



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**Elaboración de una saliva sustituta para el tratamiento de  
xerostomía resultado de tratamientos contra cáncer de  
cuello y cabeza.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

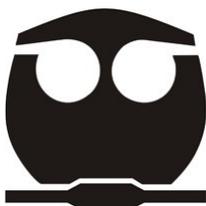
**QUIMICA**

**PRESENTA**

**Yanis Toledano Magaña.**

**MÉXICO, D.F.**

**2010**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** ELVIRA SANTOS SANTOS  
**VOCAL:** GLORIA DÍAZ RUIZ  
**SECRETARIO:** MA GUADALUPE LEMUS BARAJAS  
**1er. SUPLENTE:** DANIEL MÉNDEZ ITURBIDE  
**2° SUPLENTE:** ALEIDA MINA CETINA

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**LABORATORIO 223, DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÁNICA, DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM.**

**LABORATORIO DE SUPERFICIES, FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM.**

**LABORATORIO 4-A, DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA, FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM.**

---

**ASESOR DEL TEMA: DRA. ELVIRA SANTOS SANTOS**

---

**SUSTENTANTE : YANIS TOLEDANO MAGAÑA**

---

## **Dedicatorias.**

A mis padres, que a lo largo de toda mi vida han estado a mi lado y siempre me han apoyado.

A mis hermanos, que me ensaaron a ver la grandeza de un ser a pesar de su tamao.

A todos aquellos maestros que a lo largo de mi vida acadmica se preocuparon por darme una buena formacin.

A los mdicos, enfermeras, camilleros que me salvaron la vida en el hospital de traumatologa de Lomas Verdes del IMSS.

A la facultad de Qumica de la Universidad Nacional Autnoma de Mxico, por haberme dado la oportunidad de formarme en una de las instituciones ms importantes de Mxico y el mundo.

A todas las personas que han aportado algo en mi vida, a todas ellas les dedico este trabajo.

“Gracias a la vida que me ha dado tanto.  
Me ha dado el sonido y el abecedario,  
con l las palabras que pienso y declaro  
madre, amigo, hermano, y luz alumbrando  
la ruta del alma del que estoy amando.”

***Violeta Parra***

## **Agradecimientos.**

Agradezco ampliamente toda su colaboración por el espacio brindado y todo el conocimiento compartido al Dr. Jesús Gracia Fadrique y a la M. en C. Alma Miriam Novelo Torres del laboratorio de Superficies de la Facultad de Química, UNAM.

Agradezco también a la Q.F.B. Olga del Carmen Velázquez Madrazo por todo su apoyo para la realización de las pruebas microbiológicas, del laboratorio 4-A del Departamento de Alimentos y Biotecnología de la Facultad de Química, UNAM.

## **Abreviaturas.**

**C.M.**           cáncer de mama.

**C.C.C.**        cáncer de cabeza y cuello.

**v.e.**            valor estimado.

**ufc.**            unidades formadoras de colonias.

# Índice.

<b>I Resumen</b> .....	<b>11</b>
<b>II Introducción</b> .....	<b>12</b>
<b>III Antecedentes</b> .....	<b>24</b>
3.1 Cáncer.....	<b>24</b>
3.1.1 Cáncer de cabeza y cuello (CCC).....	<b>26</b>
3.2 Tratamientos para cáncer de cabeza y cuello.....	<b>28</b>
3.2.1 Efectos secundarios de los tratamientos para CCC.....	<b>28</b>
3.2.2 Xerostomía como secuela del tratamiento contra el cáncer .....	<b>29</b>
3.3 Glándulas salivales.....	<b>29</b>
3.3.1 La saliva.....	<b>29</b>
3.3.2 Propiedades de la saliva.....	<b>30</b>
3.4 El nopal.....	<b>31</b>
3.4.1 Composición química.....	<b>31</b>
3.4.2 Uso industrial del nopal.....	<b>32</b>
3.5 El mucílago del nopal.....	<b>33</b>
<b>IV Justificación</b> .....	<b>34</b>
<b>V Objetivos</b> .....	<b>35</b>
<b>VI Objetivos particulares</b> .....	<b>35</b>
<b>VII Material</b> .....	<b>36</b>
<b>VIII Metodología</b> .....	<b>37</b>
8.1 Selección y adquisición de nopales.....	<b>37</b>
8.2 Extracción de mucílago.....	<b>37</b>
8.3 Elaboración de soluciones a diferentes concentraciones de mucílago.....	<b>38</b>
8.4 Análisis Microbiológico.....	<b>38</b>
8.4.1 Determinación de mesófilos aerobios.....	<b>38</b>
8.4.2 Determinación de coliformes totales.....	<b>39</b>
8.4.3 Determinación de hongos y levaduras.....	<b>39</b>
8.5 Determinación del pH de las distintas soluciones.....	<b>40</b>
8.6 Determinación de la viscosidad de las distintas soluciones.....	<b>40</b>
8.7 Determinación de la densidad de las distintas soluciones.....	<b>41</b>
8.8 Determinación de la tensión superficial de las distintas soluciones.....	<b>43</b>
8.9 Determinación del ángulo de contacto entre las soluciones y una superficie de metil metacrilato utilizada para prótesis dental.....	<b>44</b>
<b>IX Resultados</b> .....	<b>47</b>
9.1 Resultados del análisis microbiológico.....	<b>47</b>
9.2 Determinación del pH de las distintas soluciones de mucílago.....	<b>48</b>
9.3 Determinación del pH una vez agregado bicarbonato de sodio para obtener un pH de alrededor de 6.....	<b>50</b>
9.4 Determinación de la viscosidad de las distintas soluciones de mucílago de nopal en agua.....	<b>51</b>
9.5 Determinación de la densidad de las distintas soluciones de mucílago de nopal en agua.....	<b>53</b>
9.6 Determinación de la tensión superficial de las distintas soluciones de mucílago de nopal en agua.....	<b>55</b>
9.7 Determinación de la presión superficial para determinar la concentración de agregación crítica.....	<b>58</b>
9.8 Determinación del ángulo de contacto entre las distintas soluciones de mucílago de nopal en agua y una placa de metil metacrilato utilizada para prótesis dental.....	<b>60</b>
<b>X Discusión</b> .....	<b>62</b>
<b>XI Conclusiones</b> .....	<b>67</b>
<b>XII Perspectivas</b> .....	<b>69</b>

<b>XIII Apéndices</b> .....	<b>70</b>
Apéndice 1. Determinación de la constante del viscosímetro a 25°C.....	<b>70</b>
Apéndice 2. Determinación de los factores de corrección de acuerdo a la densidad para el cálculo de la tensión superficial. ....	<b>71</b>
Apéndice 3. Mediciones de pH.....	<b>84</b>
Apéndice 4. Mediciones de pH una vez agregado bicarbonato de sodio.....	<b>84</b>
Apéndice 5. Determinación de la viscosidad.....	<b>85</b>
Apéndice 6. Determinación de la densidad.....	<b>85</b>
Apéndice 7. Determinación de la tensión superficial.....	<b>86</b>
Apéndice 8. Determinación del ángulo de contacto.....	<b>87</b>
<b>XIV Bibliografías</b> .....	<b>94</b>

## Índice de Figuras.

<b>Figura 1.</b> Mapa en el que se muestra la educación obligatoria en el mundo. ....	<b>22</b>
<b>Figura 2.</b> Esperanza de vida en años. ....	<b>23</b>
<b>Figura 3.</b> Mortalidad mundial por cáncer de cavidad oral en hombres según región geográfica, 2000. ....	<b>27</b>
<b>Figura 4.</b> Viscosímetro de Ostwald. ....	<b>41</b>
<b>Figura 5.</b> Picnómetro.....	<b>43</b>
<b>Figura 6.</b> Tensiómetro de balanza. ....	<b>45</b>
<b>Figura 7.</b> Esquema para determinación del ángulo de contacto sobre una superficie conocida.....	<b>46</b>
<b>Figura 8.</b> Fotografía de una gota de solución de mucílago sobre una superficie de metilmetacrilato a través del ocular del goneómetro. ....	<b>46</b>
<b>Figura 9.</b> Fotografía del ángulo de contacto de 50° que presenta la solución con 50% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo. ....	<b>87</b>
<b>Figura 10.</b> Fotografía del ángulo de contacto de 48° que presenta la solución con 50% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo. ....	<b>88</b>
<b>Figura 11.</b> Fotografía del ángulo de contacto de 60° que presenta la solución con 55% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo. ....	<b>88</b>
<b>Figura 12.</b> Fotografía del ángulo de contacto de 60° que presenta la solución con 65% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo. ....	<b>89</b>
<b>Figura 13.</b> Fotografía del ángulo de contacto de 61° que presenta la solución con 65% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo. ....	<b>89</b>
<b>Figura 14.</b> Fotografía del ángulo de contacto de 61° que presenta la solución con 70% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo. ....	<b>90</b>
<b>Figura 15.</b> Fotografía del ángulo de contacto de 61° que presenta la solución con 80% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo. ....	<b>90</b>
<b>Figura 16.</b> Fotografía del ángulo de contacto de 65° que presenta la solución con 90% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo. ....	<b>91</b>
<b>Figura 17.</b> Fotografía del ángulo de contacto de 65° que presenta la solución con 90% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo. ....	<b>91</b>
<b>Figura 18.</b> Fotografía del ángulo de contacto de 67° que presenta la solución con 95% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo. ....	<b>92</b>
<b>Figura 19.</b> Fotografía del ángulo de contacto de 68° que presenta la solución con 100% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo. ....	<b>92</b>
<b>Figura 20.</b> Fotografía del ángulo de contacto de 68° que presenta la solución con 100% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo. ....	<b>93</b>
<b>Figura 21.</b> Fotografía del ángulo de contacto de 67° que presenta la solución con 100% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo. ....	<b>93</b>

## Índice de Tablas.

<b>Tabla 1.</b> La taxonomía más usada en su clasificación según el sistema de Britto y Rose.....	32
<b>Tabla 2.</b> Composición química de cladodios de <i>Opuntia ficus indica</i> .....	33
<b>Tabla 3.</b> Determinación de mesófilos aerobios, coliformes totales hongos y levaduras en muestras de mucílago fresco y con tratamiento térmico.....	48
<b>Tabla 4.</b> Determinación de mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras en muestras de mucílago fresco y con tratamiento térmico después de su manipulación.....	48
<b>Tabla 5.</b> pH promedio de las soluciones a diferentes concentraciones de mucílago.....	49
<b>Tabla 6.</b> pH promedio de las soluciones una vez agregado el bicarbonato de sodio para obtener un pH aproximado de 6.....	51
<b>Tabla 7.</b> Viscosidad de las soluciones de mucílago en agua a diferentes concentraciones .....	52
<b>Tabla 8.</b> Densidad de las soluciones de mucílago en agua a diferentes concentraciones.....	55
<b>Tabla 9.</b> Tensión superficial de las soluciones a diferentes concentraciones de mucílago a partir de la masa determinada por el método de la balanza para tensión superficial.....	57
<b>Tabla 10.</b> Presión superficial de las soluciones a distintas concentraciones de mucílago.....	59
<b>Tabla 11.</b> Ángulo de contacto determinado sobre una superficie de metacrilato de metilo utilizada para prótesis dental en función de la concentración de mucílago.....	61
<b>Tabla 12.</b> Resumen de las propiedades medidas para las soluciones que serían viables para sustituir a la saliva humana.....	66
<b>Tabla 13.</b> Análisis de costos para la elaboración de 4.8 litros de saliva sustituta de la humana a partir de mucílago de nopal.....	66
<b>Tabla 14.</b> Constantes del viscosímetro según la temperatura de trabajo.....	70
<b>Tabla 15.</b> Factores de corrección determinados para calcular tensión superficial por el método de la balanza.....	71
<b>Tabla 16.</b> Masa, densidad y volumen promedio de las distintas soluciones de mucílago de nopal en agua.....	73
<b>Tabla 17.</b> Determinación de $R^3/V$ .....	73
<b>Tabla 18.</b> Valores de $R^3/V$ correspondientes a $R/r=52$ .....	75
<b>Tabla 19.</b> Valores de $R^3/V$ correspondientes a $R/r=54$ .....	76
<b>Tabla 20.</b> Datos necesarios para la determinación de los factores de corrección....	83
<b>Tabla 21.</b> pH determinados por triplicado para cada una de las soluciones de mucílago en agua.....	84
<b>Tabla 22.</b> pH determinados por triplicado para cada una de las soluciones de mucílago en agua una vez agregado el bicarbonato de sodio.....	84
<b>Tabla 23.</b> Viscosidad determinada por triplicado para cada una de las muestras de mucílago en agua.....	85
<b>Tabla 24.</b> Densidad determinada por triplicado para cada una de las soluciones de mucílago en agua.....	85
<b>Tabla 26.</b> Ángulos de contacto medidos para las diferentes soluciones de mucílago en agua sobre una superficie de metil metacrilato.....	87

## Índice de Gráficas.

<b>Gráfica 1</b> Causas de fallecimiento en hispanos de todas las edades en el año 2000. .....	<b>25</b>
<b>Gráfica 2.</b> pH de las soluciones en función de la concentración de mucílago. ....	<b>50</b>
<b>Gráfica 3.</b> pH de las soluciones una vez agregado el bicarbonato de sodio.....	<b>51</b>
<b>Gráfica 4.</b> Variación de la viscosidad respecto a la concentración de mucílago.....	<b>53</b>
<b>Gráfica 5.</b> Densidad en función de la concentración de mucílago en solución con agua.....	<b>56</b>
<b>Gráfica 6.</b> Tensión superficial en función de la concentración de mucílago en agua.. .....	<b>58</b>
<b>Gráfica 7.</b> Presión superficial en función de la concentración de mucílago de las distintas soluciones.....	<b>60</b>
<b>Gráfica 8.</b> Ángulo de contacto determinado sobre una superficie de metacrilato de metilo en función de la concentración de mucílago.....	<b>62</b>
<b>Gráfica 9.</b> Determinación de la constante del viscosímetro. ....	<b>71</b>
<b>Gráfica 10.</b> Factores de corrección para $R^3/V$ determinados para $R/r=52$ . ....	<b>74</b>
<b>Gráfica 11.</b> Factores de corrección para $R^3/V$ determinados para $R/r=54$ . ....	<b>75</b>
<b>Gráfica 12.</b> Factores de corrección para $R/r$ de 53.6 y $R^3/V=1.1643 \text{ cm}^3/\text{L}$ . ....	<b>77</b>
<b>Gráfica 13.</b> Factores de corrección para $R/r$ de 53.6 y $R^3/V=1.2754 \text{ cm}^3/\text{L}$ .....	<b>77</b>
<b>Gráfica 14.</b> Factores de corrección para $R/r$ de 53.6 y $R^3/V=1.3235 \text{ cm}^3/\text{L}$ .....	<b>78</b>
<b>Gráfica 15.</b> Factores de corrección para $R/r$ de 53.6 y $R^3/V=1.3964 \text{ cm}^3/\text{L}$ .....	<b>78</b>
<b>Gráfica 16.</b> Factores de corrección para $R/r$ de 53.6 y $R^3/V=1.4403 \text{ cm}^3/\text{L}$ .....	<b>79</b>
<b>Gráfica 17.</b> Factores de corrección para $R/r$ de 53.6 y $R^3/V=1.4368 \text{ cm}^3/\text{L}$ .....	<b>79</b>
<b>Gráfica 18.</b> Factores de corrección para $R/r$ de 53.6 y $R^3/V=1.4373 \text{ cm}^3/\text{L}$ .....	<b>80</b>
<b>Gráfica 19.</b> Factores de corrección para $R/r$ de 53.6 y $R^3/V=1.4491 \text{ cm}^3/\text{L}$ .....	<b>80</b>
<b>Gráfica 20.</b> Factores de corrección para $R/r$ de 53.6 y $R^3/V=1.4226 \text{ cm}^3/\text{L}$ .....	<b>81</b>
<b>Gráfica 21.</b> Factores de corrección para $R/r$ de 53.6 y $R^3/V=1.4196 \text{ cm}^3/\text{L}$ .....	<b>81</b>
<b>Gráfica 22.</b> Factores de corrección para $R/r$ de 53.6 y $R^3/V=1.4172 \text{ cm}^3/\text{L}$ .....	<b>82</b>
<b>Gráfica 23.</b> Factores de corrección para $R/r$ de 53.6 y $R^3/V=1.4280 \text{ cm}^3/\text{L}$ .....	<b>82</b>

## I Resumen.

Este trabajo se realizó con la finalidad de mostrar que se puede elaborar una saliva sustituta de la humana a partir de mucílago de nopal para tratar la xerostomía (resequedad bucal) en ocasiones provocada por la quimioterapia y radioterapia a la que son sujetos pacientes con cáncer de cabeza y cuello. Por tal motivo, se realizaron las pruebas fisicoquímicas para encontrar la solución que sustituya de mejor manera a la saliva humana en los pacientes que padecen xerostomía.

Se extrajo mucílago de nopal utilizando nopales de la especie *Opuntia ficus indica*, posteriormente se prepararon distintas soluciones con un porcentaje determinado de mucílago en agua.

Se realizaron pruebas microbiológicas en muestras de mucílago y mucílago hervido, para asegurar la inocuidad.

Se determinaron los parámetros fisicoquímicos requeridos (viscosidad, densidad, tensión superficial, ángulo de contacto con superficies determinadas) tomando como referencia lo reportado para la saliva humana.

Con los resultados obtenidos se determinó cual es la solución con los mejores parámetros para ser utilizada como sustituto de la saliva humana en pacientes con xerostomía.

## II Introducción.

El cáncer es una enfermedad que se conoce desde la antigüedad, en el Antiguo Egipto por se han encontrado varios papiros que contienen información sobre enfermedades mamarias. Es el Papiro de Edwing Smith, encontrado en Tebas (hoy Karnak y Luxor) en 1862 que data de unos 1600 años a.C., que entre otras cosas contiene 48 casos dedicados a cirugía y en cuanto a mama habla de abscesos, traumatismos y heridas infectadas; siendo el nº 45 tal vez el registro más antiguo de cáncer titulado como INSTRUCCIONES EN TORNO A TUMORES SOBRE LAS MAMAS, e informa al explorador que una mama con una tumoración caliente al tacto, es un caso que no tiene tratamiento. Normalmente éste se limitaba a los dos únicos métodos disponibles por entonces, quemar la lesión con fuego o extirparla mediante instrumentos cortantes. A pesar de lo primitivo de éstos métodos, permanecieron vigentes por más de 2000 años, ya que debió transcurrir todo éste tiempo para encontrar la primera innovación en el tratamiento del cáncer mamario que fue de los primeros en ser tratados.<sup>1</sup>

Posteriormente en la Grecia Clásica entre el 450 y el 136 a.C. se describen casos como el de la princesa Atossa que por pudor ocultó un tumor hasta que se ulceró y Demócides la curó. Hipócrates 400 años a.C. habla de Karquinos o Karquinoma que lo relaciona con el cese de la menstruación y dice que no debe tratarse porque acelera la muerte, describe un caso de una mujer con C.M. (cáncer de mama) y con hemorragia por pezón, que murió cuando dicha hemorragia cesó. Definió con claridad que los casos con C.M. profundo era mejor no intervenirlos ya que su tratamiento conducía a la muerte mientras que la omisión del mismo permitía una vida mas prolongada. No dejó ningún documento donde se recomendara el tratamiento quirúrgico apropiado para el C.M.<sup>11</sup>

Aurelius Cornelius Celsus, 300 años a.C. habla de una forma precoz "Cacoethes" que es el único que puede operarse y de tratamiento médico con purgas, sangrías y aplicaciones locales. Enciclopedista y no médico, detalla en su tratado la primera descripción médica del cáncer, y así mismo delimita cuatro estadios clínicos:

1. Malignidad, aparentemente simple o precoz.
2. Cáncer sin úlcera.

3. Cáncer ulcerado.
4. Cáncer ulcerado con excrecencias y fácil sangrado.

Consideraba el tratamiento como contraindicado en los tres últimos casos.

Es de resaltar que con los romanos la cirugía y obstetricia alcanzaron un alto nivel, no superado hasta el Renacimiento. Galeno (131-201 d.C.), describió el cáncer como una hinchazón con dilatación venosa parecida a la forma de las patas de un cangrejo. Creía que se producía un acumulo de bilis negra (según las cuatro bilis de Hipócrates), y consideraba aconsejable para prevenirlo la práctica de purgas y sangrías. Además consideraba que la menstruación en mujeres de menos de 50 años debía en estos casos ser favorecida mediante baños calientes, ejercicio, masajes y proporcionaba medicamentos (emenagogos) para provocarla. También utilizaba medidas dietéticas. Afirmaba que para que el proceso fuera curable, debía encontrarse en estadios iniciales en los que la cirugía podía extirpar el tumor y todas sus ramificaciones, no consideraba éstas ramificaciones como parte del tumor sino como venas dilatadas llenas de bilis malsana. Al extirpar el tumor mediante una incisión circular, el cirujano debía ser consciente del peligro de hemorragia profusa por los grandes vasos.

En el período greco romano entre el 150 y el 500 d.C. Leónides, es considerado como el primero que efectuó una extirpación quirúrgica de la mama a causa de un tumor canceroso. Como cuidados postoperatorios indicaba cataplasmas y dietas que evitaran las bebidas frías y los alimentos de difícil digestión.

Es hasta el renacimiento cuando se descubren nuevos métodos para tratar el cáncer, Andrés Vesalio, (1514-1564), aplicó sus conocimientos a la cirugía efectuando amplias escisiones mamarias, utilizando las ligaduras en vez del cauterio. Ambrose, (1510-1590), llegó a ser el cirujano de cuatro reyes de Francia. Afirmaba que los cánceres superficiales debían ser escindidos, pero se oponía a los horrores de las grandes mutilaciones, también empleaba ligaduras y usaba placas de plomo con las que comprimía la lesión para disminuir su aporte sanguíneo y así retrasar su crecimiento.

Si bien todavía no se hablaba de metástasis observaban que muchas veces aún después de la extirpación se presentaban lesiones en otros lados es por esto que médicos como Miguel Servet, (1509-1553), consideraban que además de la extirpación del músculo se debían extirpar los ganglios cercanos a la lesión, lo que condujo a cirugías radicales pero más efectivas.

De esta manera empiezan a evolucionar los tratamientos y las cirugías en contra del cáncer, se daban numerosas dietas dependiendo del paciente para disminuir las posibilidades de tener padecimiento donde apareciera el “cangrejo” como le llamaban a la expresión cutánea del cáncer, también se seguían utilizando las sangrías y los baños a diferentes temperaturas así como los remedios para retrasar la llegada de la menopausia, se inventaron muchos artefactos para extirpar tumores, tridentes, guillotinas entre otros para poder quitar tumores sin causar más lesiones de las ya existentes según lo describen textos de la época.

Es hasta 1715 cuando John Hunter desarrolla la cirugía experimental y la patología quirúrgica, en Francia Henri François Le Dran (1685-1770), consideraba que el C.M. en estadios iniciales era un proceso local, empeorándose su pronóstico cuando aparecía la diseminación linfática, esto tenía la importancia de contradecir la teoría humoral de Galeno que venía perdurando durante 1000 años y que aún permanecería por otros 200. Pero uno de sus colegas era partidario de la amputación completa y como lo que más se conocía era el cáncer mamario apoyaba la amputación de la mama, con extirpación del pectoral y disección axilar, es decir aparece por primera vez la mastectomía radical como uno de los métodos más efectivos para eliminar el cáncer de mama y disminuir el riesgo de diseminación.

En el siglo XIX hay dos grandes aportaciones a la medicina que facilitan los procedimientos quirúrgicos, la introducción de la anestesia en 1846 por William Morton y la introducción de los principios de asepsia por Joseph Lister en 1867. Lo que además de facilitar las cirugías disminuyó los riesgos de contraer infecciones durante las mismas.

En 1882 James Elliot es el primer paciente con un tumor examinado al microscopio. Lo que permite comenzar a hacer comparaciones entre unos tumores y otros y empezar a definir lo que es el cáncer como tal y cuales son sus características.

Fue Charles Moore (1821-1879), quien enunció dos principios:

1. El tumor nunca debe ser escindido, sino extirpado por completo.
2. Las recidivas se producen por diseminación centrífuga desde el tumor primario y no por origen independiente, como entonces se creía.

Por otro lado William Steward Halsted, (1852-1922), consideraba que la pieza debía extirparse rápido y en su totalidad. Fue el primero que se apoyó en un fundamento científico y finalmente desarrolló la técnica que sería utilizada durante 100 años y puede que aún dure. Para el C.M. se basaba en:

1. Una amplia escisión de piel
2. Extirpación del pectoral mayor
3. Disección axilar
4. Extirpación en bloque de todos los tejidos, con un amplio margen.

Hacia el año 1900, la técnica de Halsted era el método primario de tratamiento de los cánceres operables y ha permanecido así durante más de 80 años, no obstante otros métodos se han ido incorporando como radioterapia, quimioterapia y hormonoterapia.

En 1895 se dice, que dos meses después del descubrimiento de los rayos X, Mile Grube irradió a una paciente con cáncer, pero se desconocen los resultados, un año después, George Beaston en Glasgow practica la primer ovariectomía en un cáncer avanzado y es en 1898 cuando el descubrimiento del radio permite que se comience a utilizar en clínica.

En 1898, Paul Erlich aisló el primer agente alquilante y con él acuñó la palabra quimioterapia, durante los años 1903 a 1915 se ocupó en la síntesis de componentes arsenicales, en 1910 encontró un componente llamado Salvarsan produjo agentes alquilantes y desarrolló una sustancia conocida como Mostaza Nitrogenada. Durante el período inmediato análogos de las mostazas nitrogenadas como Busulfan, Ciclofosfamida, Clorambucil, Fanilalanina, fueron introducidos en el uso diario.

En 1922 George Gask y Geogrey Keynes observan los efectos de las agujas de radio e inician el tratamiento en tumores inoperables y al comprobar los resultados extienden su utilización a estadios precoces, Keynes en 1939, comunica que la escisión local y las agujas de radio tienen un índice de supervivencia similar a la de una cirugía radical, siendo menos mutilante.

Es hasta 1927 cuando se comienza a estudiar de manera más profunda el cáncer de cabeza y cuello, se habían observado tumores, en esófago, cuello y laringe, pero es hasta este año cuando Egaz Moniz realizó el primer arteriograma humano. Moniz desarrolló la arteriografía, en parte, para localizar los tumores cerebrales.

Stafford Warren presentó en 1930 el uso de rayos-X para el examen diagnóstico de la mama. Once años después George Papanicolaou presentó al Papanicolau como un método de diagnosticar carcinomas del tracto genital femenino, en 1942 Karl y Friederich Dussik utilizaron por primera vez las imágenes de ultrasonido para diagnósticos médicos, específicamente para identificar a los tumores intracraneales. Este fue el paso final para el comienzo real del estudio del cáncer de cabeza y cuello.

Un paso importante fue el de Baclesse en Francia en 1960, que propuso que la tumorectomía seguida de radioterapia era tan buena como la técnica clásica. En Alemania, Inglaterra y U.S.A. se reportan los mismos resultados.<sup>III</sup>

Actualmente se utilizan sobre todo, la quimioterapia, la radioterapia, diversos fármacos y la tumorectomía. El término quimioterapia suele reservarse para los fármacos empleados en el tratamiento de las enfermedades neoplásicas que tienen como función el impedir la reproducción de las células cancerosas. Dichos fármacos se denominan citotóxicos. La terapia antineoplásica tiene una gran limitación, que es su escasa especificidad. El mecanismo de acción es provocar una alteración celular ya sea en la síntesis de ácido nucleico, división celular o síntesis de proteínas. Debido a su inespecificidad afecta a otras células y tejidos normales del organismo, sobre todo si se encuentran en división activa.

En general, los pacientes con cáncer de cabeza y cuello en etapas tempranas (especialmente los cánceres limitados al sitio de origen) se tratan con una sola

modalidad, ya sea radioterapia o cirugía. Los pacientes con un cáncer más extendido con quimioterapia y radioterapia concurrentes. A veces, según el escenario clínico, los pacientes se tratan con cirugía seguida de radioterapia y quimioterapia postoperatorias Si el plan de tratamiento consiste en radioterapia sola para el cáncer primario, también se da radioterapia al cuello. Además, podría ser necesario extirpar los ganglios linfáticos afectados del cuello si la afección en los ganglios del cuello es relativamente extensa o si el cáncer en los ganglios del cuello no ha sido totalmente eliminado al completar el curso de la radioterapia. La cirugía es otro tratamiento que podría ser necesario antes de la radioterapia o después, si está indicada la extirpación quirúrgica de tumor primario, la radioterapia se da después, si es necesaria.

Sin embargo, a veces el cáncer es extenso o no es posible eliminarlo por completo al principio. La radioterapia entonces se da primero para tratar de reducir el tamaño del tumor, y la cirugía sigue a la radioterapia.

Los estudios recientes indican que la quimioterapia administrada al mismo tiempo que la radioterapia es más eficaz que si se da antes de la radioterapia. Habitualmente, se usa uno de los siguientes procedimientos de radioterapia para tratar el cáncer de cabeza y cuello.

Radioterapia de haz externo (EBT): un método para administrar un haz de rayos X de alta energía al sitio del tumor. El haz se produce fuera del paciente (habitualmente en un acelerador lineal) y se dirige al sitio del tumor. Estos rayos X pueden destruir las células cancerosas y con una planificación cuidadosa, evitar a los tejidos normales circundantes. No se colocan fuentes de radiación dentro del cuerpo del paciente.

La radioterapia de intensidad modulada (IMRT): un modo avanzado de radioterapia de alta precisión utiliza aceleradores de rayos X controlados por computadora para entregar dosis precisas de radiación a un tumor maligno o a áreas específicas dentro del tumor. La dosis de radiación está diseñada para conformarse a la forma tridimensional del tumor al modular o controlar la intensidad del haz de radiación para enfocar una dosis más alta de radiación en el tumor a la vez que se minimiza la exposición de células sanas a la radiación.

En general los efectos secundarios de la radioterapia pueden consistir en dolor de garganta, pérdida del sentido del gusto, y sequedad de la boca y la piel. El dolor de garganta es el principal efecto secundario que dificulta la radioterapia.

Si el dolor de garganta es intenso, podría impedir la ingesta de alimentos y líquidos. En estos casos los médicos instalan una sonda de alimentación temporal en el estómago que permite mantener una alimentación adecuada sin tener que tragar toda la comida que necesita. Es importante que el paciente siga tragando aunque tenga colocada la sonda, o de otra forma se atrofian los músculos usados para tragar, lo que causa problemas permanentes para tragar y hace difícil dejar de usar la sonda de alimentación aun después de terminar la radioterapia. Un nutricionista debe participar en la atención del paciente durante la radioterapia para ayudarle a mantener los ingresos calóricos necesarios y la hidratación.<sup>IV</sup>

La quimioterapia no suele ser el único tratamiento del cáncer, por lo que se suele combinar con cirugía y radioterapia, modalidad que se llama tratamiento combinado.

Además existen más de 100 fármacos antineoplásicos que se suelen usar en combinación, agentes alquilantes, antimetabolitos, alcaloides antibióticos antitumorales, tratamientos hormonales del cáncer y derivados.

A mediados de los 90, científicos de la Universidad de Lund, Suecia, descubrieron un complejo proteínico en la leche humana que mataba selectivamente células tumorales sin dañar las sanas. Sin embargo no se han hecho estudios clínicos sobre este tratamiento y lo único que hay, son reportes de personas que aseguran haber utilizado leche humana y haber logrado detener o disminuir un problema de cáncer.

Si bien el desarrollo de la ciencia alrededor del cáncer ha sido muy importante desde la antigüedad, también es cierto que los efectos secundarios que conllevan los tratamientos contra el cáncer suelen ser muchos y muy variados.

El tratamiento quimioterápico puede deteriorar físicamente a los pacientes con cáncer. Los agentes quimioterápicos destruyen también las células normales sobre todo las que se dividen más rápidamente, por lo que los efectos secundarios están

relacionados con estas células que se destruyen. Los efectos secundarios dependen del agente quimioterápico y los más importantes son:

**Alopecia o caída del cabello:** Es el efecto secundario más visible debido al cambio de imagen corporal y que más afecta psicológicamente a los enfermos, sobre todo a las mujeres.

**Náuseas y vómitos:** Pueden aliviarse con antieméticos como la metoclopramida o mejor con antagonistas de los receptores tipo 3 de la serotonina como dolasetron, granisetron y ondansetron. Algunos estudios y grupos de pacientes manifiestan que el uso de cannabinoides derivados de la marihuana durante la quimioterapia reduce de forma importante las náuseas y los vómitos y que aumenta el apetito. Sin embargo estos crean adicción por lo que no son recomendados en la mayoría de los casos.

**Problemas digestivos como diarrea y estreñimiento,** también se puede desarrollar anemia, debido a la destrucción de la médula ósea, que disminuye el número de glóbulos rojos al igual que la inmunodepresión y hemorragia. A veces hay que recurrir a la transfusión de sangre o a la administración de eritropoyetina para mitigar la anemia.

**Inmunodepresión:** Prácticamente todos los regímenes de quimioterapia pueden provocar una disminución de la efectividad del sistema inmune, como la neutropenia que puede conducir a la infección, a la sepsis y a la muerte si no se detecta y se trata a tiempo.

**Hemorragia:** Debido a la disminución de plaquetas por destrucción de la médula ósea se generan tumores secundarios, cardiotoxicidad (La quimioterapia aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares), hepatotoxicidad y nefrotoxicidad.

**Síndrome de lisis tumoral:** Ocurre con la destrucción por la quimioterapia de las células malignas de grandes tumores como los linfomas. Este grave y mortal efecto secundario se previene al inicio del tratamiento con diversas medidas terapéuticas.<sup>V</sup>

Además de los efectos secundarios que no son considerados tan graves como la xeroftalmía y la xerostomía que son los síntomas que se producen al existir daño

tanto en lagrimales como en glándulas salivales. De igual manera se pueden dañar las glándulas sudoríparas y la tiroides.

En general, cuando el paciente indica que nota sequedad de boca, esta situación se puede objetivar por medidas exploratorias simples. Asimismo, se puede observar una mucosa poco “lustrosa”, con saliva más viscosa, que forma grumos y es filante (hilos mucilaginosos); se observa una mucosa, sobre todo en el dorso lingual, completamente seca, agrietada, resquebrajada y dolorida (muchas veces “quemante”), según refiere el paciente. Es frecuente que la boca seca se acompañe de labios secos y agrietados, de molestias en los ojos (por xeroftalmía o sequedad conjuntival) y en otras mucosas (como la vaginal), de dificultad para deglutir o de molestias cutáneas debidas a la sequedad de la piel.<sup>VI</sup>

La evolución en los tratamientos contra el cáncer ha sido primordial en muchas ramas de investigación, el desarrollo de terapias, fármacos, cirugías y otros tratamientos es innovador día con día. A lo largo de la historia se ha optado por aquellos métodos cuyos efectos secundarios son menores o menos graves, sin embargo éstos siguen estando presentes en todos y cada uno de los tratamientos contra el cáncer.

La calidad de vida de un ser humano no está determinada solamente por su estado de salud, ya que son también importantes el sentido de bienestar físico y psicológico para determinar si una persona tiene o no una buena calidad de vida, en el caso de los enfermos de cáncer o de aquellos que han sobrevivido a esta enfermedad y sus tratamientos, pareciera que son otros factores los que determinan su calidad de vida y que en realidad sólo deben ocuparse del cáncer, sin embargo efectos como la pérdida del cabello o el vómito han sido objeto de producción de nuevos medicamentos ya que un individuo después de seguir un tratamiento contra el cáncer presenta en muchos casos un deterioro psicológico importante.

Sin embargo otros efectos secundarios que son considerados menos graves han sido tratados de una manera distinta, es así como se han desarrollado humectantes para los problemas de xerostalmia y xerostomía, preocupando principalmente el estado clínico y no el psicológico del paciente. Se producen en ambos casos humectantes tanto oftálmicos como bucales a base de glicerina y

carboximetilcelulosa sódica lo que produce un efecto de engrasado y evita la resequedad de los ojos y la ulceración bucal. Pero no ayuda a recuperar funciones que normalmente se presentan gracias a estos fluidos, como el sentido del gusto.

Un indicador común para medir la calidad de vida es el Índice de Desarrollo Humano (IDH), establecido por las Naciones Unidas para medir el grado de desarrollo de los países a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

El índice de desarrollo humano es una combinación de las estadísticas de esperanza de vida, educación (tasa de alfabetización de adultos y la tasa bruta combinada de matriculación en educación primaria, secundaria y superior) y el PIB per cápita.

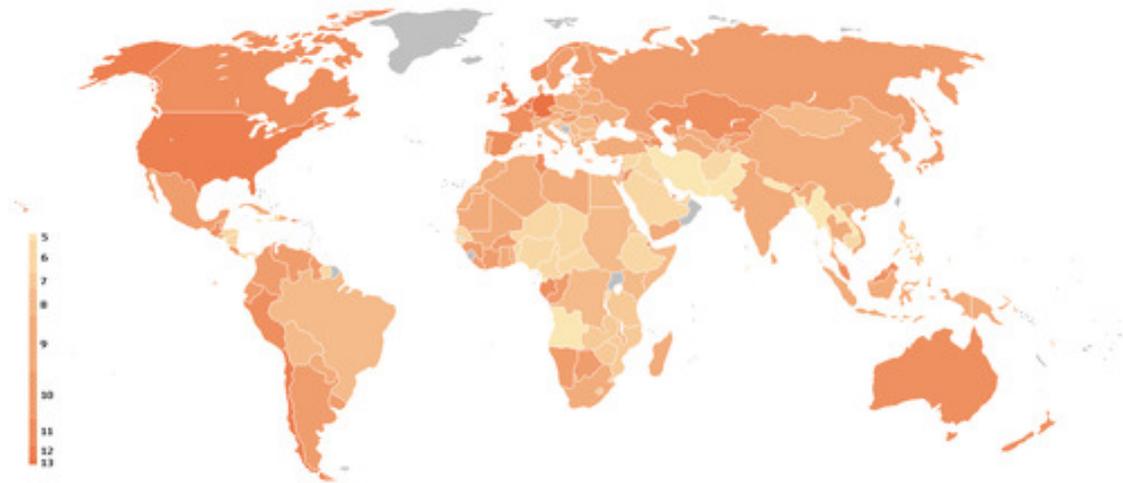
Los países con el IDH más alto son Islandia, Noruega, Australia, Suecia, Canadá y Japón. De América Latina, Chile, Ecuador y Uruguay, por sus bajos índices de criminalidad y delincuencia organizada.

En el caso del cáncer se cuenta con la escala de Karnofsky y la ECOG, además el cuestionario de calidad de vida de la EORTC QLQ-C30, el cuestionario de calidad de vida para cáncer de pulmón de la EORTC QLQ-LC 13, el cuestionario de calidad de vida para tumores de cabeza y cuello de la EORTC y el cuestionario Rotterdam Symptom Checklist. Se cuenta también con escalas de calidad de vida para niños oncológicos y la escala POQOLS para niños con cáncer.

El PIB per cápita trata de medir la riqueza material disponible. Se calcula simplemente como el PIB total dividido entre el número de habitantes ( $N$ ):<sup>VII</sup>

Por otra parte, existen tres tipos de educación: la formal, la no formal y la informal. Aristóteles por ejemplo dijo: "La educación consiste en dirigir los sentimientos de placer y dolor hacia el orden ético."

**Figura 1. Mapa en el que se muestra la educación obligatoria en el mundo. Los colores oscuros representan más años escolares y los claros, menos. <sup>VIII</sup>**

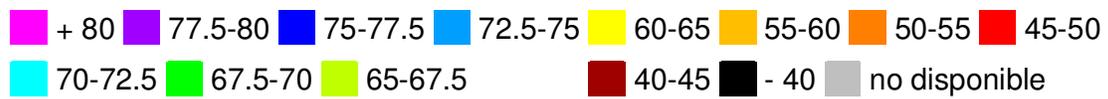
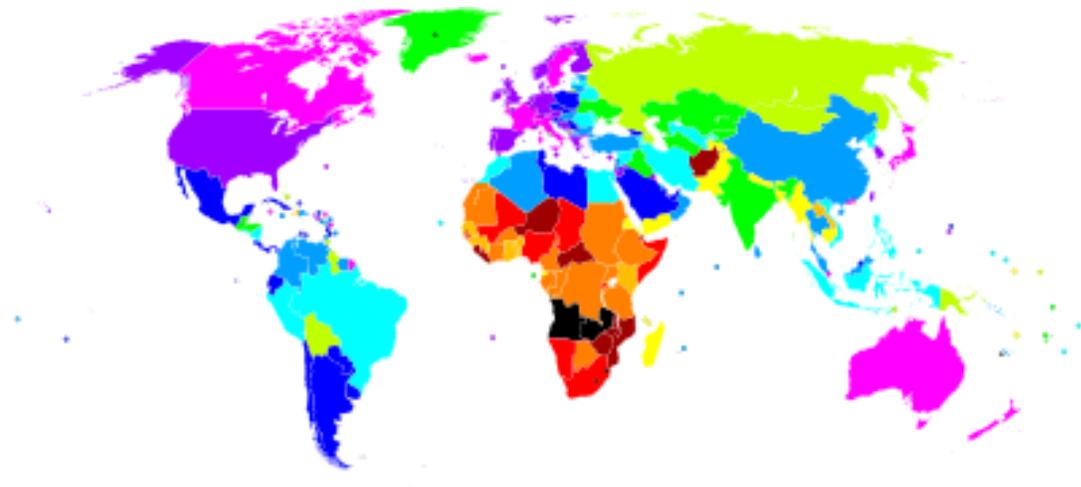


Este es otro de los factores que se toma en cuenta para determinar la calidad de vida de un individuo, y depende no sólo del grado de escolaridad que alcanzó sino también de la satisfacción que encuentra en el trabajo que realiza. <sup>IX</sup>

Por otra parte la esperanza de vida es la media de la cantidad de años que vive una cierta población en un cierto periodo de tiempo. Se suele dividir en masculina y femenina, y se ve influenciada por factores como la calidad de la medicina, la higiene, las guerras; si bien actualmente se suele referir únicamente a las personas que tienen una muerte no violenta.

La media mundial es de 66,7 años (en 2005), en Europa y América del Norte la media es de 73 años, en Oceanía es de 71 años, en Latinoamérica es de 70 años, en Asia es de 61 años y en África es de 55 años. En México la esperanza de vida al nacer es de 75.19 años

**Figura 2. Esperanza de vida en años.<sup>x</sup>**



Es por esto que se debe tomar en cuenta que la vida y la calidad de vida de un paciente son muy importantes tanto para él como para la sociedad en la que se desenvuelve por lo que se debe poner especial atención en los efectos secundarios que algunos tratamientos pueden provocar y tratar de disminuirlos o de controlarlos.



# **I Antecedentes.**

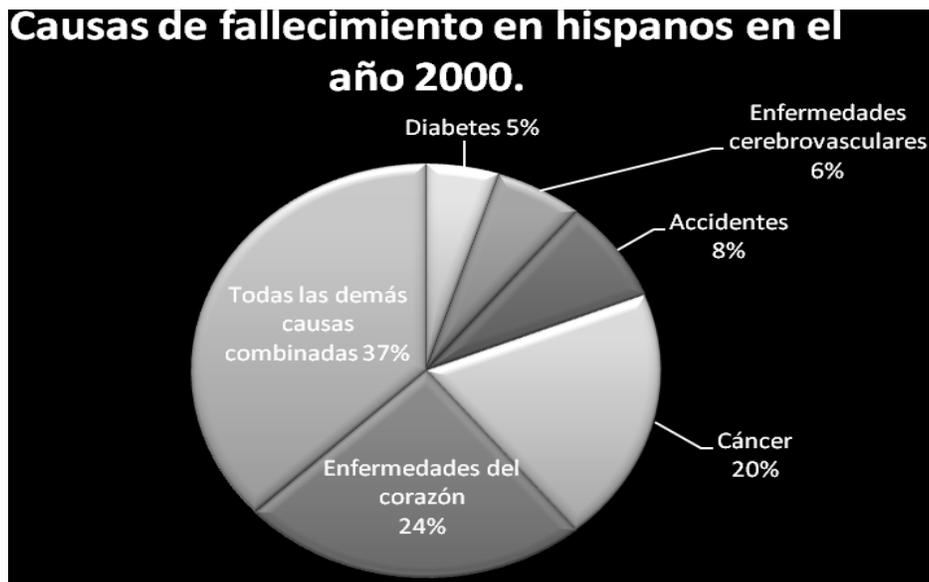
## **3.1 Cáncer.**

El cáncer es un conjunto de enfermedades en las cuales el organismo produce un exceso de células con crecimiento y división más allá de los límites promedio. La metástasis es la propagación a distancia, por vía fundamentalmente linfática o sanguínea, de las células originarias del cáncer, y el crecimiento de nuevos tumores en los lugares de destino de dicha metástasis. Estas propiedades diferencian a los tumores malignos de los benignos, que son limitados y no invaden ni producen metástasis. Las células normales al sentir el contacto con las células vecinas inhiben la reproducción, pero las células cancerígenas no tienen este freno.

El cáncer es causado por anomalías en el material genético de las células, éstas pueden ser efectos carcinógenos, como la radiación entre otras. Otras anomalías genéticas cancerígenas son adquiridas durante la replicación normal del ADN, al no corregirse los errores que se producen durante la misma, o bien son heredadas y, por consiguiente, se presentan en todas las células desde el nacimiento.

El cáncer consiste en un grupo de enfermedades caracterizadas por el crecimiento sin control y la propagación de células anormales, es la segunda causa de muerte después de las enfermedades cardiovasculares en el mundo desarrollado. A pesar de los avances en los exámenes de detección, educación y diagnóstico, la dimensión global del problema del cáncer sigue en aumento. Esta tendencia va a continuar debido a un cambio creciente hacia una población de edad avanzada con un alto riesgo de cáncer. Con aproximadamente 2,6 millones de nuevos casos diagnosticados en Europa y en Estados Unidos cada año.<sup>1</sup>

**Gráfica 1 Causas de fallecimiento en hispanos de todas las edades en el año 2000."**



### 3.1.1 Cáncer de cabeza y cuello (CCC).

El término cáncer de cabeza y cuello abarca muchos tipos diferentes de cáncer. La conducta de un cáncer particular de cabeza y cuello depende de dónde surge (el sitio primario). El CCC representa el 5-10% de todos los procesos malignos de cáncer.<sup>III</sup>

El tipo de cáncer más común de cabeza y cuello es el carcinoma de células escamosas, que aparece en las células que revisten el interior de la nariz, la boca y la garganta. Otros tipos de CCC menos comunes son tumores de las glándulas salivales, linfomas y sarcomas.<sup>IV</sup>

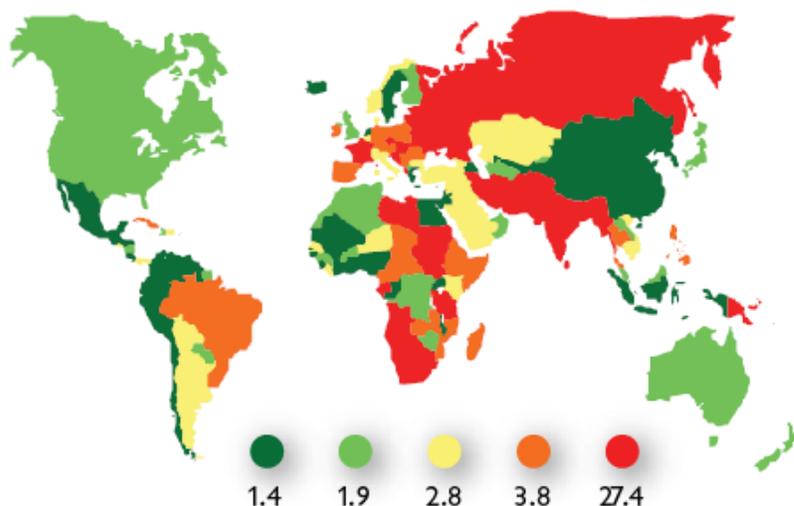
Las malignidades ubicadas en la cabeza y el cuello representan el 17.6% de la totalidad (108,064) de las neoplasias malignas reportadas al Registro Histopatológico de las Neoplasias en México (RHNM) en el año 2002. De estas neoplasias, el grupo más importante por su frecuencia lo constituyen los carcinomas no melanocíticos de la piel, con 11,803 casos, lo que significa el 62% de los tumores malignos de esta región en cuestión. El siguiente grupo está constituido por las

neoplasias malignas de las vías aéreo digestivas superiores, que representan el 12% de las lesiones malignas en cabeza y cuello, con 2269 casos. Los sitios específicos se distribuyen de la siguiente forma: cáncer laríngeo, 42%; cáncer bucal, 37%; cáncer de fosas nasales y senos paranasales, 9%; cáncer de la bucofaringe, 6%; cáncer de la nasofaringe, 3%, y el cáncer de hipofaringe también con un 3%.

El tercer grupo lo constituyen las neoplasias malignas de la glándula tiroides con 1937 casos, que significan el 10% de las neoplasias de la cabeza y el cuello. Otras neoplasias menos frecuentes son los tumores cerebrales con 7.5%, los melanomas con 5%, los carcinomas de las glándulas salivales con 1.8% y los tumores malignos del ojo y sus anexos con 1.7%.

Con relación a la mortalidad, las cifras absolutas son relativamente bajas, sin embargo, son muy importantes por la alta letalidad entre los afectados y por las graves secuelas estéticas y funcionales derivadas del tratamiento. Específicamente, se puede estimar que la letalidad por cáncer de la piel es del 5.4%, mientras que el melanoma alcanza el 29% y para el cáncer de la glándula tiroides, ésta es del 24%.<sup>V</sup>

**Figura 1. Mortalidad mundial por cáncer de cavidad oral en hombres según región geográfica, 2000. (Se indica el porcentaje de acuerdo al total de muertes por cáncer)<sup>VI</sup>.**



Uno de los más grandes problemas del CCC es la reincidencia ya que estudios muestran que entre el 20 y el 50% de las personas que presentaron algún tipo de

CCC vuelven a presentarlo o presentan algún otro tipo.<sup>VII</sup> Esto representa uno de los mayores inconvenientes ya que los tratamientos que se utilizan en la mayoría de los casos tienen como consecuencia efectos secundarios irreversibles además, ningún tratamiento asegura que el cáncer no vuelva a presentarse, por lo que muchos pacientes deciden no seguir ningún tratamiento contra el cáncer.

### **3.2 Tratamientos para cáncer de cabeza y cuello.**

Los tres principales tipos de tratamiento para manejar el cáncer de cabeza y cuello son la cirugía, la radioterapia y la quimioterapia. Los tratamientos primarios son radioterapia o cirugía o una combinación de ambas; la quimioterapia se usa a menudo como tratamiento adicional o coadyuvante. La combinación óptima de las tres modalidades de tratamiento para un paciente con cáncer de cabeza y cuello depende del sitio y el estadio (etapa) de la enfermedad.

Uno de los tratamientos más prometedores es la terapia localizada para carcinoma de células escamosas de cabeza y cuello, este tratamiento sugiere el tratamiento a distancia de micrometástasis preservando la función del órgano y minimizando la toxicidad. Sin embargo los efectos secundarios se siguen presentando, se observa una disminución en los mismos pero no una desaparición.<sup>VII</sup>

#### **3.2.1 Efectos secundarios de los tratamientos para CCC.**

En general los efectos secundarios de la radioterapia en casos de tratamiento para CCC aparecen unas dos semanas después de comenzar el curso de tratamiento y pueden ser: sensación de náusea, pérdida de fuerza, debilidad dental, dolor de garganta, pérdida del sentido del gusto, sequedad de la boca, los ojos y la piel.<sup>IV</sup>

En muchos de los casos, al finalizar el tratamiento se observa la pérdida de varias o casi todas las piezas dentales, así como el daño de las glándulas salivales parótida, submaxilar y sublingual, también se puede afectar el oído y en algunas ocasiones la vista.<sup>VIII</sup>

Los efectos secundarios que desaparecen con el tiempo son la sensación de náusea y la pérdida de la fuerza, todos los demás son irreversibles y pueden causar diversas complicaciones clínicas así como psicológicas.

### **3.2.2 Xerostomía como secuela del tratamiento contra el cáncer.**

La xerostomía se describe cómo el síntoma que se percibe como resequead constante en la boca derivado de una alteración en el flujo de saliva, es frecuentemente un efecto secundario de la radioterapia utilizada para tratar el CCC, los estudios clínicos muestran que se debe a la disfunción provocada en las glándulas salivales (parótida y submaxilar) principalmente por la radiación.<sup>V</sup> El consumo de antidepresivos así como los medicamentos prescritos para algunas enfermedades psiquiátricas pueden ser también causas de xerostomía.<sup>IX</sup>

En general, cuando el paciente indica que nota sequedad de boca, esta situación se puede objetivar por medidas exploratorias simples. Asimismo, se puede observar una mucosa poco “lustrosa”, con saliva más viscosa, que forma grumos e hilos (en caso de haberla); completamente seca, agrietada, resquebrajada y dolorida. Es frecuente que la boca seca se acompañe de labios secos y agrietados, de molestias en los ojos (por xeroftalmía o sequedad conjuntival), de dificultad para deglutir o de molestias cutáneas debidas a la sequedad de la piel.<sup>X</sup>

Uno de los principales problemas de éste síntoma es la ulceración bucal por la cual se desarrollan diversos productos que tratan de evitarla o reducirla<sup>XI</sup>, sin embargo la pérdida del gusto, la dificultad de deglutir, múltiples problemas digestivos, la presencia de candidiasis, así como la dificultad para utilizar una prótesis dental, pueden ser provocadas también por la falta de salivación.<sup>XII</sup>

### **3.3 Glándulas salivales.**

Existen dos tipos de glándulas salivales, las glándulas salivales mayores y las menores. Las glándulas salivales menores son pequeñas y muy numerosas, se encuentran repartidas por la mucosa bucal. Cada una tiene su conducto de salida de secreción salival, por su tamaño y número no se pueden definir anatómicamente. Las glándulas salivales mayores están anatómicamente bien definidas, son las glándulas parótidas, submaxilares y sublinguales. Las tres son glándulas pares, es decir, que hay una en cada mitad del cuerpo.

Las glándulas parótidas son las más voluminosas. Podríamos ubicarlas por debajo y delante de las orejas. Su conducto de salida está en la zona de las mejillas, a la altura de los molares superiores. Estas glándulas son popularmente conocidas porque su infección vírica se conoce como parotiditis (infecciosa vírica), o *paperas*. Las glándulas submaxilares se encuentran a los lados de la papada, casi pegadas a la mandíbula por su parte interna, en la zona en la que la mandíbula hace un ángulo. Las glándulas sublinguales se encuentran por debajo de la lengua.

La saliva se produce en las glándulas salivales. La producción diaria en el ser humano es de 0.5-1.5 litros, pero depende de factores como la ingesta de agua o la estimulación según la dieta.

### **3.3.1 La saliva.**

La saliva es el fluido orgánico propio de la boca, aunque está compuesta mayoritariamente por agua, también se encuentran sales minerales como iones de sodio, potasio, cloruro, bicarbonato y fosfatos, así como enzimas digestivas como son la ptialina o las lipasas. También contiene proteínas como lisozimas, lactoferrina, peroxidasas o inmunoglobulinas. Otras proteínas que dan a la saliva un grado ligero de viscosidad, son las mucinas. Además puede contener trazas de grasas y glúcidos.

Dentro de las principales funciones de la saliva se encuentra su propiedad lubricante que permite desde el mantenimiento de las mucosas hasta la buena dicción. Ayuda también en el proceso digestivo al momento de la elaboración del bolo alimenticio

así como en la deglución, promueve la remineralización dental y es un ligero control de la humedad corporal, ya que mientras más agua haya en el cuerpo mayor producción de saliva habrá y viceversa.<sup>XIII</sup>

### **3.3.2 Propiedades de la saliva.**

La saliva como todos los fluidos tiene ciertas propiedades que la caracterizan y determinan sus funciones dentro del organismo, las modificaciones a estas propiedades por diversos factores puede causar alteraciones y provocar que las funciones de la saliva no se cumplen en su totalidad o sean menos eficientes.

El flujo salival es muy importante ya que favorece la limpieza de sustratos bacterianos, se observa que cuando el flujo salival disminuye aumenta el índice de caries dental en un 11.5%, el flujo salival promedio es de 13.8ml por 5 minutos, el requerimiento salival de un individuo sano es de entre 1 y 1.5L diarios.<sup>XIV</sup>

La viscosidad es otra de estas propiedades, el coeficiente de viscosidad de un líquido mide la resistencia al flujo por la acción de una fuerza; en el caso de la saliva humana la viscosidad varía entre 1.3 y 1.4 mm<sup>2</sup>/s, se observa que cuando la viscosidad es mayor a 2 mm<sup>2</sup>/s el índice de caries aumenta en casi 9%, ya que una saliva más viscosa no favorece la limpieza de sustratos bacterianos y da menor protección a las superficies bucales.<sup>XXXIII</sup>

La tensión superficial actúa como una fuerza perpendicular a la superficie que se opone al aumento en área de un líquido, es la resistencia a separarse que presentan dos superficies en contacto. Es la energía en exceso que tienen las moléculas por encontrarse en la superficie; en odontología la tensión superficial de la saliva es muy importante ya que al utilizar prótesis dentales la variación de la misma puede ocasionar problemas de adhesión de los distintos materiales lo que provoca que las placas dentales no fijen a las encías del paciente.<sup>XV</sup>

El pH de la saliva es también muy importante ya que contrarresta la acidez lo que ayuda a mantener el esmalte natural de los dientes y también a disminuir la acidez

estomacal después de ingerir alimentos, el pH de la saliva es de entre 6 y 6.5 en individuos sanos.<sup>XVI</sup>

### 3.4 El nopal.

La planta del nopal se distribuye en América y México es el país con mayor abundancia, existen 60 especies, de las cuales 13 son comestibles.<sup>XVII</sup>

Los nopales se caracterizan por la presencia de areolas que son pequeñas áreas dónde salen las espinas, tallo con corteza verde y penca. No presentan hojas típicas y las ramas laterales presentan poco desarrollo. Cuenta con una raíz principal para fijar a la planta y raíces laterales que se extienden horizontalmente cerca de la superficie.

Los tallos y pencas son multiaerolados (con espinas) y ramificados, en forma de raqueta y verdes; además de conducir los nutrientes asumen las funciones de hojas y de depósitos reguladores de reserva de agua de la planta. Las espinas son hojas modificadas adaptadas a diversas funciones como la condensación de humedad, la protección del tallo en caso de temperaturas extremosas, secreción de miel lo que las convierte en nectarios extraflorales.<sup>XVIII</sup>

**Tabla 1. La taxonomía más usada en su clasificación según el sistema de Britto y Rose.**

Reino	vegetal
División	Angiospermae
Subclase	Dialipetalas
Familia	Cactáceas
Género	Opuntia
Subreino	Embryophyta
Clase	Dicotyledonea
Orden	Opuntiales
Tribu	Opuntias

#### 3.4.1 Composición química.

**Tabla 2. Composición química de cladodios (pencas) de *Opuntia ficus indica*.<sup>xx</sup>**

Componente	Cladodio	
	De 1 mes de edad (aprox.)	De 1 año de edad (aprox.)
Humedad %	92,57	94,33
Proteína (x 6,25) %	0,94	0,48
Grasa %	0,17	0,11
Fibra %	0,30	1,06
Cenizas %	0,08	1,60
Carbohidratos %	5,96	2,43
Vitamina C (mg/100g*)	37,27	23,11
Ca %	0,042	0,339
Na %	0,0018	0,0183
K %	0,00098	0,145
Fe %	0,0792	0,322

\* Los resultados se dan en mg de ácido ascórbico / 100g de penca fresca

El análisis de composición química del nopal muestra que el cladodio de un mes de edad es más rico en vitamina C, carbohidratos y proteínas, mientras que el cladodio de un año de edad presenta contenidos mayores de calcio, sodio, potasio y hierro, así como de fibra. Se observa un contenido más alto de mucílago entre los tres y seis meses de edad.

### 3.4.2 Uso industrial del nopal.

Se maneja el consumo de nopal como regulador del control de peso ya que ayuda a eliminar ácidos grasos que son dañinos para el sistema cardiovascular, sus jugos se han empleado para tratar la anemia. En cosmetología se utiliza en casos de acné para favorecer la maduración del brote y mantener humectada la piel. Se producen también comprimidos de nopal deshidratado para contrarrestar problemas como la gastritis, el exceso de colesterol y ácido úrico. Se ha utilizado también en pacientes cirróticos en el Departamento de Gastroenterología del INN.<sup>xx</sup>

La baba de nopal se usa como sustituto ideal de la pintura vinílica, como material de construcción mezclado con cal para resanar y como goma para impermeabilizar los techos.

Además se pueden producir 300Kg de grana cochinilla por hectárea de nopalera, misma que se utiliza en la industria de cosméticos y alimentos como colorante.<sup>XXI</sup>

### **3.5 El mucílago del nopal.**

Los mucílagos son sustancias vegetales viscosas análogas por su composición y sus propiedades a las gomas, se encuentran en algunas algas, semillas, raíces, hongos y en casi todas las cactáceas. Proceden de las degradaciones de la celulosa, calosa, lignina.

El mucílago se caracteriza por su elevado contenido en polisacáridos y su capacidad de absorber y retener agua. Las Cactaceae, plantas suculentas, tienen células mucilaginosas. La secreción es granulocrina a través de la membrana plasmática, y el mucílago se acumula debajo de la pared celular. Por último, el protoplasto degenera, dejando sólo mucílago.<sup>XXII</sup>

El mucílago de nopal es un polímero lineal cuyo peso molecular oscila alrededor de  $13 \times 10^6$  g/mol y que está compuesto por polisacáridos emparentados con las pectinas, principalmente arabinosa y xilosa.<sup>XXIII</sup> Se sabe que su composición glucídica es aproximadamente de 47% de arabinosa, 23% de xylosa, 18% de galactosa, 7% de ramnosa y 5% de ácido galacturónico, respecto a su peso molecular.<sup>XXIV</sup>

El mucílago es de amplio uso en productos alimenticios porque modifica sus propiedades funcionales como la viscosidad, elasticidad, retención de agua, poder gelificante y espesante. Se emplea en productos cosméticos como geles, cremas, shampoo, enjuagues, mascarillas y pomadas. El polisacárido es utilizado en forma de un polvo seco en la formulación de todos estos productos y se obtiene de la precipitación del jugo de nopal usando acetona como disolvente, el precipitado así obtenido es luego secado y molido.<sup>XXV</sup>



## I Justificación.

Hace más de 500 años el nopal era ya utilizado en México como un regenerador celular, se utilizaba para el cuidado de heridas leves así como para la resequedad<sup>I</sup>, a lo largo del tiempo la herbolaria ha sido reemplazada por la medicina así como los remedios por los medicamentos que las farmacéuticas desarrollan cada vez más y más rápido, esto justificado en la carencia de ciencia que hay en muchos remedios caseros. Sin embargo un grupo de odontólogos del Posgrado de Odontología de la UNAM probaron una infusión de nopal en pacientes con xerostomía, concluyendo que es de gran utilidad para disminuir problemas clínicos como la ulceración y las infecciones bucales en estos pacientes.<sup>XII</sup> Pero no existe ningún análisis químico para fundamentar la utilidad del mucílago del nopal, por lo que sería necesario realizar pruebas químicas y fundamentar el uso del mucílago como un sustituto de saliva humana.

El cáncer es la causa de muerte del 20% de la población hispana y el cáncer de cabeza y cuello representa entre el 5 y 10% del total de casos de cáncer, los tratamientos son básicamente cirugía, radioterapia y quimioterapia, y los efectos secundarios son muchos y muy variados, en el caso del cáncer de cabeza y cuello uno de los efectos secundarios que se presenta más frecuentemente es la xerostomía.

En el mercado existen varias salivas sintéticas que se preparan a partir de glicerina, carboximetil celulosa sódica y sorbitol cuyo costo va de los 100 a los 500 pesos MN/100 por cada 100ml de solución, que ayudan principalmente a prevenir la ulceración bucal aún cuando la pérdida del gusto, la dificultad de deglutir, múltiples problemas digestivos, la presencia de candidiasis, así como la dificultad para utilizar una prótesis dental, son problemas que no solucionan las salivas sintéticas.

Por todo lo anterior se plantea la elaboración de una saliva sustituta a partir de mucílago de *Opuntia ficus indica* con la finalidad de contrarrestar los problemas ocasionados por la xerostomía. Utilizando una metodología que nos permita preparar una solución con características específicas que sea lo más similar posible a la saliva humana y a un menor costo que las salivas sintéticas.

## **II Objetivos generales.**

Desarrollar una saliva sustituta de la humana a partir de mucílago de nopal para contrarrestar la xerostomía, con mejores características que las salivas sintéticas presentes en el mercado.

## **III Objetivos particulares.**

Realizar las pruebas microbiológicas necesarias para asegurar la inocuidad de la solución.

Medir la viscosidad, la densidad y la tensión superficial de distintas soluciones de mucílago de nopal en agua para ajustar estos parámetros con los que se reportan para la saliva humana.

Medir el ángulo de contacto entre las distintas soluciones de mucílago de nopal en agua y una placa de metacrilato de metilo utilizada para prótesis dental con el fin de determinar el grado de humectación que habría.

Determinar cual es la solución con las mejores características para ser utilizada como un posible sustituto de la saliva humana.

## IV Material.

Nopales de la especie *Opuntia ficus indica*.

Placas *Petriefilm Aerobic Count*, *Petriefilm Coliform Count* y *Petriefilm Yeast & Mold*.

Olla de presión con capacidad para 25 L

Filtro millipore de 0.45µm.

Tensiómetro de balanza, con anillo de De Nouy de circunferencia media de 5.992 y una R/r de 53.6. Balanza Adventurer™ OHAUS (Precisión ± 0.001g).

Picnómetro de 10.183cm<sup>3</sup> a 25°C con una masa de 29.9272g.

Balanza Shimadzu™ AW 220 (Precisión ± 0.0001g)

Viscosímetro Brookfield LV con 4 husillos.

Viscosímetro de Ostwald, Cannon 100 T 155.

Goneómetro Krüssi Hamburg.

Potenciómetro Jenway 4330. (Precisión ± 0.001).

---

# **I Metodología.**

## **8.1 Selección y adquisición de nopales.**

Las propiedades de un nopal varían según su especie, el medio en que se desarrolla, y el clima, es por esto que se seleccionaron nopales de la especie *Opuntia ficus indica* cosechados en Milpa Alta sujetos a riego por aspersión cada tercer día con un flujo de 0.5L de agua por m<sup>2</sup> de tierra cada 6 horas sólo en temporada de sequía y de 6 meses de edad que es cuando se estima una mayor cantidad de mucílago y menor presencia de fibra.<sup>1</sup> Fueron proporcionados por el Biólogo Jesús Alvarado del Jardín Botánico de la UNAM.

## **8.2 Extracción de mucílago.**

Para extraer el mucílago se colocan 3Kg de nopal previamente lavados, desinfectados y sin espinas con 3 L de agua, se llevan a ebullición durante 5min en una olla de presión de 25L, esto para prevenir un accidente ya que al hervir los nopales se produce espuma que puede bloquear la válvula de la olla de presión si esta se encuentra muy llena. Posteriormente se decanta el mucílago obtenido y se filtra, primero con ayuda de un colador de cocina, después a través de un filtro millipore para eliminar los residuos de fibra que están en suspensión. Finalmente se deja enfriar, se envasan los 4.8 L. de mucílago obtenidos y se refrigera a 4°C.

Este proceso se repitió tres veces para obtener tres extractos y se prepararon tres lotes de solución para realizar las determinaciones, las muestras se utilizaron en las tres semanas siguientes a su preparación.

Se tomaron muestras de mucílago directamente del nopal a lo que se le denomina mucílago fresco, y el mucílago con tratamiento térmico es aquel que se tomó de la olla de presión.

### **8.3 Elaboración de soluciones a diferentes concentraciones de mucílago.**

Se preparan 100ml de cada solución, a partir del mucílago extraído se preparan soluciones desde 50% hasta 100% de mucílago en agua, variando un 5% cada vez. De esta manera se obtienen 11 soluciones a diferentes concentraciones de mucílago. Las soluciones se envasan en frascos de plástico con tapón de rosca y se mantienen en refrigeración a 4°C.

### **8.4 Análisis Microbiológico.\***

El análisis microbiológico se realizó en el mucílago crudo y en el mucílago después de ser sometido al tratamiento térmico antes descrito. Se realizaron dos análisis microbiológicos, el primero con muestras sin manipular y el segundo con muestras manipuladas.

#### **8.4.1 Determinación de mesófilos aerobios.**

Se determinaron en placas *Petrifilm Aerobic Count*, mesófilos aerobios, que es un indicador general de presencia de microorganismos que pueden afectar alimentos y/o de que el producto ha estado expuesto a condiciones que favorecen el desarrollo microbiano.

Se preparan diluciones decimales de la muestra hasta  $10^{-6}$ , para cada prueba se inoculan 3 diluciones sucesivas ( $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  y  $10^{-6}$ ) por duplicado en las placas Petrifilm.

Se marcan y se colocan en una superficie plana en la zona aséptica, se coloca 1 mL de la dilución correspondiente en el centro de cada placa y se desliza la cubierta para evitar la formación de burbujas.

Se colocan encima el difusor y se presionan suavemente por dos segundos, se dejan las placas inmóviles por dos minutos, para que se lleve a cabo la gelificación.

---

\* El análisis microbiológico se realizó con la colaboración de Iliana Janett Santillán Enriquez bajo la supervisión de la Q.F.B. Olga del Carmen Velázquez Madrazo, en el laboratorio 4-A del departamento de Alimentos y Biotecnología.

Se incuban a  $35 \pm 2^\circ\text{C}$  por 48 horas, finalmente se cuentan las colonias rojas, se consideran representativas las placas que tienen entre 25 y 250 ufc (unidades formadoras de colonias).<sup>II</sup>

#### **8.4.2 Determinación de coliformes totales.**

Se determinaron en placas *Petrifilm Coliform Count*, coliformes totales, que es un indicador de posible contaminación fecal y/o de coliformes provenientes del suelo.

Se utilizan las mismas diluciones que para mesófilos y de igual manera se inoculan 3 diluciones (1mL) por duplicado en las placas correspondientes previamente marcadas, en este caso no es necesario colocarlas encima del difusor, pero se dejan inmóviles los mismos dos minutos para que gelifiquen.

También se incuban envueltas a  $35 \pm 2^\circ\text{C}$  por 48 horas, se cuentan las colonias rojas rodeadas de una burbuja de gas. Se consideran representativas las placas que tienen entre 25 y 250 ufc.<sup>III</sup>

#### **8.4.3 Determinación de hongos y levaduras.**

Se determinaron por placas *Petrifilm Yeast & Mold*, hongos y levaduras, cuya presencia indica exposición a contaminación por suelo y aire.

Se preparan diluciones decimales hasta  $10^{-6}$  y se inoculan 3 diluciones sucesivas ( $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  y  $10^{-6}$ ) por duplicado en las placas Petrifilm de la misma manera que para las anteriores.

Se prepara el inóculo y se coloca 1 mL de la dilución correspondiente en el centro de cada placa en zona aséptica se pone la tapa evitando la formación de burbujas.

Se presiona dos segundos sobre el difusor y se dejan inmóviles dos minutos para que gelifique. Se incuban de la misma manera que las anteriores y se cuentan las colonias rojas.

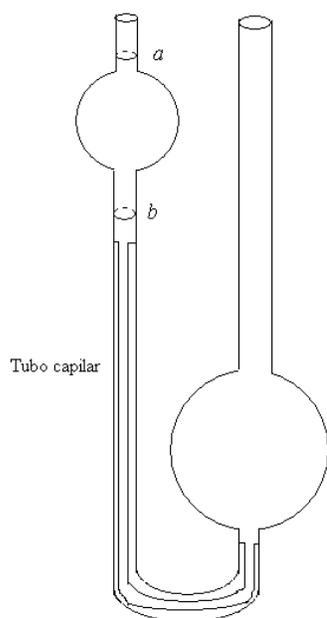
## 8.5 Determinación del pH de las distintas soluciones.

Las determinaciones de pH se llevan a cabo en un equipo Jenway 4330 con un electrodo acoplado de platino. Se busca un pH de 6 que es el reportado para la saliva humana en individuos sanos. Para ajustar el pH se agrega bicarbonato de sodio hasta un pH de 6. <sup>IV</sup>

## 8.6 Determinación de la viscosidad de las distintas soluciones.

El viscosímetro de Ostwald es un instrumento para determinar la viscosidad absoluta, midiendo el tiempo necesario para que un volumen fijo de líquido fluya por un tubo capilar. El procedimiento es el siguiente: Se hace subir el líquido por la rama izquierda hasta sobrepasar la marca *a*. Se le permite luego fluir hasta el bulbo inferior. Se mide entonces el tiempo necesario para que el líquido descienda desde *a* hasta *b*. Este es el tiempo necesario para que un volumen fijo de líquido fluya a través del capilar. <sup>V</sup>

Figura 4. Viscosímetro de Ostwald.



Para determinar la viscosidad absoluta de las soluciones se utiliza un viscosímetro de Ostwald CANNON 100 T555, para cada medición se utilizan 8ml de solución para que la variación en la presión hidrostática dentro del equipo no afecte las mediciones y sea la misma cada vez, el viscosímetro se sumerge en un baño de temperatura constante a 25°C.

Una vez determinado el tiempo se determina la viscosidad sabiendo que:

$$\eta = t \times c \quad \text{ecuación 1.}$$

Donde  $\eta$  es la viscosidad absoluta en  $\text{mm}^2/\text{s}$ ,  $t$  el tiempo en segundos que tarda el líquido en fluir de  $a$  a  $b$  y  $c$  es la constante del viscosímetro en  $\text{mm}^2/\text{s}^2$ .

Se busca una solución que presente una viscosidad de entre 1.3 y 1.4  $\text{mm}^2/\text{s}$  que es en promedio la que tiene la saliva humana en condiciones óptimas de salud.<sup>VI</sup>

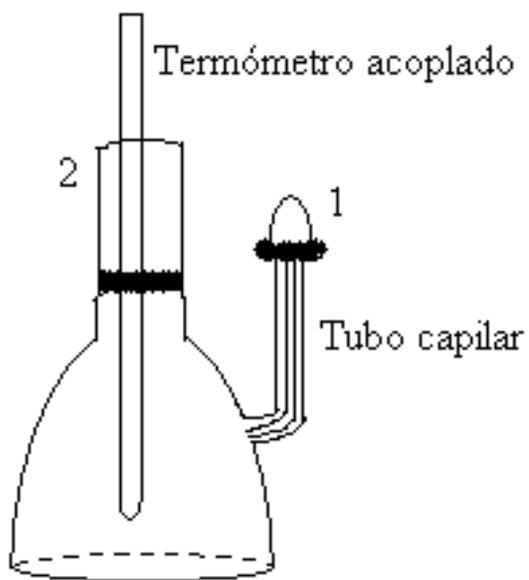
***La determinación de la constante del viscosímetro se presenta en el apéndice 1.***

## **8.7 Determinación de la densidad.**

La determinación de la densidad se llevó a cabo con un picnómetro con un volumen de  $10.183\text{cm}^3$  a 25°C, con una masa de 26.9272g.

Se pesa el picnómetro vacío, después se llena con el líquido a 4°C hasta que se derrame y se coloca el tapón esmerilado 2, se seca el líquido del exterior con una servilleta y se deja sobre una superficie plana, se va secando el exceso de líquido que sale por el tubo capilar conforme aumenta la temperatura hasta 25°C, una vez alcanzada la temperatura se coloca el tapón esmerilado 1 y se determina la masa del líquido del interior. Para utilizar este equipo se deben utilizar guantes para no dejar restos de grasa que puedan afectar la masa que se determina.

**Figura 5. Picnómetro.**



La masa del líquido se determina por diferencia de tal manera que:

$$m_t = m_1 - m_2 \quad \text{ecuación 2.}$$

Donde  $m_t$  es la masa del líquido,  $m_1$  es la masa total del picnómetro con el fluido a 25°C y  $m_2$  es la masa del picnómetro a 25°C.

Finalmente para obtener la densidad del líquido utilizamos la fórmula:

$$\rho = \frac{m_t}{V} \quad \text{ecuación 3.}$$

Dónde  $\rho$  es la densidad en  $\text{g/cm}^3$ ,  $m_t$  la masa del líquido en gramos y  $V$  el volumen del picnómetro en  $\text{cm}^3$  ( $10.183 \text{ cm}^3$ ).

## **8.8 Determinación de la tensión superficial de las distintas soluciones.**

La tensión superficial es la energía en exceso que tienen las moléculas por encontrarse en la superficie. Como resultado la superficie minimiza su área y puede disminuir esta energía.

El valor de la tensión superficial está relacionado con de la magnitud de las fuerzas intermoleculares en el seno del líquido. De esta forma, cuanto mayor sean las fuerzas de cohesión del líquido, mayor será su tensión superficial.

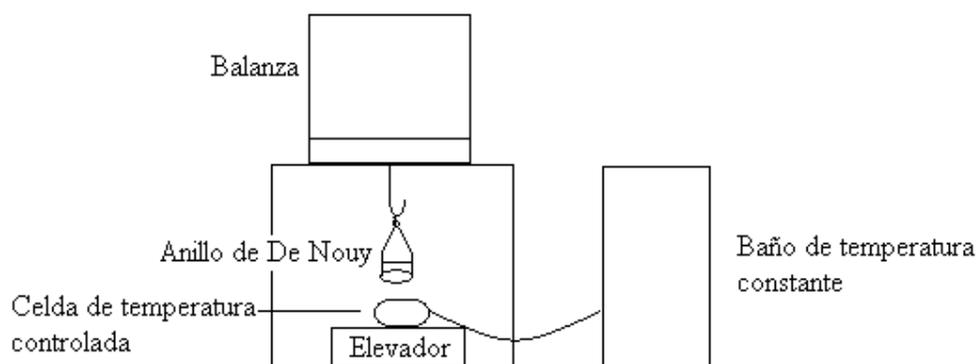
Para un líquido, el valor de la tensión superficial disminuye conforme aumenta la temperatura, debido al aumento de la agitación térmica, lo que redundará en una menor intensidad efectiva de las fuerzas intermoleculares.

Por otro lado existen sustancias que disminuyen la tensión superficial conocidos como tensoactivos.

La determinación de la tensión superficial se lleva a cabo por el método de la balanza. Se utiliza un tensiómetro con una balanza Adventurer™ OHAUS y un baño térmico Circulator HAAKE K20, con un anillo de De Nouy de circunferencia media de 5.992 y una R/r de 53.6.

La solución se coloca en una celda a temperatura controlada sobre el elevador, en el ganchillo se coloca un anillo de De Nouy y una vez que deja de oscilar se sumerge tres milímetros en la solución con ayuda del elevador, una vez sumergido se comienza a subir lentamente, se observa un cambio de masa en la balanza y la masa máxima es la que utilizaremos para determinar la tensión superficial. <sup>XXXV</sup>

**Figura 6. Tensiómetro de balanza.**



Para determinar la tensión superficial utilizamos la fórmula:

$$\gamma = \frac{Mg}{4\pi R} f \quad \text{ecuación 4.}$$

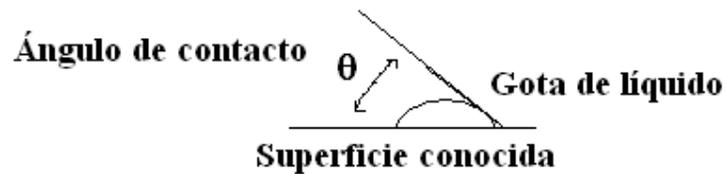
Dónde  $\gamma$  es la tensión superficial en dinas/cm, M la masa máxima registrada en gramos para cada solución, g la aceleración de la gravedad ( $937.94 \text{ cm/s}^2$ ), R el radio del anillo en cm, y f el factor de corrección dependiente de la densidad.<sup>VII</sup>

***La determinación de los factores de corrección se muestra en el apéndice 2.***

### **8.9 Determinación del ángulo de contacto entre las soluciones y una superficie de metacrilato de metilo utilizada para prótesis dentales.**

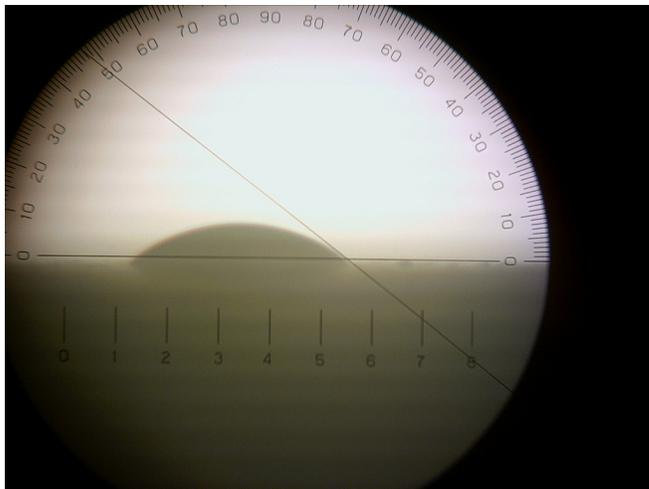
El ángulo de contacto es un parámetro que nos permite decir si un líquido moja o no una superficie en específico; de tal manera si el ángulo es mayor a  $90^\circ$  se dice que el líquido no moja, ángulos menores a  $90^\circ$  tenemos un mojado parcial y si el ángulo es igual a 0 el mojado es total.<sup>XXXV</sup>

**Figura 7. Esquema para determinación del ángulo de contacto sobre una superficie conocida.**



Las determinaciones se realizan en un goniómetro KRÜSSI Hamburg, este instrumento es parecido a un microscopio monocular, a través de la lente se puede observar la superficie y dos indicadores o escalas, una que divide en 4 cuadrantes el círculo luminoso y la otra que indica los ángulos alrededor del círculo.

**Figura 8. Fotografía de una gota de solución de mucílago sobre una superficie de metilmetacrilato a través del ocular del goniómetro.**



La determinación se realizó utilizando una placa de metacrilato de metilo de 1 cm x 2 cm y de no más de 3 mm de espesor; con el terminado que se le da al material para prótesis dental. (La cual fue proporcionada por el Posgrado de Odontología de la UNAM).

Se coloca la placa en el aparato y con una jeringa de las utilizadas para cromatografía se deja caer una gota sobre la superficie, lo más rápido posible se

observa y mide el ángulo de contacto con las escalas que tiene el aparato y de ser posible se toma una fotografía.

Es necesario que la medición del ángulo se haga lo más rápido posible ya que conforme pasa el tiempo la gota se expande sobre la superficie y el ángulo de contacto disminuye.

---

# I Resultados.

## 9.1 Resultados del análisis microbiológico.\*

El primer análisis se realizó con las muestras recién preparadas y el segundo análisis con las muestras después de tres semanas de refrigeración y habiendo sido manipuladas.

**Tabla 1. Determinación de mesófilos aerobios, coliformes totales hongos y levaduras en muestras de mucílago fresco y con tratamiento térmico. <sup>1</sup>**

Muestra	Mesófilos Aerobios ufc/mL	Coliformes totales ufc/mL	Hongos y Levaduras ufc/mL
Mucílago Fresco	35x10 <sup>3</sup>	180	< 100, v.e.
Mucílago con Tratamiento térmico	120 v.e.	2 v.e	No detectados

v.e. Valor estimado porque el número de ufc obtenidas fue muy bajo para considerar representativas las cajas.

**Tabla 2. Determinación de mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras en muestras de mucílago fresco y con tratamiento térmico después de su manipulación. <sup>xxxviii</sup>**

Muestra	Mesófilos Aerobios ufc/mL	Coliformes totales ufc/mL	Hongos y Levaduras ufc/mL
Mucílago Fresco	45x10 <sup>3</sup> v.e.	190	740.
Mucílago con Tratamiento térmico	220 v.e.	9 v.e	< 100 v.e

v.e. Valor estimado porque el número de ufc obtenidas fue muy bajo para considerar representativas las cajas.

\* El análisis microbiológico se realizó con la colaboración de Iliana Janett Santillán Enriquez bajo la supervisión de la Mta. Olga del Carmen Velázquez Madrazo.

Se observa mayor concentración de microorganismos en el segundo análisis debido a la manipulación que tuvieron las muestras, con el tratamiento térmico disminuyen las ufc pero sería necesario esterilizar las muestras en caso de ser probadas en pacientes.

Se observa un importante aumento entre el primer análisis y el segundo para hongos y levaduras los que suponemos son en su mayoría provenientes del ambiente ya que la manipulación de las muestras no se llevó a cabo en zona aséptica en todo momento. Además de que para las muestras manipuladas el pH ya se había ajustado a 6.

Sin embargo la Norma Oficial Mexicana 093-SSA1-1994. Bienes y Servicios, prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos, en su Apéndice informativo B, de las especificaciones sanitarias 1.2.9, específicamente para aguas preparadas permite una presencia de 150 000 ufc/mL para mesófilos aerobios y de 100 ufc/mL para coliformes totales.

## 9.2 Determinación del pH de las distintas soluciones de mucílago.

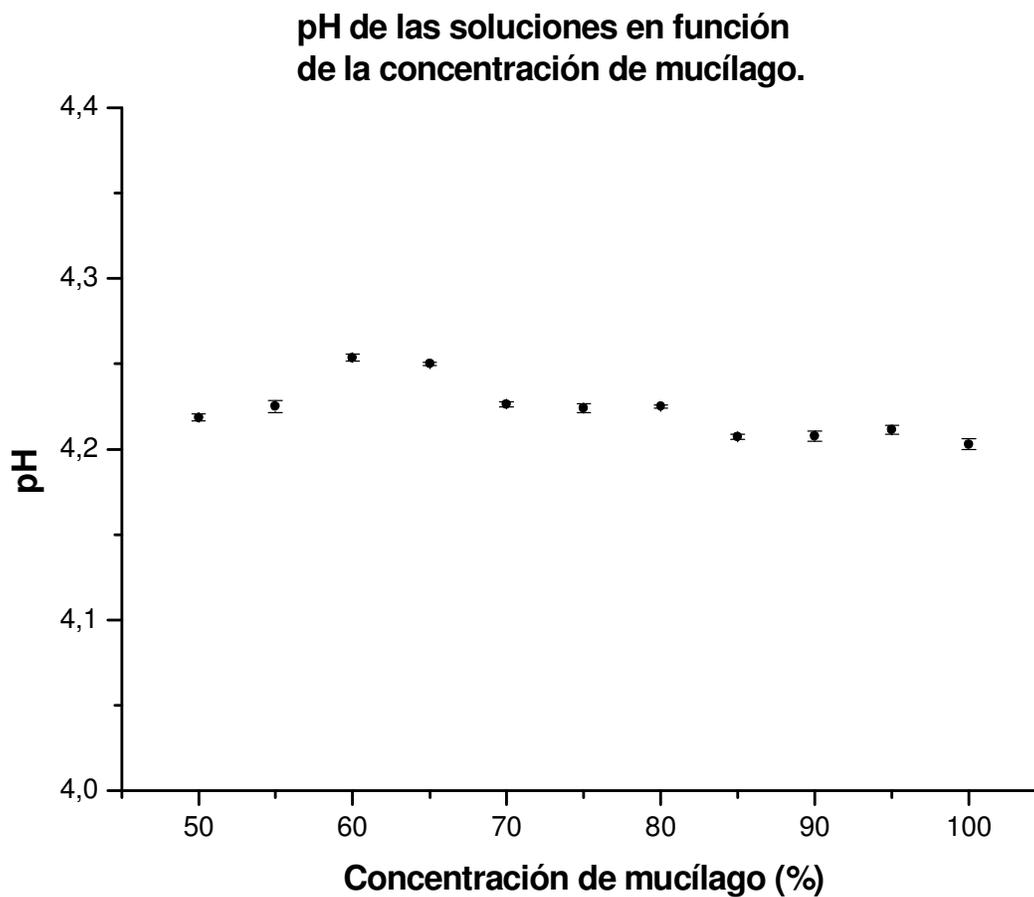
La variación en la concentración de mucílago de soluciones desde 50 hasta 100% no presentan una variación importante en cuanto al pH ya que este se mantiene en aproximadamente 4.2.

**Tabla 3. pH promedio de las soluciones a diferentes concentraciones de mucílago.**

<b>Solución</b>	<b>Concentración de mucílago (%)</b>	<b>pH promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>1</b>	50	4,219	0,0021
<b>2</b>	55	4,225	0,0036
<b>3</b>	60	4,254	0,0021
<b>4</b>	65	4,250	0,0010
<b>5</b>	70	4,226	0,0015
<b>6</b>	75	4,224	0,0026
<b>7</b>	80	4,225	0,0010
<b>8</b>	85	4,207	0,0015
<b>9</b>	90	4,208	0,0031
<b>10</b>	95	4,211	0,0025
<b>11</b>	100	4,203	0,0030

Podemos observar que a estas concentraciones de mucílago el pH de las soluciones es prácticamente el mismo y no se observa una tendencia de variación.

**Gráfica 1. pH de las soluciones en función de la concentración de mucílago.**



Se observa un pico de pH a una concentración de 63% de mucílago, sin embargo todas las soluciones tienen un pH de aproximadamente 4.2 exactamente entre 4.219 y 4.254.

Se ajustó el pH con bicarbonato de sodio hasta obtener un pH de aproximadamente 6, debido a que es el reportado para la saliva de individuos sanos.

***El total de las mediciones se presenta en el apéndice 3.***

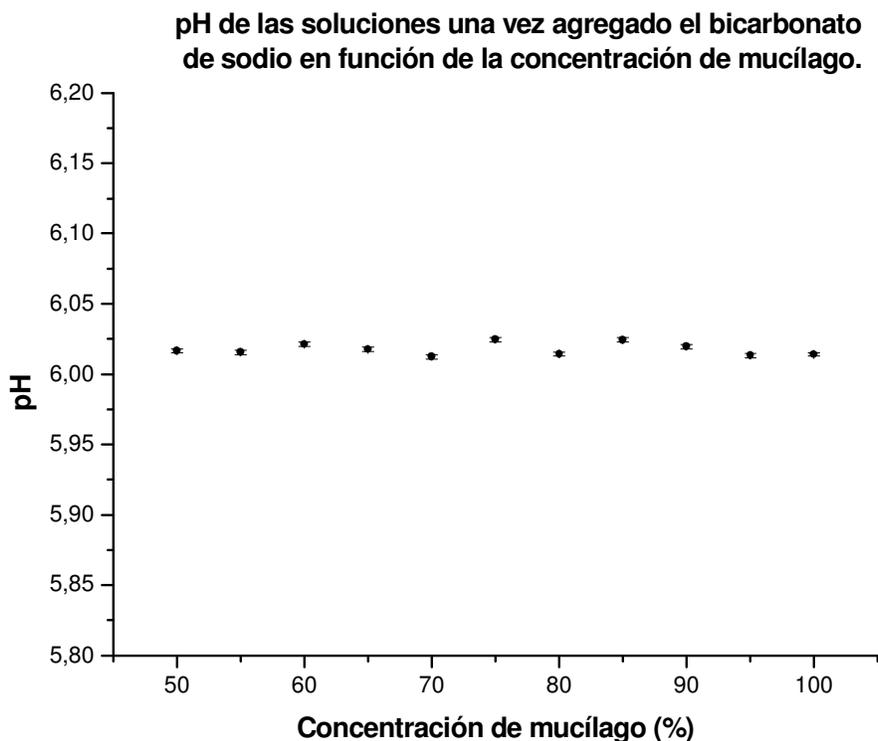
### 9.3 Determinación del pH una vez agregado bicarbonato de sodio para obtener un pH de alrededor de 6.

Una vez agregado el bicarbonato de sodio todas las muestras presentan un pH de aproximadamente 6 (el de la saliva humana).

**Tabla 4. pH promedio de las soluciones una vez agregado el bicarbonato de sodio para obtener un pH aproximado de 6.**

Solución	Concentración de mucílago (%)	pH promedio	Desviación estándar
1	50	6,017	0,0015
2	55	6,016	0,0015
3	60	6,021	0,0015
4	65	6,018	0,0015
5	70	6,012	0,0015
6	75	6,025	0,0015
7	80	6,014	0,0015
8	85	6,024	0,0015
9	90	6,020	0,0015
10	95	6,013	0,0015
11	100	6,014	0,0010

**Gráfica 2. pH de las soluciones una vez agregado el bicarbonato de sodio.**



Una vez que las soluciones tienen un pH adecuado se realizan las demás determinaciones.

*El total de las mediciones se presenta en el apéndice 4.*

#### **9.4 Determinación de la viscosidad de las distintas soluciones de mucílago de nopal en agua.**

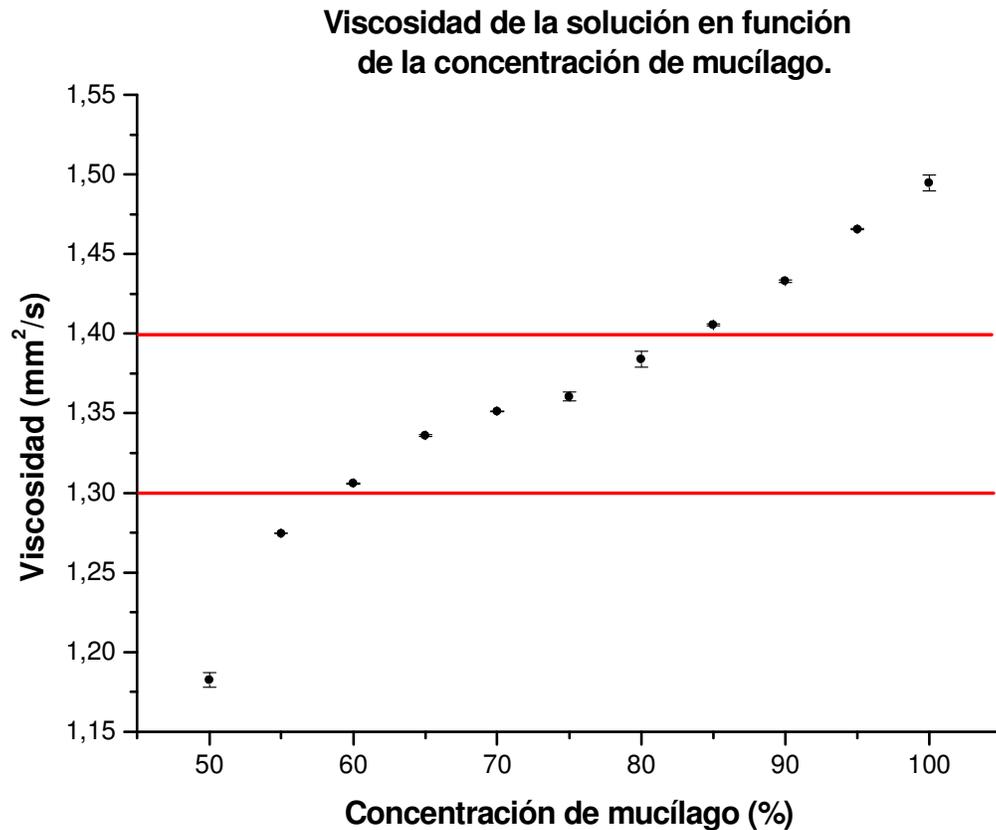
A partir de los resultados obtenidos se observa que a mayor concentración de mucílago las soluciones tienen una mayor viscosidad. En el caso de la saliva humana una viscosidad mayor a  $1.4\text{mm}^2/\text{s}$  aumenta el índice de caries y una menor a  $1.3\text{mm}^2/\text{s}$  aumenta el desgaste del esmalte dental.

**Tabla 5. Viscosidad de las soluciones de mucílago en agua a diferentes concentraciones determinadas con un viscosímetro de Ostwald CANNON 100 T 555.**

<b>Solución</b>	<b>Concentración de mucílago (%)</b>	<b>Viscosidad promedio (<math>\text{mm}^2/\text{s}</math>)</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>1</b>	50%	1,1823	0,0046
<b>2</b>	55%	1,2746	0,0002
<b>3</b>	60%	1,3060	0,0003
<b>4</b>	65%	1,3361	0,0006
<b>5</b>	70%	1,3513	0,0003
<b>6</b>	75%	1,3606	0,0027
<b>7</b>	80%	1,3840	0,0049
<b>8</b>	85%	1,4056	0,0006
<b>9</b>	90%	1,4330	0,0007
<b>10</b>	95%	1,4657	0,0005
<b>11</b>	100%	1,4947	0,0051

Las soluciones que tienen entre 60% y 80% de mucílago tienen una viscosidad que sería adecuada en caso de utilizar la solución como sustituto de la saliva humana.

**Gráfica 3. Variación de la viscosidad respecto a la concentración de mucílago.**  
Las rectas indican el intervalo en el que se encuentra la viscosidad de la saliva humana en pacientes sanos.<sup>XXXVI</sup>



*El total de las mediciones se presenta en el apéndice 5.*

## 9.5 Determinación de la densidad de las distintas soluciones de mucílago de nopal en agua.

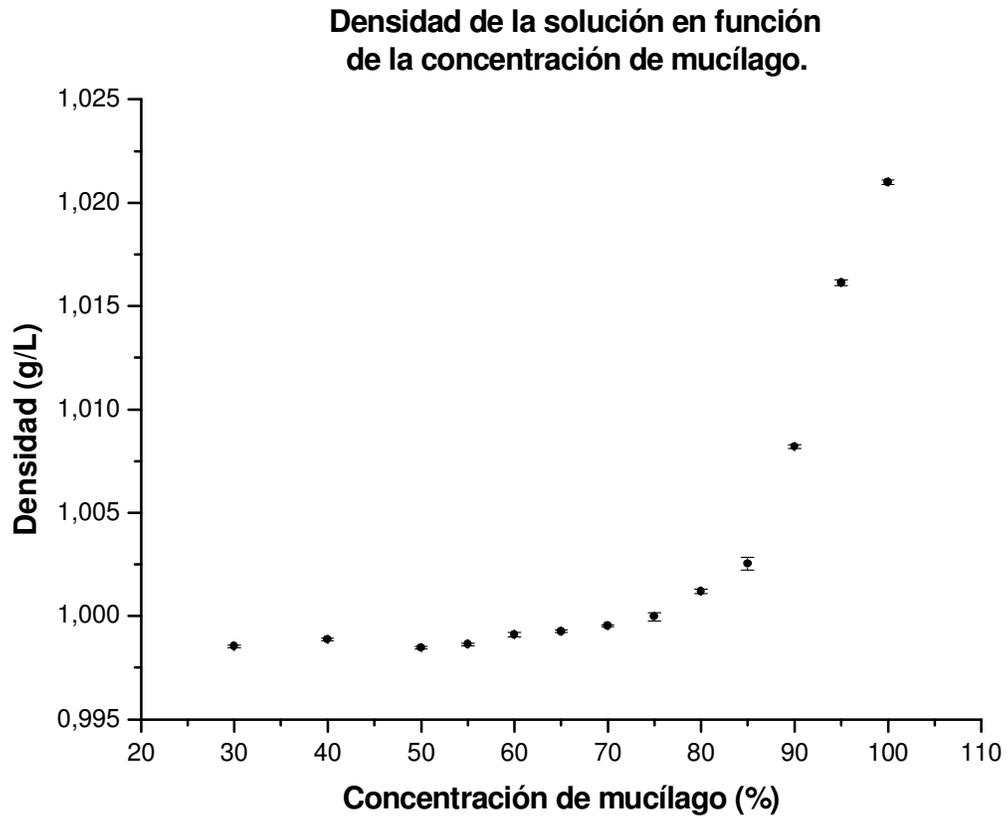
Se observa que a mayor concentración de mucílago la densidad es mayor, debido a la variación será necesario utilizar distintos factores de corrección, ya que estos dependen de la densidad y de las características del anillo utilizado, para poder calcular la tensión superficial a partir del método de la balanza.

**Tabla 6. Densidad de las soluciones de mucílago en agua a diferentes concentraciones.**

<b>Solución</b>	<b>Concentración de mucílago (%)</b>	<b>Promedio de densidad (g/L)</b>	<b>Desviación estándar</b>
1	100%	1,0210	1,000E-04
2	95%	1,0161	1,528E-04
3	90%	1,0082	1,000E-04
4	85%	1,0025	3,055E-04
5	80%	1,0012	1,000E-04
6	75%	1,0000	2,082E-04
7	70%	0,9995	5,774E-05
8	65%	0,9993	5,774E-05
9	60%	0,9991	1,000E-04
10	55%	0,9986	5,774E-05
11	50%	0,9985	5,774E-05
12	40%	0,9989	5,774E-05
13	30%	0,9985	5,774E-05

La densidad de las soluciones se mantiene casi constante entre 30 y 50% de mucílago en solución, a partir de aquí la densidad aumenta ligeramente hasta 75% de mucílago en solución a partir de donde se observa un aumento mayor de la densidad.

**Gráfica 4. Densidad en función de la concentración de mucílago en solución con agua.**



***El total de las mediciones se presenta en el apéndice 6.***

## 9.6 Cálculo de la tensión superficial de las distintas soluciones de mucílago de nopal en agua.

Se realizan mediciones por quintuplicado, dejando estabilizar la muestra durante tres minutos en la celda de temperatura constante.

Se muestra una disminución en la tensión superficial conforme la concentración de mucílago en solución aumenta, a partir del 60% de concentración de mucílago no se observa una tendencia clara y más bien la tensión superficial se mantiene entre 42.5 y 43.5 dinas/cm aproximadamente.

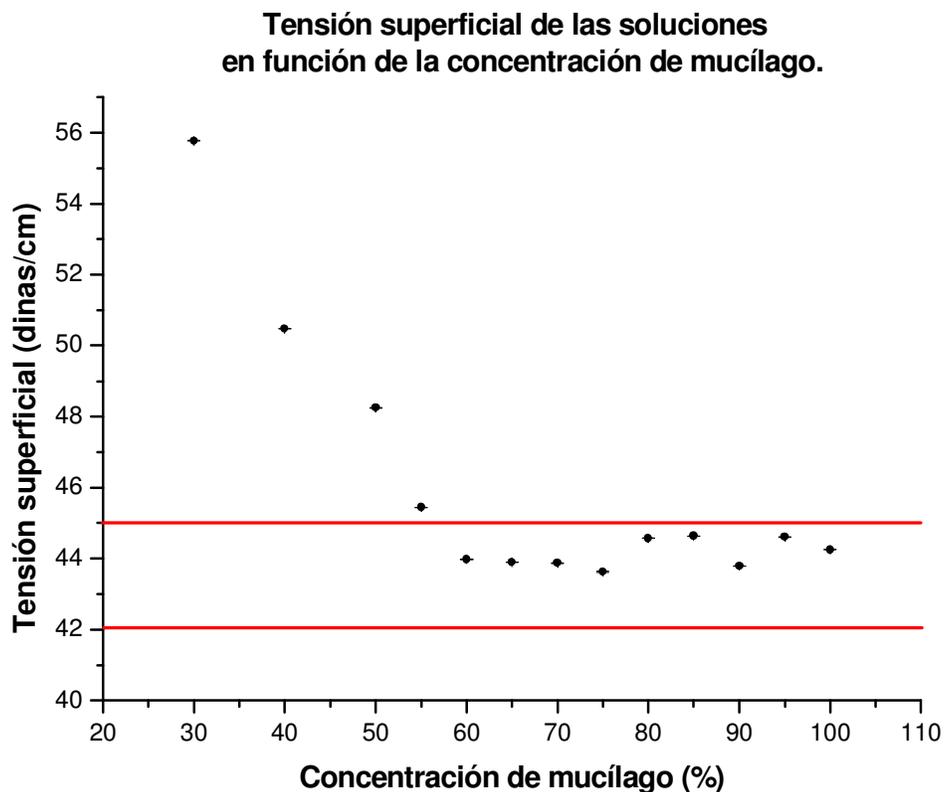
**Tabla 7. Tensión superficial de las soluciones a diferentes concentraciones de mucílago a partir de la masa determinada por el método de la balanza para tensión superficial.**

Solución	Concentración de mucílago (%)	Promedio	Factor de corrección	Tensión superficial (dinas/cm)	Desviación estándar
1	30	0,7606	0,9321	55,4846	0,0015
2	40	0,6910	0,9322	50,4128	0,0037
3	50	0,6608	0,9320	48,1991	0,0033
4	55	0,6228	0,9348	45,5639	0,0029
5	60	0,6030	0,9348	44,1153	0,0071
6	65	0,6036	0,9319	44,0222	0,0033
7	70	0,6032	0,9293	43,8703	0,0067
8	75	0,5982	0,9293	43,5067	0,0110
9	80	0,6092	0,9319	44,4306	0,0020
10	85	0,6102	0,9323	44,5227	0,0013
11	90	0,6004	0,9330	43,8405	0,0032
12	95	0,6114	0,9334	44,6629	0,0019
13	100	0,6066	0,9370	44,4831	0,0036

Podemos suponer que el mucílago se comporta como un tensoactivo debido a la caída de tensión superficial que se observa en las cuatro primeras muestras y a la atenuación que observamos después.

En la gráfica que se presenta a continuación se puede observar más claramente esta tendencia.

**Gráfica 5. Tensión superficial en función de la concentración de mucílago en agua. Las rectas en 42 y 44 dinas/cm indican el intervalo en el que se encuentra la tensión superficial en la saliva promedio de individuos sanos. <sup>11</sup>**



En la gráfica se observa una tendencia más clara ya que entre 30 y 60% de concentración de mucílago vemos una caída mientras que a partir del 60% de concentración se observa una variación mínima entre las diferentes soluciones, por esta gráfica podemos decir que el mucílago se comporta como un tensoactivo.

Calculando la presión superficial podemos observar el punto de inflexión y determinar la concentración de agregación crítica para el mucílago en agua.

Para la saliva sintética se encontró una tensión superficial de 49.2 dinas/cm.

***El total de las mediciones y los datos necesarios para calcular la tensión superficial por el método de la balanza se presentan en el apéndice 7.***

## 9.7 Determinación de la presión superficial para determinar la concentración de agregación crítica.

Para determinar la presión superficial de las soluciones utilizamos la siguiente fórmula:

$$\gamma = \gamma_{\text{disolvente}} - \gamma_{\text{solución}} \quad \text{ecuación 5}$$

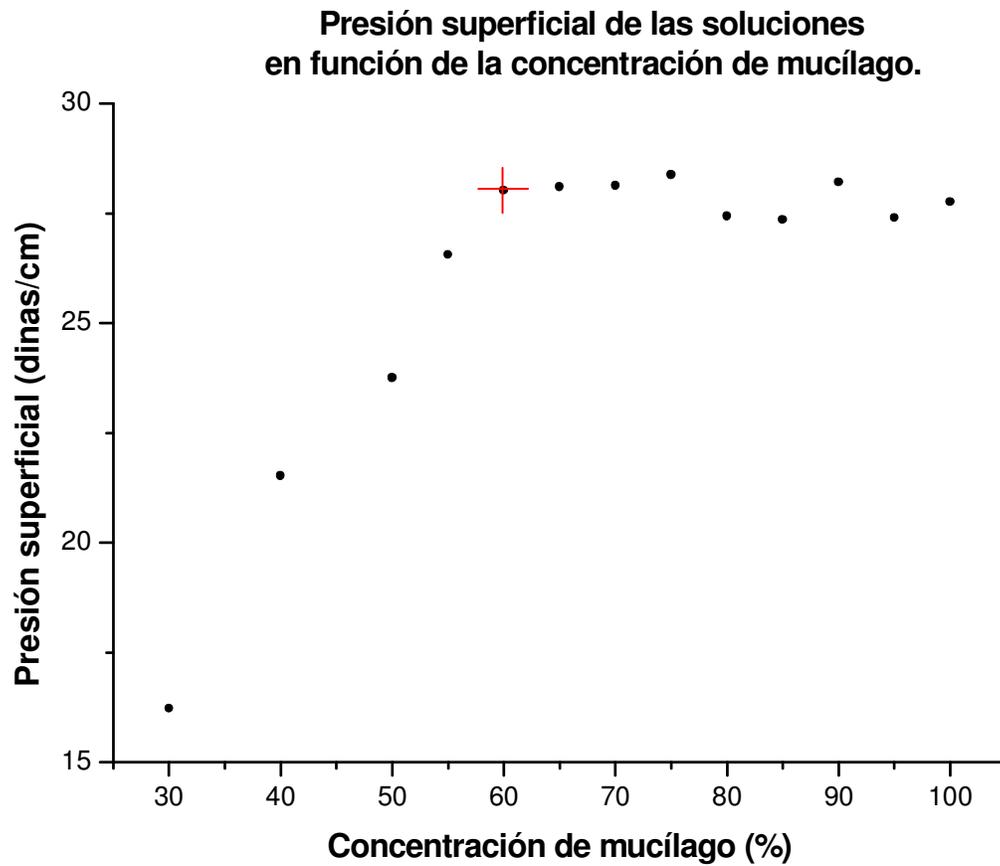
Donde  $\gamma_{\text{disolvente}}$  es la tensión superficial del disolvente, en este caso agua (72dinas/cm)<sup>XLI</sup> y  $\gamma_{\text{solución}}$  es la tensión superficial de la solución.

**Tabla 8. Presión superficial de las soluciones a distintas concentraciones de mucílago.**

Solución	Concentración de mucílago (%)	Tensión superficial del agua (dinas/cm)	Tensión superficial de la solución (dinas/cm)	Presión superficial de la solución (dinas/cm)
1	30	72	55,4846	16,5154
2	40	72	50,4128	21,5872
3	50	72	48,1991	23,8009
4	55	72	45,5639	26,4361
5	60	72	44,1153	27,8847
6	65	72	44,0222	27,9778
7	70	72	43,8703	28,1297
8	75	72	43,5067	28,4933
9	80	72	44,4306	27,5694
10	85	72	44,5227	27,4773
11	90	72	43,8405	28,1595
12	95	72	44,6629	27,3371
13	100	72	44,4831	27,5169

A partir de 55% se observa una presión superficial en las soluciones con poca variación.

**Gráfica 6. Presión superficial en función de la concentración de mucílago de las distintas soluciones.**



En la gráfica podemos observar un punto de inflexión cuando la concentración de mucílago es de 60%, por lo que ésta es la concentración de agregación crítica, a partir de este punto la solución se encuentra saturada.

## 9.8 Determinación del ángulo de contacto entre las distintas soluciones de mucílago de nopal en agua y una placa de metacrilato de metilo utilizada para prótesis dental.

El ángulo de contacto es muy importante debido a que nos dará una idea de que tan buena puede ser la humectación que proporcione la solución de mucílago a un paciente lo que será un indicativo de la viabilidad de la solución.

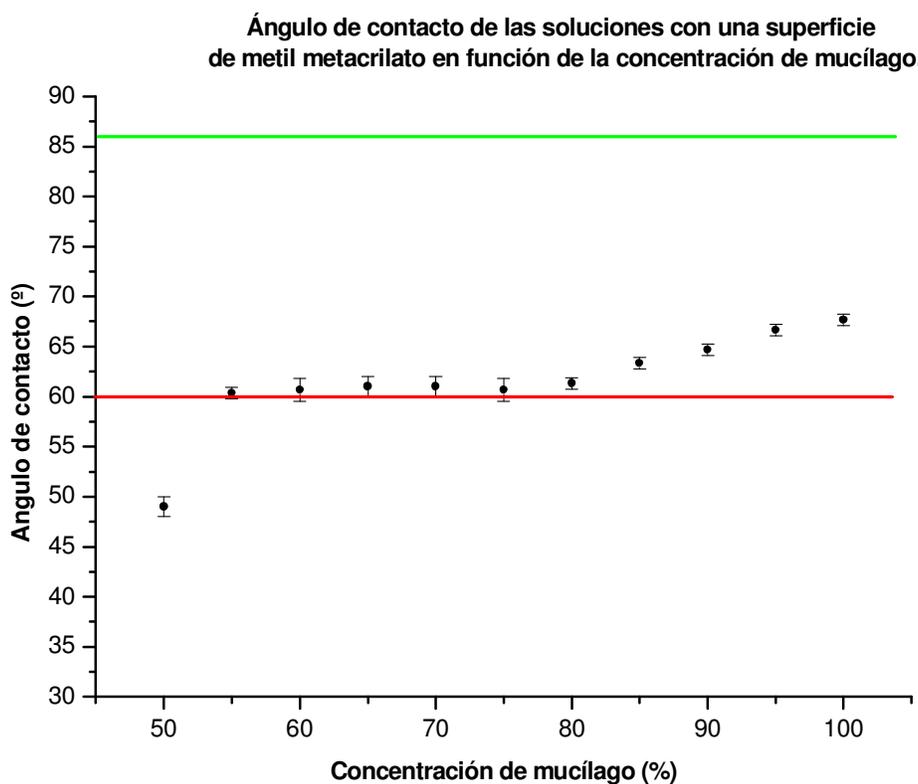
Podemos observar que conforme aumentamos la concentración de mucílago aumenta también el ángulo de contacto, sin embargo todos se encuentran por debajo de 90° por lo que hay buena humectación, siendo las soluciones menos concentradas las más humectantes.

**Tabla 9. Ángulo de contacto determinado sobre una superficie de metacrilato de metilo utilizada para prótesis dental en función de la concentración de mucílago.**

Solución	Concentración de mucílago (%)	Ángulo de contacto promedio ( ° )	Desviación estándar
1	50	49	1,0000
2	55	60	0,5774
3	60	61	1,1547
4	65	61	1,0000
5	70	61	1,0000
6	75	61	1,1547
7	80	61	0,5774
8	85	63	0,5774
9	90	65	0,5774
10	95	67	0,5774
11	100	68	0,5774
Saliva humana	0	60	0,0000
Saliva sintética	0	86	0,0000

En la gráfica la saliva sintética tiene un ángulo de contacto cercano a los 90° por lo que la humectación que proporciona es muy poca, sin embargo las soluciones de mucílago están muy cerca del ángulo de contacto que presenta la saliva humana en la superficie de metil metacrilato.

**Gráfica 7. Ángulo de contacto determinado sobre una superficie de metacrilato de metilo en función de la concentración de mucílago.**



*El total de las mediciones así como las fotografías de los ángulos de contacto que se lograron obtener se muestran en el apéndice 8.*

---

## I Discusión.

Los microorganismos mesófilos aerobios son la flora total compuesta por bacterias, hongos filamentosos y levaduras, aerobios estrictos o facultativos que presentan unas características térmicas intermedias. Con este análisis se refleja la calidad sanitaria e higiénica de la elaboración de un alimento. Altos recuentos no son aconsejables salvo en el caso de los productos fermentados.

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Coliforme significa con forma de coli, refiriéndose a la bacteria principal del grupo, la *Escherichia coli*, descubierta por el bacteriólogo alemán Theodor von Escherich en 1860.

A partir del análisis microbiológico realizado a las muestras tanto antes como después de su manipulación, podemos observar la presencia de microorganismos como mesófilos aerobios, coliformes, hongos y levaduras sin embargo según el Apéndice informativo B de la Norma Oficial Mexicana para bienes y servicios prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos <sup>XLIV</sup> se observa una cuenta total de mesófilos aerobios de 150 000 UFC/g o ml y de coliformes totales de 100/g permitidos para el caso de aguas preparadas, por lo tanto el conteo obtenido de 220 ufc/ml para mesófilos aerobios y de 9 ufc/ml para coliformes totales para la muestra manipulada nos hace pensar que el contenido microbiológico de las muestras no es significativo.

Sin embargo tomando en cuenta que se espera utilizar la solución en pacientes con xerostomía los cuales pueden sufrir ulceración bucal, se considera necesario esterilizar las muestras antes de probarlas en pacientes, para tal efecto se puede utilizar un tratamiento térmico en autoclave, ultra violeta o bien esterilización por ozono, dependiendo de con cual se puedan conservar las características de la solución.

En el caso de la presencia de hongos y levaduras se requiere el uso de algún conservador que podría ser benzoato de sodio que es ampliamente utilizado en alimentos y que podría reducir considerablemente el crecimiento de hongos y levaduras.

Es necesario tomar en cuenta que las muestras no fueron manipuladas en zona aséptica y que el tratamiento térmico se realizó en una olla convencional de presión por lo que una manipulación más cuidadosa sería necesaria para la producción de las muestras en caso de ser aplicadas en pacientes.

El pH de las muestras nos permite decir que el mucílago de nopal es un ácido débil con un pH de alrededor de 4, sin embargo al agregar bicarbonato de sodio se puede obtener el pH requerido para la saliva de alrededor de 6, esto es fundamental para el uso de la solución como sustituto de saliva ya que la acidez podría provocar un mayor índice de caries así como problemas gastrointestinales, por otra parte el bicarbonato de sodio que es ampliamente utilizado en casos de acidez estomacal no es dañino para el paciente.

La viscosidad de la saliva es importante ya que se observan problemas de aumento en el índice de caries en el caso de pacientes con una mayor viscosidad en la saliva, se busca una viscosidad de entre 1.3 y 1.4 mm<sup>2</sup>/s que es la reportada para individuos sanos. La disminución de la viscosidad salival no se reporta como un padecimiento grave ya que a nivel clínico no se observan complicaciones sin embargo se reporta una molestia de parte del paciente ya que al disminuir la viscosidad se torna más complicado mantener la saliva dentro de la boca y suele escurrir hacia fuera involuntariamente.

En el caso de las soluciones preparadas se observa que aquellas que contienen entre 60 y 80% de mucílago están dentro del intervalo de viscosidad que se busca.

La densidad de las muestras en un principio es determinada solamente para poder calcular el factor de corrección para la tensión superficial por el método de la balanza, sin embargo es importante mencionar que aunque la saliva humana no tiene una densidad específica ya que esta depende de diversos factores como el consumo diario de agua, la alimentación de cada individuo, el clima del lugar en el

que se vive, cambios hormonales, entre otros, se reporta una densidad promedio de entre 1.00 y 1.15 g/L para individuos sanos de entre 25 y 45 años de edad, por lo que las soluciones con más de 70% de mucílago tienen una densidad similar a la de la saliva humana.

La tensión superficial por otra parte es uno de los parámetros más importantes dentro de nuestras mediciones para obtener una solución que pueda sustituir a la saliva humana en este parámetro. Las salivas sintéticas que existen actualmente en el mercado se preocupan principalmente por disminuir el problema de resequeidad bucal para evitar la ulceración, sin embargo no se toman en cuenta otros factores que pueden ser importantes para el paciente.

En el caso de la tensión superficial se requiere que esté entre 42 y 45 dinas/cm para que se encuentre dentro del intervalo reportado para saliva humana en individuos sanos, esto es muy importante ya que la modificación de la tensión superficial de la saliva ocasiona problemas de adhesión de prótesis dentales, tomando en cuenta que la mayoría de los pacientes que padecen xerostomía por un tratamiento de radiación contra el cáncer han perdido varias o todas las piezas dentales, el obtener una tensión superficial adecuada es de vital importancia para la calidad de vida del paciente.

Pudimos determinar la tensión superficial por el método de la balanza para las soluciones preparadas y encontramos que aquellas con más de 60% de mucílago tienen una tensión superficial de entre 42 y 45 dinas/cm, por otra parte la saliva sintética comercial cuenta con una tensión superficial de 49.2 dinas/cm, muy por encima de la necesaria para un sustituto de saliva.

En caso de probar la solución en pacientes se espera obtener una adhesión correcta de prótesis dentales ya sea de piezas o de placas completas, lo que haría más cómoda la vida del paciente.

A partir de estos resultados podemos observar que existe una concentración de agregación crítica por lo que se calcula la presión superficial para poder determinar el punto de agregación crítica a partir del punto de inflexión en la curva. De esta

manera se observa un punto de inflexión en 60% de concentración de mucílago en agua, a partir de este punto la tensión superficial se mantiene casi constante.

La determinación del ángulo de contacto nos permite hacer una valoración de la posible humectación que tendría la solución en pacientes, se realizan las mediciones sobre una placa de metil metacrilato ya que es el material más utilizado para la elaboración de prótesis dentales debido entre otras cosas a su bajo costo comparado con piezas de porcelana o de algún metal.

Podemos observar que la humectación sería mejor que la que produce la saliva sintética ya que el ángulo de contacto que se forma entre la gota de solución y la placa de metacrilato de metilo es siempre menor a 70° mientras que la saliva sintética forma un ángulo de 86°.

De tal manera que las soluciones que contienen entre 60% y 80% de mucílago cumplen con las características de pH, viscosidad, densidad y tensión superficial que presenta la saliva humana.

**Tabla 1. Resumen de las propiedades medidas para las soluciones que serían viables para sustituir a la saliva humana.**

% de mucílago en solución.	pH una vez agregado bicarbonato de sodio.	Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s).	Densidad (g/l).	Tensión superficial (dinas/cm).	Ángulo de contacto (°).
60	6,021	1,306	1,0012	43,9785	61
70	6,012	1,3513	0,9995	43,8703	61
80	6,014	1,384	0,9991	44,5689	61
90	6,02	1,433	0,9985	43,7935	65
100	6,014	1,4947	0,9985	44,2505	68
Saliva humana	6	(1,3 ; 1,4)	(0,9 ; 1,0)	(42 , 44)	60

Finalmente el siguiente análisis de costos nos permite decir que sería más económica una saliva sustituta elaborada a partir de mucílago que una sintética.

**Tabla 2. Análisis de costos para la elaboración de 4.8 litros de saliva sustituta de la humana a partir de mucílago de nopal.**

<b>Insumos</b>	<b>Costo (\$MN/100)</b>
<b>Nopales (3Kg)</b>	<b>21</b>
<b>Envases (50)</b>	<b>100</b>
<b>Servicios</b>	<b>200</b>
<b>Personal</b>	<b>300</b>
<b>Total</b>	<b>621</b>

Por lo tanto el costo de elaboración de un envase con 100ml sería de \$12.42 sin considerar los gastos indirectos, mientras que 100ml de saliva sintética cuestan entre \$100.00 y \$500.00 dependiendo de la marca y la presentación, por lo que queda un amplio margen para la producción a mayor escala.

## **I Conclusiones.**

De acuerdo con los resultados obtenidos, podemos decir que la preparación de una saliva sustituta a partir de mucílago de nopal sería viable, sin embargo hay que recordar que todos los resultados obtenidos en este trabajo son sólo el inicio para poder obtener un sustituto de saliva con condiciones óptimas.

En cuanto a los resultados microbiológicos, podemos decir que si bien nos encontramos dentro de los intervalos permitidos según la Norma Oficial Mexicana para bienes y servicios prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos, sería necesario realizar un estudio más exacto sobre los microorganismos que se encuentran como contaminantes para localizar el método más viable para la preparación de la muestra y posteriormente el uso de un bactericida y de un conservador. Se debe tomar en cuenta que la manipulación de las soluciones es un factor determinante en cuanto a la presencia de contaminación por lo que sería necesario producirlo bajo condiciones más higiénicas.

El uso de cualquier aditivo podría modificar las propiedades de la solución por lo que sería necesario ajustar el pH, la viscosidad y la tensión superficial si se agrega cualquier producto tanto para la disminución de contenido bacteriano como para la conservación de la solución. Así como determinar la microbiota característica del nopal y del mucílago para determinar la posible presencia de microorganismos patógenos.

Las propiedades fisicoquímicas de la solución se ajustan a las propiedades de la saliva humana, con la ventaja de que pudimos encontrar un grupo de soluciones que cumplen con los requisitos necesarios para poder sustituir a la saliva humana.

Es por esto que cualquier solución con entre 60% y 80% de mucílago de nopal en agua cumple con los requisitos de viscosidad, pH y tensión superficial, esto hace que la solución pueda fungir como una saliva sustituta, evitando primero el aumento en problemas simples como el índice de caries, además de la incidencia de infecciones bucales al tener una buena humectación y reducir la ulceración bucal, y

finalmente la tensión superficial adecuada permite el uso de prótesis dentales sin problemas de adhesión lo que mejora de una manera importante la calidad de vida del paciente.

Con este trabajo pudimos encontrar una solución de mucílago en agua con las propiedades necesarias para poder fungir como sustituto de la saliva humana, sin embargo esta no tendría todas las funciones de la saliva humana, en caso de realizar los trabajos necesarios posteriores se podría llegar a obtener una solución que sustituya a la saliva humana y que pueda cumplir con todas o la mayoría de las funciones que la saliva tiene en el organismo humano.

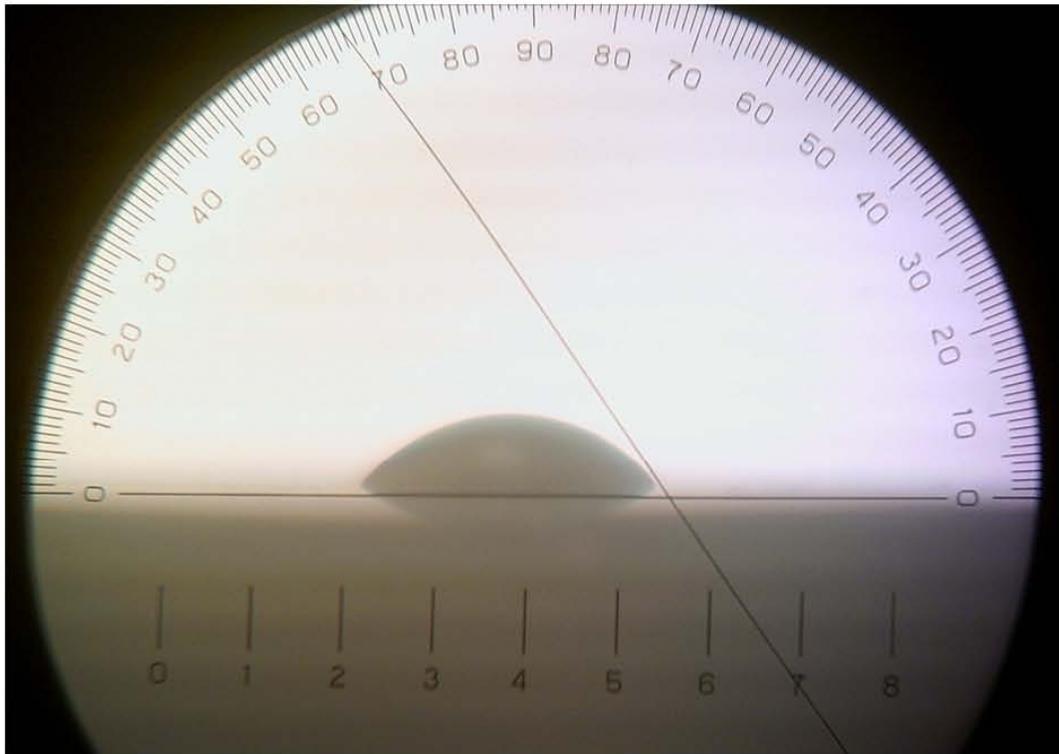
## **XII Perspectivas**

Sería conveniente realizar un análisis microbiológico más exhaustivo de las soluciones que podrían ser utilizadas como sustitutas de la saliva humana, esto con el fin de determinar exactamente la microbiota presente y los posibles efectos que pudiera causar al paciente para encontrar un antimicrobiano y un conservador específicos para la solución según las condiciones del medio.

Una vez realizado este paso sería necesario repetir las pruebas fisicoquímicas una vez agregados el antimicrobiano y el conservador para ver de que manera se pueden modificar las propiedades de la solución y buscar una que con los aditivos presente condiciones favorables para sustituir a la saliva humana. La realización de pruebas clínicas sería indispensable para poder ver la aceptación del paciente así como cuál de las soluciones le ofrece mejores resultados.

Finalmente una investigación que se podría realizar para complementar la solución sería un estudio enzimático, para comparar la solución de mucílago con la saliva humana y determinar cuales son las enzimas que sería necesario agregar para proporcionar una saliva sustituta que pueda cumplir con las funciones de la humana, para esto sería necesario realizar un estudio comparativo para agregar las enzimas que se puedan encontrar de manera comercial y tratar de sintetizar aquellas que aún no están en el mercado. Después sería indispensable realizar las pruebas fisicoquímicas para obtener las propiedades necesarias en la solución.

Por otra parte el análisis de un posible escalamiento a la industria sería muy importante ya que el nopal se puede encontrar en la República Mexicana de manera nativa y es por esto que un análisis de suelo nos indicaría el mejor lugar para plantar nopales de manera controlada, además se podría plantear la creación de una industria productora de mucílago para la preparación de la saliva lo cual generaría empleo en una determinada zona del país, con la ventaja de que debido al procedimiento, el residuo de nopales cocidos podría utilizarse para la industria de alimentos elaborando algún tipo de conserva o en dado caso como forraje para ganado.



## XIII Apéndices

### Apéndice 1.

#### Determinación de la constante del viscosímetro a 25°C.

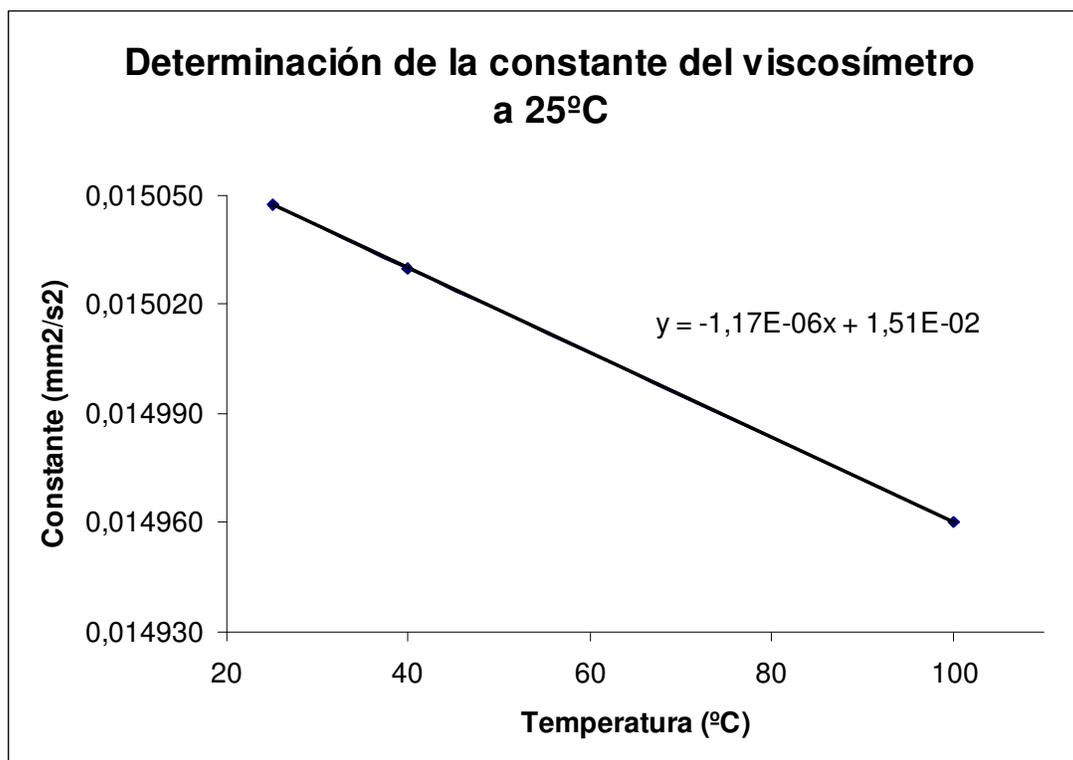
La ficha técnica del equipo presenta las siguientes constantes a las temperaturas dadas.

**Tabla 1. Constantes del viscosímetro según la temperatura de trabajo.**

Temperatura	Constante
40	0,015030
100	0,014960

Se traza una gráfica con los dos puntos y con la ecuación de la recta se determina la constante a 25°C.

**Gráfica 1. Determinación de la constante del viscosímetro.**



De dónde la constante a 25°C es igual a 0.015048 mm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>.

## Apéndice 2.

Determinación de los factores de corrección de acuerdo a la densidad para el cálculo de la tensión superficial.\*

Tabla 2. Factores de corrección determinados para calcular tensión superficial por el método de la balanza.

1766

WILLIAM D. HARKINS AND HUBERT F. JORDAN

TABLE VIIIID  
CORRECTION FACTORS (F) FOR THE RING METHOD

R/V	R/r = 30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0.80	0.8937	0.900	0.906	0.912	0.918	0.9230	0.928	0.933	0.937	0.942	0.9454	0.949	0.952	0.954	0.956	0.9581
.82	.8917	.898	.904	.909	.915	.9211	.926	.931	.935	.940	.9436	.947	.950	.952	.954	.9563
.84	.8894	.895	.902	.907	.913	.9190	.924	.929	.933	.938	.9419	.946	.949	.951	.953	.9548
.86	.8874	.893	.900	.905	.911	.9171	.922	.927	.932	.936	.9402	.944	.947	.949	.951	.9534
.88	.8853	.891	.898	.903	.909	.9152	.921	.926	.930	.934	.9384	.942	.945	.947	.950	.9517
.90	.8831	.889	.896	.902	.907	.9131	.919	.924	.928	.933	.9367	.940	.943	.946	.948	.9504
.92	.8809	.887	.894	.900	.905	.9114	.917	.922	.926	.931	.9350	.939	.942	.945	.947	.9489
.94	.8791	.885	.892	.898	.904	.9097	.915	.920	.925	.929	.9333	.937	.940	.943	.945	.9470
.96	.8770	.883	.890	.896	.902	.9074	.914	.919	.923	.928	.9320	.936	.939	.942	.944	.9462
.98	.8754	.882	.888	.894	.900	.9064	.912	.917	.922	.926	.9305	.934	.937	.940	.943	.9452
1.00	.8734	.880	.886	.892	.899	.9047	.910	.916	.920	.925	.9290	.933	.936	.939	.941	.9438
1.05	.8688	.875	.882	.888	.895	.9007	.906	.912	.916	.921	.9253	.929	.932	.935	.938	.9408
1.10	.8644	.871	.878	.885	.891	.8970	.903	.908	.913	.917	.9217	.925	.929	.933	.935	.9378
1.15	.8602	.867	.875	.881	.888	.8937	.900	.905	.910	.914	.9183	.922	.926	.930	.933	.9352
1.20	.8561	.864	.871	.878	.885	.8904	.897	.902	.907	.911	.9154	.920	.923	.927	.930	.9324
1.25	.8521	.860	.868	.875	.882	.8874	.893	.899	.904	.908	.9125	.916	.920	.924	.927	.9300
1.30	.8484	.856	.864	.871	.879	.8845	.891	.896	.901	.905	.9097	.914	.917	.921	.925	.9277
1.35	.8451	.853	.861	.869	.876	.8819	.888	.893	.898	.903	.9068	.911	.915	.919	.922	.9253
1.40	.8420	.850	.858	.866	.873	.8794	.885	.891	.896	.900	.9043	.909	.913	.916	.920	.9232
1.45	.8387	.847	.855	.863	.871	.8764	.883	.888	.893	.898	.9014	.906	.910	.914	.918	.9207

\* Harkins William D., Jordan Hubert F., A Method for the determination of surface and interfacial tension from the maximum pull on a ring, Vol. 52, mayo 1930, pp. 1751-1770.

Para determinar los factores de corrección para nuestras soluciones de mucílago utilizamos la tabla anterior; se necesitan los valores de  $R^3/V$  y de  $R/r$ .

$R/r$  está definida por el anillo de De Nouy utilizado, donde  $R$  es el radio del anillo y  $r$  es el radio del alambre por lo tanto  $R/r$  es un valor constante, en este caso de 53.6.

Para  $R^3/V$  es necesario determinar primero  $V$  que es el volumen de la solución, calculamos  $V$  a partir de la densidad de las distintas soluciones sabiendo que:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

**ecuación 6**

Dónde  $\rho$  es la densidad en  $g/cm^3$ ,  $m$  la masa del líquido en gramos y  $V$  el volumen en L.

Es por esto que:

$$\frac{\text{Promedio de la masa de la solución}}{\text{Densidad de la solución}} = \text{Volumen de la solución}$$

**Tabla 3. Masa, densidad y volumen promedio de las distintas soluciones de mucílago de nopal en agua.**

Solución	Concentración de mucílago (%)	Masa promedio (g)	Densidad promedio (g/l)	Volumen promedio (l)
1	100	0,7606	1,0210	0,7450
2	95	0,691	1,0161	0,6800
3	90	0,6608	1,0082	0,6554
4	85	0,6228	1,0025	0,6212
5	80	0,603	1,0012	0,6023
6	75	0,6036	1,0000	0,6036
7	70	0,6032	0,9995	0,6035
8	65	0,5982	0,9993	0,5986
9	60	0,6092	0,9991	0,6097
10	55	0,6102	0,9986	0,6110
11	50	0,6004	0,9985	0,6013
12	40	0,6114	0,9989	0,6121
13	30	0,6066	0,9985	0,6075

Dado que **R** tiene un valor de 0.9537cm, **R<sup>3</sup>** tiene un valor de 0.8674cm<sup>3</sup>.

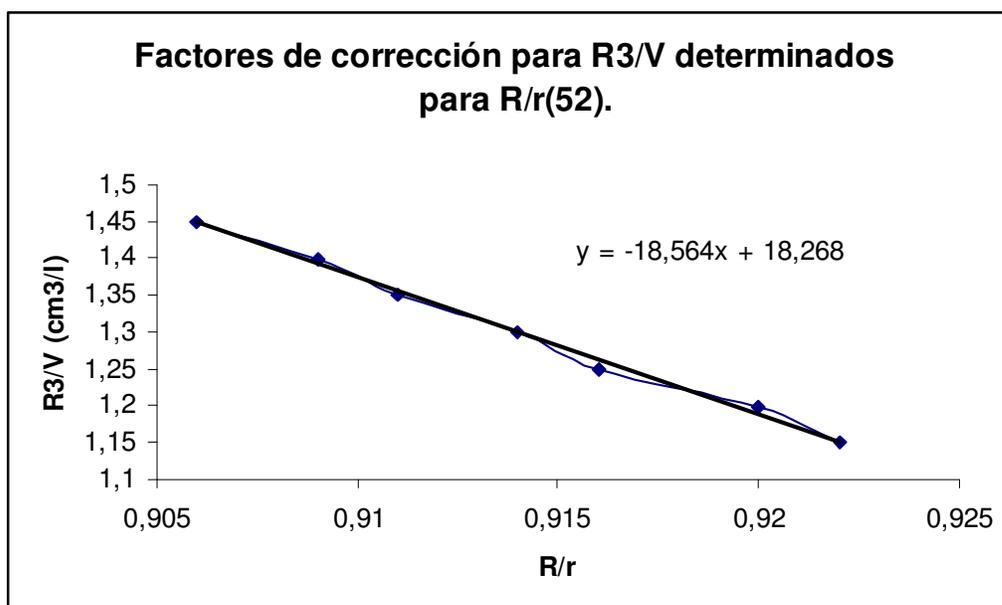
Finalmente calculamos **R<sup>3</sup>/V** de donde:

**Tabla 4. Determinación de R<sup>3</sup>/V.**

<b>Solución</b>	<b>Concentración de mucílago (%)</b>	<b>R<sup>3</sup> (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen promedio (l)</b>	<b>R<sup>3</sup>/V (cm<sup>3</sup>/l)</b>
1	100	0,8674	0,7450	1,16436
2	95	0,8674	0,6800	1,27553
3	90	0,8674	0,6554	1,32342
4	85	0,8674	0,6212	1,39627
5	80	0,8674	0,6023	1,44020
6	75	0,8674	0,6036	1,43700
7	70	0,8674	0,6035	1,43733
8	65	0,8674	0,5986	1,44895
9	60	0,8674	0,6097	1,42255
10	55	0,8674	0,6110	1,41956
11	50	0,8674	0,6013	1,44249
12	40	0,8674	0,6121	1,41710
13	30	0,8674	0,6075	1,42784

Con los datos obtenidos se realiza la extrapolación a partir de la gráfica de referencia, primero para encontrar los factores de corrección que correspondan a cada valor de R<sup>3</sup>/V, se traza la gráfica poniendo en x los valores de R/r y en y los de R<sup>3</sup>/V posteriormente con la ecuación de la recta se calculan los diferentes valores de R/r para los datos que se tienen de R<sup>3</sup>/V.

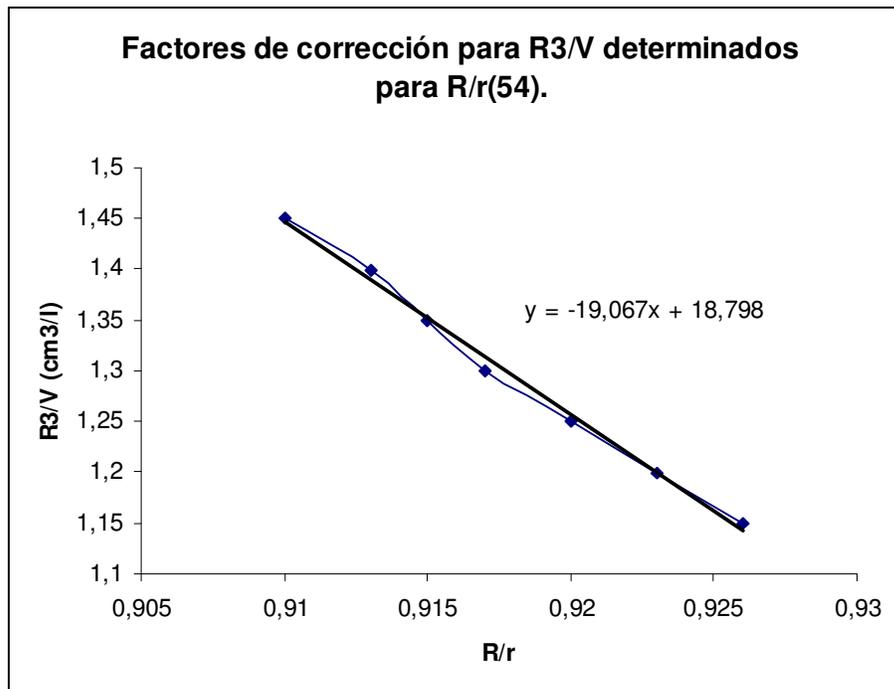
**Gráfica 2. Factores de corrección para R<sup>3</sup>/V determinados para R/r=52.**



**Tabla 5. Valores de R<sup>3</sup>/V correspondientes a R/r=52.**

R <sup>3</sup> /V (cm <sup>3</sup> /L)	R/r (52)
1,1643	0,9213
1,2754	0,9153
1,3235	0,9128
1,3964	0,9088
1,4403	0,9065
1,4368	0,9066
1,4373	0,9066
1,4491	0,906
1,4226	0,9074
1,4196	0,9076
1,4426	0,9064
1,4172	0,9077
1,4280	0,9071

**Gráfica 3. Factores de corrección para R<sup>3</sup>/V determinados para R/r=54.**

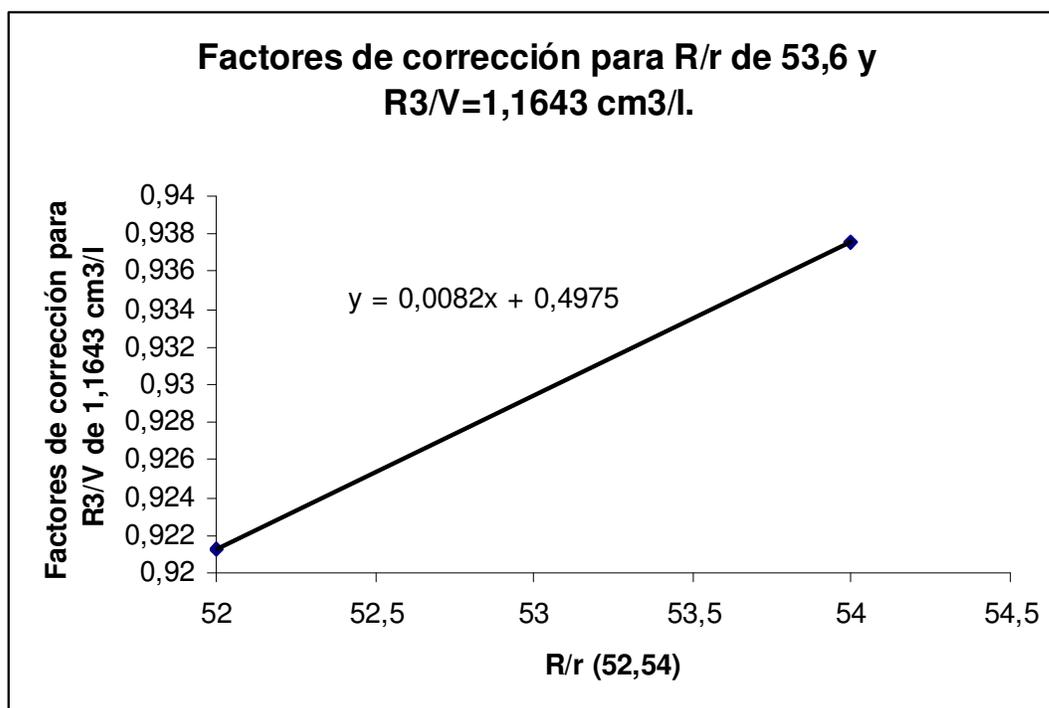


**Tabla 6. Valores de R<sup>3</sup>/V correspondientes a R/r=54.**

R <sup>3</sup> /V (cm <sup>3</sup> /L)	R/r (54)
1,1643	0,9376
1,2754	0,9379
1,3235	0,9380
1,3964	0,9382
1,4403	0,9383
1,4368	0,9383
1,4373	0,9383
1,4491	0,9384
1,4226	0,9383
1,4196	0,9383
1,4426	0,9384
1,4172	0,9383
1,4280	0,9383

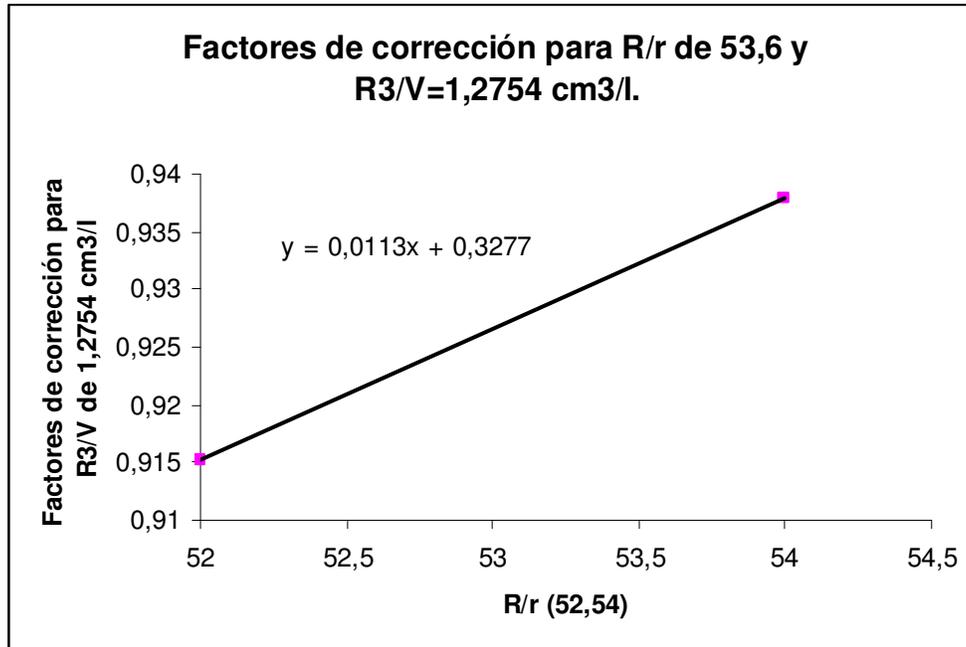
Una vez obtenidos los valores de los factores de corrección para R/r de 52 y 54 para cada valor de  $R^3/V$ , se traza la gráfica con el valor de  $R^3/V$  correspondiente para R/r de 52 y 54. Con la ecuación de la recta obtenida se calcula el valor del factor de corrección para R/r de 53.6.

**Gráfica 4. Factores de corrección para R/r de 53.6 y  $R^3/V=1.1643 \text{ cm}^3/\text{L}$ .**



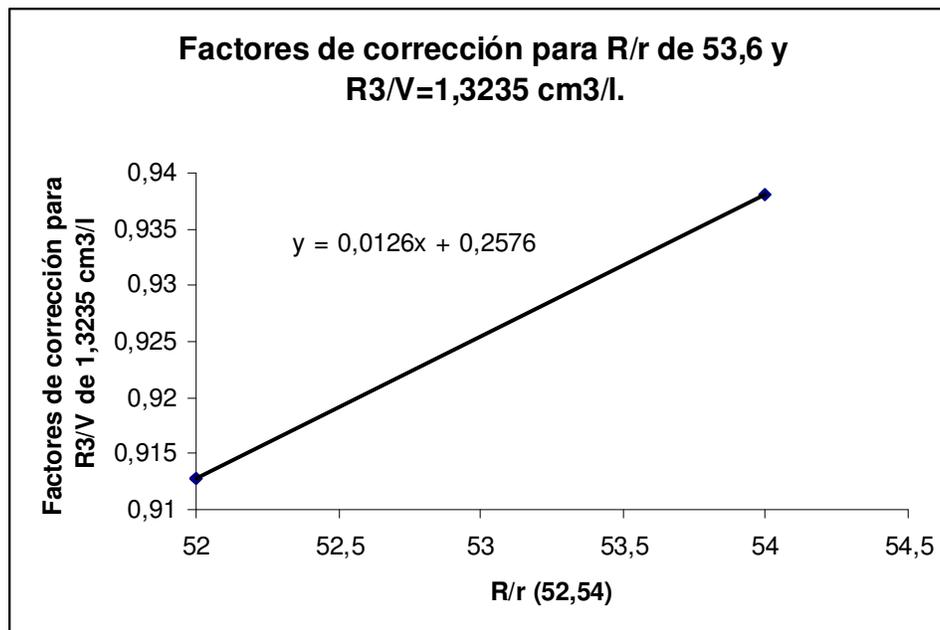
$R^3/V$ ( $\text{cm}^3/\text{L}$ )	R/r (53,6)
1,1643	0,9370

Gráfica 5. Factores de corrección para R/r de 53.6 y  $R^3/V=1.2754 \text{ cm}^3/\text{L}$ .



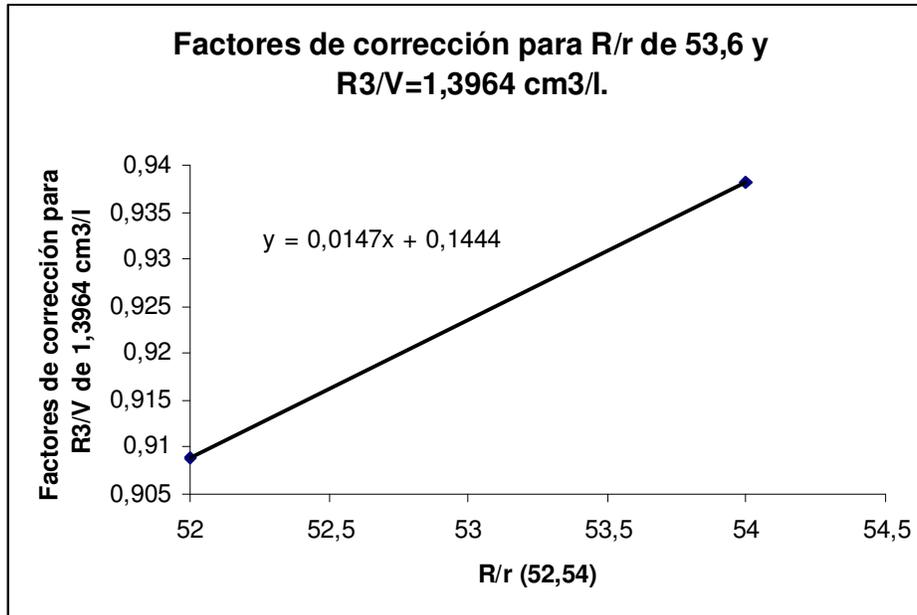
$R^3/V$ ( $\text{cm}^3/\text{L}$ )	R/r (53,6)
1,2754	0,9334

Gráfica 6. Factores de corrección para R/r de 53.6 y  $R^3/V=1.3235 \text{ cm}^3/\text{L}$ .



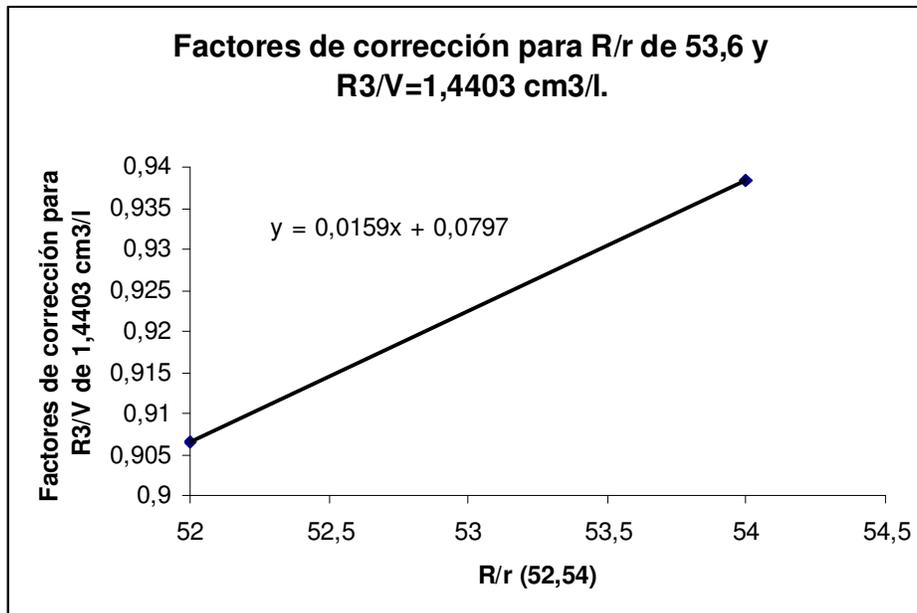
$R^3/V$ ( $\text{cm}^3/\text{L}$ )	R/r (53,6)
1,3235	0,9330

Gráfica 7. Factores de corrección para R/r de 53,6 y  $R^3/V=1.3964 \text{ cm}^3/\text{L}$ .



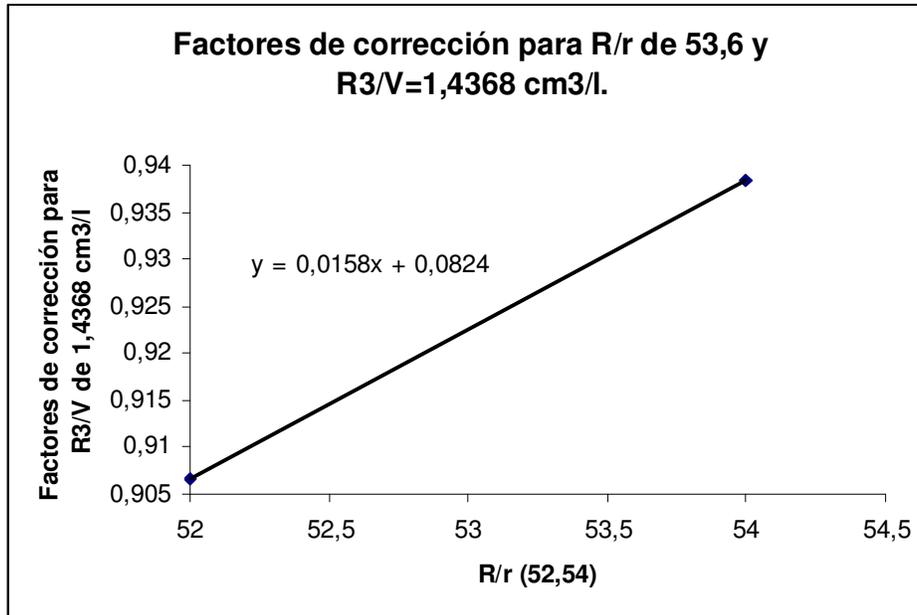
$R^3/V$ ( $\text{cm}^3/\text{L}$ )	R/r (53,6)
1,3964	0,9323

Gráfica 8. Factores de corrección para R/r de 53,6 y  $R^3/V=1.4403 \text{ cm}^3/\text{L}$ .



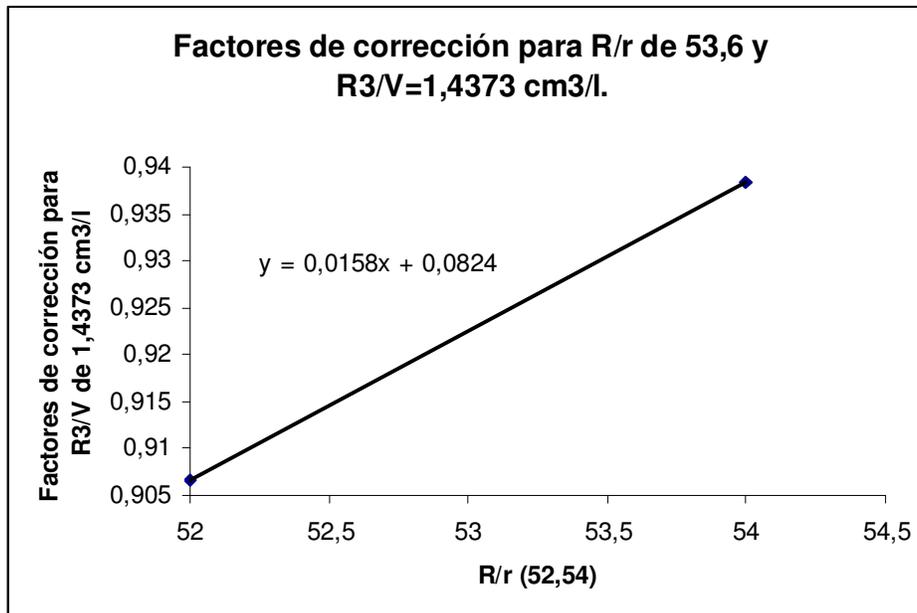
$R^3/V$ ( $\text{cm}^3/\text{L}$ )	R/r (53,6)
1,4403	0,9319

Gráfica 9. Factores de corrección para R/r de 53,6 y  $R^3/V=1.4368 \text{ cm}^3/\text{L}$ .



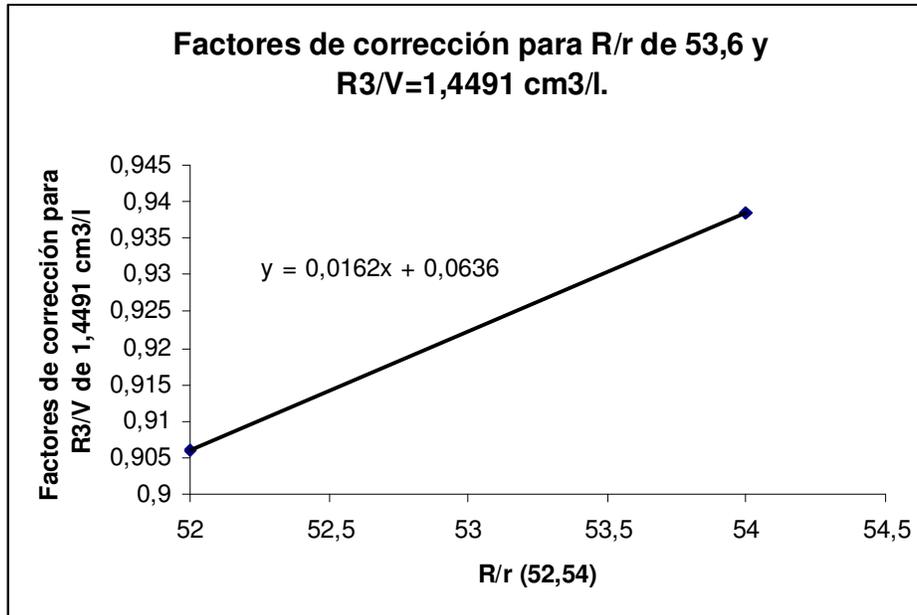
$R^3/V$ ( $\text{cm}^3/\text{L}$ )	R/r (53,6)
1,4368	0,9293

Gráfica 10. Factores de corrección para R/r de 53,6 y  $R^3/V=1.4373 \text{ cm}^3/\text{L}$ .



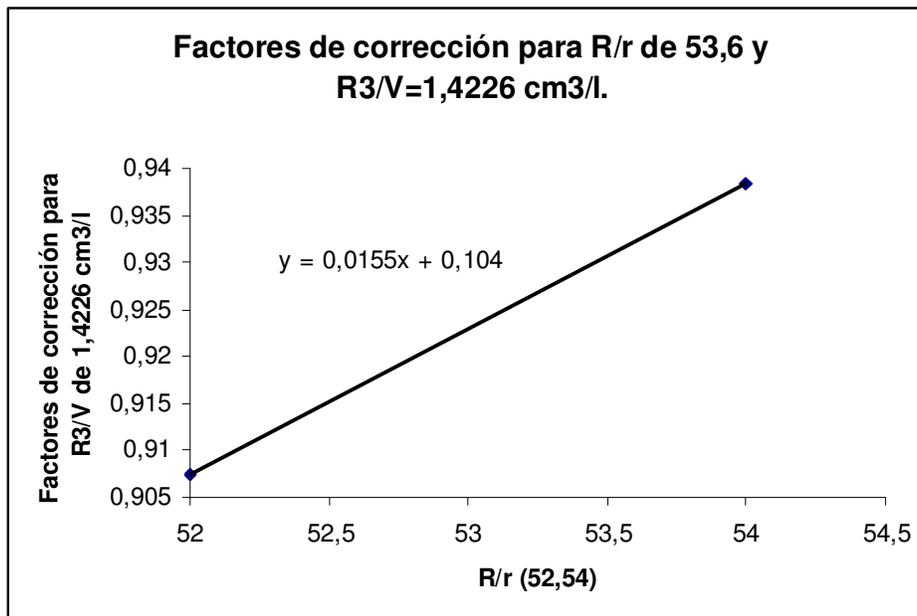
$R^3/V$ ( $\text{cm}^3/\text{L}$ )	R/r (53,6)
1,4373	0,9293

Gráfica 11. Factores de corrección para R/r de 53.6 y  $R^3/V=1.4491 \text{ cm}^3/\text{L}$ .



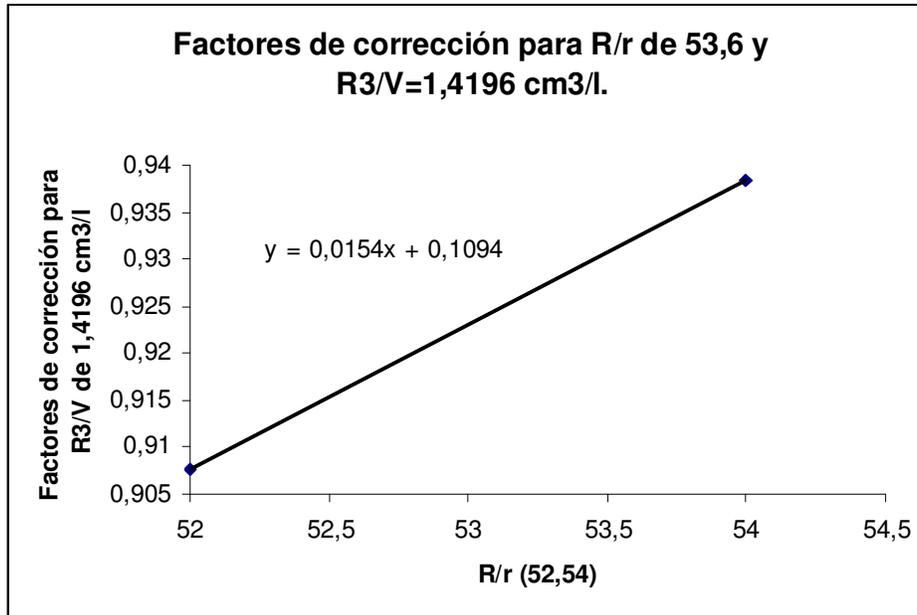
$R^3/V$ ( $\text{cm}^3/\text{L}$ )	R/r (53,6)
1,4491	0,9319

Gráfica 12. Factores de corrección para R/r de 53.6 y  $R^3/V=1.4226 \text{ cm}^3/\text{L}$ .



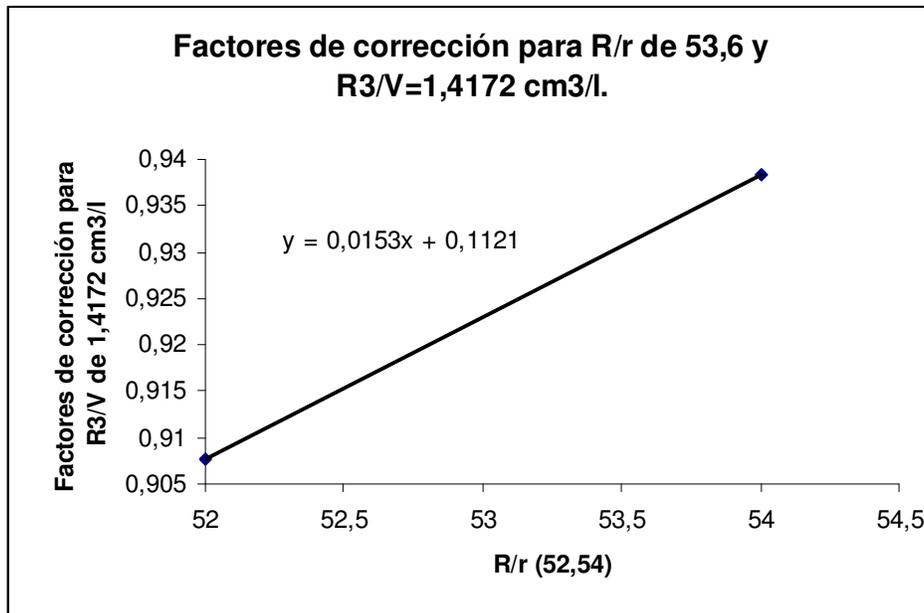
$R^3/V$ ( $\text{cm}^3/\text{L}$ )	R/r (53,6)
1,4226	0,9348

Gráfica 13. Factores de corrección para R/r de 53,6 y  $R^3/V=1.4196 \text{ cm}^3/L$ .



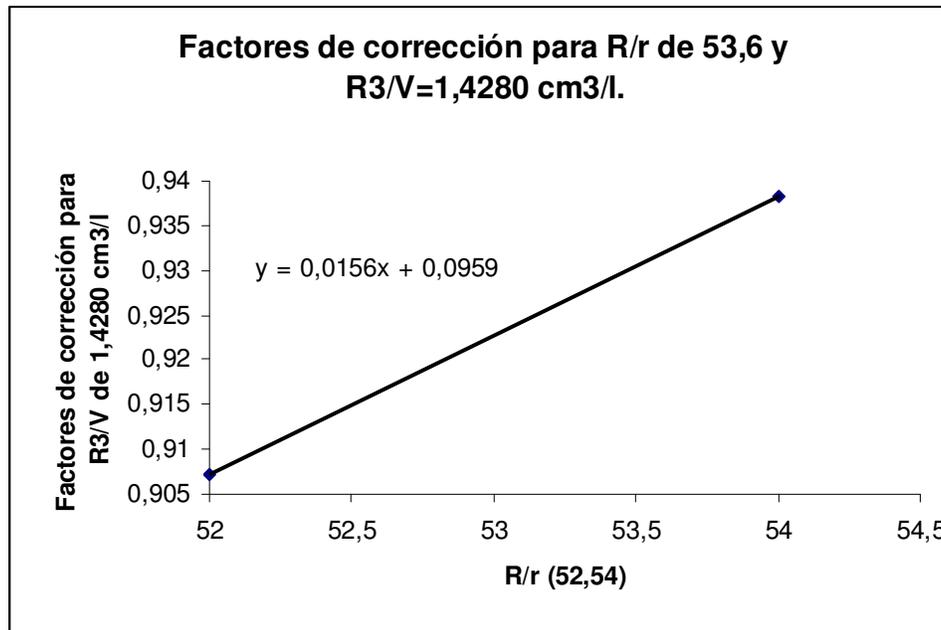
$R^3/V$ ( $\text{cm}^3/L$ )	R/r (53,6)
1,4196	0,9348

Gráfica 14. Factores de corrección para R/r de 53,6 y  $R^3/V=1.4172 \text{ cm}^3/L$ .



$R^3/V$ ( $\text{cm}^3/L$ )	R/r (53,6)
1,4172	0,9322

**Gráfica 15. Factores de corrección para R/r de 53.6 y R<sup>3</sup>/V=1.4280 cm<sup>3</sup>/L.**



R <sup>3</sup> /V (cm <sup>3</sup> /L)	R/r (53,6)
1,4280	0,9321

De esta manera se determinan los factores de corrección que se utilizaron en la fórmula de tensión superficial.

**Tabla 7. Datos necesarios para la determinación de los factores de corrección.**

Solución	Concentración de mucílago (%)	Promedio	Densidad (g/l)	Volumen (l)	R <sup>3</sup>	R <sup>3</sup> /V	R/r	Factor de corrección
1	30	0,7606	0,9986	0,7617	0,8674	1,1389	53,6	0,9321
2	40	0,6910	0,9989	0,6918	0,8674	1,2539	53,6	0,9322
3	50	0,6608	0,9985	0,6618	0,8674	1,3107	53,6	0,9320
4	55	0,6228	0,9986	0,6237	0,8674	1,3908	53,6	0,9348
5	60	0,6030	0,9991	0,6035	0,8674	1,4372	53,6	0,9348
6	65	0,6036	0,9993	0,6040	0,8674	1,4361	53,6	0,9319
7	70	0,6032	0,9995	0,6035	0,8674	1,4373	53,6	0,9293
8	75	0,5982	0,9998	0,5983	0,8674	1,4498	53,6	0,9293
9	80	0,6092	1,0012	0,6085	0,8674	1,4256	53,6	0,9319
10	85	0,6102	1,0026	0,6086	0,8674	1,4252	53,6	0,9323
11	90	0,6004	1,0082	0,5955	0,8674	1,4566	53,6	0,9330
12	95	0,6114	1,0160	0,6018	0,8674	1,4415	53,6	0,9334
13	100	0,6066	1,0209	0,5942	0,8674	1,4599	53,6	0,9370

### Apéndice 3.

Tabla 8. pH determinados por triplicado para cada una de las soluciones de mucílago en agua.

Solución	Concentración de mucílago (%)	pH	pH	pH	Promedio de pH	Desviación estándar
1	50	4,217	4,221	4,218	4,219	0,0021
2	55	4,228	4,226	4,221	4,225	0,0036
3	60	4,256	4,253	4,252	4,254	0,0021
4	65	4,251	4,249	4,250	4,250	0,0010
5	70	4,228	4,226	4,225	4,226	0,0015
6	75	4,227	4,222	4,223	4,224	0,0026
7	80	4,224	4,225	4,226	4,225	0,0010
8	85	4,206	4,209	4,207	4,207	0,0015
9	90	4,205	4,207	4,211	4,208	0,0031
10	95	4,209	4,211	4,214	4,211	0,0025
11	100	4,200	4,206	4,203	4,203	0,0030

### Apéndice 4.

Tabla 9. pH determinados por triplicado para cada una de las soluciones de mucílago en agua una vez agregado el bicarbonato de sodio.

Solución	Concentración de mucílago (%)	pH	pH	pH	Promedio de pH	Desviación estándar
1	50	6,015	6,018	6,017	6,017	0,0015
2	55	6,017	6,014	6,016	6,016	0,0015
3	60	6,023	6,021	6,020	6,021	0,0015
4	65	6,018	6,016	6,019	6,018	0,0015
5	70	6,011	6,012	6,014	6,012	0,0015
6	75	6,026	6,025	6,023	6,025	0,0015
7	80	6,016	6,013	6,014	6,014	0,0015
8	85	6,023	6,026	6,024	6,024	0,0015
9	90	6,018	6,020	6,021	6,020	0,0015
10	95	6,015	6,012	6,013	6,013	0,0015
11	100	6,013	6,015	6,014	6,014	0,0010

## Apéndice 5.

Tabla 10. Viscosidad determinada por triplicado para cada una de las muestras de mucílago en agua.

Solución	Concentración de mucílago (%)	Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s)	Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s)	Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s)	Promedio	Desviación estándar
1	50%	1,1851	1,1770	1,1849	1,1823	0,0046
2	55%	1,2745	1,2748	1,2746	1,2746	0,0002
3	60%	1,3057	1,3063	1,306	1,3060	0,0003
4	65%	1,3367	1,3355	1,336	1,3361	0,0006
5	70%	1,3515	1,3510	1,3513	1,3513	0,0003
6	75%	1,3627	1,3576	1,3615	1,3606	0,0027
7	80%	1,3803	1,3895	1,3821	1,3840	0,0049
8	85%	1,4053	1,4052	1,4062	1,4056	0,0006
9	90%	1,4336	1,4323	1,4332	1,4330	0,0007
10	95%	1,4651	1,4661	1,4659	1,4657	0,0005
11	100%	1,4905	1,5003	1,4932	1,4947	0,0051

## Apéndice 6.

Tabla 11. Densidad determinada por triplicado para cada una de las soluciones de mucílago en agua.

Solución	Concentración de mucílago (%)	Densidad (g/l)	Densidad (g/l)	Densidad (g/l)	Promedio de densidad (g/l)	Desviación estándar
1	30%	1,0211	1,0210	1,0209	1,0210	1,0000E-04
2	40%	1,0161	1,0163	1,0160	1,0161	1,5275E-04
3	50%	1,0081	1,0083	1,0082	1,0082	1,0000E-04
4	55%	1,0028	1,0022	1,0026	1,0025	3,0551E-04
5	60%	1,0011	1,0013	1,0012	1,0012	1,0000E-04
6	65%	0,9999	1,0002	0,9998	1,0000	2,0817E-04
7	70%	0,9996	0,9995	0,9995	0,9995	5,7735E-05
8	75%	0,9993	0,9992	0,9993	0,9993	5,7735E-05
9	80%	0,9992	0,9990	0,9991	0,9991	1,0000E-04
10	85%	0,9986	0,9987	0,9986	0,9986	5,7735E-05
11	90%	0,9985	0,9984	0,9985	0,9985	5,7735E-05
12	95%	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	5,7735E-05
13	100%	0,9985	0,9985	0,9986	0,9985	5,7735E-05

## Apéndice 7.

**Tabla 25. Mediciones de masa realizadas por quintuplicado y datos necesarios para determinar la tensión superficial de las distintas soluciones de mucilago.**

Solución	Concentración de mucilago (%)	Masa 1	Masa 2	Masa 3	Masa 4	Masa 5	Promedio	Densidad (g/l)	Volumen (l)	R <sup>3</sup>	R <sup>3</sup> /V	R/r	Factor de corrección	Tensión superficial (dinas/cm)	Desviación estándar
1	30	0,763	0,761	0,760	0,760	0,759	0,761	1,0209	0,7450	0,8674	1,1643	53,6	0,9370	56,7763	0,0015
2	40	0,690	0,685	0,693	0,694	0,693	0,691	1,0160	0,6801	0,8674	1,2754	53,6	0,9334	50,4777	0,0037
3	50	0,662	0,659	0,663	0,666	0,664	0,661	1,0082	0,6554	0,8674	1,3236	53,6	0,9330	48,2509	0,0033
4	55	0,625	0,618	0,624	0,622	0,625	0,623	1,0026	0,6212	0,8674	1,3984	53,6	0,9323	45,4420	0,0029
5	60	0,598	0,604	0,615	0,598	0,600	0,603	1,0012	0,6023	0,8674	1,4403	53,6	0,9319	43,9785	0,0071
6	65	0,602	0,608	0,600	0,606	0,602	0,604	0,9998	0,6037	0,8674	1,4368	53,6	0,9293	43,8994	0,0033
7	70	0,608	0,596	0,598	0,612	0,602	0,603	0,9995	0,6035	0,8674	1,4373	53,6	0,9293	43,8703	0,0067
8	75	0,585	0,611	0,592	0,608	0,595	0,598	0,9993	0,5986	0,8674	1,4491	53,6	0,9319	43,6284	0,0110
9	80	0,611	0,609	0,606	0,609	0,611	0,609	0,9991	0,6097	0,8674	1,4226	53,6	0,9348	44,5689	0,0020
10	85	0,612	0,610	0,609	0,611	0,609	0,610	0,9986	0,6111	0,8674	1,4196	53,6	0,9348	44,6421	0,0013
11	90	0,598	0,602	0,605	0,597	0,600	0,600	0,9985	0,6013	0,8674	1,4426	53,6	0,9320	43,7935	0,0032
12	95	0,612	0,610	0,609	0,612	0,614	0,611	0,9989	0,6121	0,8674	1,4172	53,6	0,9322	44,6056	0,0019
13	100	0,603	0,607	0,611	0,609	0,603	0,607	0,9986	0,6075	0,8674	1,4280	53,6	0,9321	44,2505	0,0036

Con las mediciones realizadas y los datos dados por el equipo así como con el volumen determinado a partir de la densidad de las muestras, podemos determinar la tensión superficial utilizando la fórmula:

$$\gamma = \frac{Mg}{4\pi R} f$$

**ecuación 7**

Dónde  $\gamma$  es la tensión superficial en dinas/cm, M la masa máxima registrada en gramos para cada solución, g la aceleración de la gravedad (937.94 cm/s<sup>2</sup>), R el radio del anillo en cm, y f el factor de corrección dependiente de la densidad.

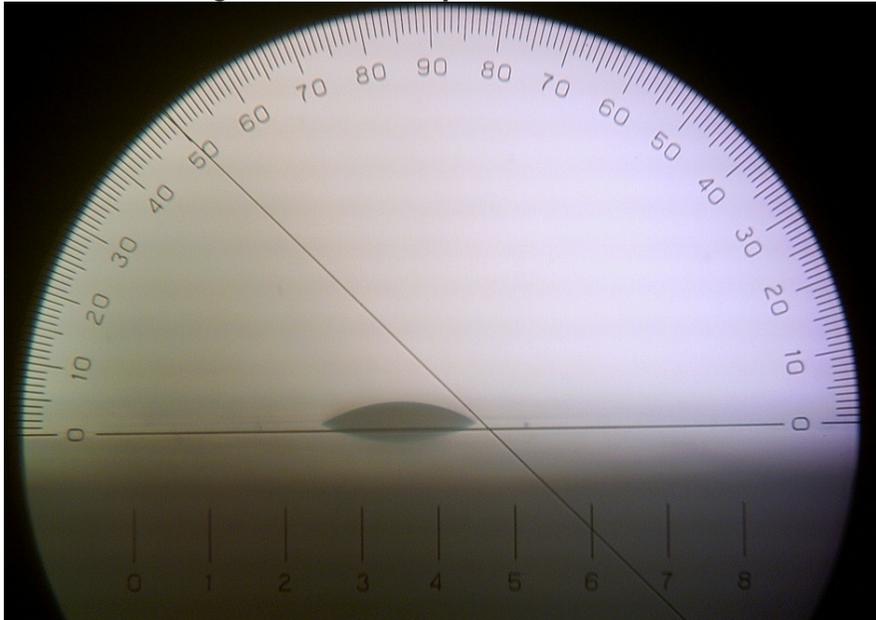
### Apéndice 8.

**Tabla 26. Ángulos de contacto medidos para las diferentes soluciones de mucílago en agua sobre una superficie de metil metacrilato.**

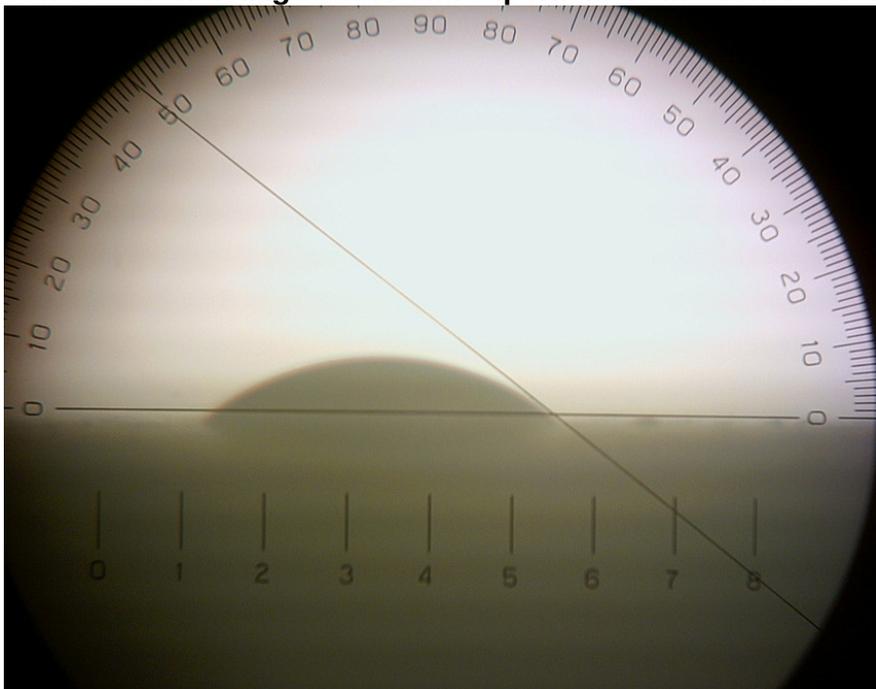
Solución	Concentración de mucílago (%)	Ángulo de contacto (°)	Ángulo de contacto (°)	Ángulo de contacto (°)	Promedio	Desviación estándar
1	50	48	50	49	49	1,0000
2	55	60	61	60	60	0,5774
3	60	60	62	60	61	1,1547
4	65	61	62	60	61	1,0000
5	70	60	62	61	61	1,0000
6	75	60	62	60	61	1,1547
7	80	61	62	61	61	0,5774
8	85	63	64	63	63	0,5774
9	90	65	65	64	65	0,5774
10	95	67	67	66	67	0,5774
11	100	68	67	68	68	0,5774

Las fotografías muestran el ángulo de contacto que se observó con el indicador del equipo (línea recta que cruza la escala del transportador), no se observa pegada a la gota por el tiempo que tardamos en tomar la foto ya que la gota se pudo expandir un poco más sobre la superficie de metacrilato de metilo.

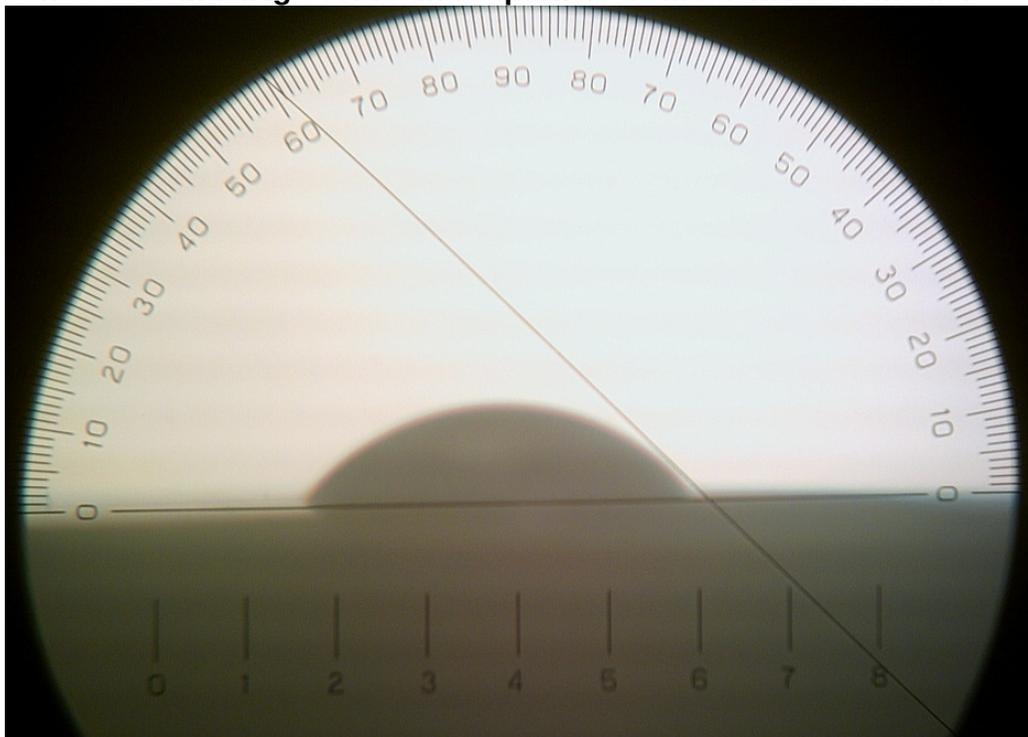
**Figura 1. Fotografía del ángulo de contacto de  $50^\circ$  que presenta la solución con 50% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo.**



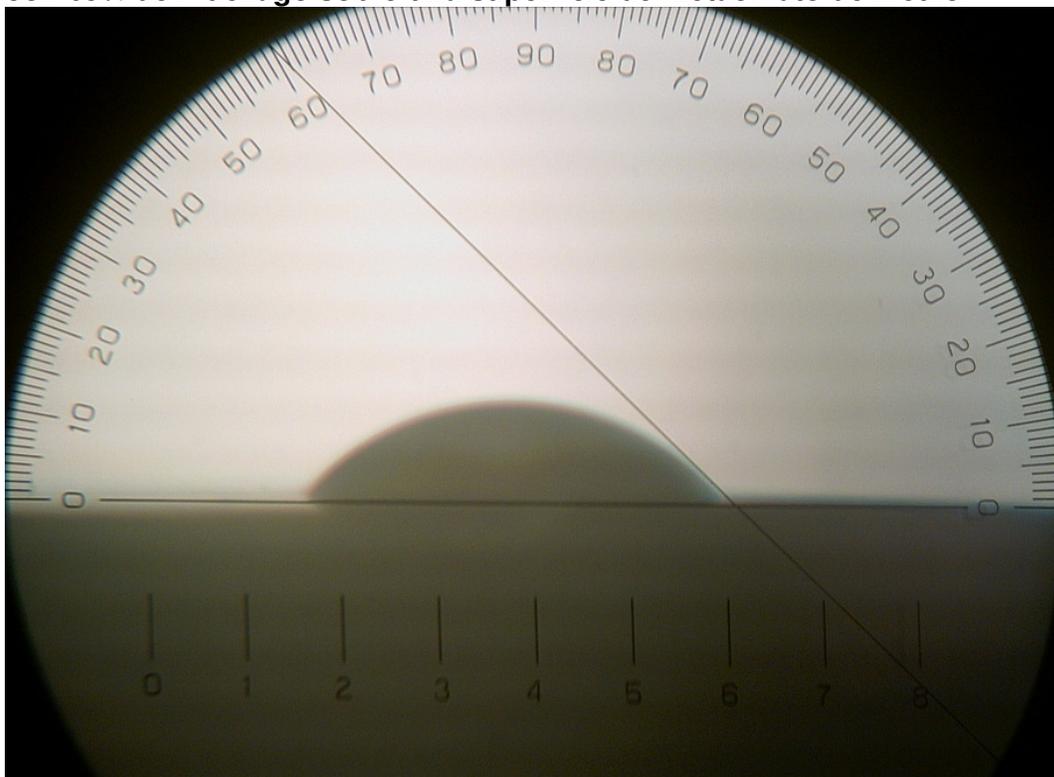
**Figura 10. Fotografía del ángulo de contacto de  $48^\circ$  que presenta la solución con 50% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo.**



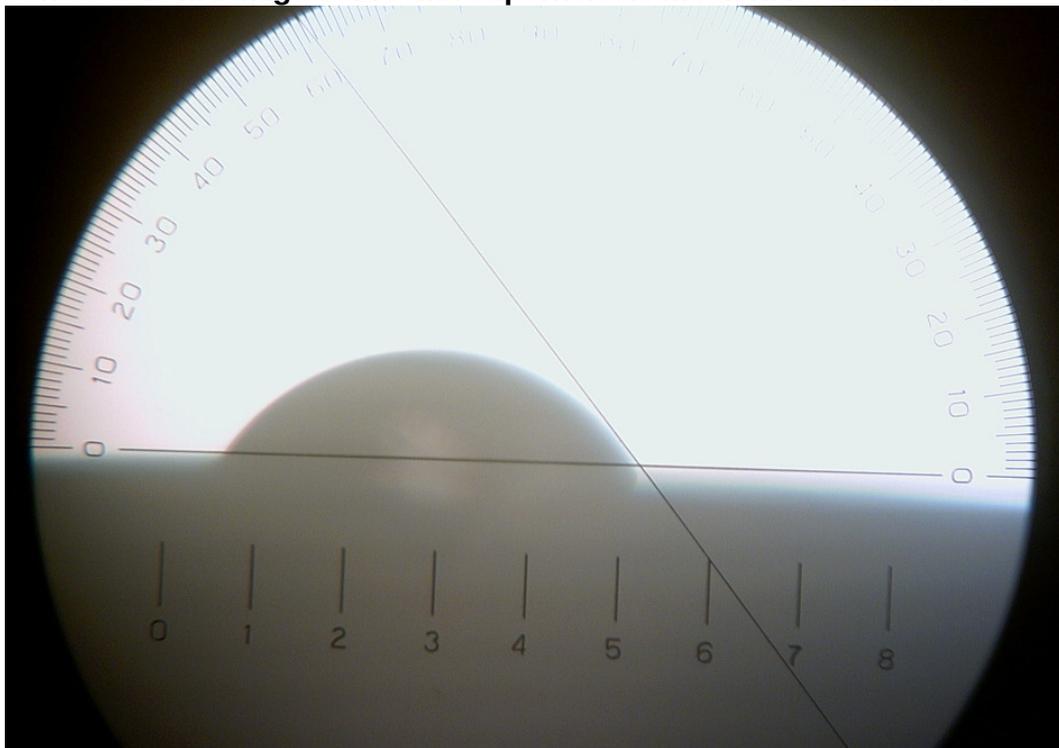
**Figura 11. Fotografía del ángulo de contacto de 60° que presenta la solución con 55% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo.**



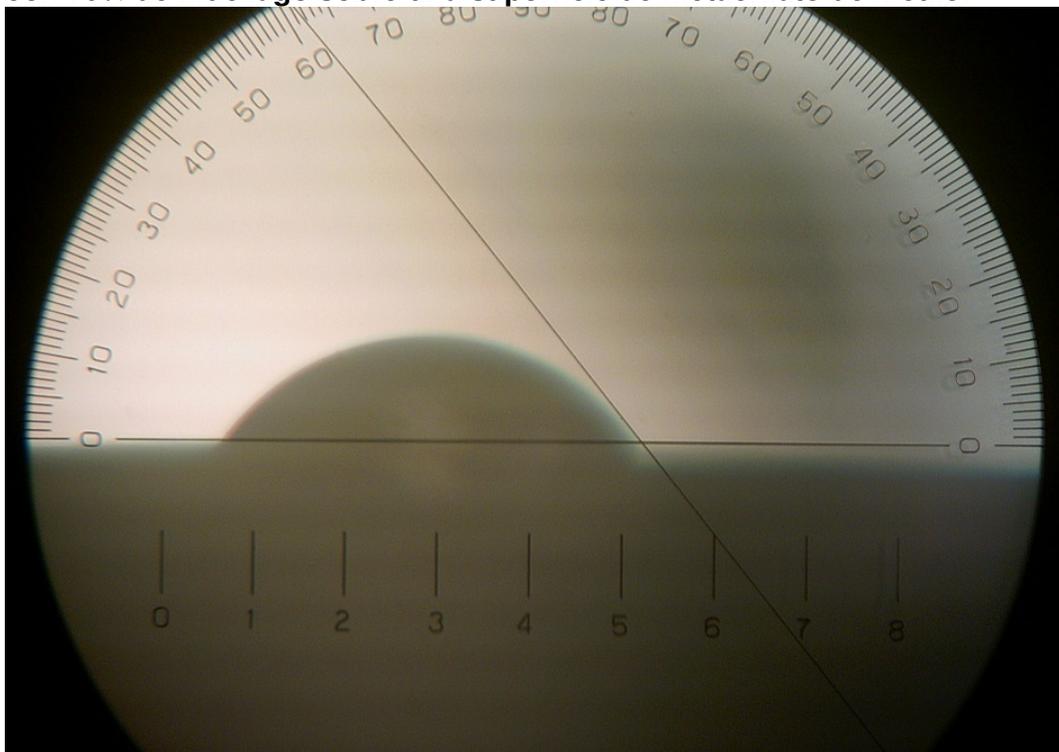
**Figura 12. Fotografía del ángulo de contacto de 60° que presenta la solución con 65% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo.**



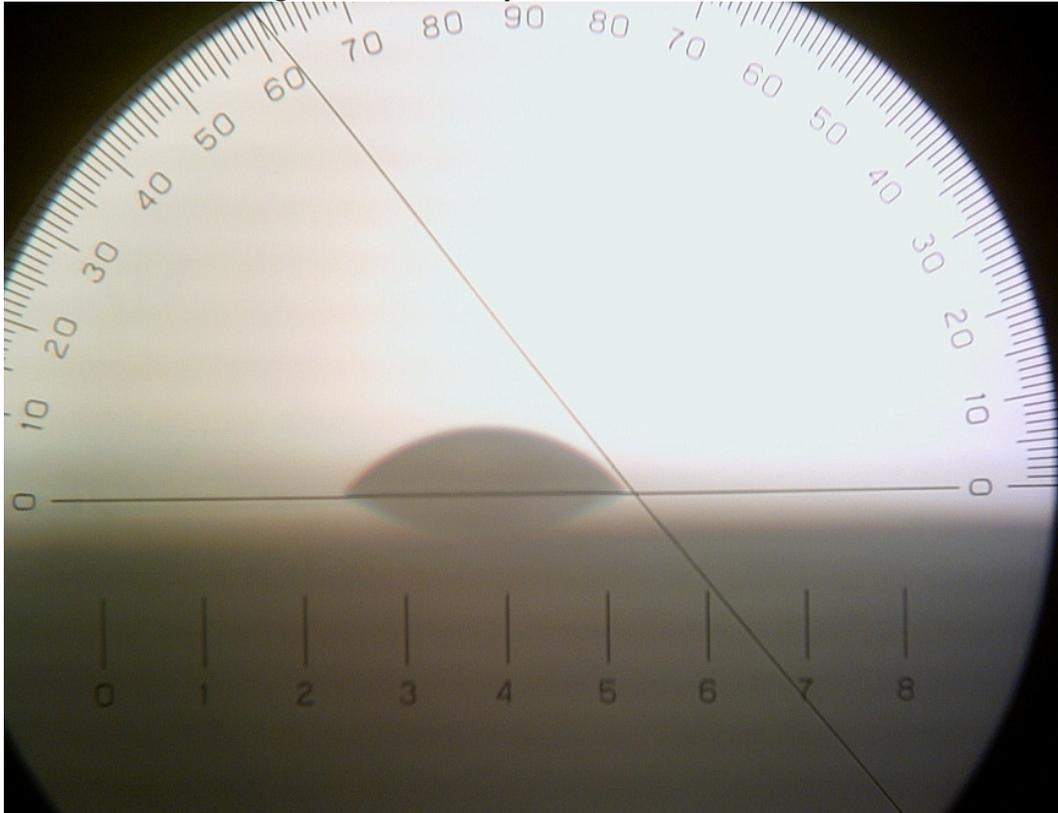
**Figura13. Fotografía del ángulo de contacto de 61° que presenta la solución con 65% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo.**



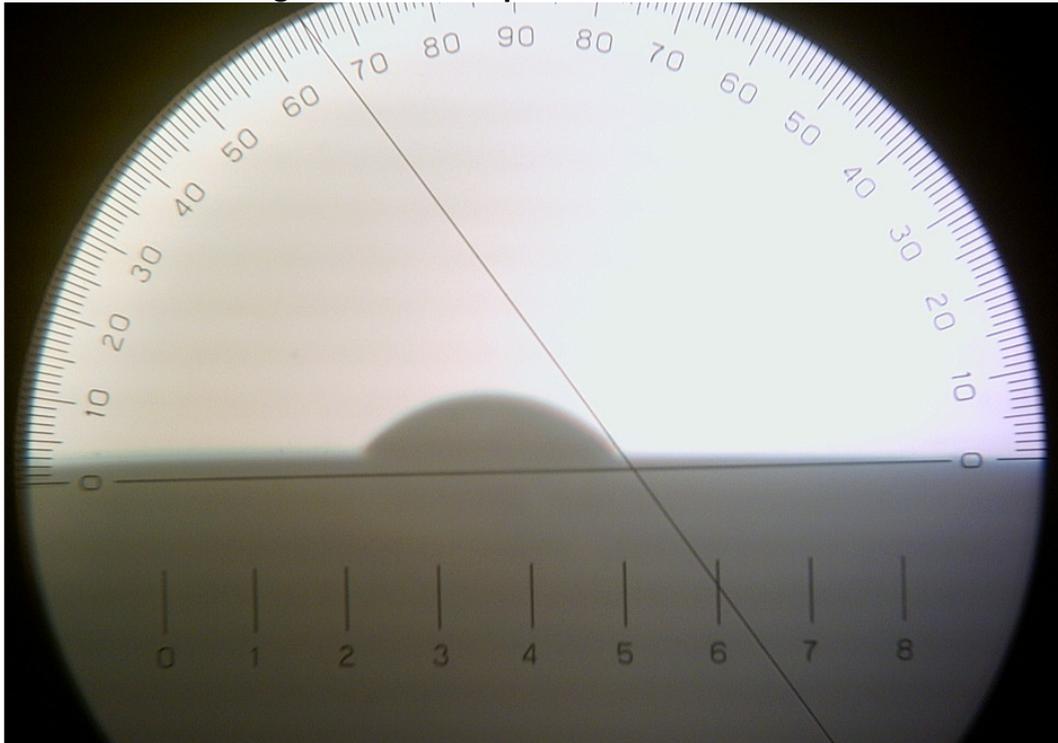
**Figura 14. Fotografía del ángulo de contacto de 61° que presenta la solución con 70% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo.**



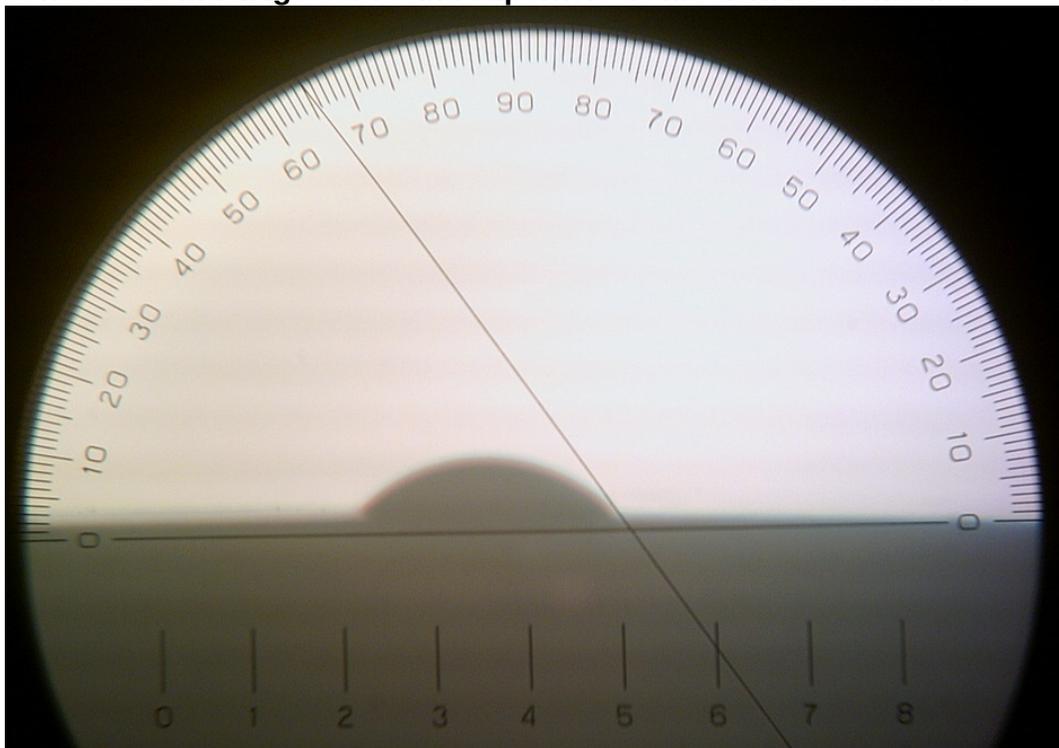
**Figura15. Fotografía del ángulo de contacto de  $61^\circ$  que presenta la solución con 80% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo.**



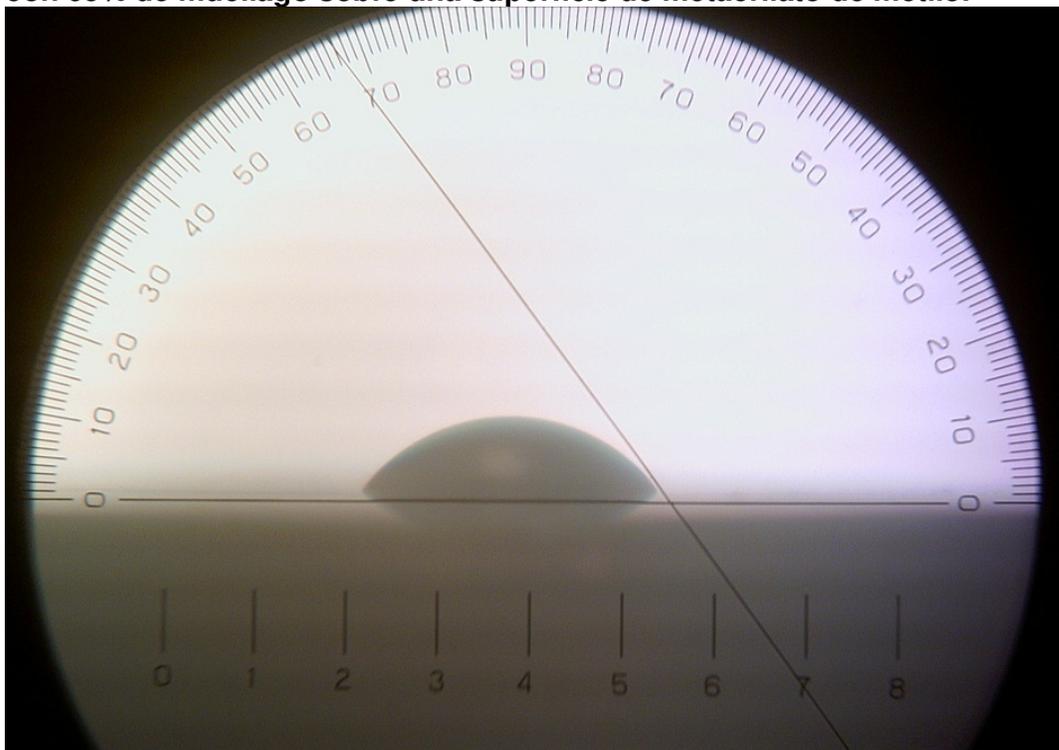
**Figura 26. Fotografía del ángulo de contacto de  $65^\circ$  que presenta la solución con 90% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo.**



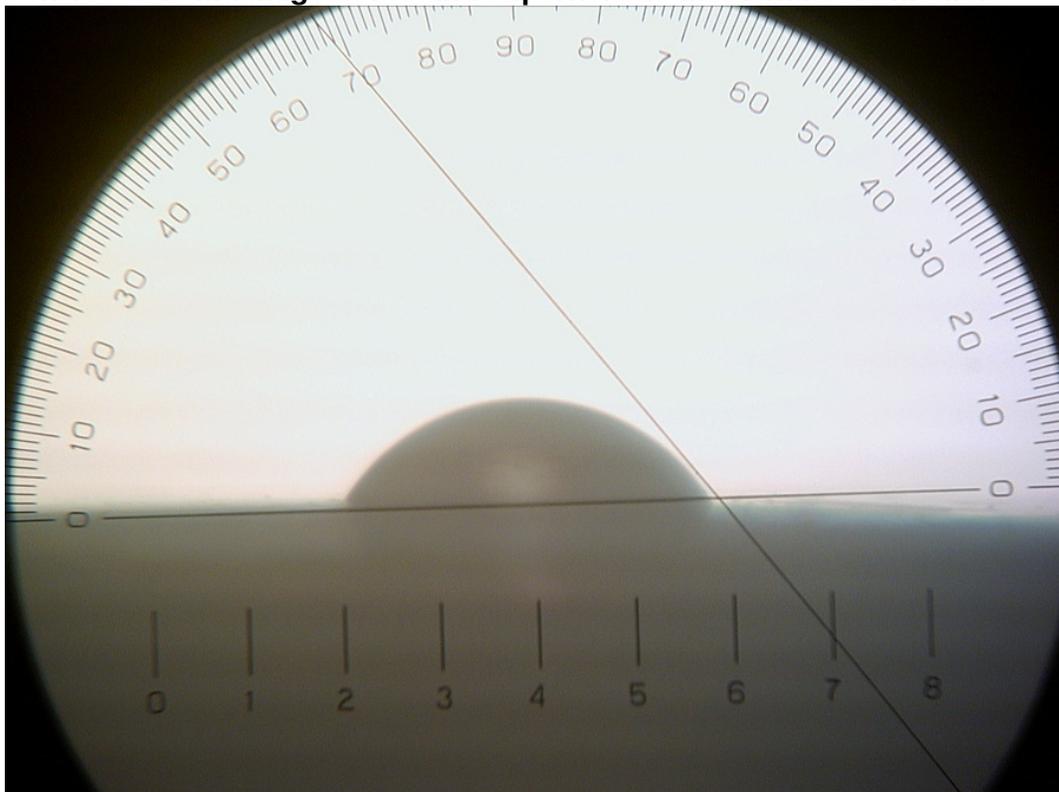
**Figura 37. Fotografía del ángulo de contacto de  $65^\circ$  que presenta la solución con 90% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo.**



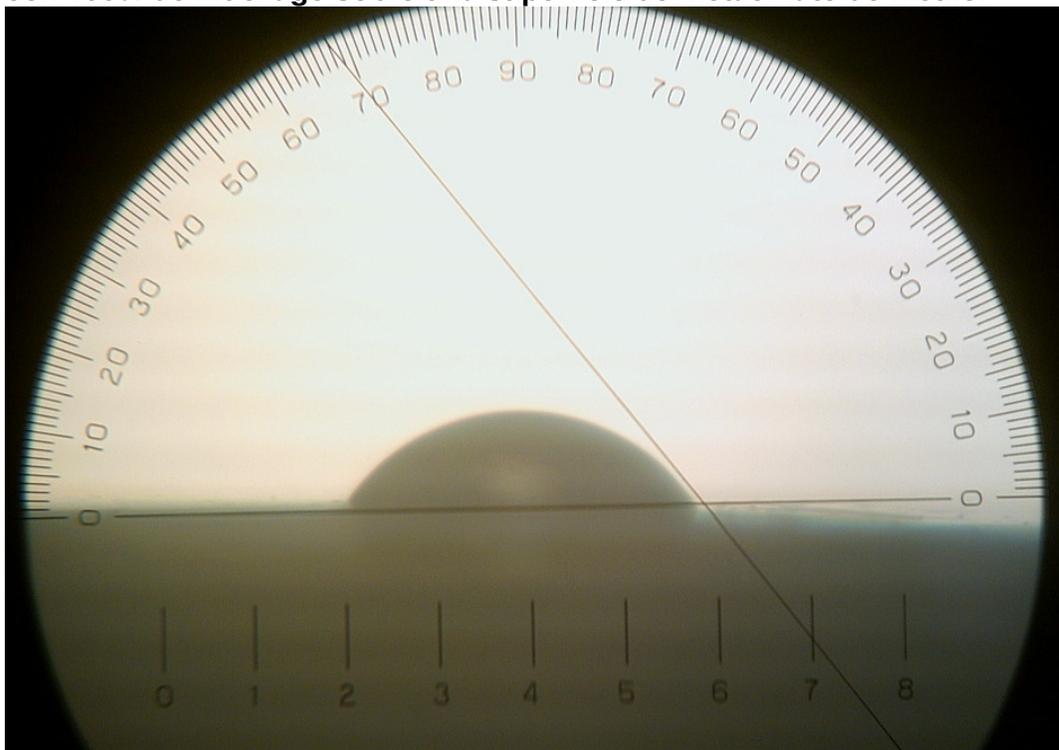
**Figura 48. Fotografía del ángulo de contacto de  $67^\circ$  que presenta la solución con 95% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo.**



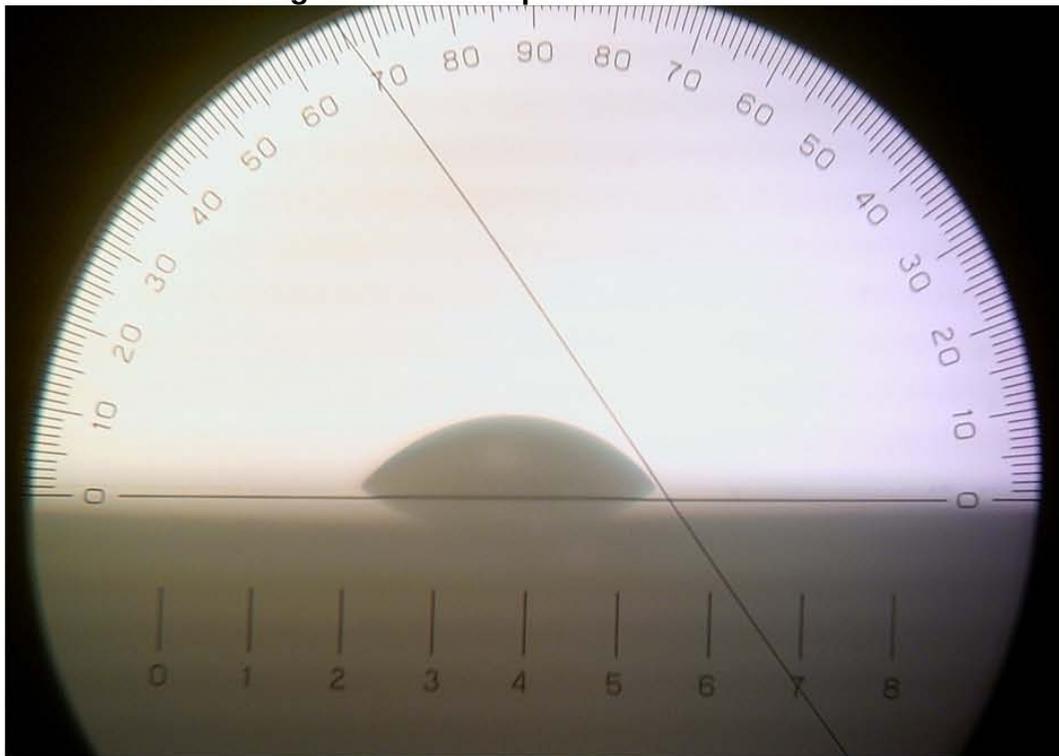
**Figura 19. Fotografía del ángulo de contacto de 68° que presenta la solución con 100% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo.**



**Figura 20. Fotografía del ángulo de contacto de 68° que presenta la solución con 100% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo.**



**Figura 21. Fotografía del ángulo de contacto de 67° que presenta la solución con 100% de mucílago sobre una superficie de metacrilato de metilo.**



## XII Bibliografías

- <sup>1</sup> Yalom M., A History of the Breast, Harper Collins Publishers, London, 1997. pp.36-45.
- <sup>2</sup> Gros D., Les seins aux fleurs rouges, Stock, Paris, 1993. pp.96-104.
- <sup>3</sup> Gruhn J.G., Breast Cancer. The evolution of concepts, Field & Wood, Medical Periodicals, Pensilvania, 1994. pp.62,75-96.
- <sup>4</sup> Tratamientos contra cáncer de cabeza y cuello, Radiological Society of North America, Inc, 2009.
- <sup>5</sup> Tirado-Gómez y Granados, Cancerología, 2 (2007) 9-17.
- <sup>6</sup> Waterman HA, Blom C, Holterman HJ, Gravenmade EJ, Mellema J., Rheological properties of human saliva., Archives Oral Biology, 33 (1988) 589-596.
- <sup>7</sup> [La Jornada](#), 2008/01/09. Sección finanzas.
- <sup>8</sup> Clasificación Internacional Normalizada de la Educación. ISBN 92-9189-037-5. UNESCO 1997.
- <sup>9</sup> Clasificación Internacional Normalizada de la Educación. ISBN 92-9189-037-5. UNESCO 2006.
- <sup>10</sup> CIA World Factbook 2008.
- <sup>11</sup> Argiris A et al., Cancer 2004, vol 101, 2222-2229.
- <sup>12</sup> American cancer society, Surveillance research, 2003.
- <sup>13</sup> Davis WE, Zitsch RP. Statistics of head and neck cancer, WB Saunders Company, 2nd ed. Philadelphia, 1999, pp. 283-295.
- <sup>14</sup> Cáncer de cabeza y cuello, Radiology info, Vol 12, No 05, (2009) 1-4.
- <sup>15</sup> Tirado Gómez y Granados Martin, Cancerología 2 (2007) 9-17.
- <sup>16</sup> International Agency for Research on Cancer World Health Organization, 2000.
- <sup>17</sup> Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., Vol. 74, No. 4, (2009) 1047–1053.
- <sup>18</sup> Archives of oral biology, 54 (2009) 730-736.
- <sup>19</sup> Sreebny LM, Schwartz SS., A referente guide to drugs and dry mouth. Gerontology 2nd edition, 1997, pp 33-47.
- \* Chimenos E, Marques MS, Boca ardiente y saliva, Medicina Oral 7 (2002) 244-253.

\* Guijarro GB, López SA, Hernández Vallejo G., Treatment of xerostomia: a review, *Medicina Oral* (2001) 7-18.

\* Tenorio Rocha F. Aldape Barrios B.C., Infusion of *Opuntia streptocantha* (nopal) as substitute of saliva on patients with xerostomia associated to cancer treatment (Preliminary study). UNAM, Podium Sessions, pp. 66.

\* Grisius MM., Salivary gland dysfunction a review of systematic theraphie. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 92 (2001) 156-162.

\* Katz Simon, McDonal James, *Odontología preventiva en acción*, Tercera edición, Editorial Panamericana, México 1991, pp. 171-194.

\* Kirkness JP, Eastwood PR, Szollosi I, Platt PR, Wheatley JR, Amis TC & Hillman DR., Effect of surface tension of mucosal lining liquid on upper airway mechanics in anesthetized humans, *J Appl Physiol* 95, pp.357–363.

\* Salgado J., *Composición y funciones bioquímicas de la saliva*, Tema 21, UVEG, 2005-2006.

\* Rzedowski, J. Huerta, M. Laura, *Vegetación de México*, Ed. Limusa, México, 1976, pp. 234, 252-253.

\* El nopal, una planta eminentemente mexicana, Enriqueta Ochoa Gasca, *Ensayos y estudios*, vol 17, UNAM, México 1994.

\* *Rev Soc Quim Perú*, Vol 73, No 1 (2007) 41-45.

\* Granados Sánchez Diodoro, Castañeda Pérez Ana Dunis, *El nopal*, 3ª edición, Ed. Trillas, México 1991, pp. 81-101, 155-157, 171-174.

\* Robert Manuel y Col., *Biología tercer curso*, 4ª edición, Publicaciones cultural, México 1989, pp. 67-70.

\* [González Ana Maria](#), [Mercedes Arbo María](#), *Morfología de Plantas Vasculares, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste*, Corrientes, Argentina, 2001-2008.

\* Medina Torres L., Brito-De La Fuente E., Torrestiana Sánchez B., Kathain R., Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia Ficus indica*), *Food Hydrocolloids* 14 (2000) 417-424.

\* Arizmendi Coter Daniel, Dr. Domínguez López Aurelio, "Optimización de dos compuestos plastificantes (glicerol y polietilenglicol) en la elaboración de una

película plástica comestible obtenida a partir del mucílago de nopal de la especie *Opuntia tomentosa* Salm-Dyck" UAEM 2008.

\* McGarvie D., Parolis H., Carbohydrate Research, 88 (1981) 305-314.

\* Códice Badiano, edición digital del INAH, 2004.

\* Fernández Beatriz y Col., Y la comida se hizo, vol 1, 2ª reimpresión, México 1989, pp. 22, 27, 52-56.

\* Groves, E. & C.W. Donnelly. 2005. Comparison of 3M™ Petrifilm™ Environmental Listeria Plate vs. Standard Methods in Detecting Listeria from Environmental Surfaces. Department of Nutrition & Food Sciences. University of Vermont. Canadá.

\* 3M Innovación. 2006, julio. Placas Petrifilm, publicadas en Norma Mexicana como método rápido para la Industria Láctea. 3M Microbiología. México.

\* Cohen Bertram, Fundamentos científicos de odontología, Salvat Editores, S.A., Barcelona 1981, pp. 631-644.

\* Castellan Gilbert W, Fisicoquímica, Segunda edición en español, Addison-Wesley Iberoamericana, México, 1987. pp. 95, 433-439, 792-801, 933.

\* Laguna Cedillo A. N., Martínez Guerra D., Varela Martínez F., Villa Cano T., Zepeda Zepeda A., La saliva como método de diagnóstico para determinar la incidencia de caries en alumnos de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, FES Iztacala, 1999.

\* Harkins William D., Jordan Hubert F., A Method for the determination of surface and interfacial tension from the maximum pull on a ring, 52 (1930) 1751-1770.

\* Norma oficial mexicana NOM-093-SSA1-1994. Bienes y servicios, prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos.

\* Kirkness JP, Madronio M, Stavrinou R, Wheatley JR & Amis TC . Surface tension of upper airway mucosal living liquid in obstructive sleep apnea/hypopnea syndrome. *Sleep* 28, pp. 457–463.