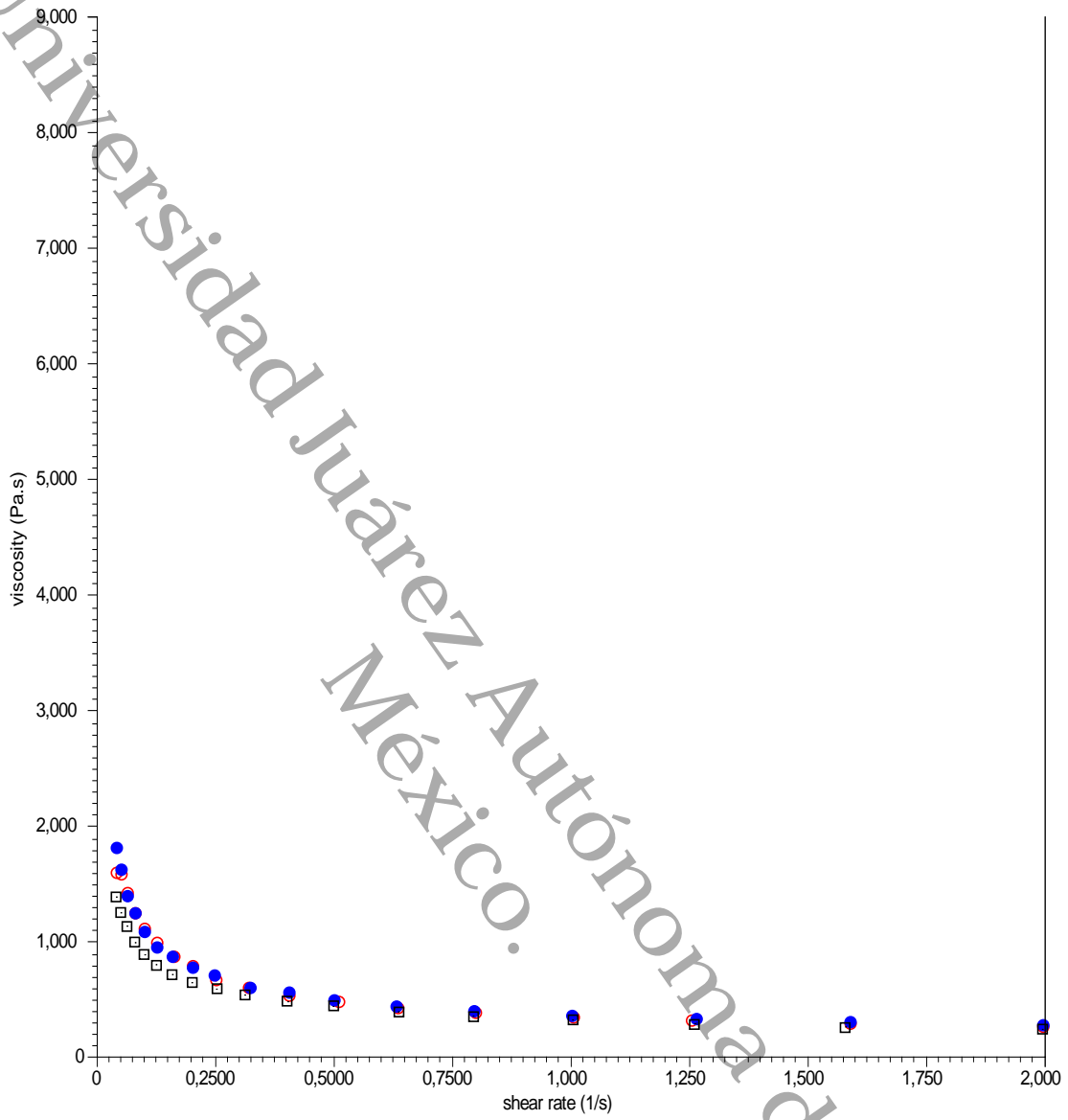
Figura 14. Frecuencia en emulsión con goma Guar al 1%.



Fuente: Elaboración propia.



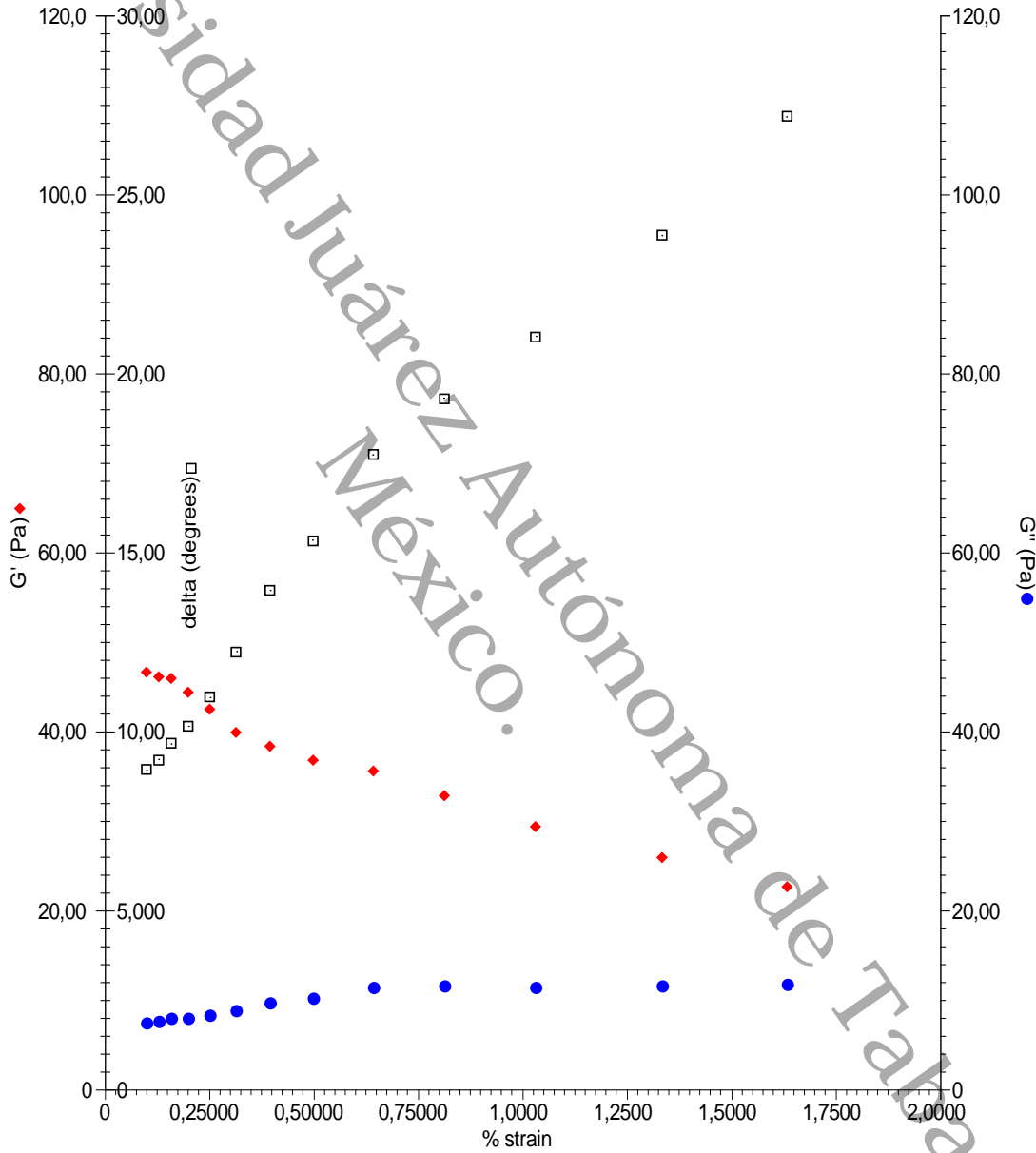
Figura 15. Viscosidad en emulsión con goma Guar al 1%.



Fuente: Elaboración propia.

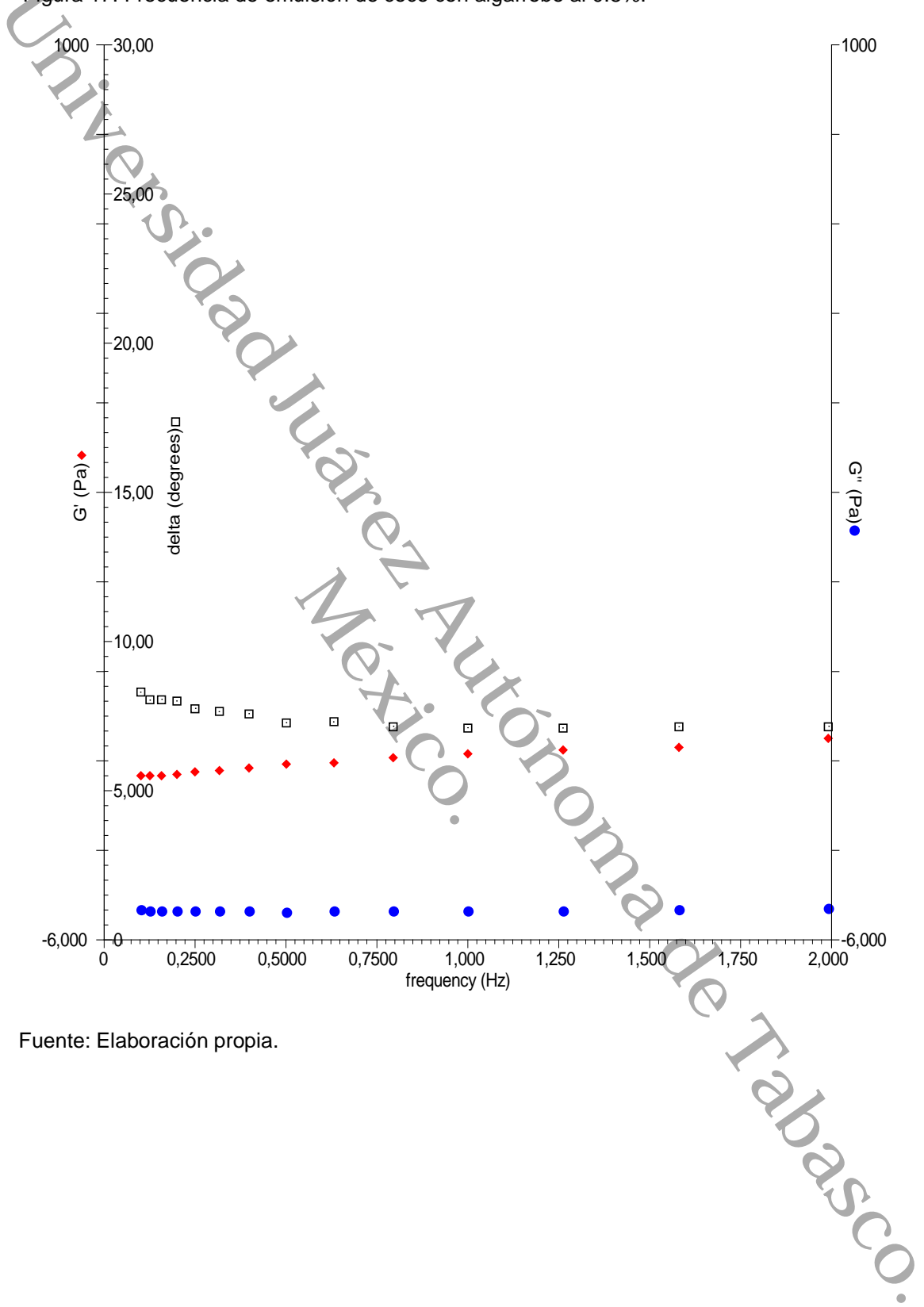
# A1. Resultados reológicas de emulsión de coco con algarrobo en menos de 1%.

Figura 16. Strain de emulsión de coco con algarrobo al 0.8%.



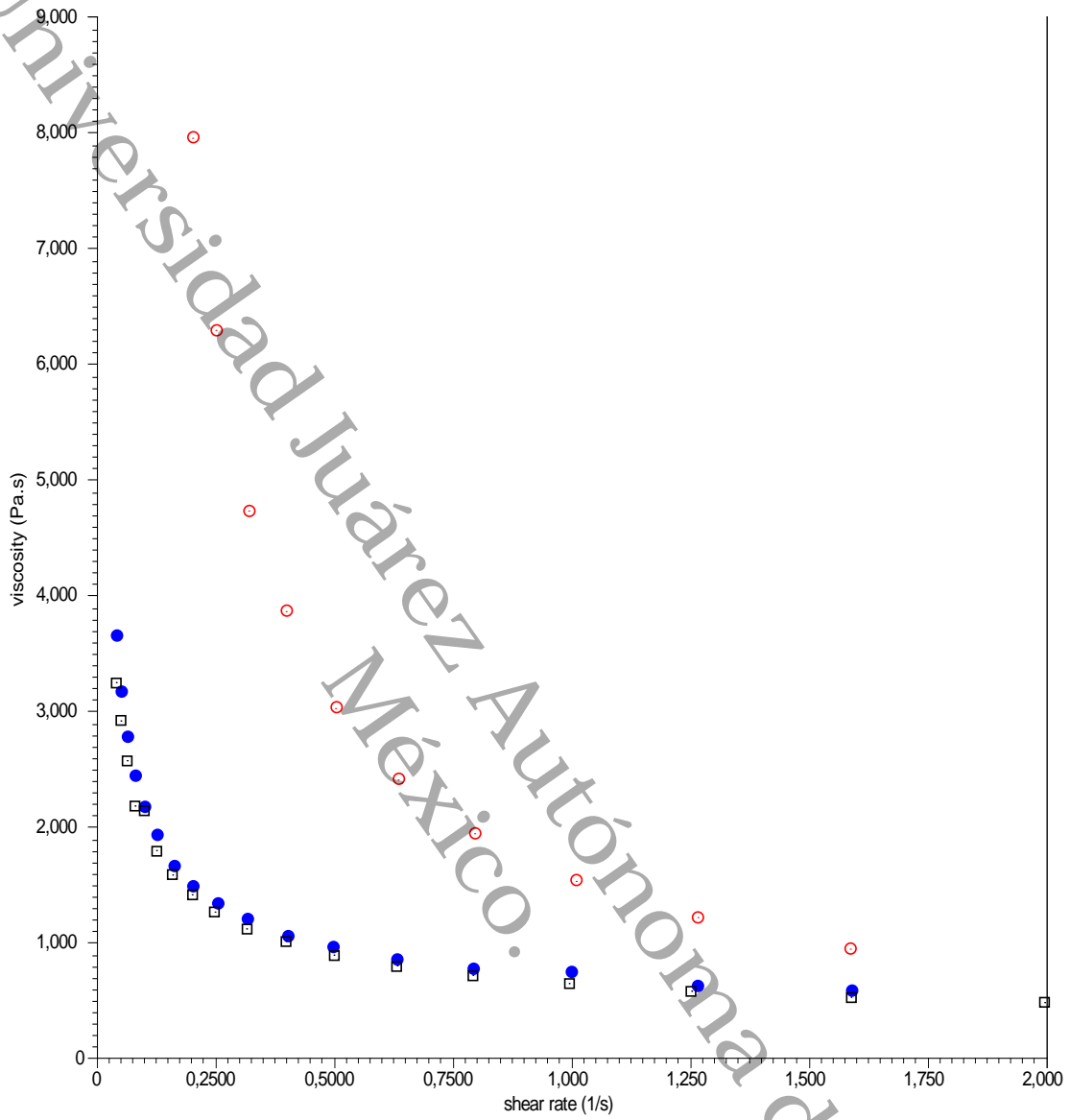
Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Frecuencia de emulsión de coco con algarrobo al 0.8%.



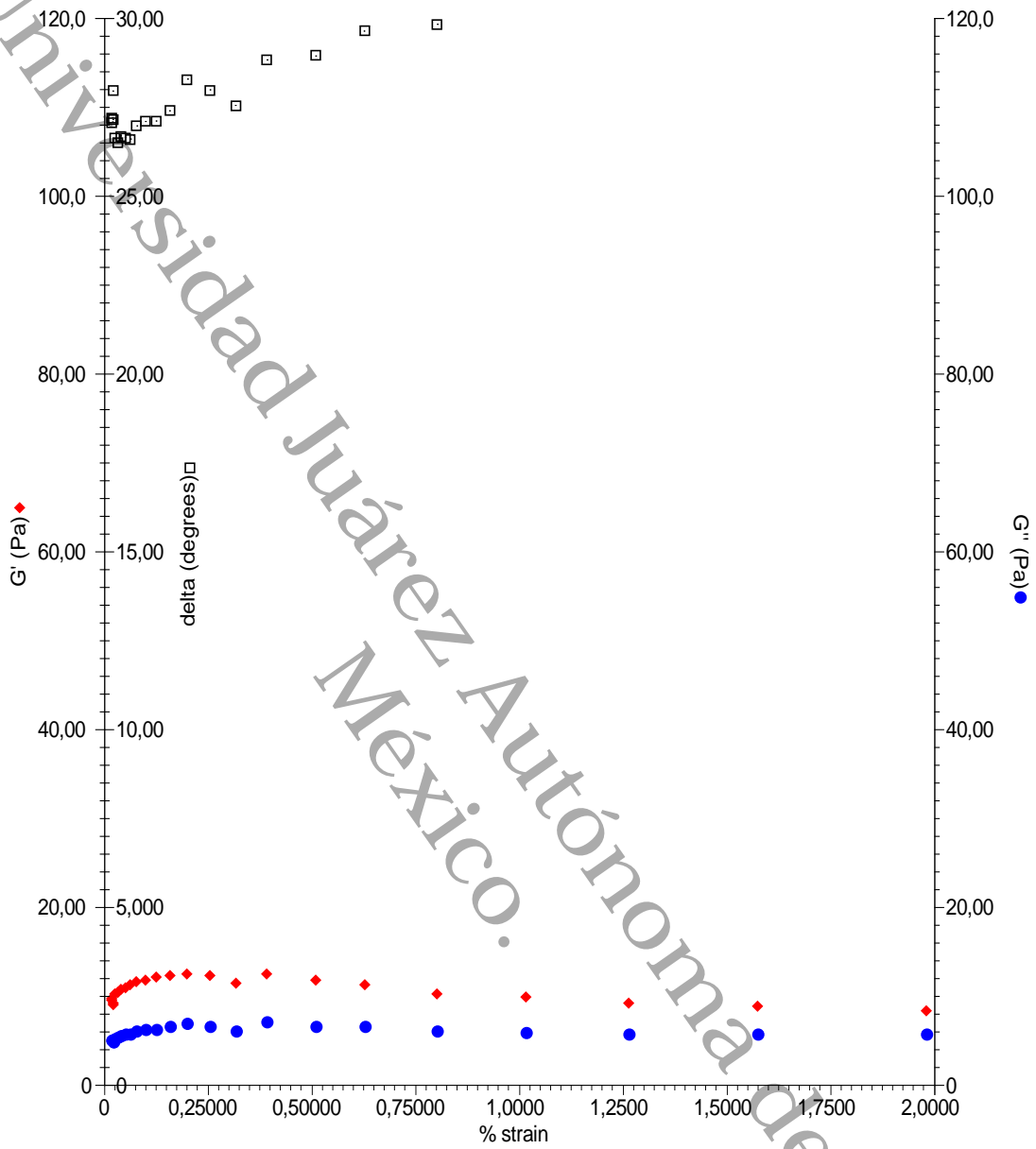
Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Viscosidad de emulsión de coco con algarrobo al 0.8%.



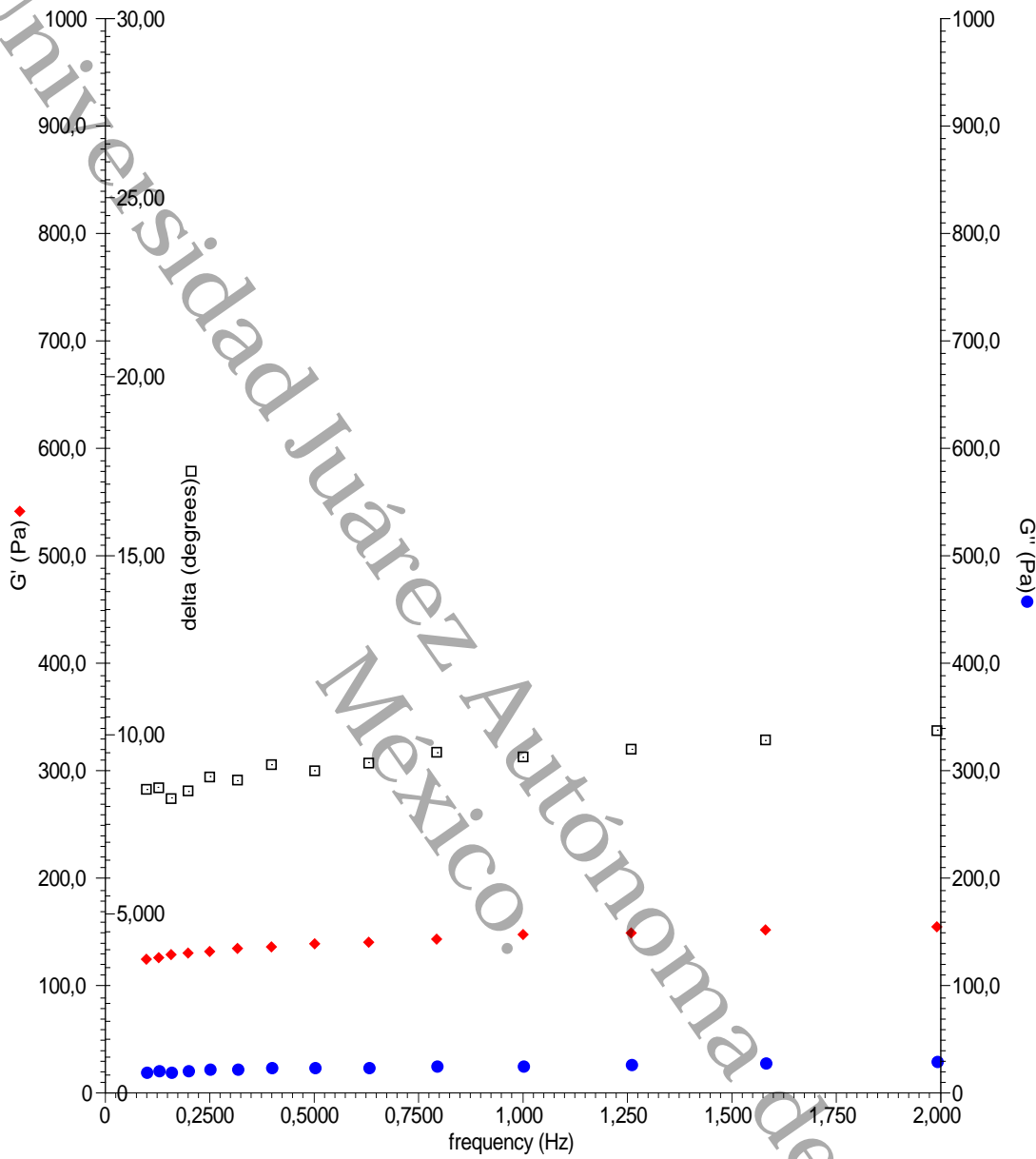
Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Strain de emulsión de coco con algarrobo al 0.6%.



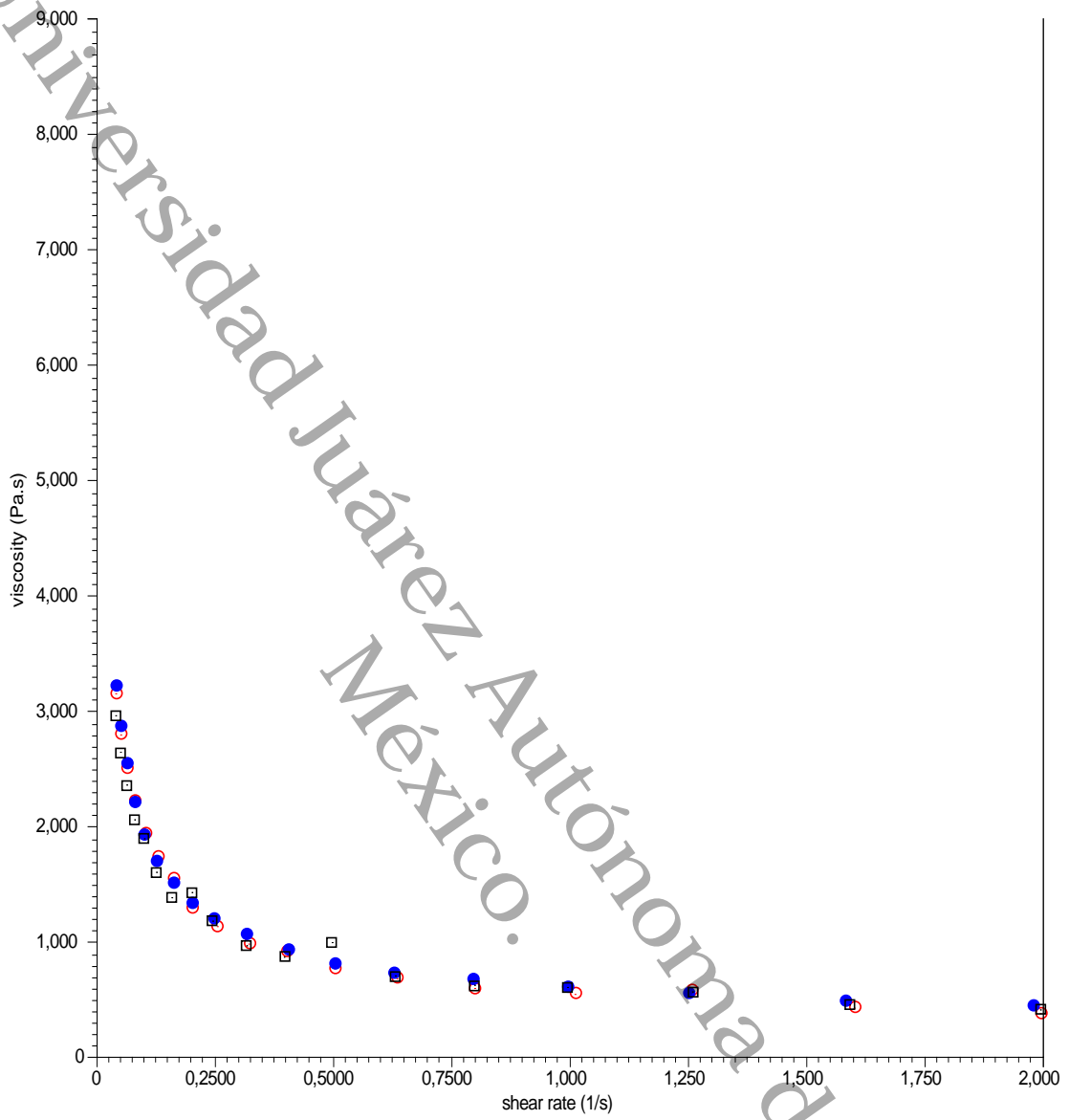
Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Frecuencia de emulsión de coco con algarrobo al 0.6%.



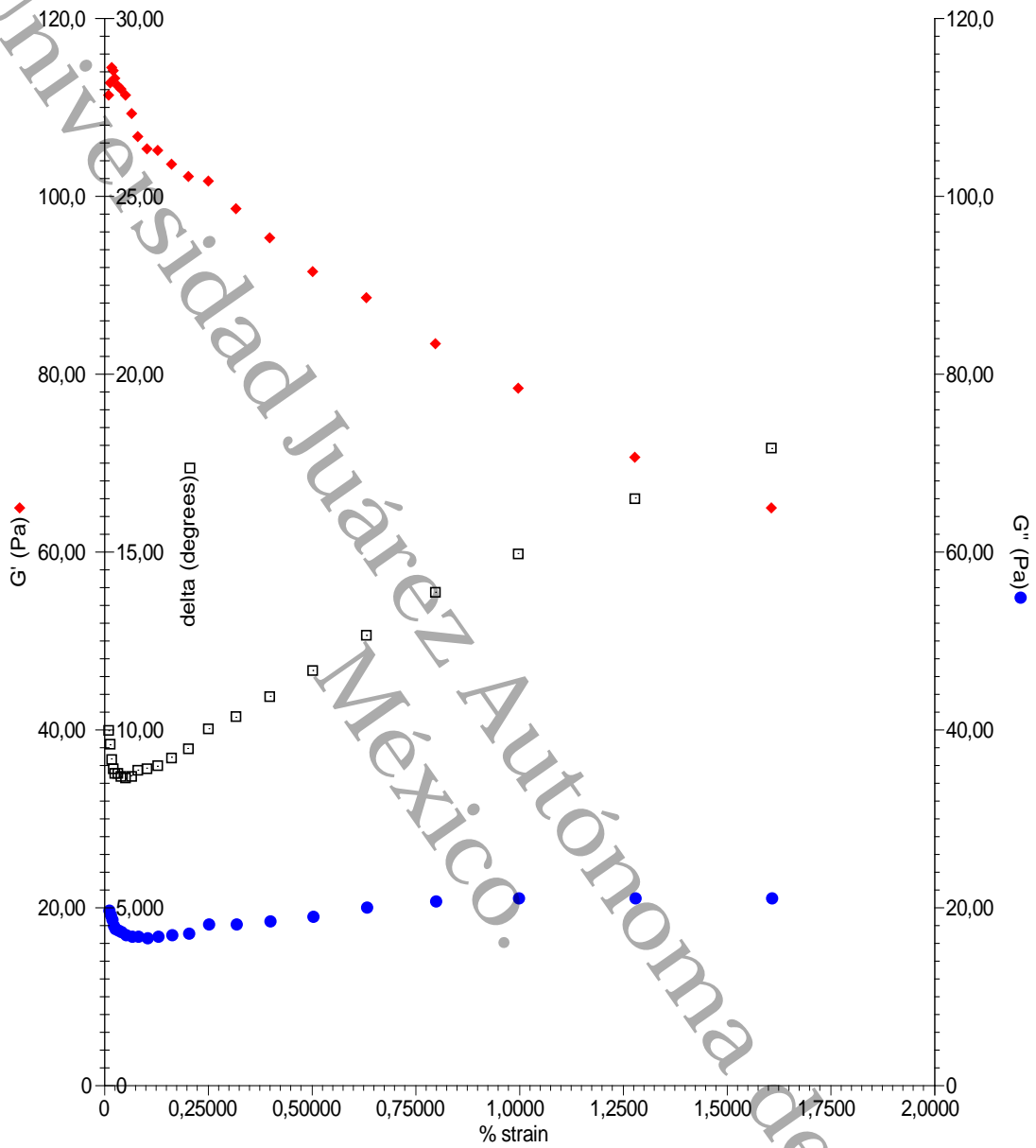
Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Viscosidad de emulsión de coco con algarrobo al 0.6%.



Fuente: Elaboración propia.

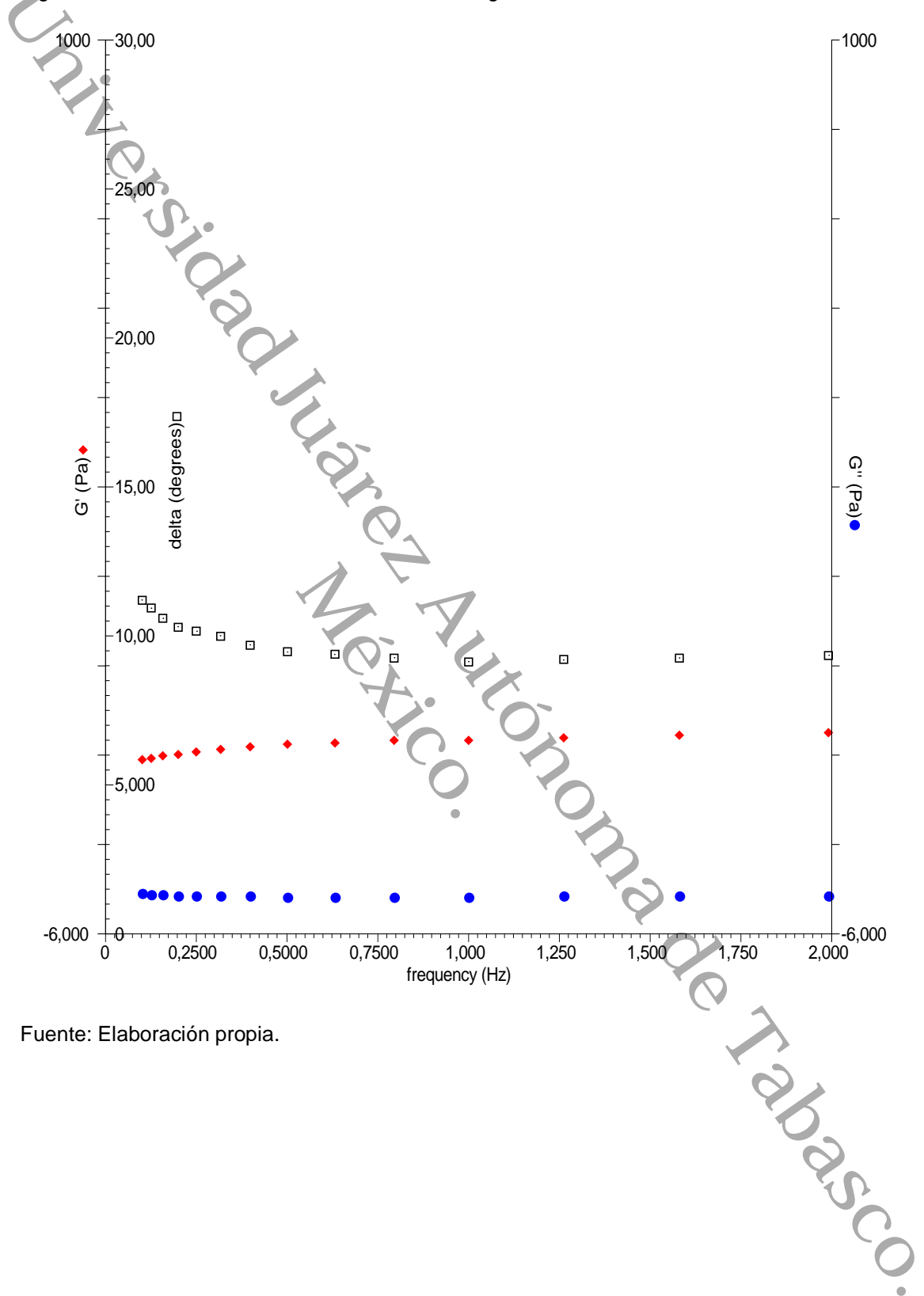
Figura 22. Strain de emulsión de coco con algarrobo al 0.4%.



Fuente: Elaboración propia.

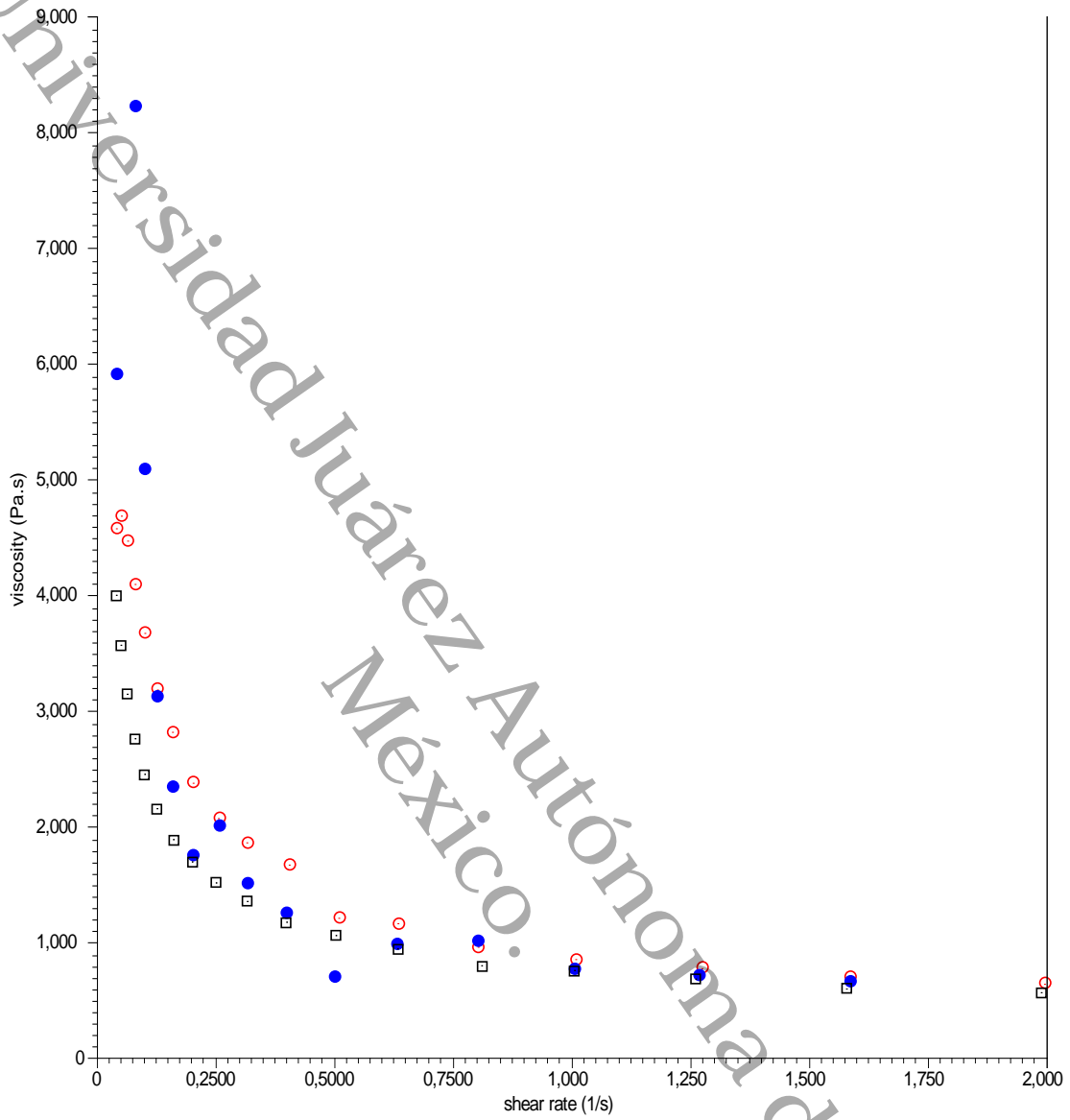


Figura 23. Frecuencia de emulsión de coco con algarrobo al 0.4%.



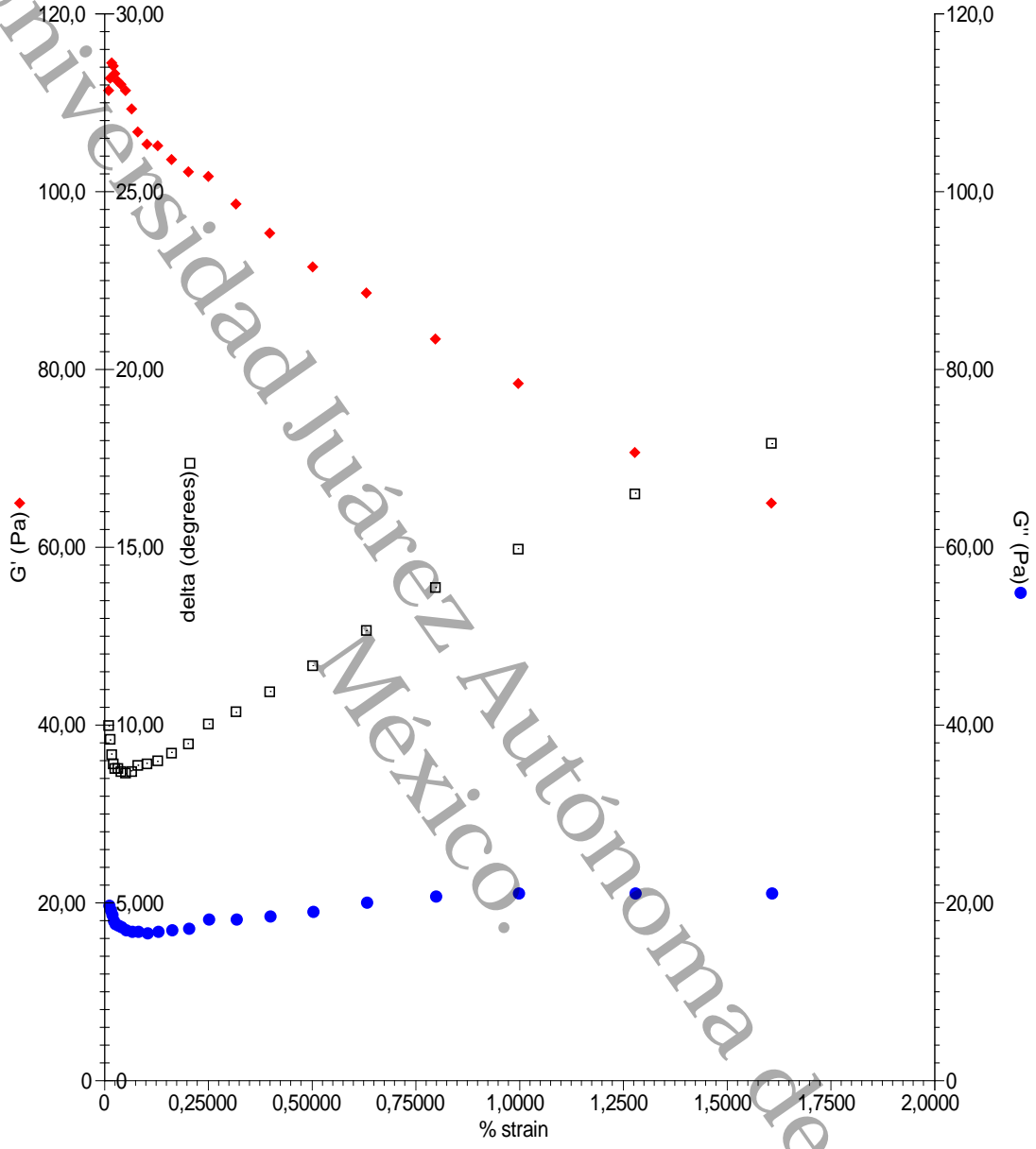
Fuente: Elaboración propia.

Figura 24. Viscosidad de emulsión de coco con algarrobo al 0.4%.



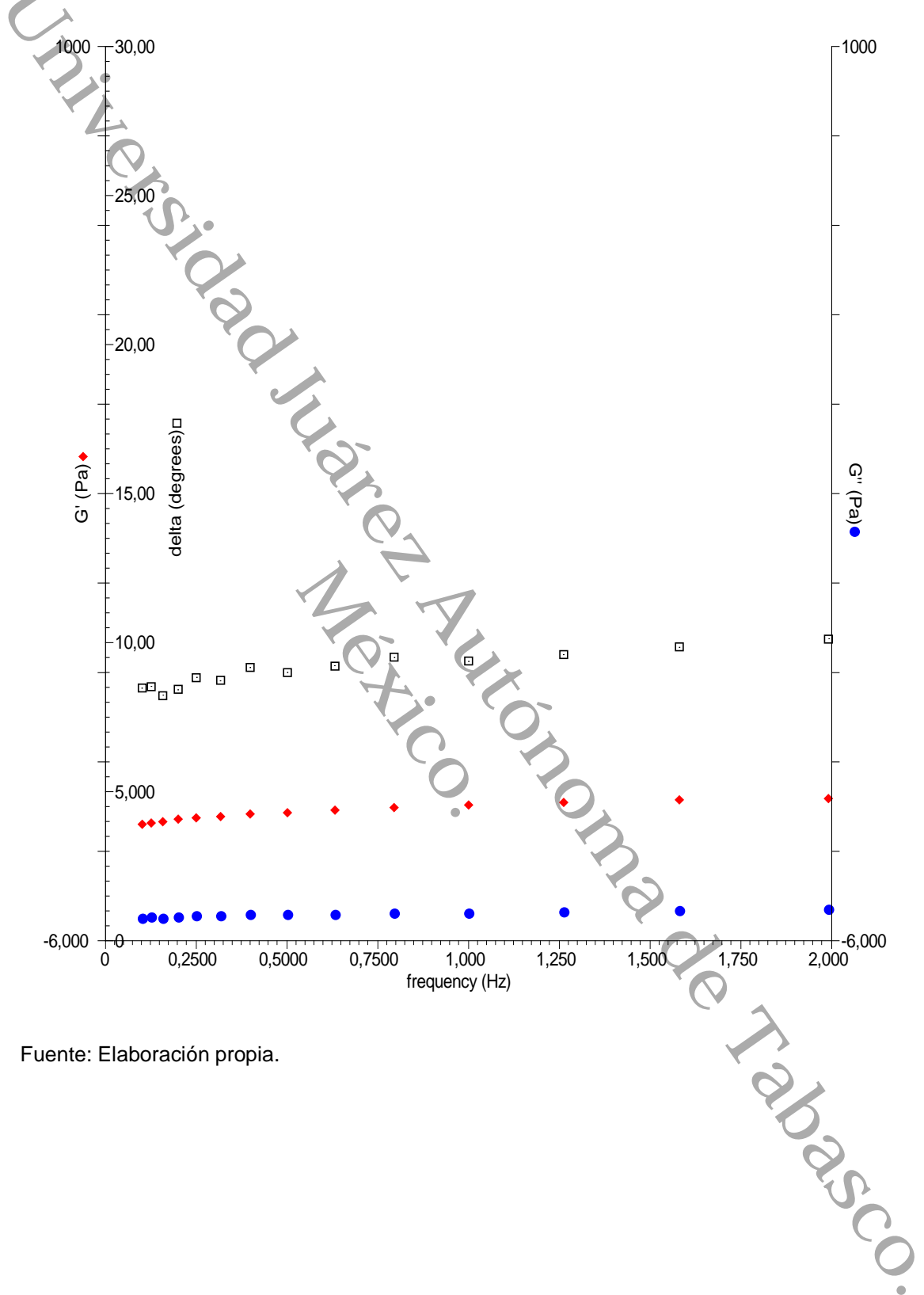
Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Strain de emulsión de coco con algarrobo al 0.2%.



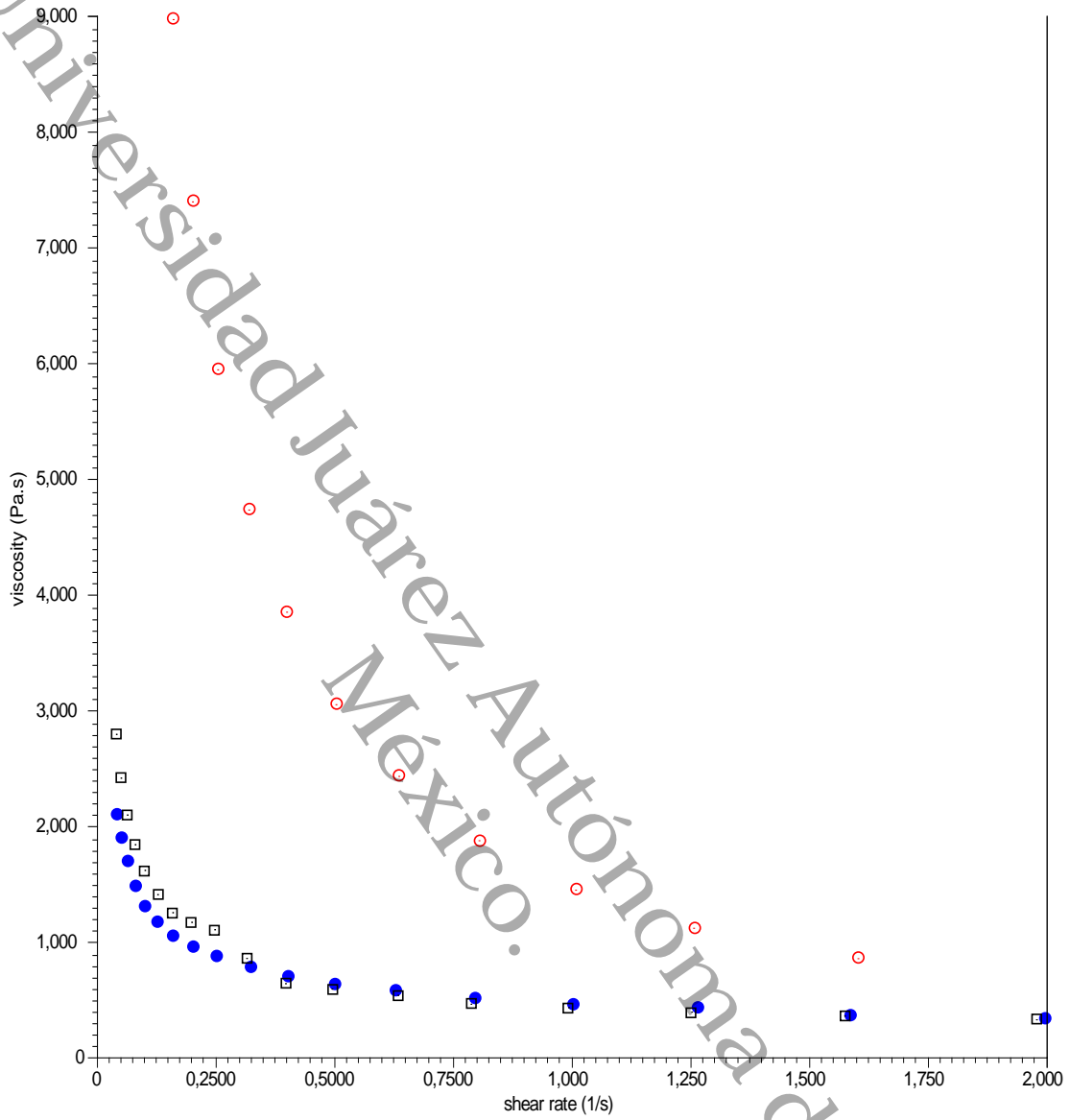
Fuente: Elaboración propia.

Figura 26. Frecuencia de emulsión de coco con algarrobo al 0.2%.



Fuente: Elaboración propia.

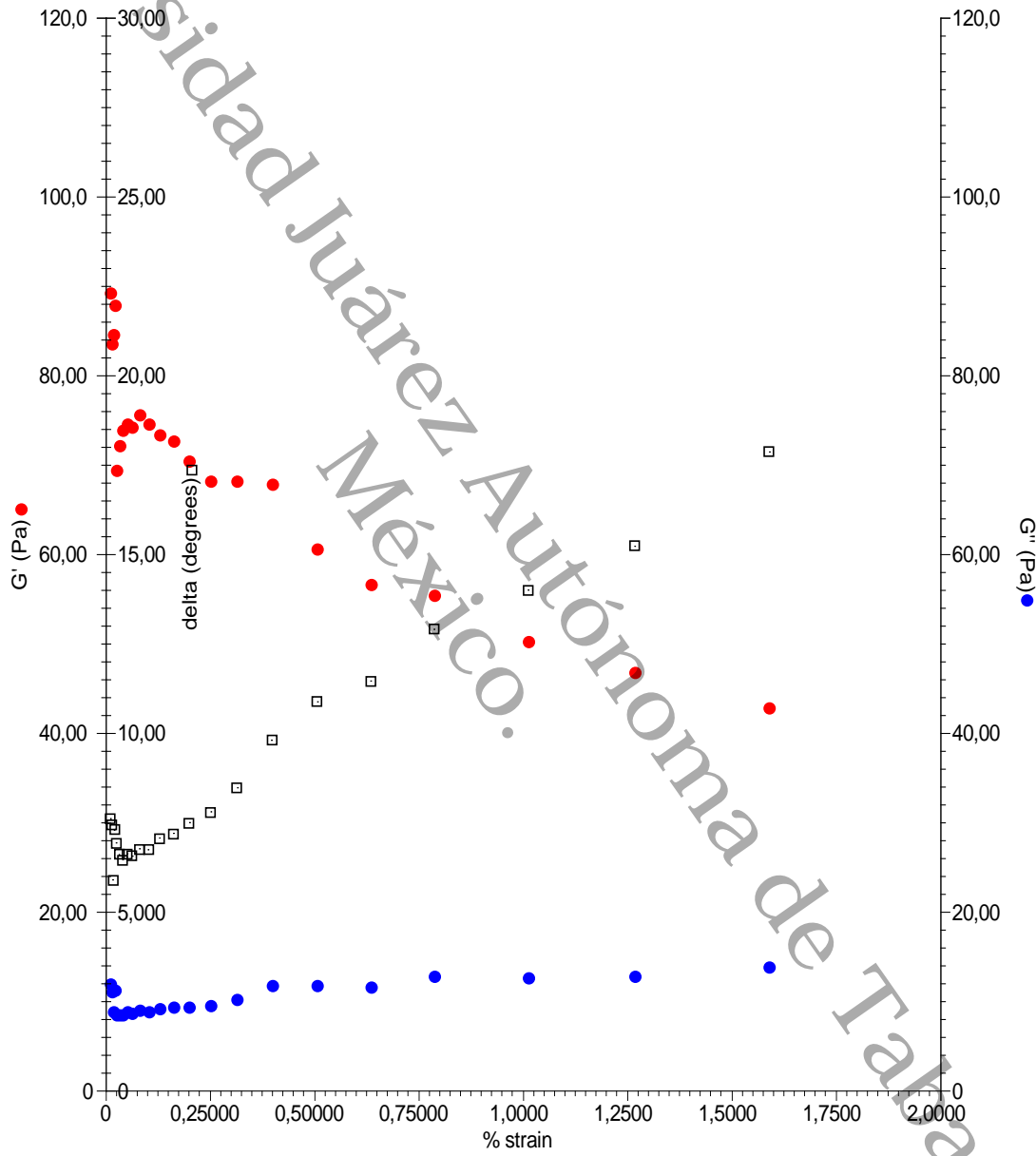
Figura 27. Viscosidad de emulsión de coco con algarrobo al 0.2%.



Fuente: Elaboración propia.

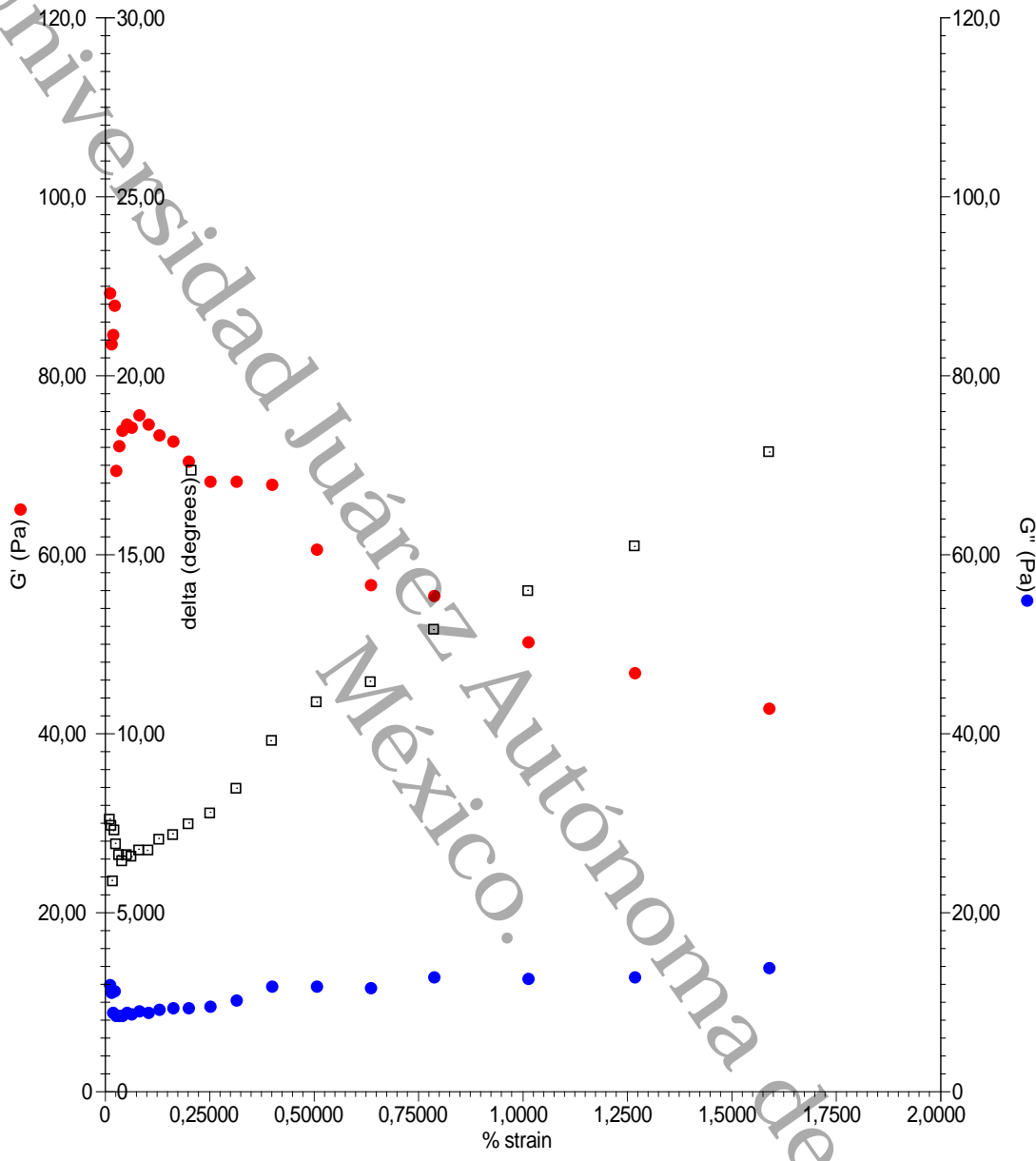
## A2. Resultados reológicas de emulsión de coco con guar en menos de 1%.

Figura 28. Strain de emulsión de coco con guar al 0.8%.



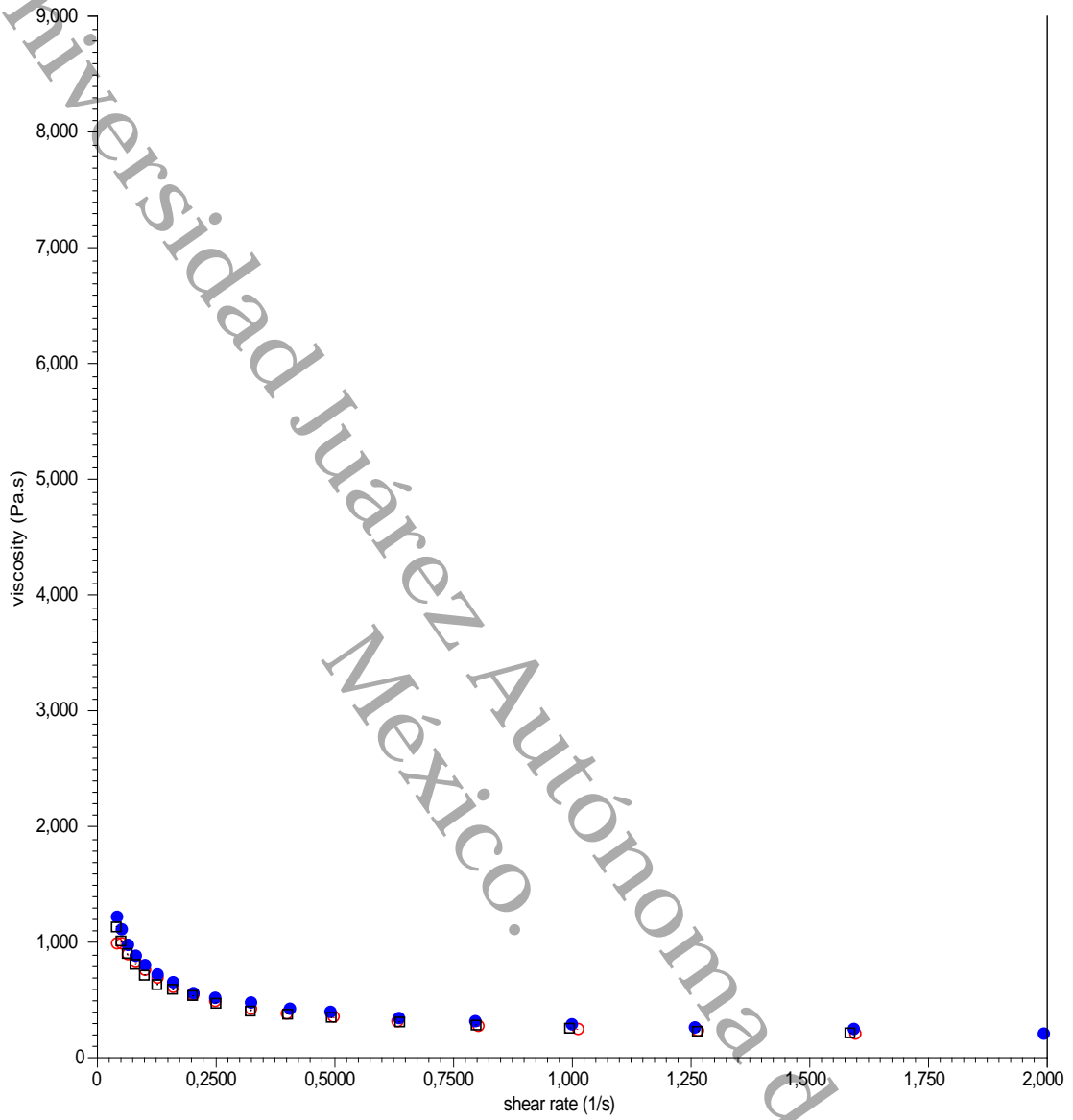
Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Frecuencia de emulsión de coco con guar al 0.8%.



Fuente: Elaboración propia.

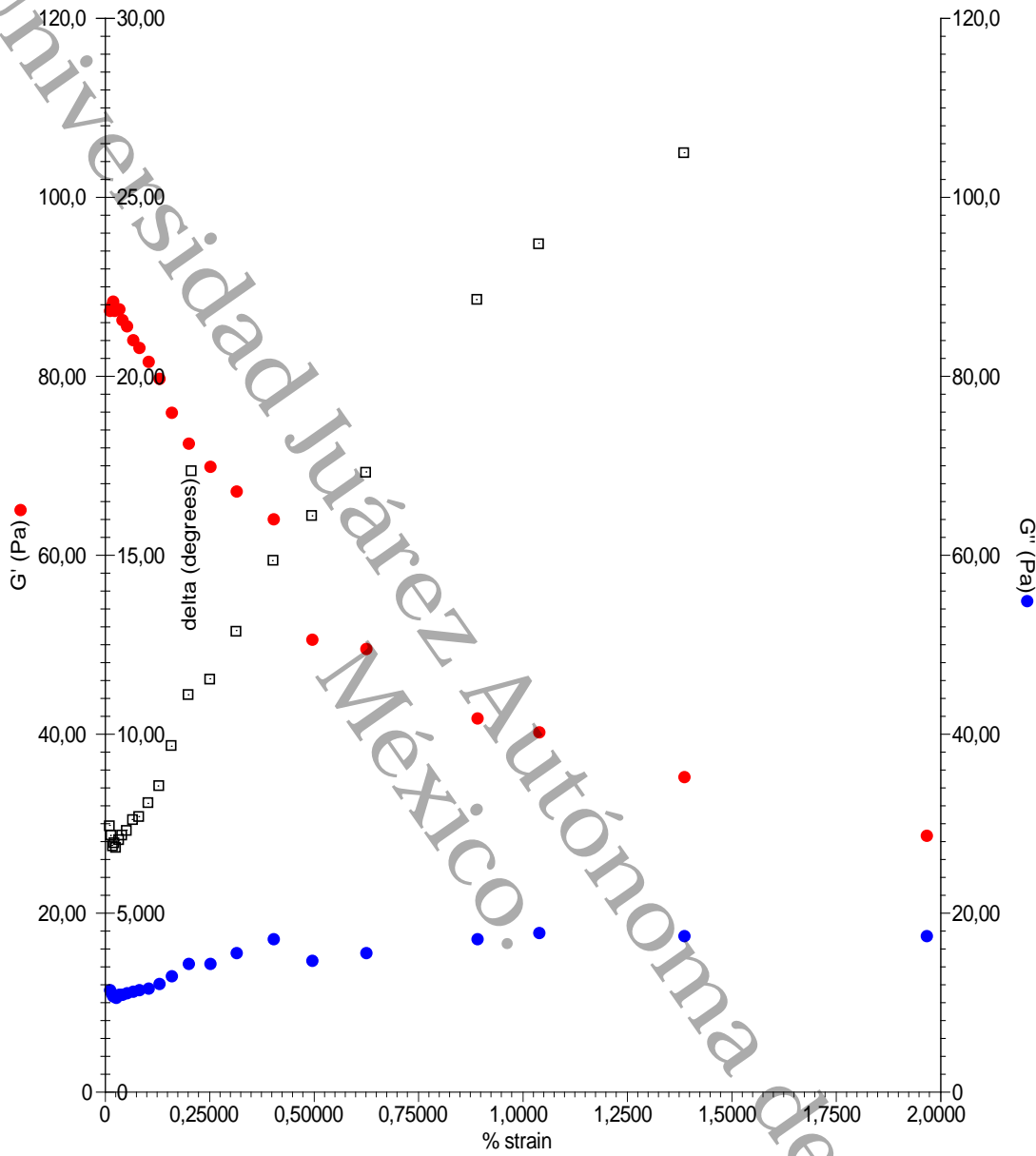
Figura 30. Viscosidad de emulsión de coco con guar al 0.8%.



Fuente: Elaboración propia.

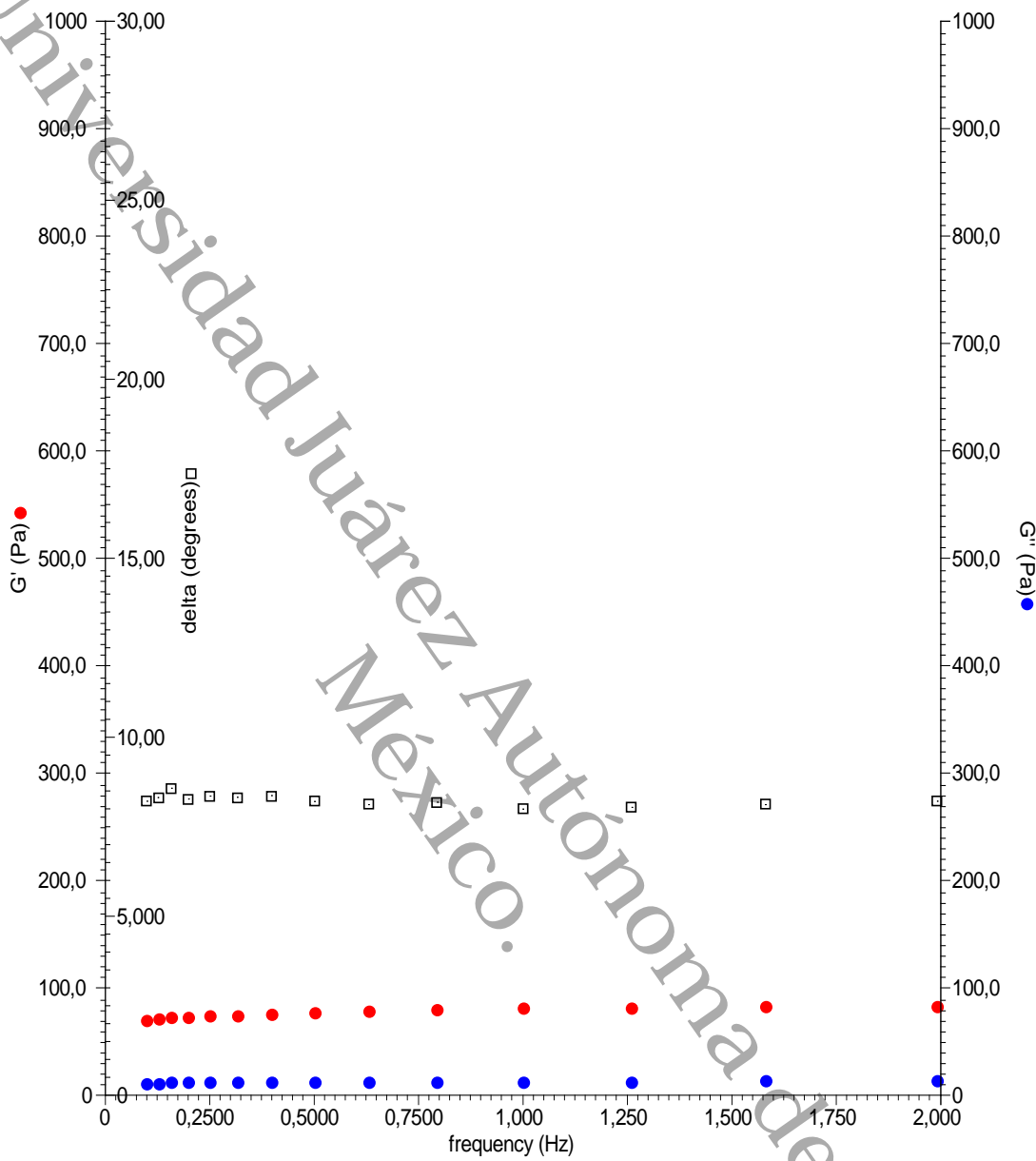


Figura 31. Strain de emulsión de coco con guar al 0.6%.



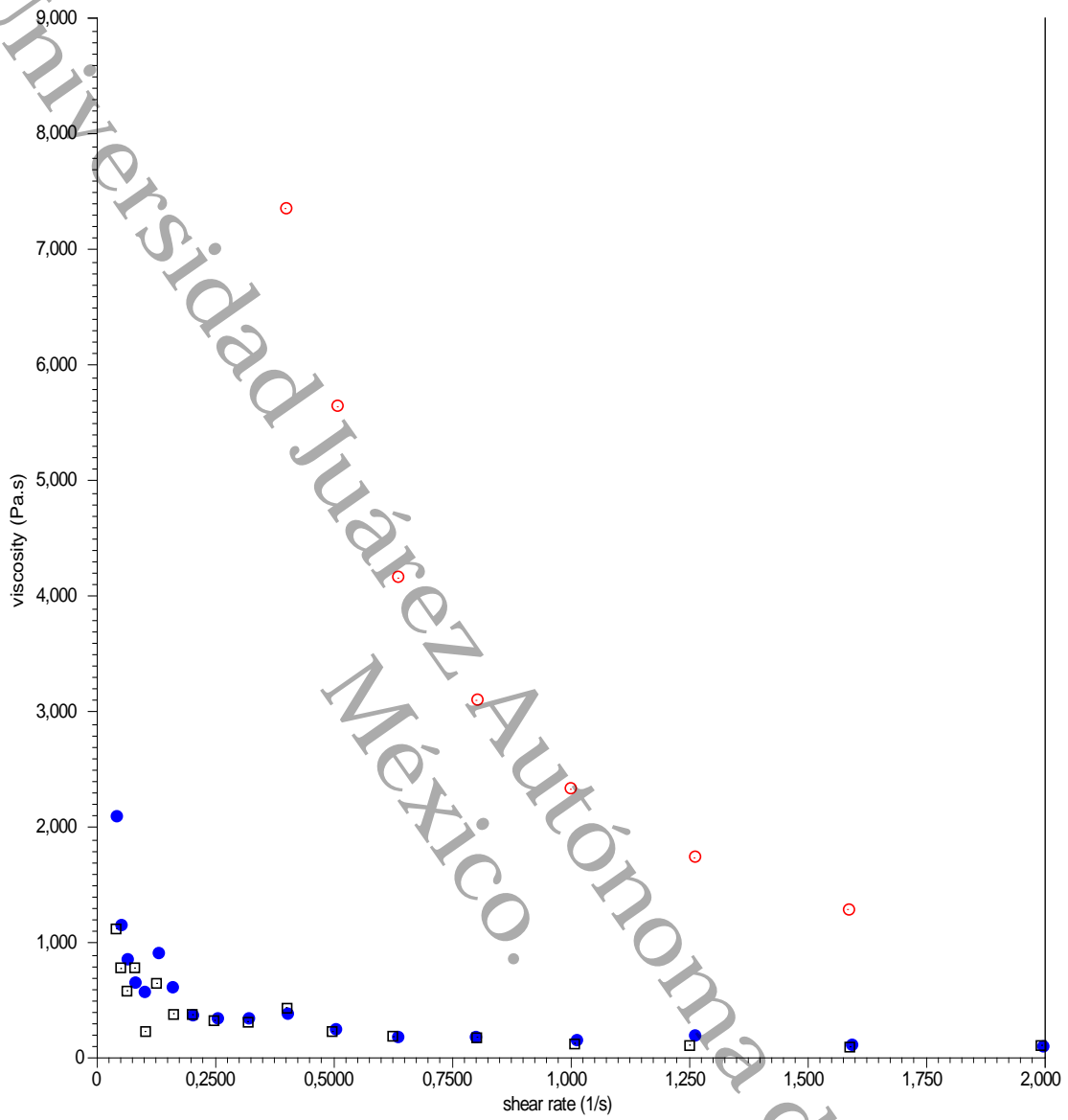
Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Frecuencia de emulsión de coco con guar al 0.6%.



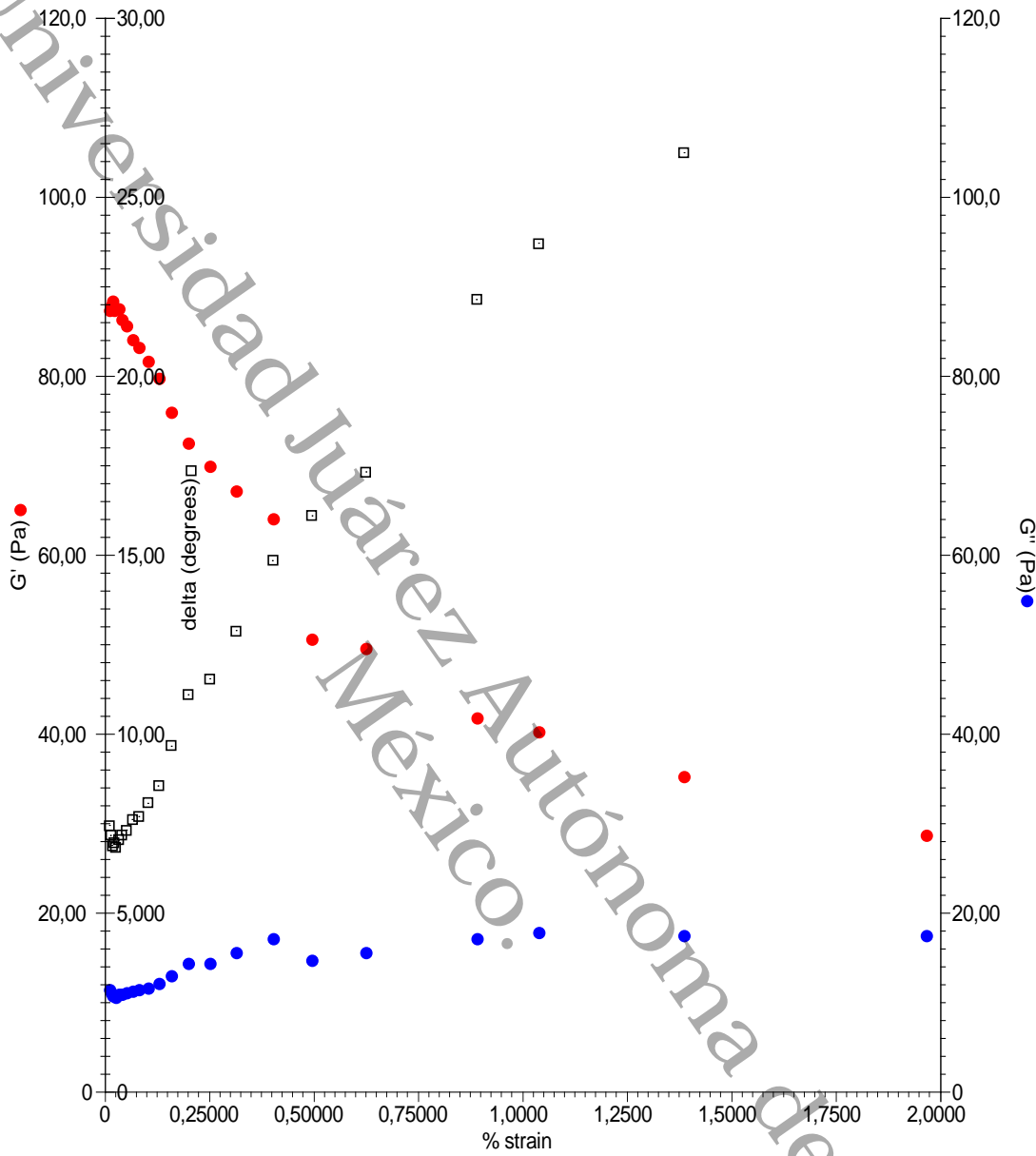
Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Viscosidad de emulsión de coco con guar al 0.6%.



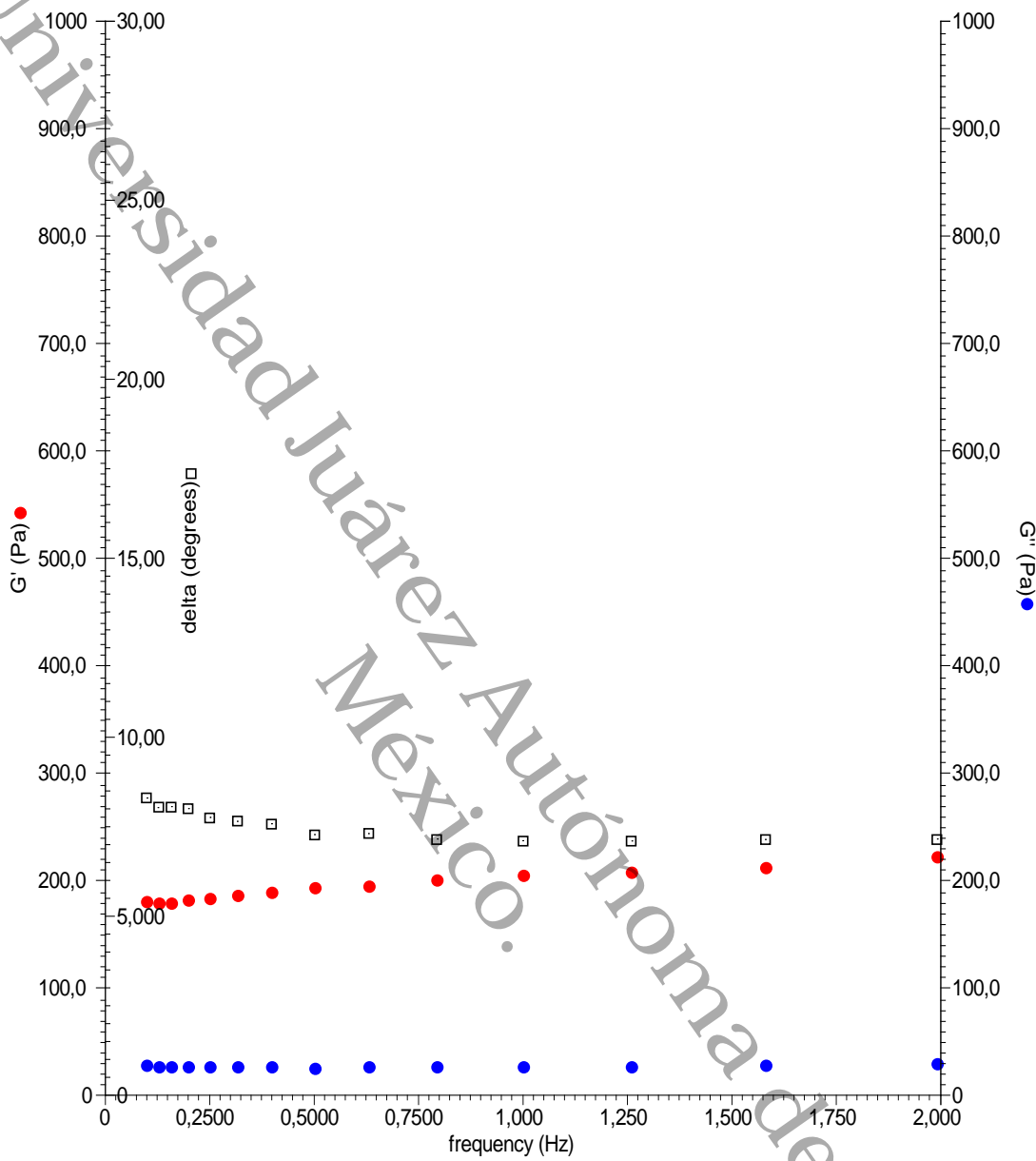
Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Strain de emulsión de coco con guar al 0.4%.



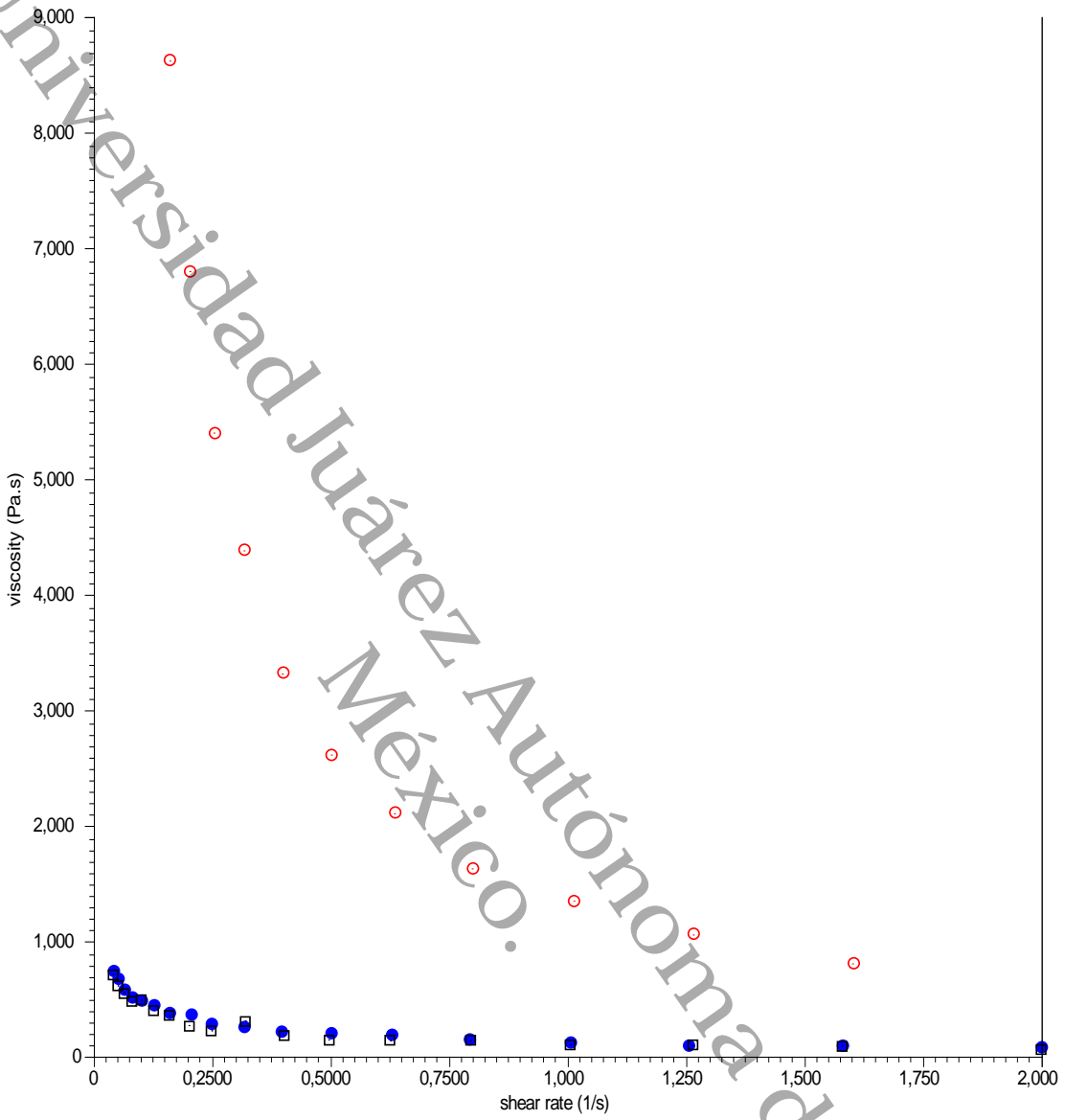
Fuente: Elaboración propia.

Figura 35. Frecuencia de emulsión de coco con guar al 0.4%.



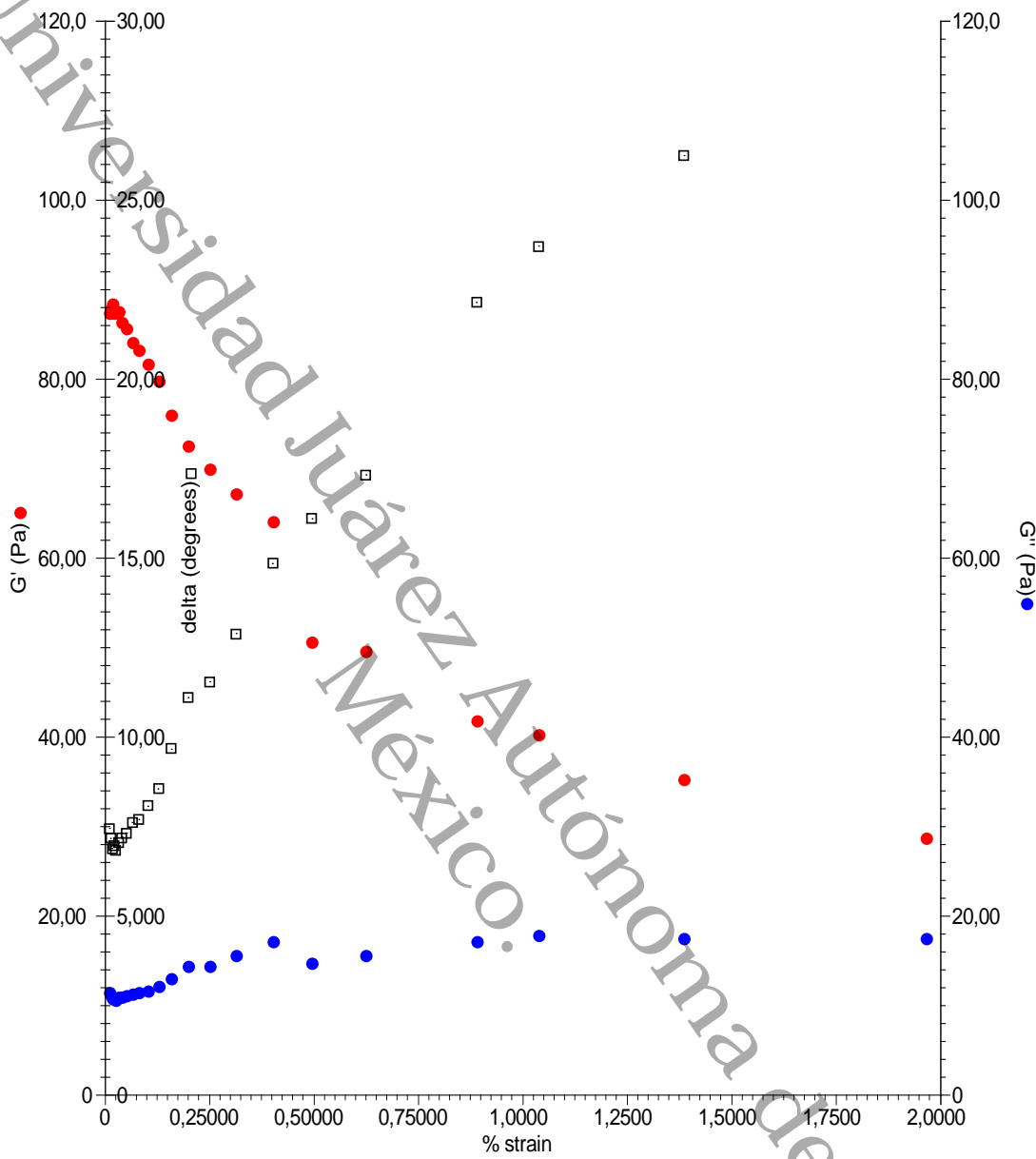
Fuente: Elaboración propia

Figura 36. Viscosidad de emulsión de coco con guar al 0.4%.



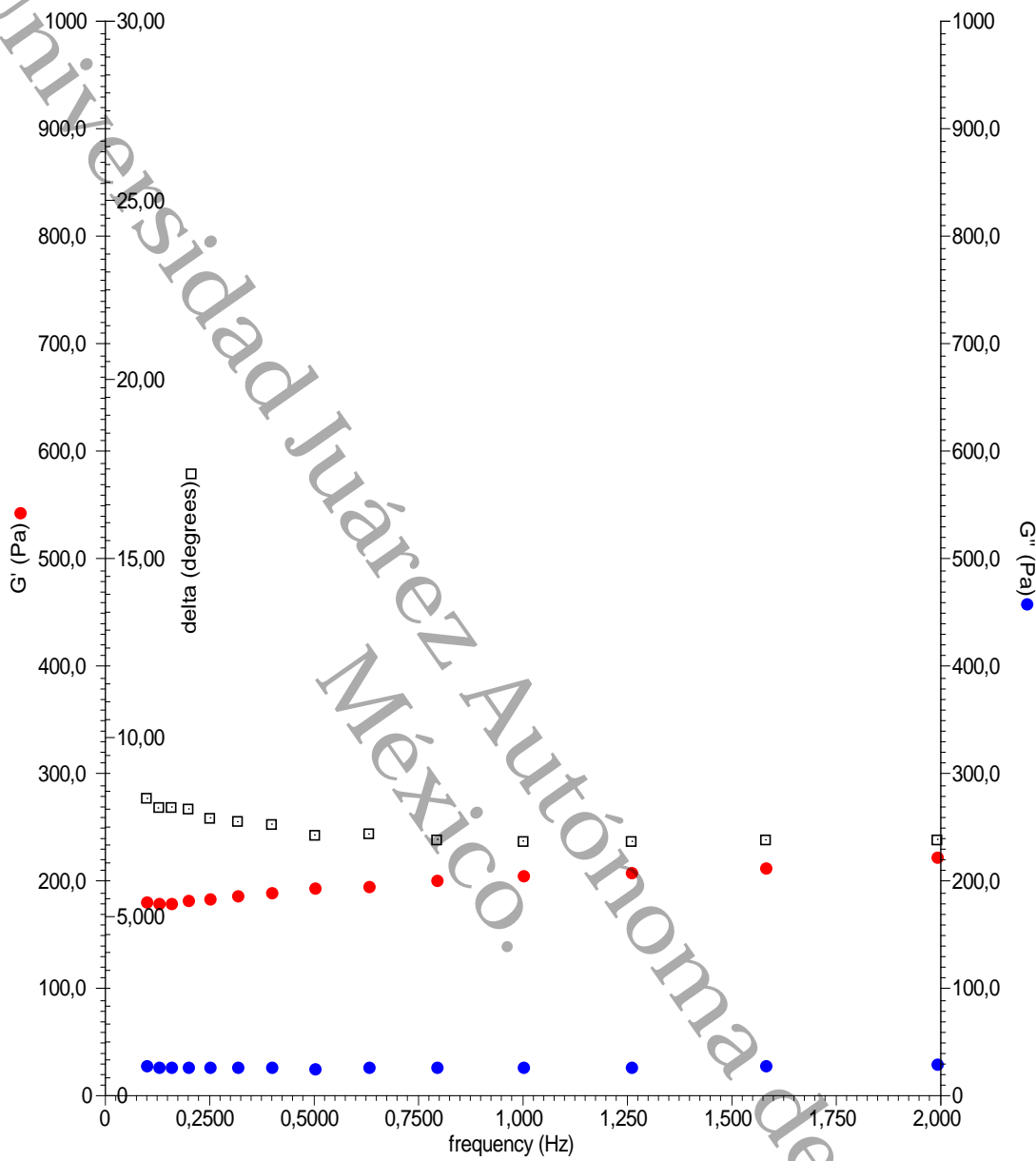
Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. Strain de emulsión de coco con guar al 0.2%.



Fuente: Elaboración propia.

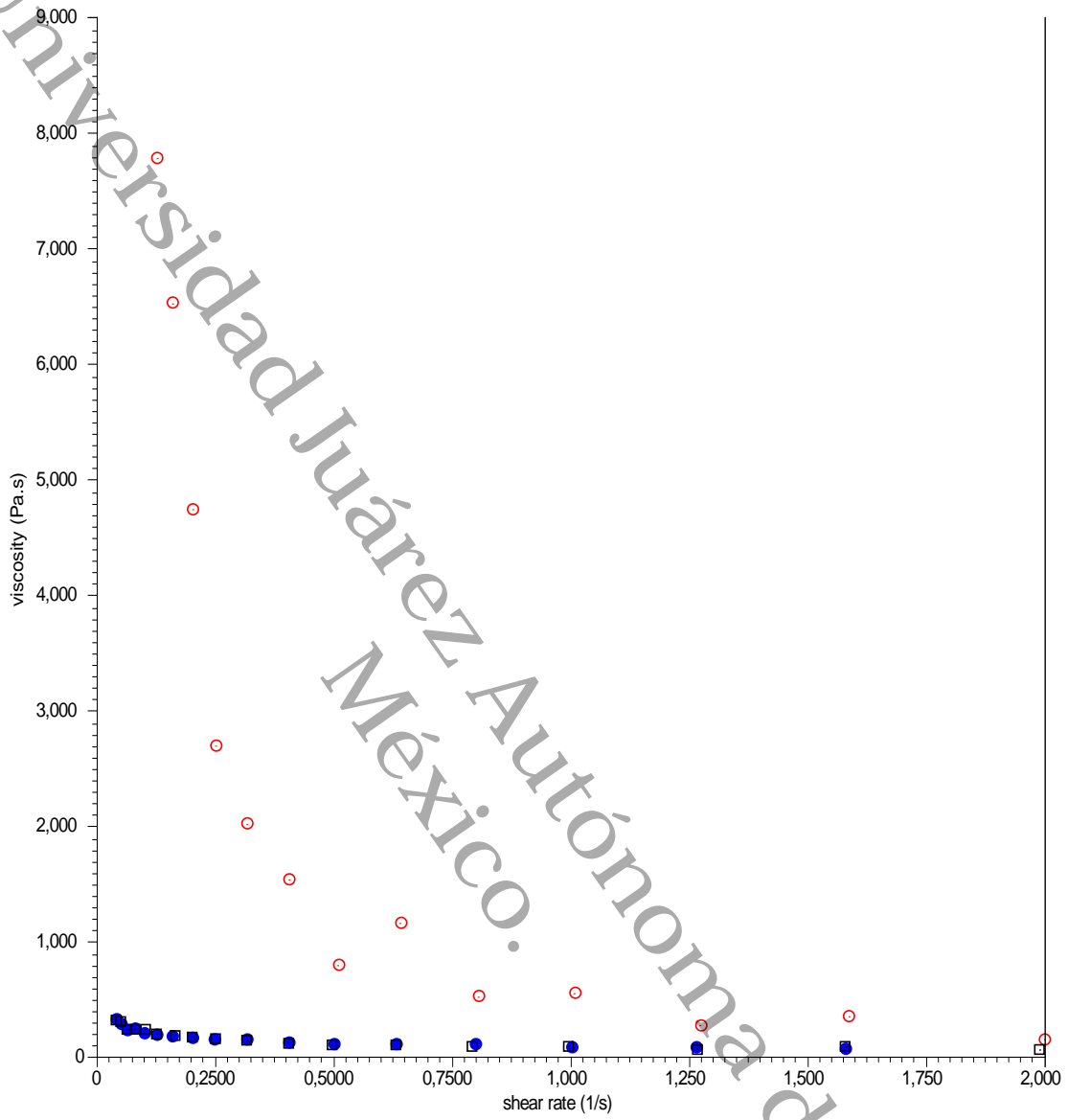
Figura 38. Frecuencia de emulsión de coco con guar al 0.2%.



Fuente: Elaboración propia.



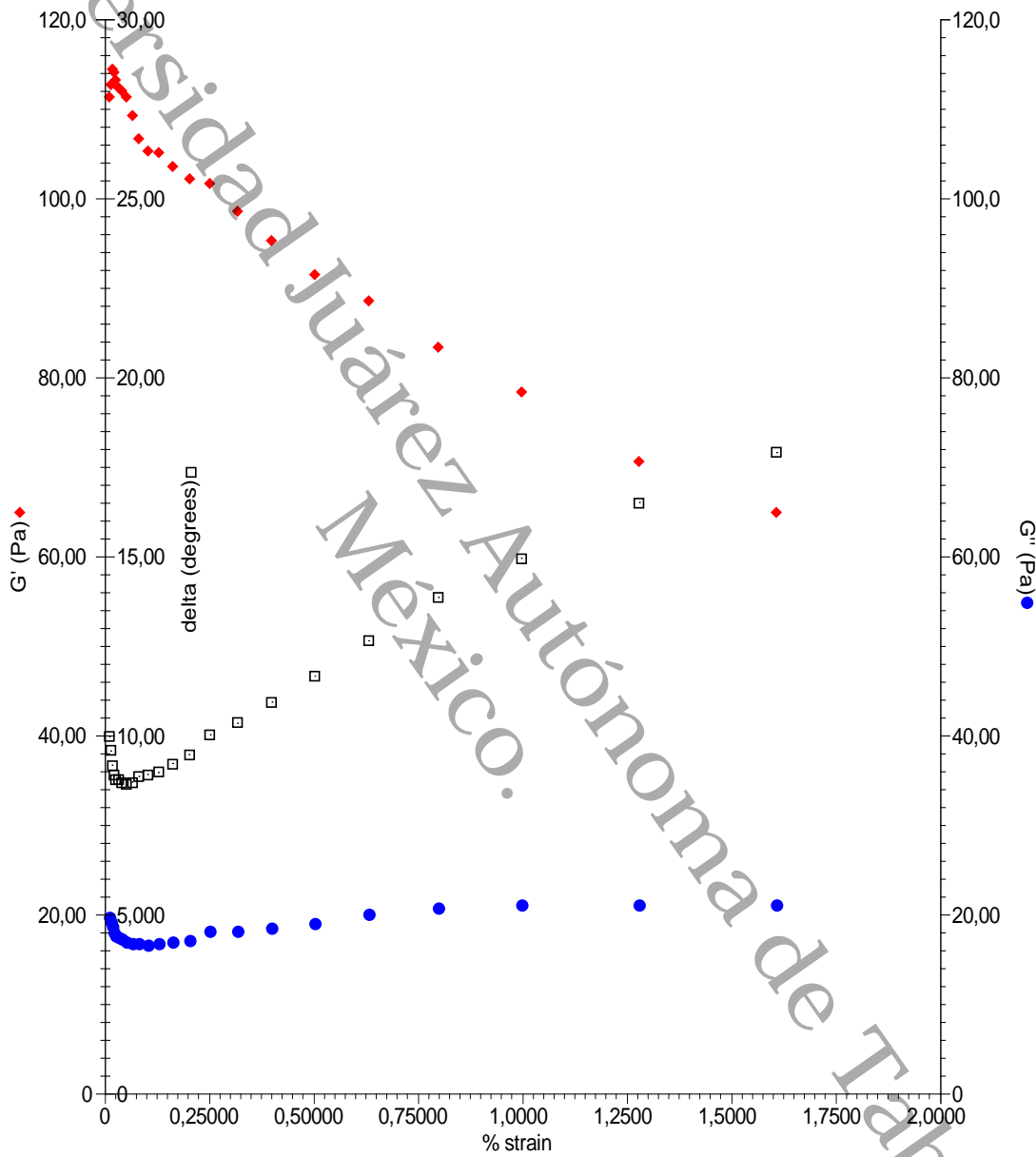
Figura 39. Viscosidad de emulsión de coco con guar al 0.2%.



Fuente: Elaboración propia.

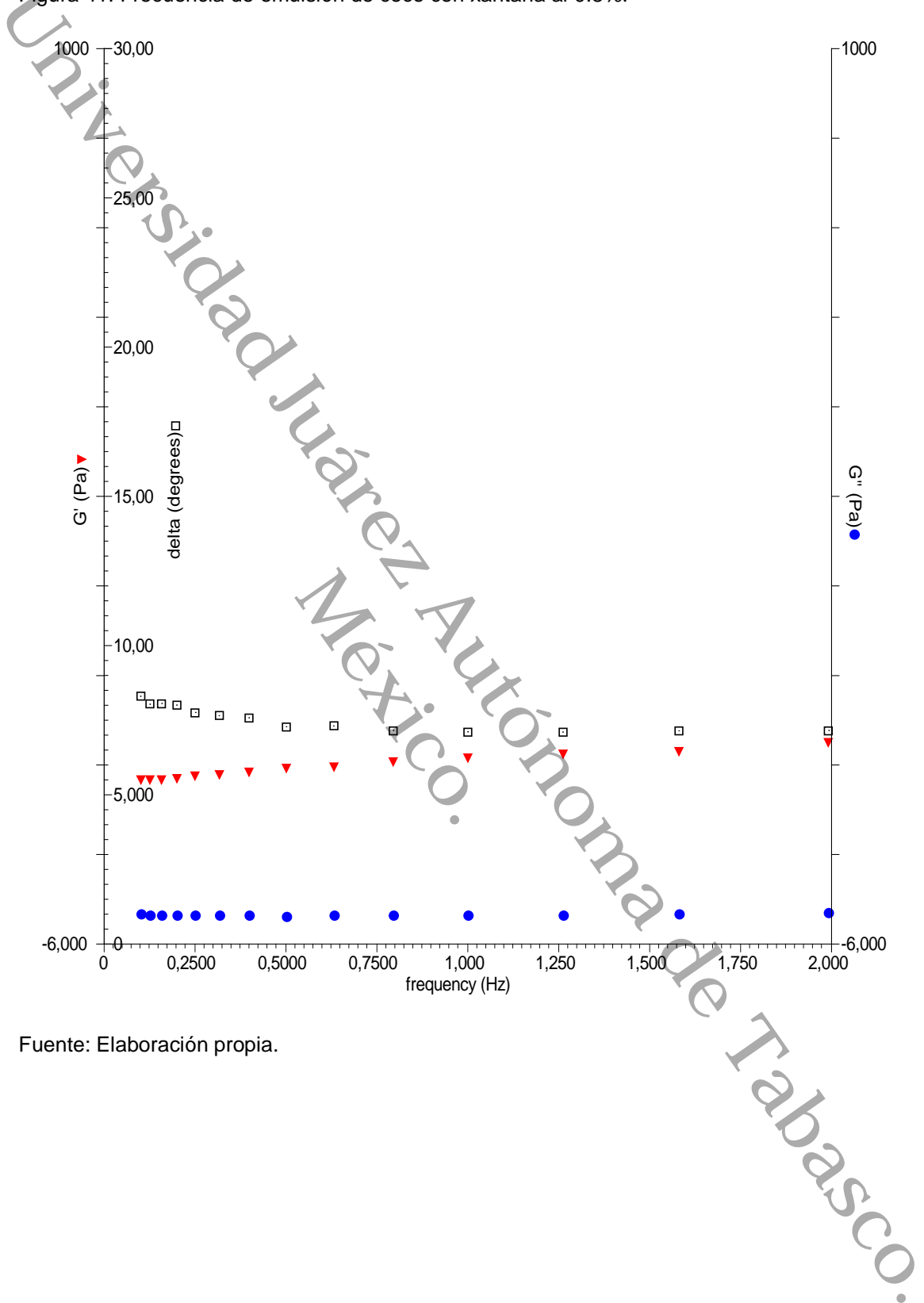
### A3. Resultados reológicas de emulsión de coco con xantana en menos de 1%.

Figura 40. Strain de emulsión de coco con xantana al 0.8%.



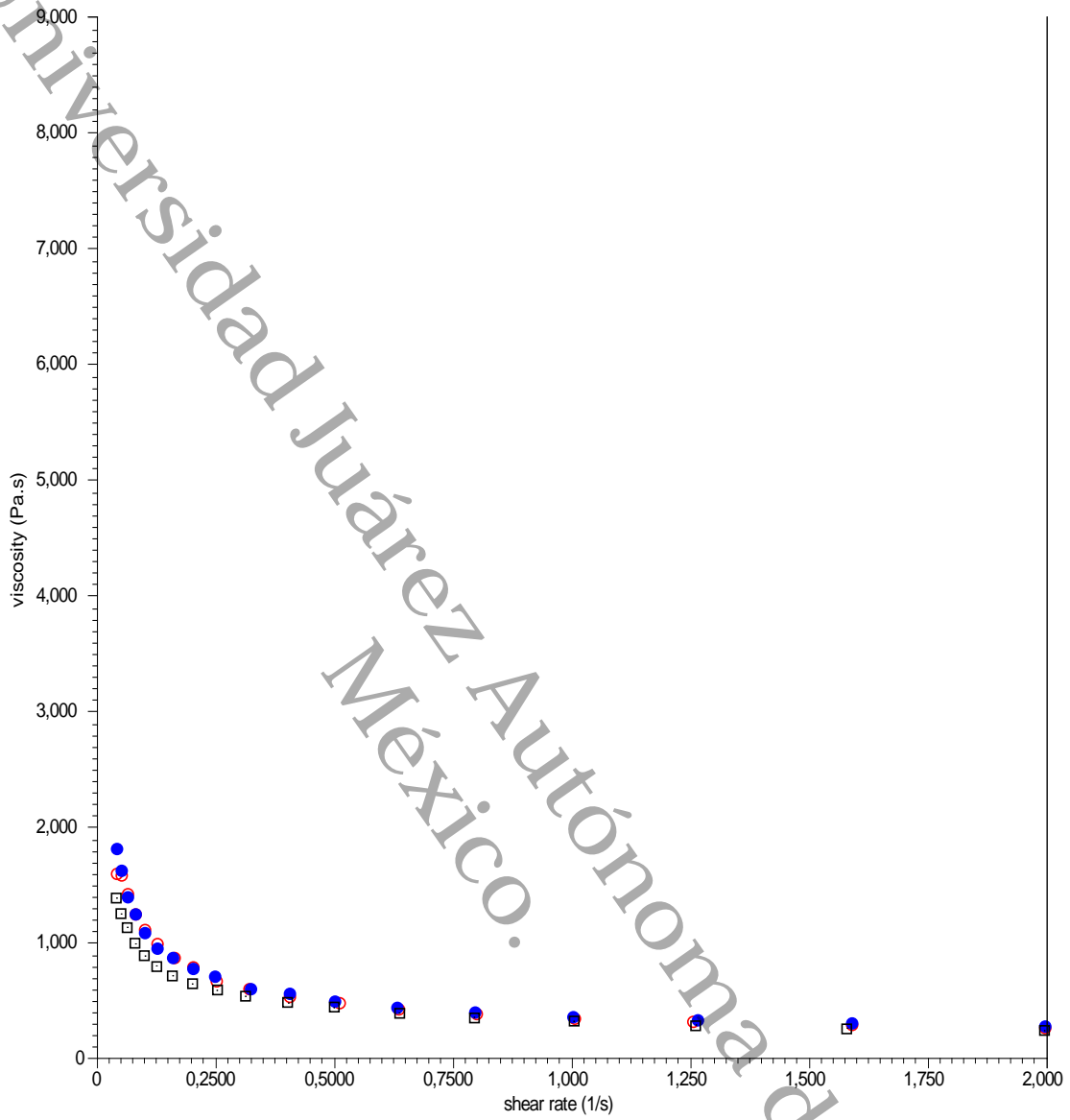
Fuente: Elaboración propia.

Figura 41. Frecuencia de emulsión de coco con xantana al 0.8%.



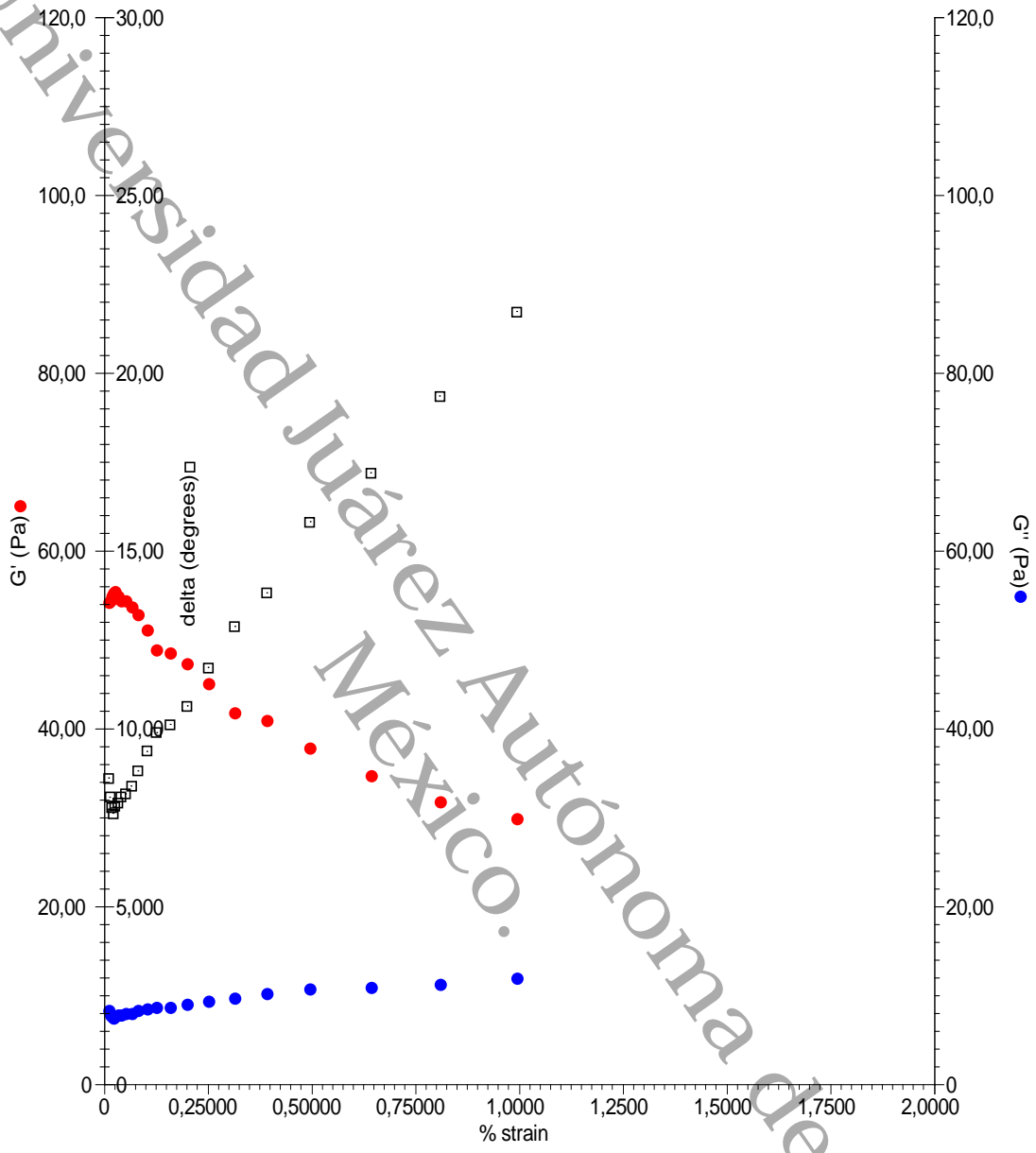
Fuente: Elaboración propia.

Figura 42. Viscosidad de emulsión de coco con xantana al 0.8%.



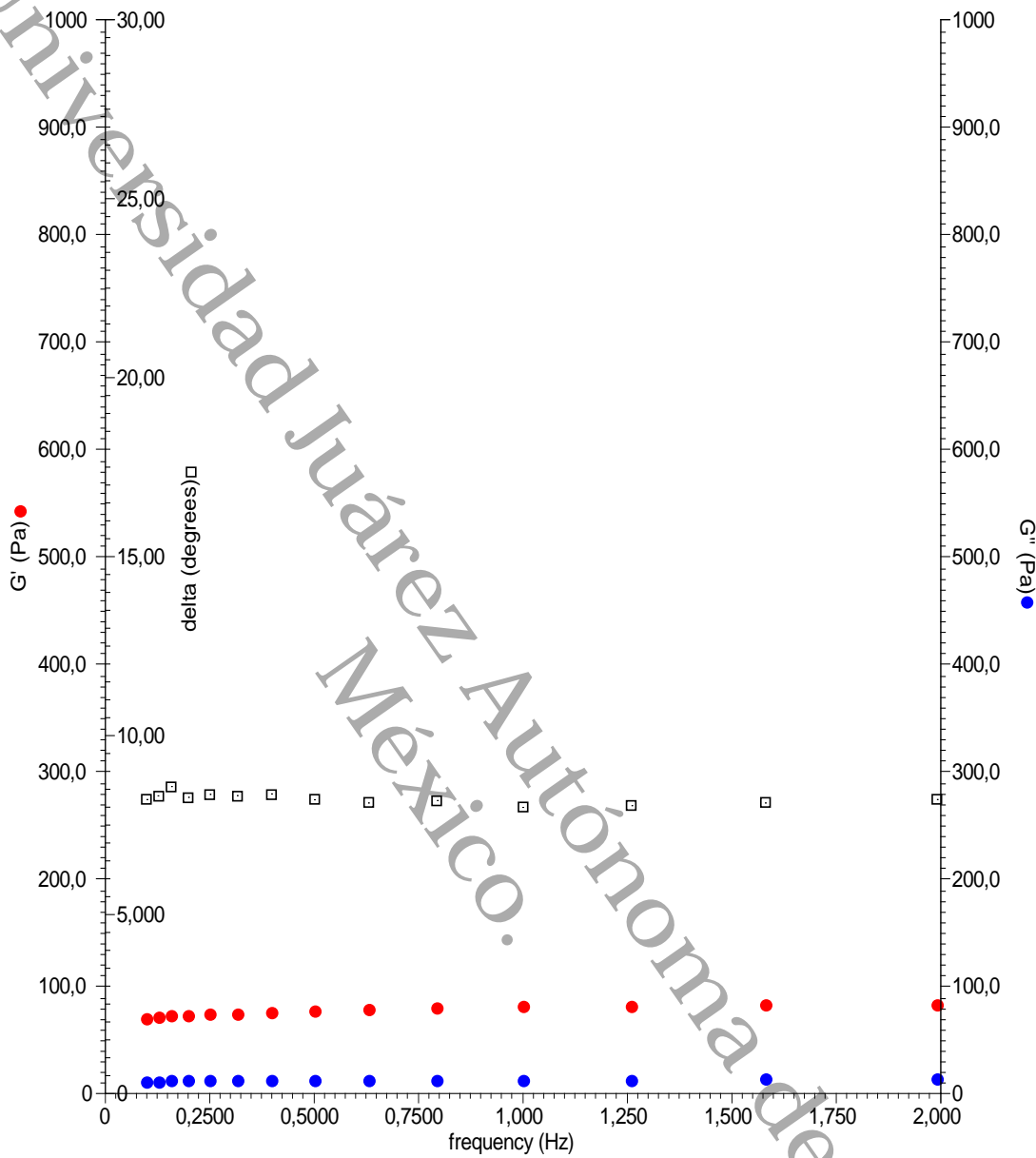
Fuente: Elaboración propia.

Figura 43. Strain de emulsión de coco con xantana al 0.6%.



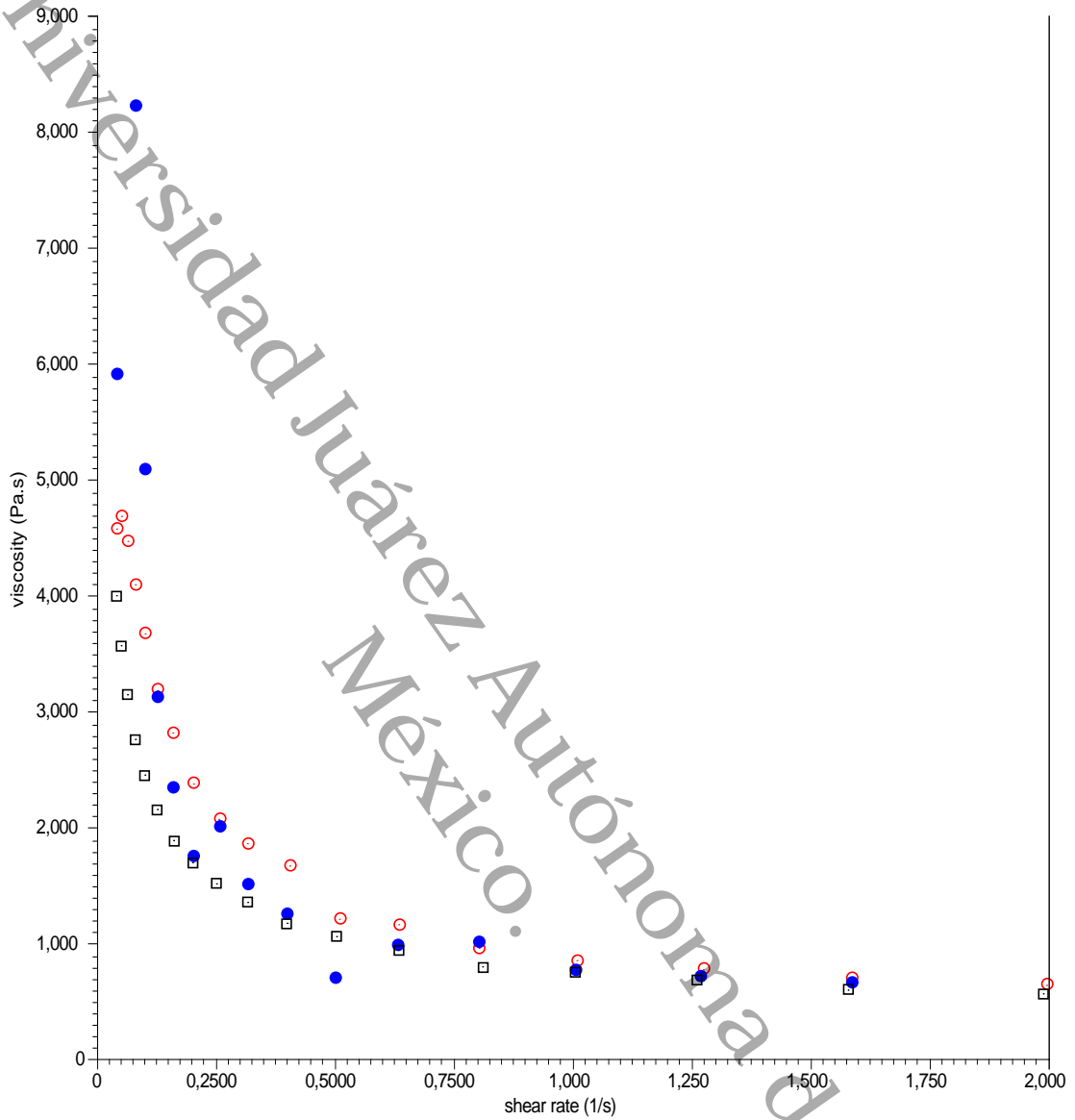
Fuente: Elaboración propia.

Figura 44. Frecuencia de emulsión de coco con xantana al 0.6%.



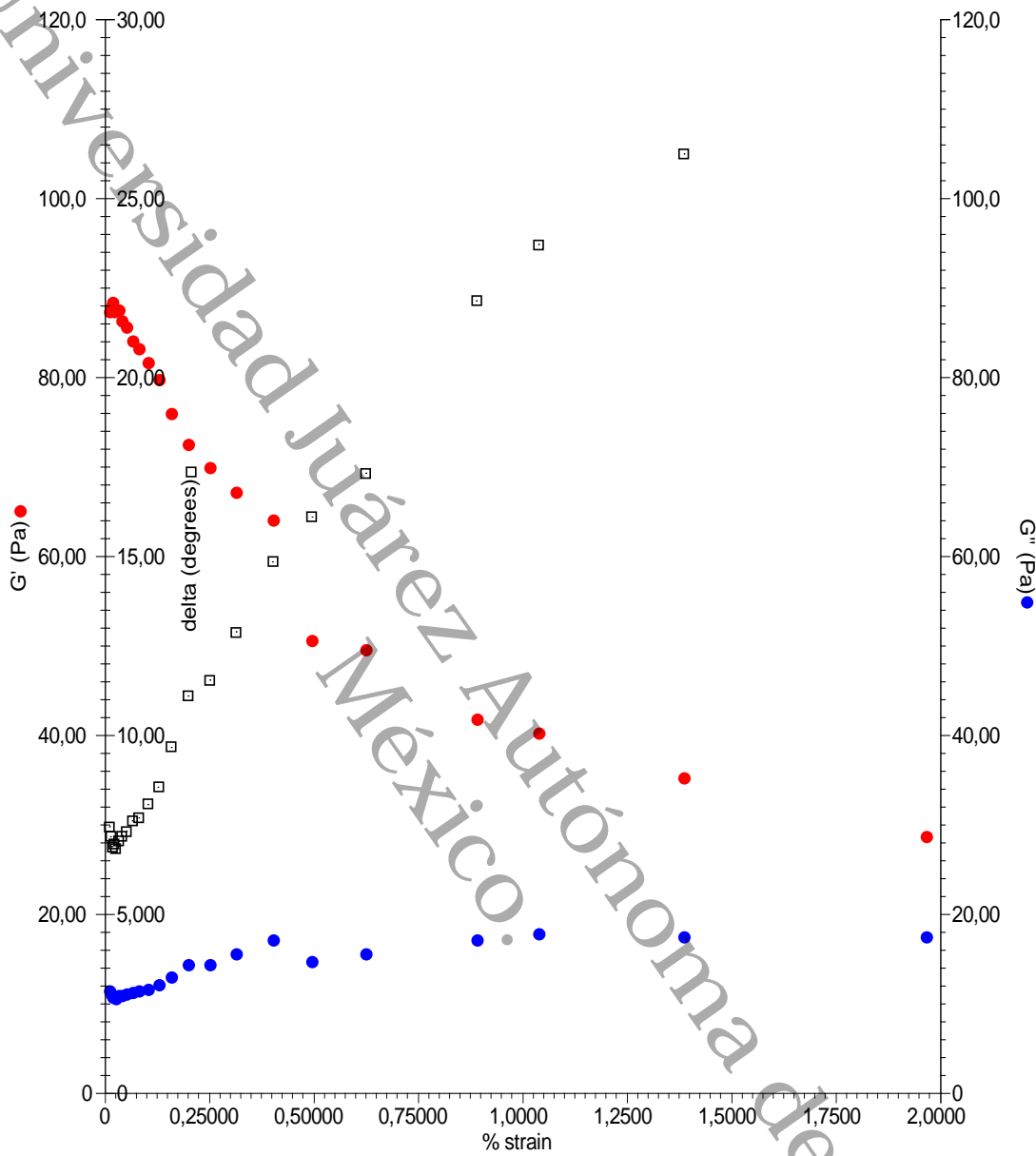
Fuente: Elaboración propia.

Figura 45. Viscosidad de emulsión de coco con xantana al 0.6%.



Fuente: Elaboración propia.

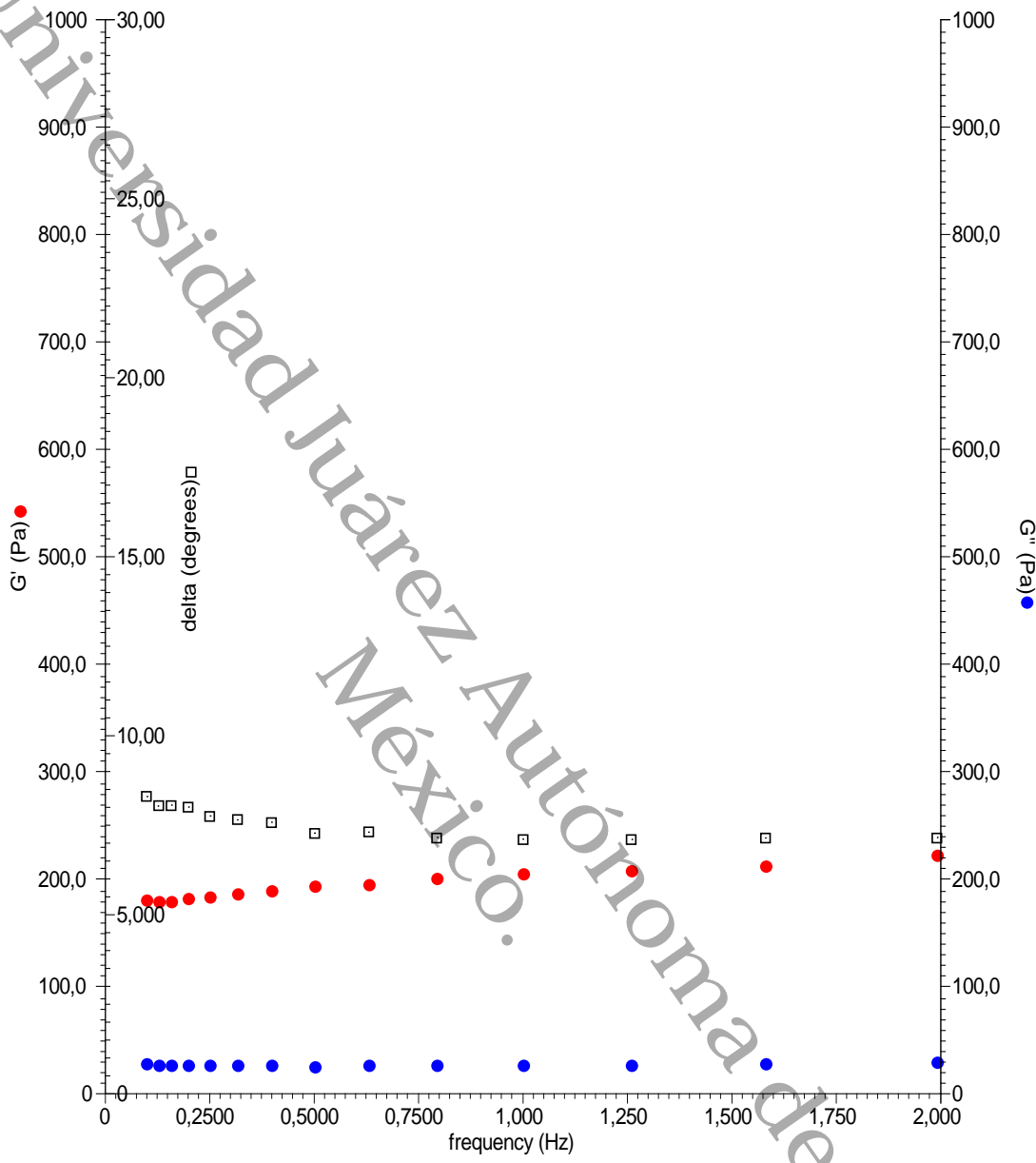
Figura 46. Strain de emulsión de coco con xantana al 0.4%.



Fuente: Elaboración propia.

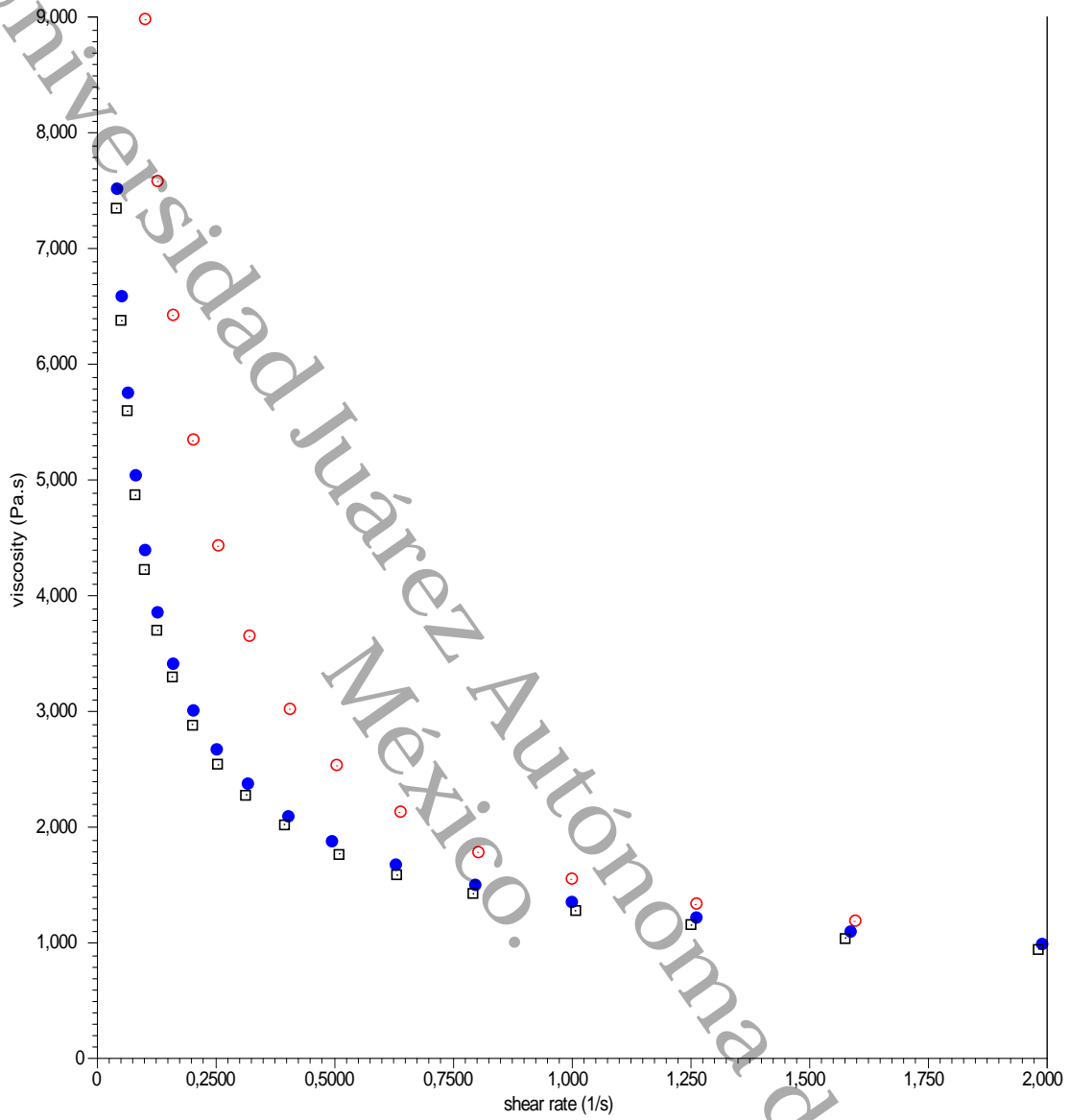


Figura 47. Frecuencia de emulsión de coco con xantana al 0.4%.



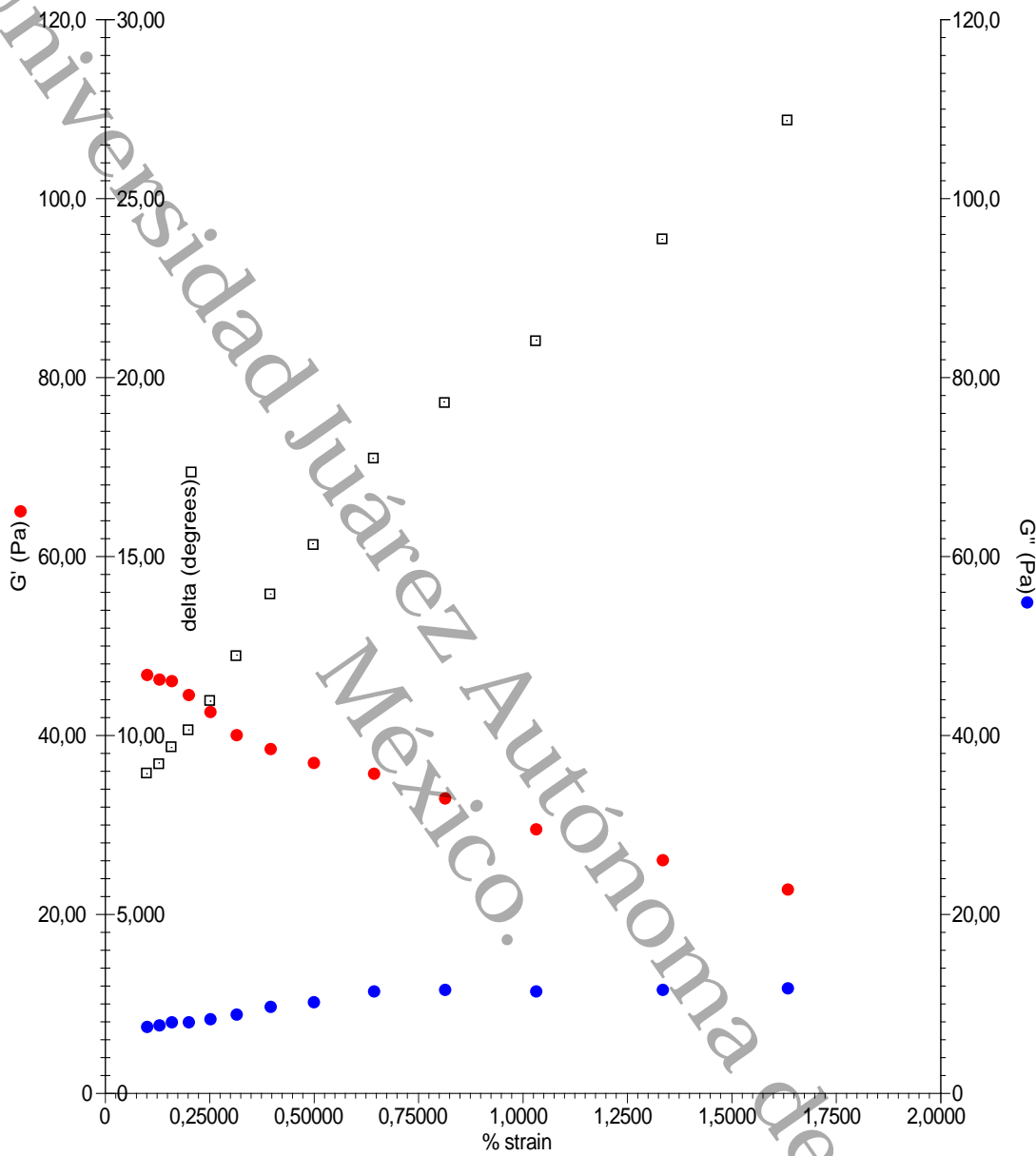
Fuente: Elaboración propia.

Figura 48. Viscosidad de emulsión de coco con xantana al 0.4%.



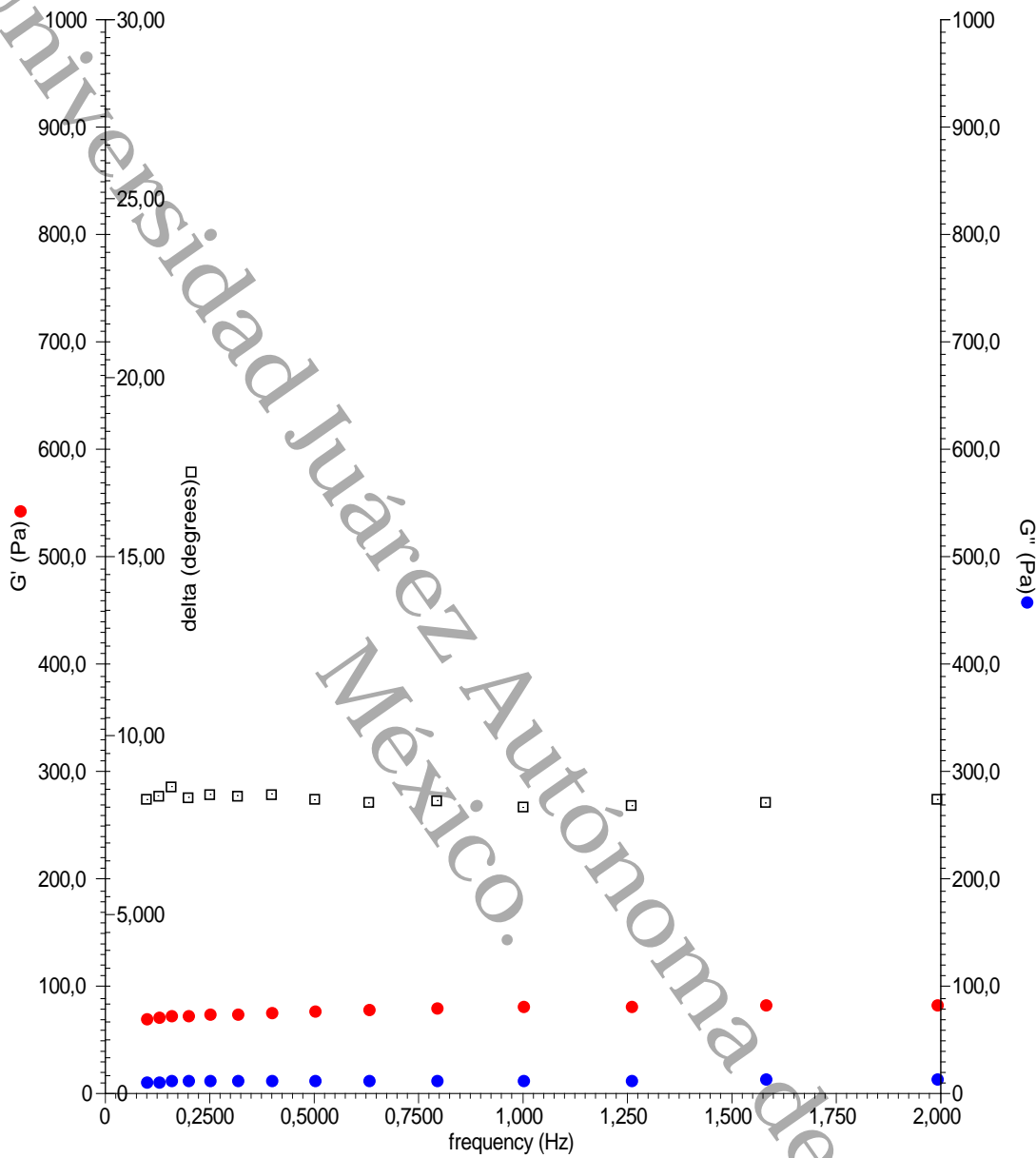
Fuente: Elaboración propia.

Figura 49. Strain de emulsión de coco con xantana al 0.2%.



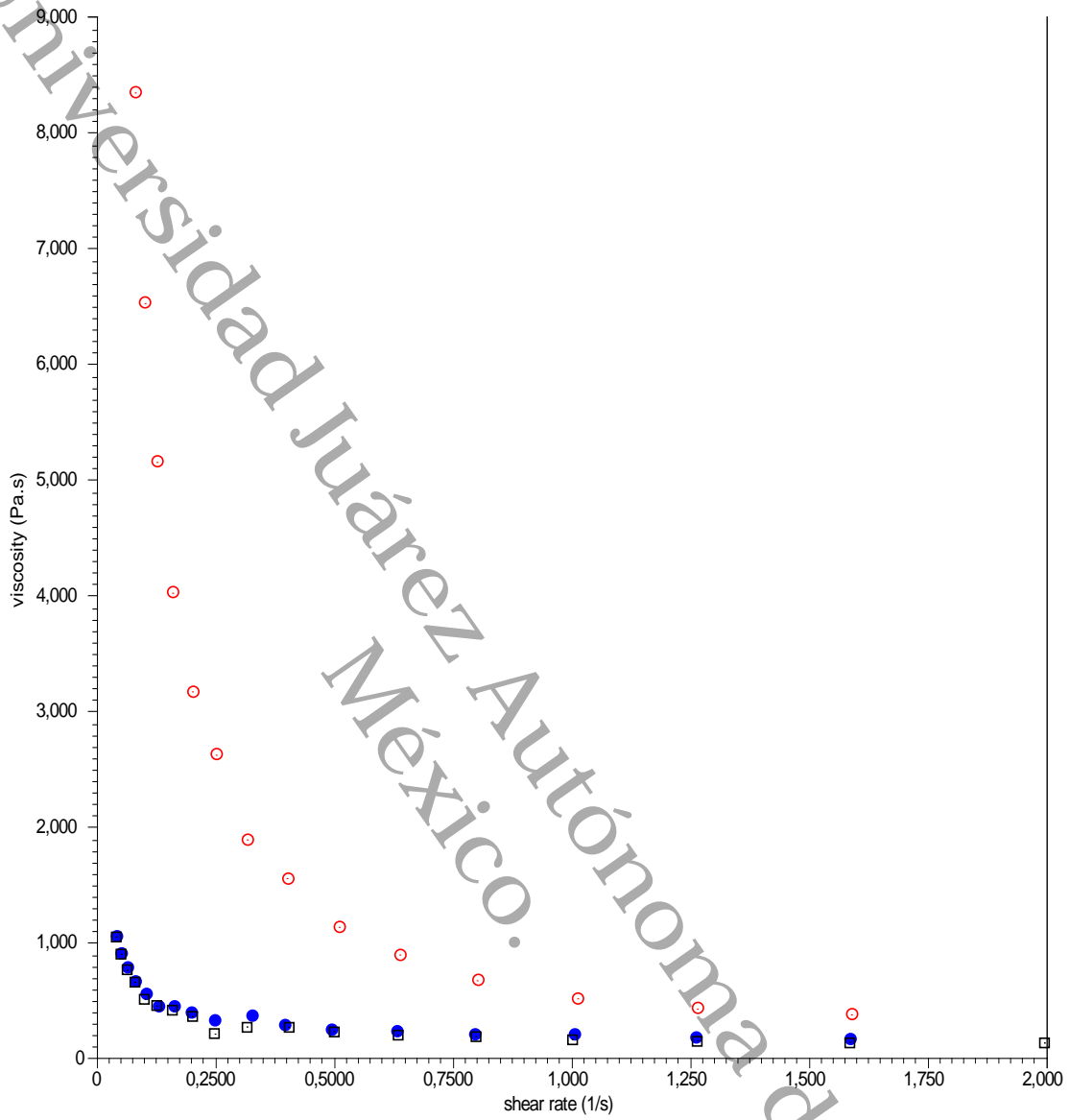
Fuente: Elaboración propia.

Figura 50. Frecuencia de emulsión de coco con xantana al 0.2%.



Fuente: Elaboración propia.

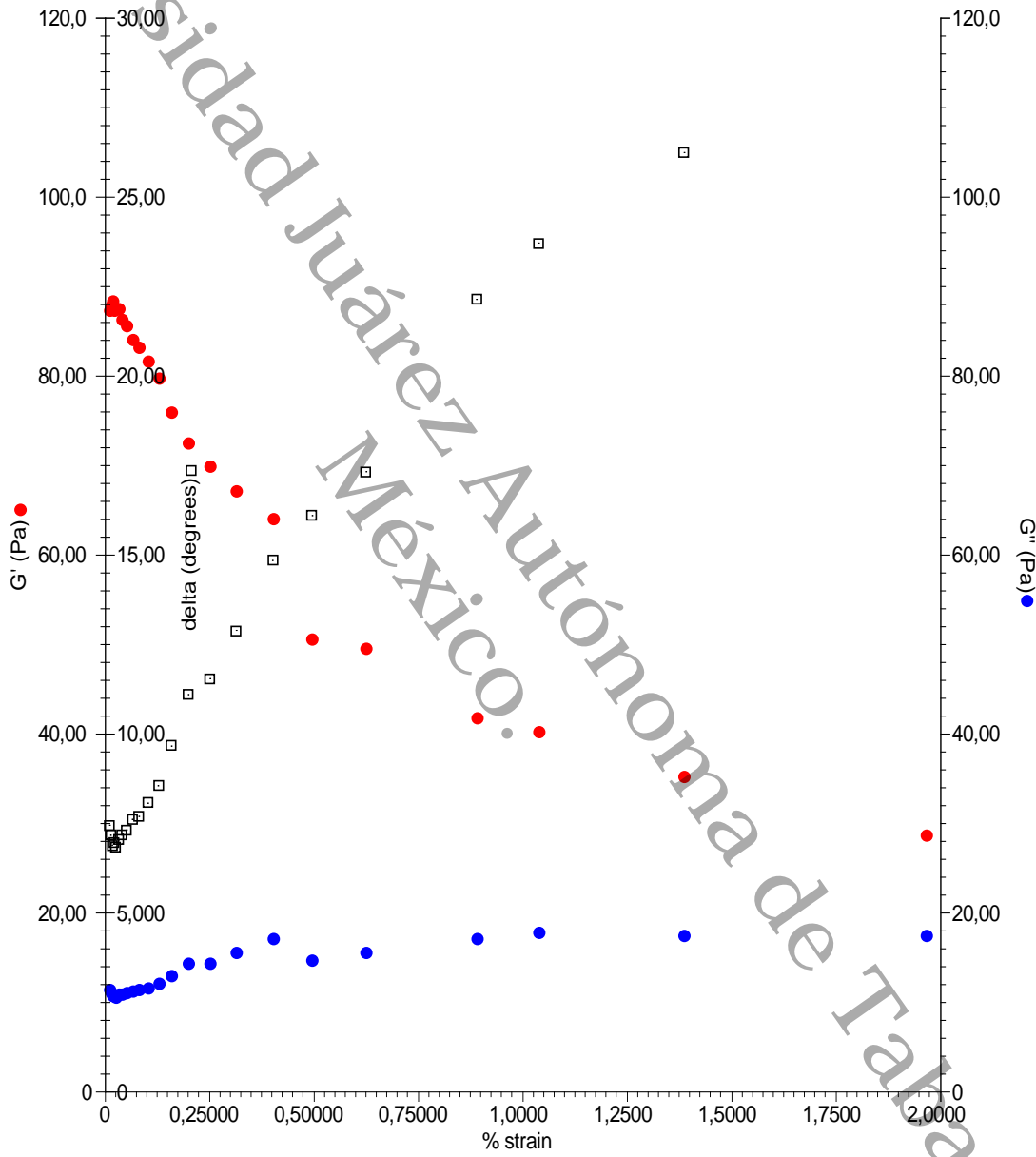
Figura 51. Viscosidad de emulsión de coco con xantana al 0.2%.



Fuente: Elaboración propia.

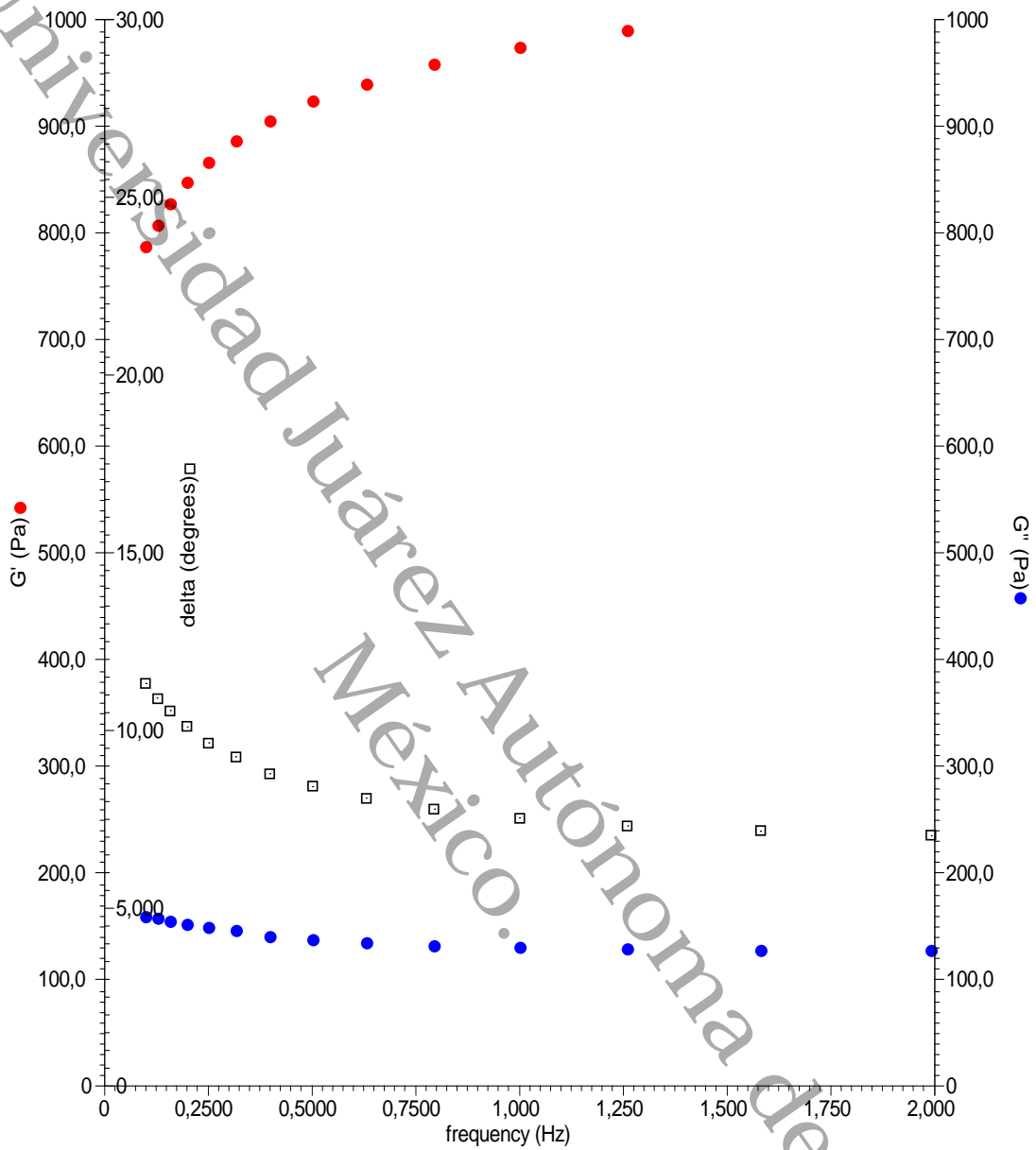
#### A4. Resultados reológicas de emulsión de coco con xantana y algarrobo en menos de 1%.

Figura 52. Strain de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.8%.



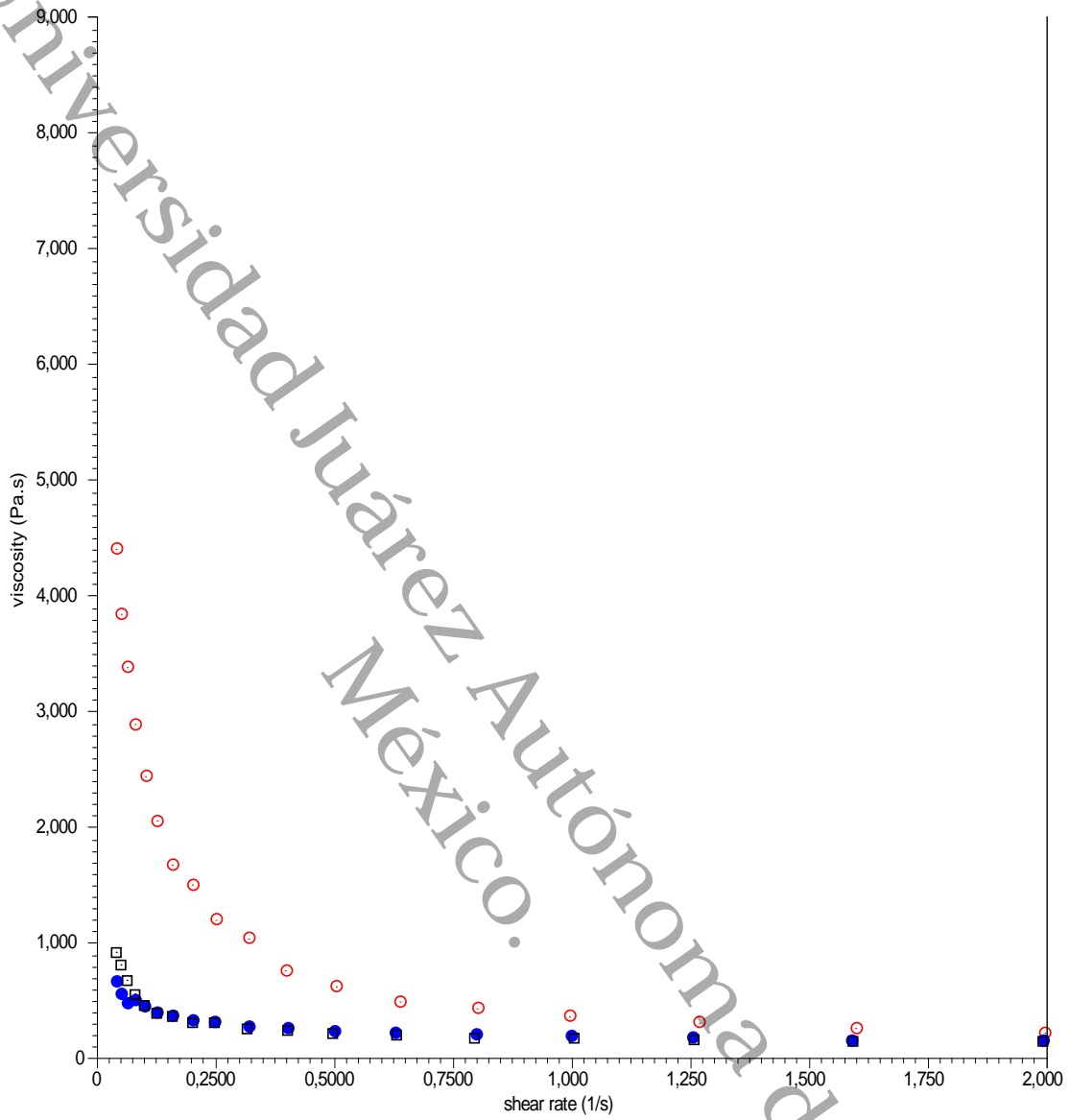
Fuente: Elaboración propia.

Figura 53. Frecuencia de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.8%.



Fuente: Elaboración propia.

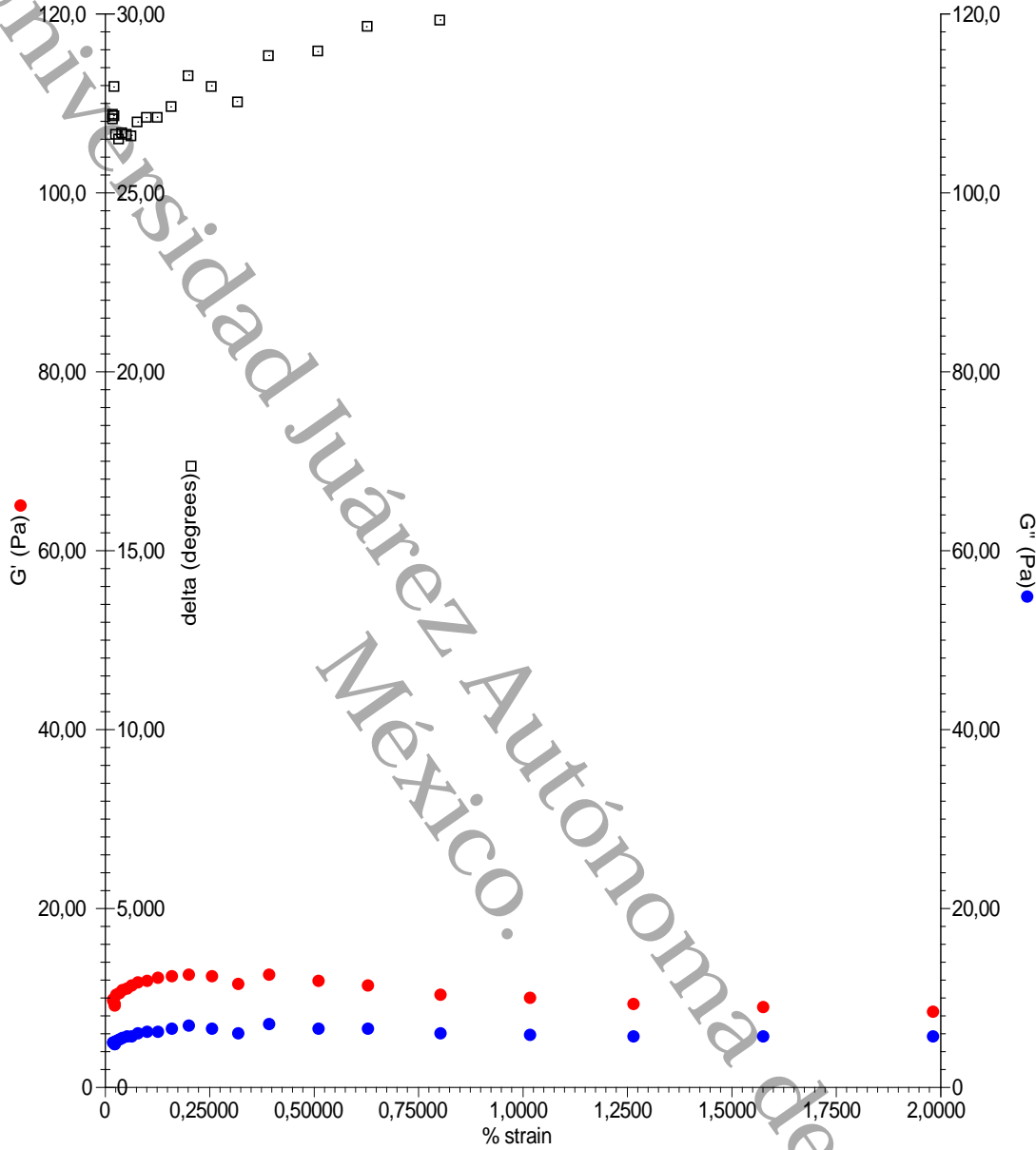
Figura 54. Viscosidad de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.8%.



Fuente: Elaboración propia.

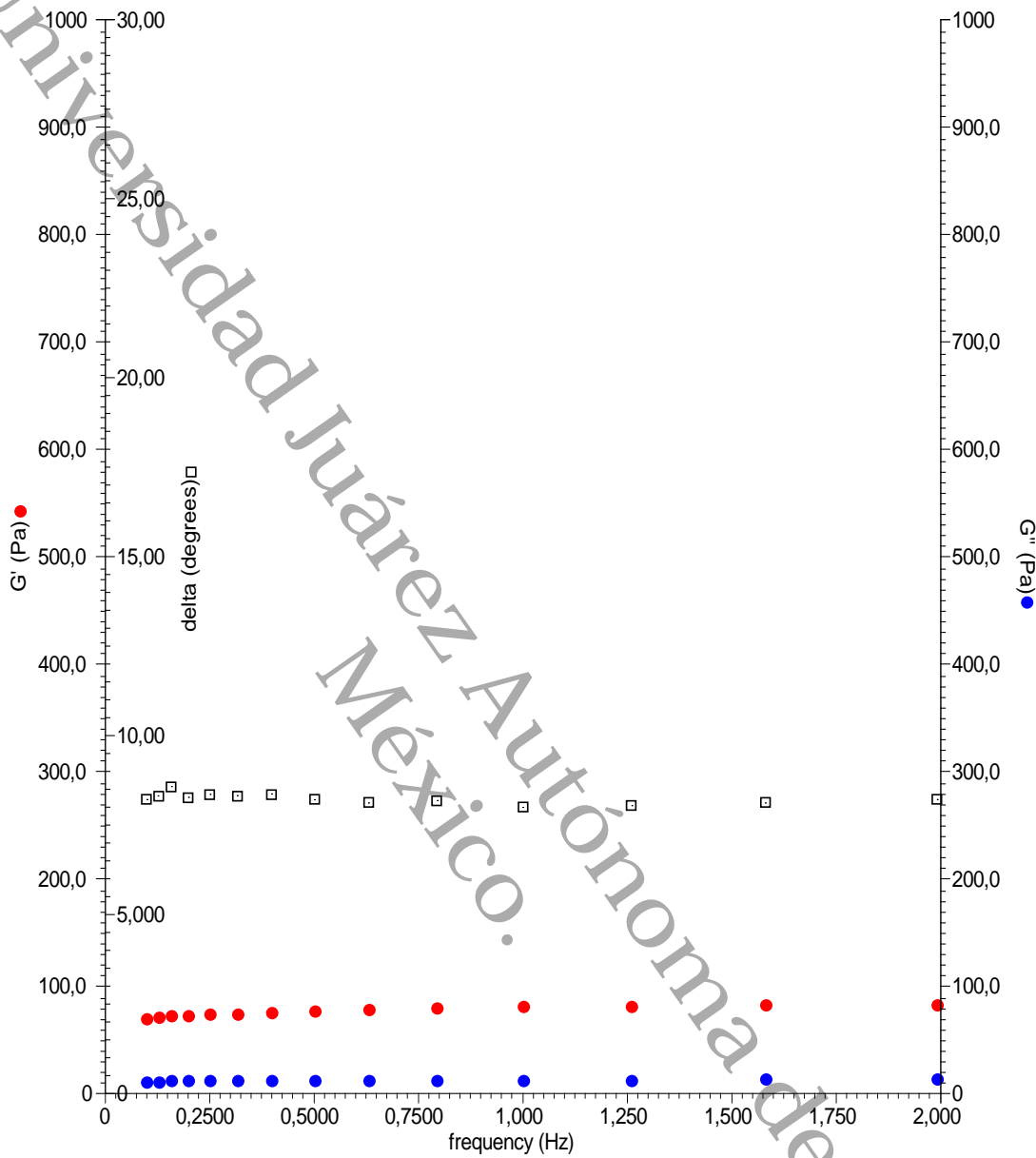


Figura 55. Strain de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.6%.



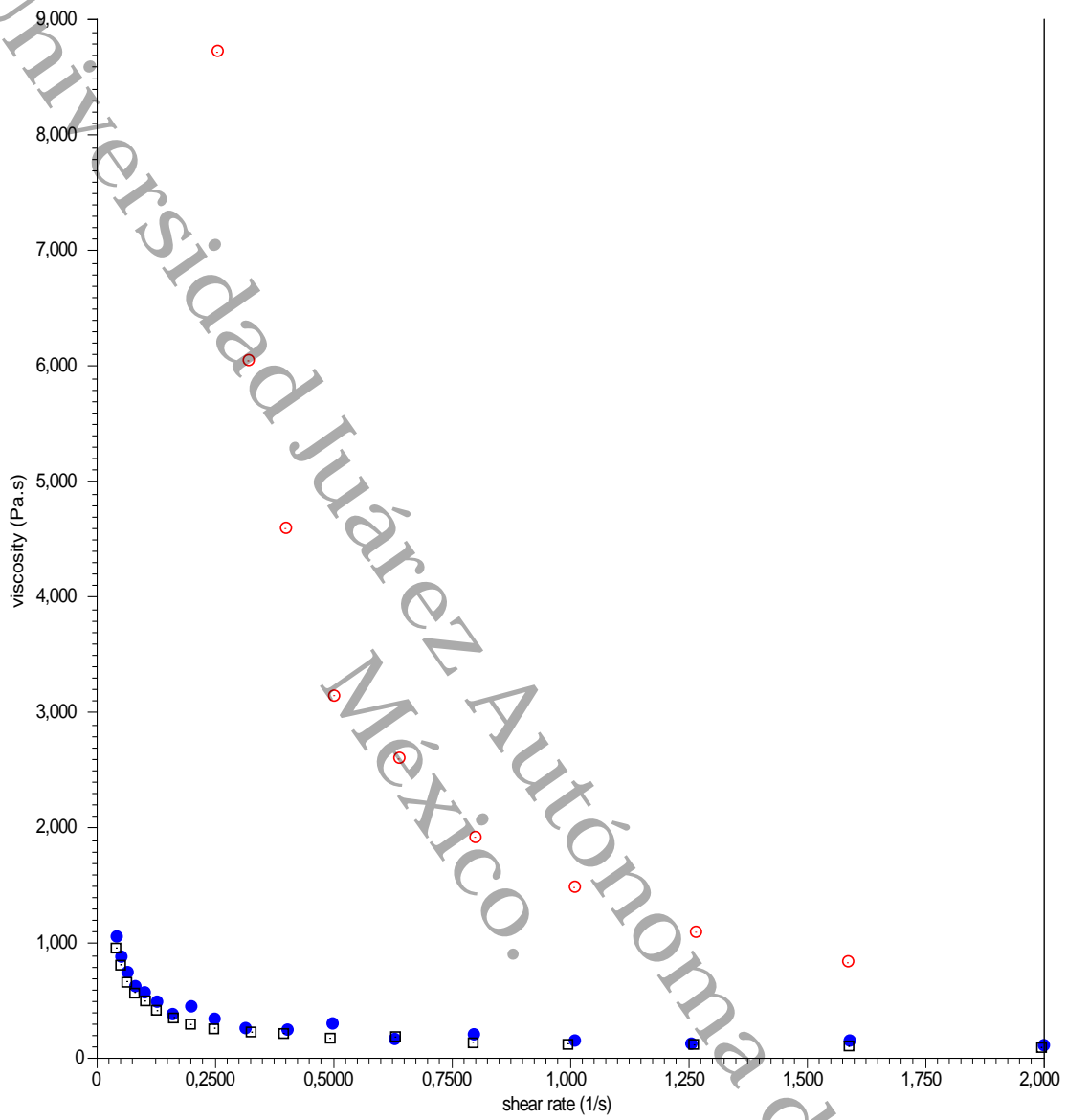
Fuente: Elaboración propia.

Figura 56. Frecuencia de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.6%.



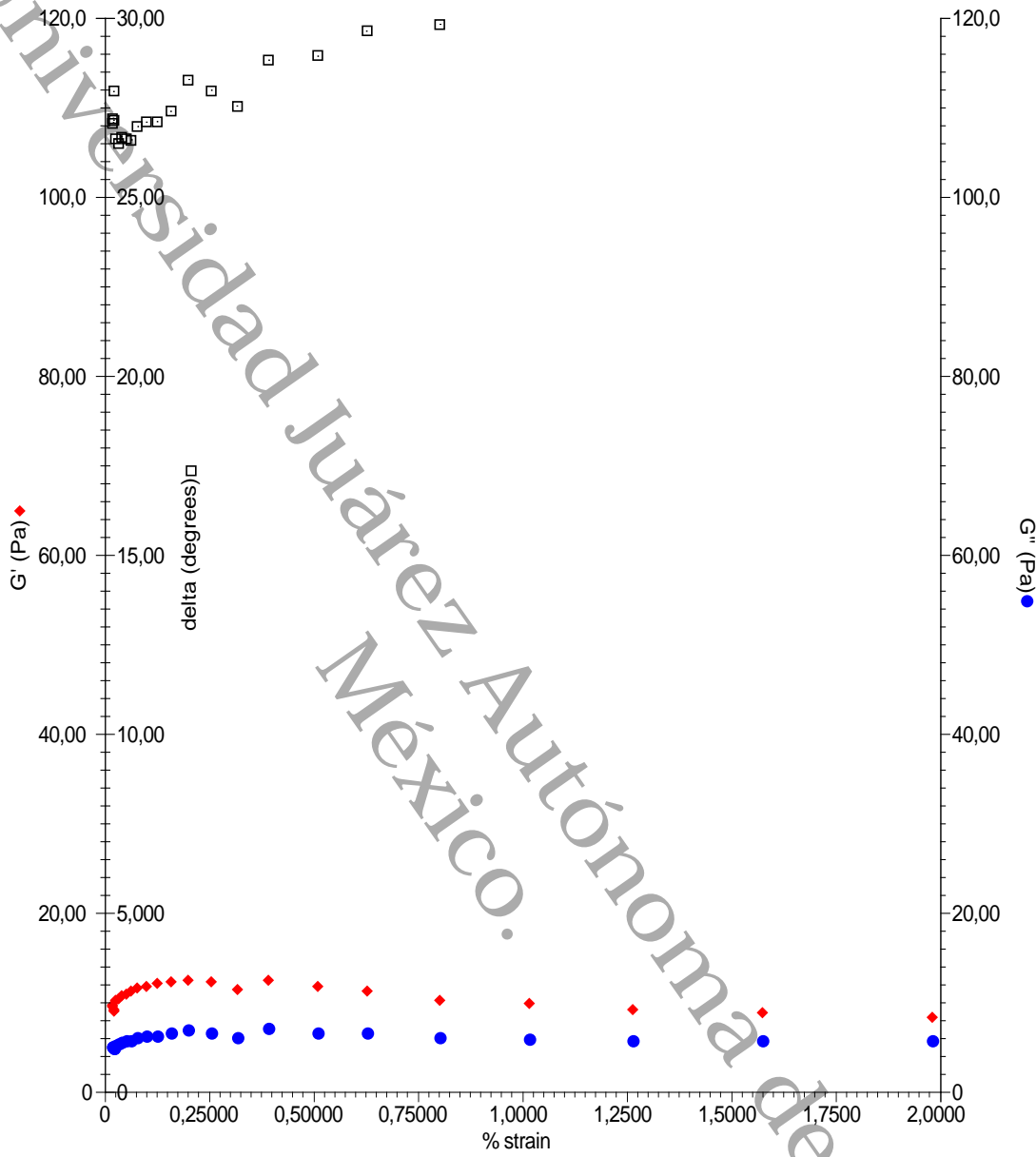
Fuente: Elaboración propia.

Figura 57. Viscosidad de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.6%.



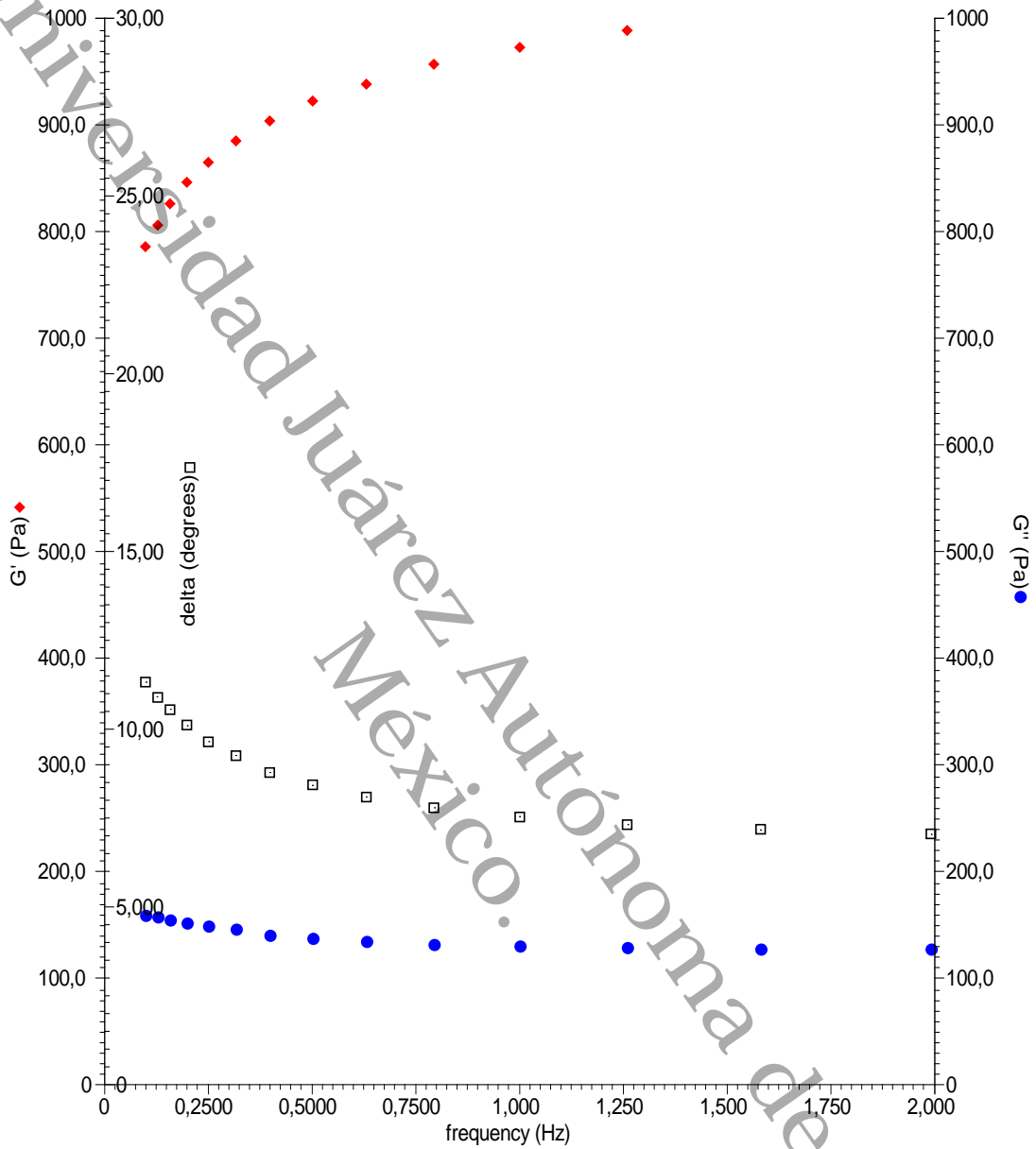
Fuente: Elaboración propia.

Figura 58. Strain de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.4%.



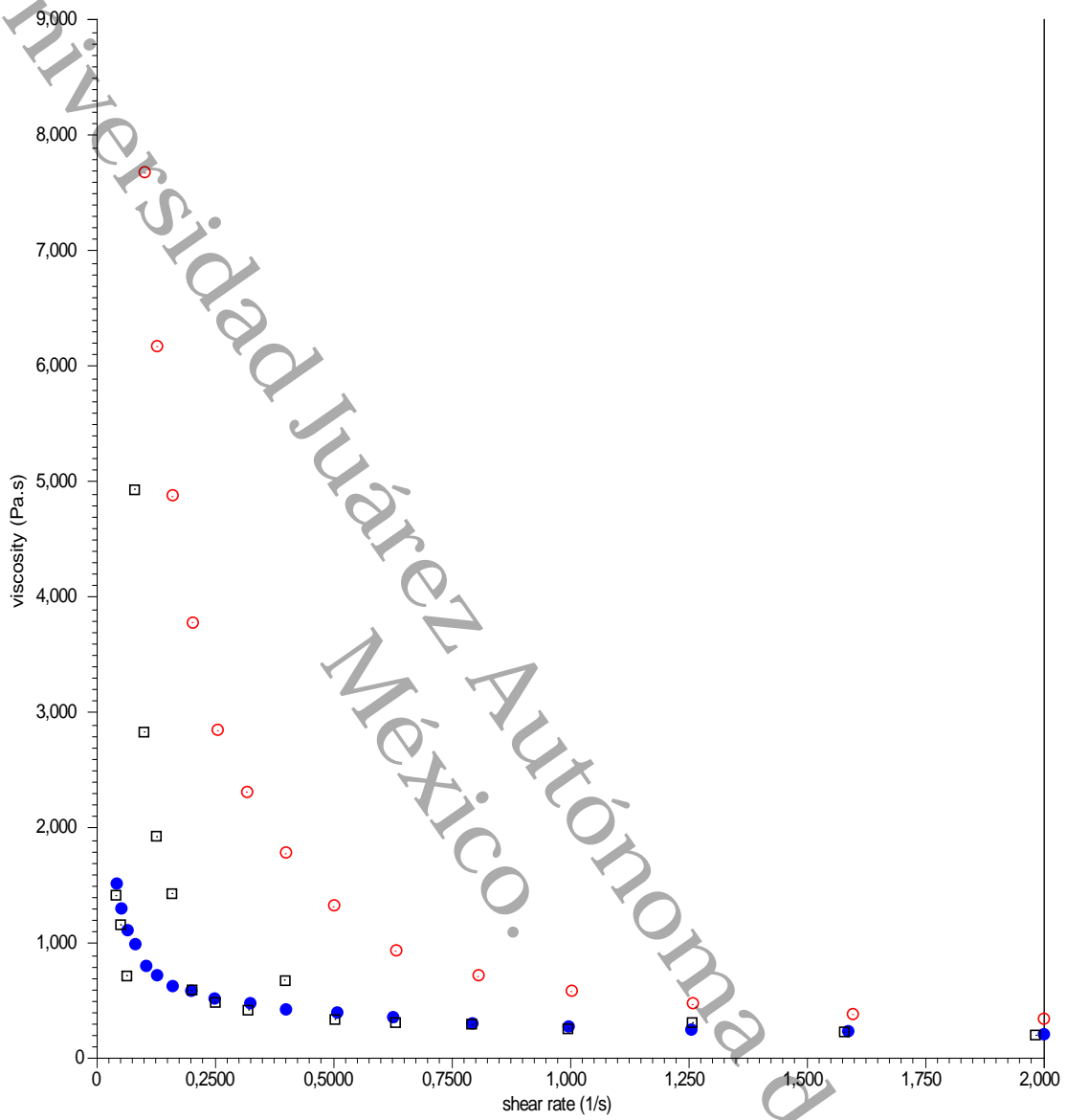
Fuente: Elaboración propia.

Figura 59. Frecuencia de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.4%.



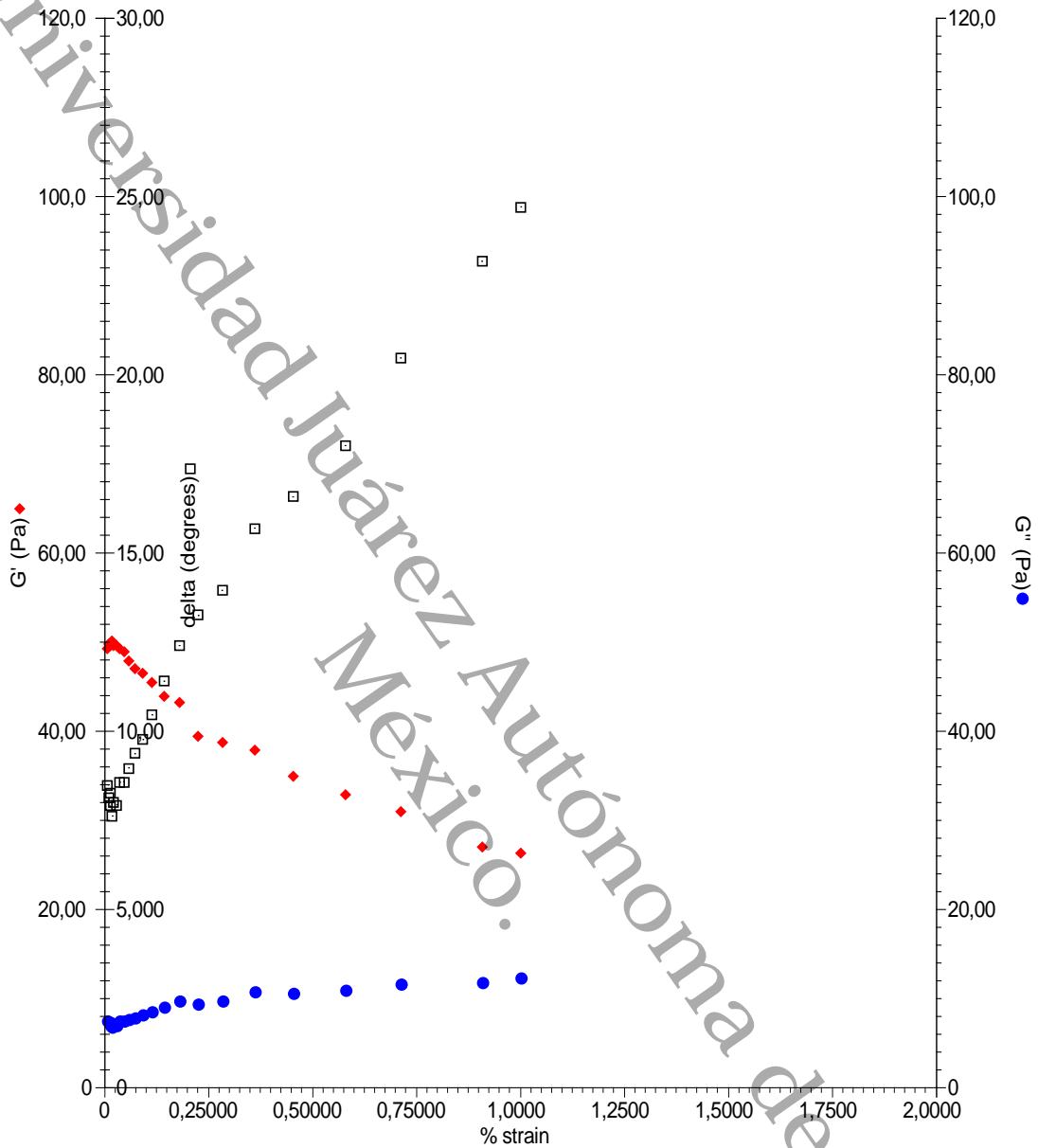
Fuente: Elaboración propia.

Figura 60. Viscosidad de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.4%.



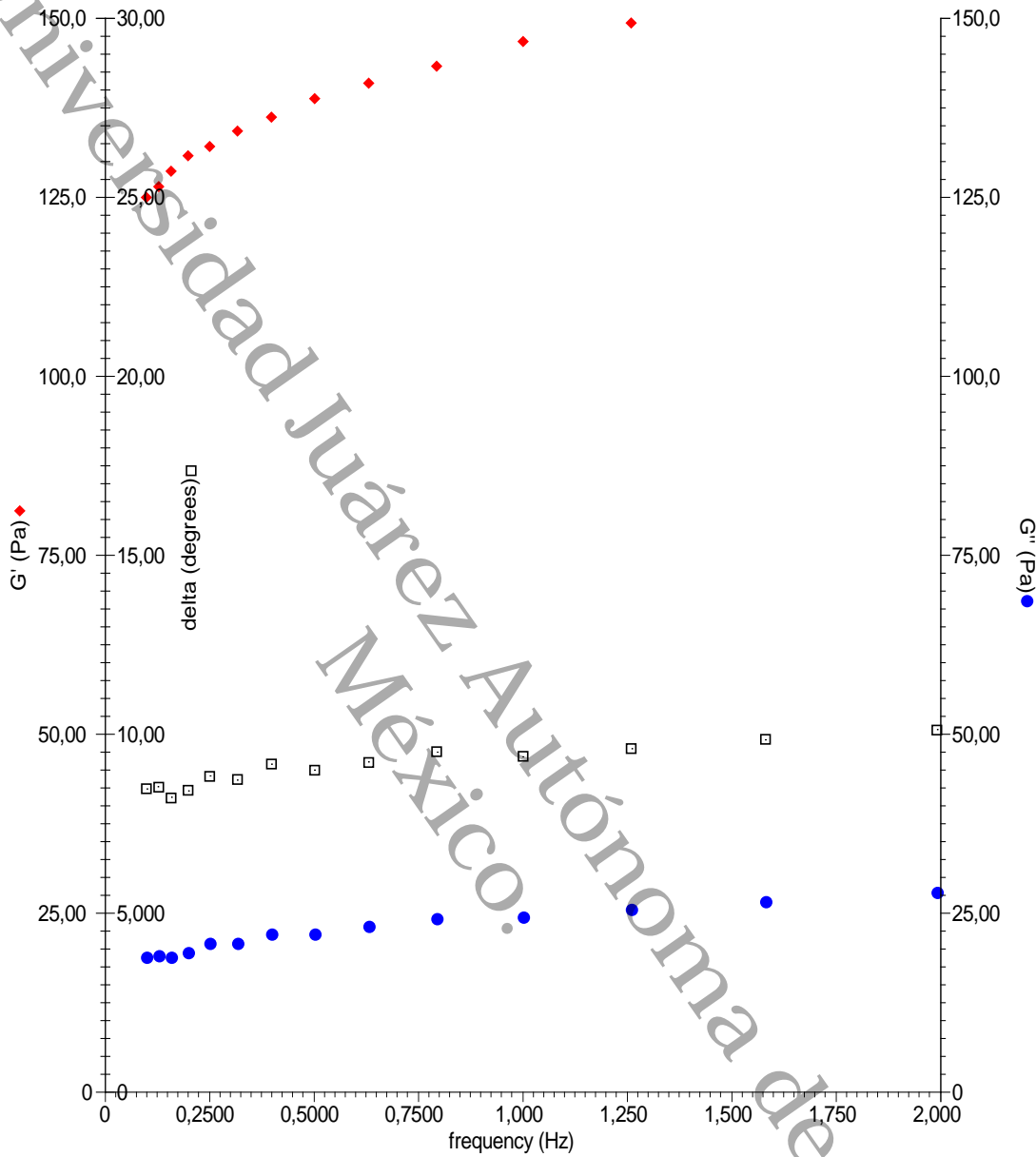
Fuente: Elaboración propia.

Figura 61. Strain de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.2%.



Fuente: Elaboración propia.

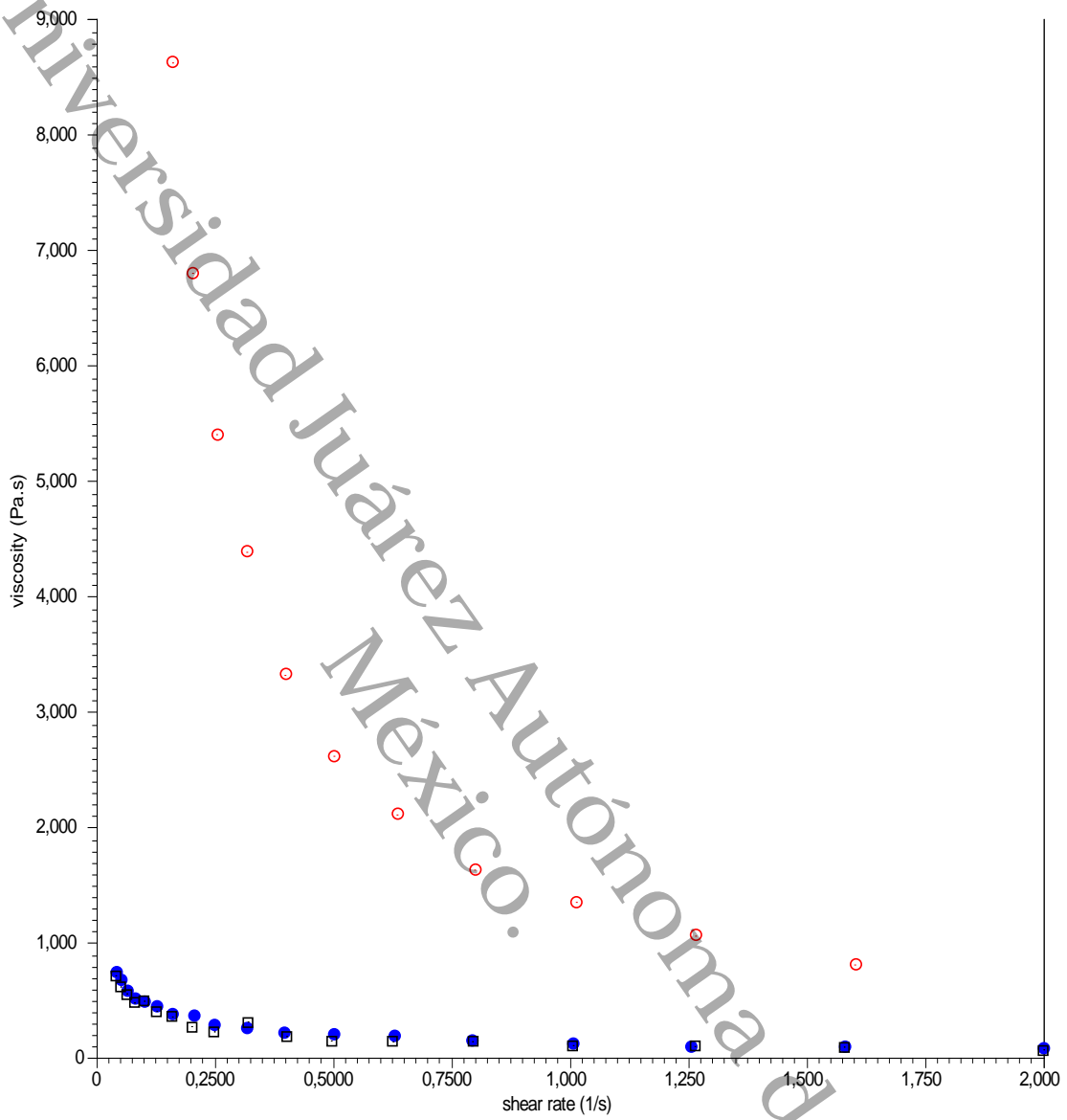
Figura 62. Frecuencia de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.2%.



Fuente: Elaboración propia.



Figura 63. Viscosidad de emulsión de coco con xantana y algarrobo al 0.2%.



Fuente: Elaboración propia.