

**Adecuación de un gel y selección de electrodos para ser usados en un
graficador de líneas equipotenciales**

**Josefina Elizalde Torres, Mario González Cardel, Eduardo José Vega
Murguía, Ignacio Castillo González y Maricela Rodríguez Nava.**

30/noviembre/2012

INFORME TECNICO

Proyecto financiado por CCADET

Resumen

En el CCADET se desarrolló un equipo para la enseñanza de líneas equipotenciales que usa un gel como sustrato graficador, el cual requiere aproximadamente dos horas para su preparación, así que es conveniente reducirlo para uso escolar. Los objetivos de este trabajo son: reducir el tiempo de gelificación, evaluar su funcionalidad didáctica, así como poder identificar el material de los electrodos adecuado para un equipo didáctico. En este trabajo se presentan las pruebas con geles a base de carragenina y grenetina variando su concentración, empleando electrodos puntuales de acero inoxidable, aluminio, cobre, hierro y latón. También se presentan las pruebas de verificación de los experimentos de identificación de líneas equipotenciales, empleando electrodos de acero inoxidable y aluminio con geometría lineal y circular. Los resultados obtenidos son: reducción del tiempo de gelificación a un máximo de 15 minutos, las líneas equipotenciales obtenidas son similares a las predichas por la teoría utilizando electrodos de acero inoxidable con las tres geometrías probadas.

Indice.

Introducción	5
Capitulo 1. Campo eléctrico	7
1.1 Líneas de campo eléctrico	7
1.2 Líneas equipotenciales	8
Capitulo 2. Electrodo	11
2.1 Características de los electrodos	11
2.2 Material de electrodos	11
2.3 Geometrías de los electrodos	13
Capitulo 3. Sustratos	15
3.1 Definición de gelatina	15
3.2 Grenetina	15
3.3 Carragenina	16
3.4 Carragenina con sal	18
3.5 Grenetina con sal	19
Capitulo 4. Pruebas experimentales	21
4.1 Equipo y reactivos	21
4.2 Pruebas de tiempo de gelificación	22
4.3 Definición de Pruebas de Voltaje	23
4.4 Pruebas con grenetina	24
4.5 Pruebas con carragenina	28

4.6 Pruebas con electrodos de diferentes materiales	32
4.7 Pruebas con electrodos de diferentes geometrías	33
4.7.1 Configuración geométrica de Dipolo.	33
4.7.2 Configuración geométrica Placas paralelas.	35
4.6.3. Configuración geométrica de Anillos concéntricos.	36
 Capitulo 5. Análisis de resultados	 37
5.1 Análisis de tiempo de gelificación	37
5.2 Análisis de los voltajes en los sustratos	37
5.3 Análisis de los voltajes con electrodos de diferentes materiales	37
5.4 Análisis de los voltajes con electrodos de diferentes geometrías	38
 Conclusiones	 39
 Agradecimientos	 40
 Bibliografía	 41
 Anexos	 43

Introducción

El campo eléctrico y su descripción por líneas de fuerza y equipotenciales es un tema de la enseñanza del electromagnetismo en la materia de física tanto del bachillerato como en el nivel superior. Desde hace muchos años es una práctica común realizar actividades experimentales que lo aborden como las propuestas en el libro editado por Meiners (1970), McAlexander (1979) Wall y Levine (1962), así como el desarrollo de diversos equipos comerciales como el presentado por la empresa Passco (Passco 2004).

Para apoyar el abordaje experimental del campo eléctrico en el CCADET se han desarrollado diversos equipos como el Generador Vann de Graff y las dos versiones de graficador: El Graficador de Líneas Equipotenciales y El Graficador de Líneas Equipotenciales y Modelos de Campos Eléctricos y Magnéticos González y Nogueira (1997), González Vega, Nogueira y Albornoz (2002). En la primera versión se usa un papel conductor comercial e importado para identificar los patrones de líneas equipotenciales mientras que en la segunda se propone usar un gel a base de grenetina con sal para la misma función. En este caso, para su preparación se requiere de más de una hora para cuajar la gelatina, por lo que para su empleo en el laboratorio escolar requiere que se haga con anterioridad. Este problema nos motivó a buscar una reducción considerable del tiempo de preparación del gel que permitiera hacer los experimentos en el tiempo de una clase de laboratorio de 2 o 3 horas.

Durante el proceso de esta investigación nos percatamos de la conveniencia de probar su funcionalidad en las condiciones que podíamos prever como normales de uso, lo cual nos llevó a identificar diversos criterios de evaluación como son las pruebas de gradiente y simetría, así como la funcionalidad de los electrodos en función del material en que están contruidos.

De acuerdo a lo anterior, identificamos cuatro problemas que tratamos de resolver, estos son:

1. Reducir el tiempo de gelificación de un gel para ser preparado en el tiempo convencional de una clase de laboratorio del nivel medio superior y superior.
2. Definir los criterios que permitan identificar la funcionalidad del gel
3. Identificar el material del electrodo que nos permita operar de la manera adecuada y efectiva en un laboratorio escolar de los niveles medio y medio superior.
4. Pruebas de verificación de los experimentos que se realizan con el equipo didáctico.

En el presente informe se presentan las pruebas que se realizaron, los resultados obtenidos junto con los análisis hechos a ellos en la búsqueda de la solución de los problemas mencionados, que nos permiten lograr el objetivo de la investigación, el cual consiste en la determinación de un gel y del material en que se sugiere la fabricación de los electrodos adecuados para la realización de los experimentos propuestos para el equipo didáctico Graficador de de Líneas Equipotenciales y Modelos de Campos Eléctricos y Magnéticos.

Esta información se presenta en cinco capítulos. En el primero se exponen las bases teóricas que describen un campo eléctrico; en el segundo se define un electrodo, su importancia para el trabajo y las diferentes características que probamos; el tercer capítulo hace referencia a las características de los diversos sustratos de gel que probamos y su importancia para este estudio; en el capítulo cuatro se exponen los resultados de las diversas pruebas que se realizaron, partiendo de la descripción de su materiales y equipo, y los resultados de las pruebas según las variables que se identificaron como relevantes; el capítulo cinco presenta los análisis de las

pruebas realizadas, siguiendo el mismo orden del capítulo cuatro. Finalmente en las conclusiones se expone la relevancia de los resultados obtenidos, como son: la determinación de un gel y del material de los electrodos adecuados para realizar los experimentos con el graficador de líneas equipotenciales, y las sugerencias de posibles líneas de trabajo que podrían continuar al aquí presentado.

Capítulo 1. Campo eléctrico

1.1 Líneas de campo eléctrico

Resulta conveniente representar el campo eléctrico dibujando las líneas que indican la dirección del campo en cualquier punto. Faraday quien introdujo el uso de las líneas de campo, creía que estas eran reales y las dotó de propiedades elásticas. Aun cuando desde el punto de vista moderno las líneas de campo no son reales, ayudan a visualizar el campo eléctrico, que si es real.

El campo eléctrico en un punto del espacio puede definirse como la fuerza por unidad de carga que actuaría sobre una carga situada en dicho punto, ya que supone la medida de una fuerza, el campo eléctrico debe ser una cantidad vectorial, generalmente denotada por una letra **E**, y para una sola carga se calcula con la expresión, la cual varía inversamente con la distancia. Fig 1.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}, \quad (1)$$

Ahora para una distribución discreta de cargas tenemos:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_i \frac{q_i}{r^2} \hat{r}, \quad (2)$$

Y para una distribución continua de cargas eléctricas se tiene por:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r^2} \hat{r}. \quad (3)$$

Esta magnitud (campo eléctrico), se puede emplear para calcular la fuerza sobre una cierta carga q_0 colocada en un punto cualquiera, donde se conozca **E**, y usando la relación:

$$\vec{F} = q_0 \vec{E} \quad (4)$$

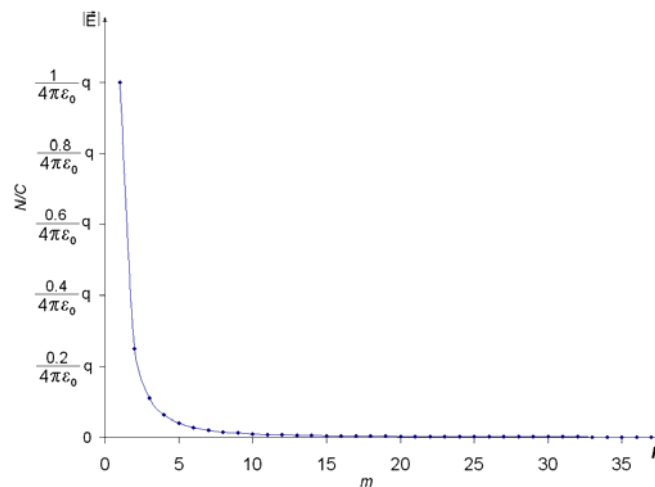


Figura 1. Variación del campo eléctrico de una carga puntual unitaria con la distancia.

1.2 Líneas equipotenciales

El potencial representa el trabajo por unidad de carga necesario para llevar la carga de prueba desde el infinito hasta un punto cercano a una carga fija. El potencial se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad (5)$$

De la que se puede despejar la distancia r , y manteniendo el potencial constante, obtenemos la siguiente ecuación:

$$r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{V} \quad (6)$$

Que corresponde a una familia de circunferencias, centradas en la carga y radio dado por la ecuación anterior. Fig. 2.

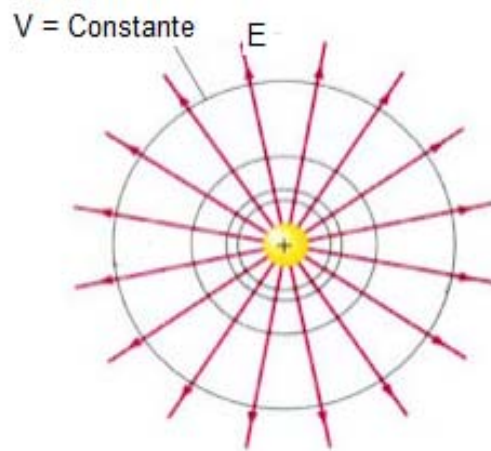


Figura 2. Familia de circunferencias que representan las líneas equipotenciales y de campo asociadas a una carga puntual.

En el caso del dipolo el potencial es debido a dos cargas, por lo que el potencial está dado por:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_1} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (7)$$

Por lo que la forma de las líneas equipotenciales está dada por:

$$\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)^{-1} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 V} \quad (8)$$

Donde r_1 y r_2 son las distancias entre el punto de prueba y la carga correspondiente. Suponiendo que las cargas se encuentran en los puntos $(-a, 0)$ y $(a, 0)$, estas distancias en coordenadas cartesianas quedan expresadas como sigue:

$$\left(\frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x+a)^2 + y^2}} \right)^{-1} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 V} \quad (9)$$

O bien, transformando a coordenadas polares se obtiene

$$\left(\frac{1}{\sqrt{(r \cos \theta - a)^2 + (r \sin \theta)^2}} - \frac{1}{\sqrt{(r \cos \theta + a)^2 + (r \sin \theta)^2}} \right)^{-1} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 V} \quad (10)$$

Reduciendo:

$$\left(\frac{1}{\sqrt{r^2 + a^2 - 2ar \cos \theta}} - \frac{1}{\sqrt{r^2 + a^2 + 2ar \cos \theta}} \right)^{-1} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 V} \quad (11)$$

Para determinar gráficamente las formas de las líneas equipotenciales debemos resolver numéricamente la ecuación anterior, y gráficamente se verán como lo muestra la figura 3.

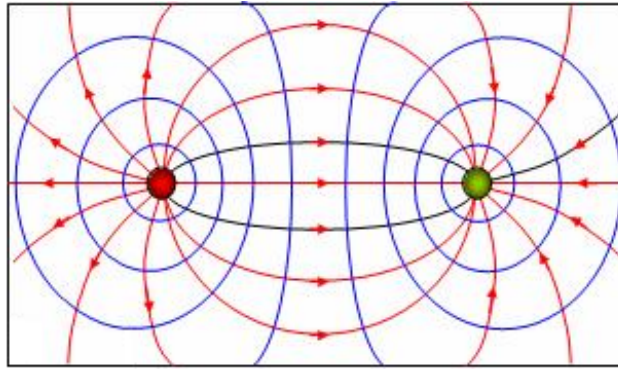


Figura 3. Familia de líneas equipotenciales y de campo asociadas a un dipolo.

De igual forma se puede probar que la forma de las líneas de campo dentro de un condensador de placas paralelas está dado por:

$$y = \frac{V\epsilon l}{q} \quad (12)$$

donde l es la longitud de la placa y ϵ la permitividad eléctrica del medio.

Para cada valor del potencial y y distancia entre una de las placas y el punto de prueba, es una constante, por lo que las líneas equipotenciales dentro de un condensador de placas paralelas son líneas rectas paralelas a las placas, tal como se muestra en la figura 4.

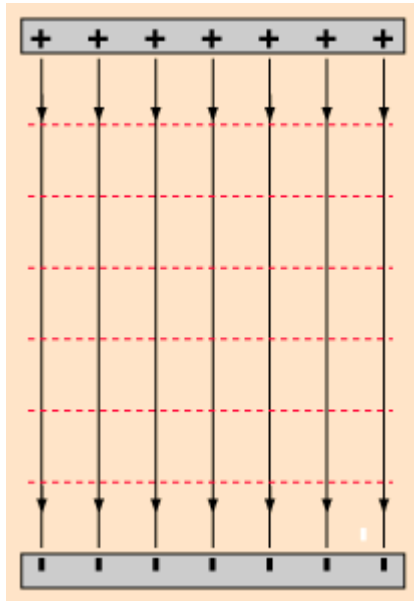


Figura 4. Familia de rectas que representan las líneas equipotenciales y de campo asociadas al interior de un capacitor de placas paralelas.

Capítulo 2 Electrodo

2.1. Características de los electrodos

En la literatura se define a un electrodo de la siguiente forma:

“Electrodo. *Electricidad*, Un conductor por el cual una corriente entra o deja un medio no metálico”, (Morris, 1992).

En nuestro contexto, los electrodos son las partes metálicas que se insertan en el sustrato y que se conectan a una fuente de voltaje, ya sea el generador de funciones, una pila o el generador electrostático Van de Graaff, de manera que inducen un campo eléctrico en el sustrato.

La mayoría de los electrodos que se manejan son parte de los equipos didácticos que se emplean para hacer las pruebas, así, se tienen los siguientes juegos de electrodos:

- Los electrodos de la charola simple, los cuales están contruidos en alambre de acero inoxidable.
- Los electrodos de la charola con bastidor, los cuales están contruidos de perfiles comerciales de aluminio, (González, et al, 2002).
- Los electrodos adicionales, hechos de barra o alambre de materiales y formas específicas los cuales se construyeron para las pruebas específicas que se realizaron.

De acuerdo al interés de las pruebas, los electrodos se clasificaron en dos grupos: En función al material en que están contruidos y en función a la forma que tienen los electrodos.

2.2 Material de los Electrodos

Para las pruebas de voltaje, se emplearon los electrodos puntuales de los equipos graficadores y un juego de electrodos puntuales de diversos materiales. (figs 5 a 9).

Las primeras pruebas de voltaje se hicieron con los electrodos de los equipos, los electrodos del graficador sencillo consiste en un alambre de acero inoxidable que en su extremo remata con un pequeño aro doblado, al colocar el electrodo en la charola el aro queda horizontal y paralelo al fondo de la charola, este extremo es el que se sumerge completamente en el sustrato. Los electrodos del graficador con bastidor son de aluminio, cada uno está formado por un corto alambre que se inserta en un pequeño cilindro de aluminio, esta es la pieza que se introduce en el sustrato, pudiendo quedar totalmente cubierta o no de acuerdo a la cantidad de sustrato que se coloque y la profundidad a la que se ubique dentro de la charola. De esta manera, los sustratos en las que se realizaron las primeras pruebas de voltaje tenían un par de electrodos iguales en geometrías y materiales. Con estos electrodos se identificaron las características de los voltajes en las diversas soluciones de sustratos que se probaron.



Figura 5. Electrodo puntuales de los graficadores: izq.) Acero inoxidable, der.) Aluminio

Para comparar los efectos de los materiales y la forma de los electrodos, primero se fabricaron un par de electrodos de aluminio con la misma forma y dimensiones iguales que los electrodos de acero inoxidable del graficador sencillo. Con estos dos pares de electrodos junto con los electrodos puntuales del graficador con bastidor, se pudo identificar la influencia de la forma o del material de los electrodos en los voltajes medidos en los sustratos.

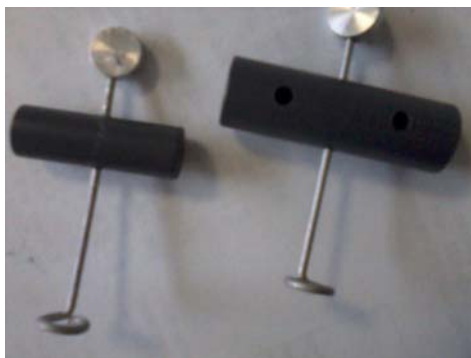


Figura 6. Electrodo de Aluminio

En un segundo momento, se fabricaron pares de electrodos puntuales con varillas, aproximadamente del 3 mm de diámetro y 5 cm de largo, de los siguientes materiales: Acero Inoxidable, Aluminio, Cobre, Fierro y Latón. Con estos electrodos se prueba, con una mayor variedad de materiales, si los voltajes que se obtener en la gelatina pueden estar determinados por el material del electrodo. Los electrodos siempre se usaron en pares del mismo material y podían colocarse en cualquier de los dos graficadores.



Figura 7. Electrodo de Cobre



Figura 8. Electrodo de Hierro



Figura 9. Electrodo de Latón

2.3 Forma de los Electrodo

Para identificar los patrones de líneas equipotenciales en los sustratos se aprovecharon los diversos electrodos de los dos equipos graficadores (González, et al, 2002). De cada uno de estos equipos se usaron los electrodos puntuales, lineales y el circular grande.

Para obtener una configuración de un dipolo eléctrico se usaron los electrodos puntuales. Con los electrodos lineales, colocados a la misma profundidad y paralelos entre sí, se simula el potencial de un condensador de placas paralelas. Con el electrodo circular grande y un electrodo puntual al centro del primero, se simula el potencial de un capacitor cilíndrico. Cada par de los electrodos indicados se usaron en las charolas correspondientes. (figs 10 y 11).



Figura 10. Arreglo de electrodos puntuales en configuración del dipolo.



Figura 11. Arreglo de electrodos lineales en configuración de placas paralelas.

Capítulo 3. Sustratos

3.1 Definición de gelatina

Se denominan geles a coloides transparentes; sistema de dos componentes, rico en líquido, de naturaleza semisólida. La característica común de ellos es la presencia de un tipo de estructura continua que les proporciona las propiedades de los semisólidos. El ejemplo más común de gel es la gelatina comestible.

Ciertos geles presentan la capacidad de pasar de un estado coloidal a otro, es decir, permanecen fluidos cuando son agitados y se solidifican cuando permanecen inmóviles. Esta característica se denomina tixotropía. El proceso por el cual se forma un gel se denomina gelación.

3.2. Grenetina

La grenetina es una sustancia de origen animal formada por proteínas y usada en alimentación. Se extrae de pieles, huesos y otros tejidos animales mediante tratamiento con álcalis o con ácidos. La grenetina es una proteína pura que se obtiene de materias primas animales que contienen colágeno.

Este alimento natural y sano tiene un excelente poder de gelificar.

La grenetina contiene: 84-90% proteína, 1-2% sales minerales, el resto es agua.

Usos.

Se emplea en los sectores industriales y en productos más diversos, donde desarrolla, de una manera natural, su efecto saludable y estabilizador.

Aparte de las aplicaciones tradicionales en la:

- Industria alimentaria
- La gelatina es una proteína de primera calidad que reúne, como alimento, numerosas propiedades positivas necesarias para una alimentación sana. Gracias a su singular poder gelificante, es imposible imaginarse la cocina moderna sin la gelatina.
- Industria farmacéutica
- La gelatina recubre y protege los medicamentos.
- Industria fotográfica
- Gracias a la gelatina pueden fabricarse las películas para aficionados, papel de color, películas gráficas y películas de rayos X en cantidades industriales.

Otra de las ventajas de la gelatina es su aporte de aminoácidos, concretamente glicina y prolina, que permiten mejorar la construcción de las estructuras de nuestro organismo, fundamentalmente huesos, cartílagos, tendones y ligamentos.

La grenetina se ha utilizado en alimentos, cosméticos y medicamentos desde la época del antiguo imperio egipcio, pero fue en Francia durante la época napoleónica cuando comenzó su auge en alimentos y medicamentos.

Se trata de un compuesto obtenido de los huesos y pieles animales, principalmente del cerdo o también de la res, que a través de distintos procedimientos es separado de la grasa. Y su componente principal es una proteína llamada colágeno, que disuelta en agua y sometida a bajas temperaturas adquiere peculiar consistencia, conocida como coloidal, que se encuentra justo entre los estados líquido y sólido.

Estructura.

Colágeno: Presente en todos los animales multicelulares, es la proteína más abundante de los vertebrados. Es extracelular y forma fibras insolubles que resisten la tensión (hueso, diente, cartílagos, tendones, ligamentos, piel, vasos sanguíneos). Consisten en arrollamientos de 3 hélices (no alfa). El colágeno (figura 12) exhibe una secuencia característica (G-X-Y)_n, donde X es prolina, Y es hidroxiprolina. La marcada insolubilidad del colágeno se debe al entrecruzamiento inter e intramolecular en el que intervienen residuos de lisina oxidados.

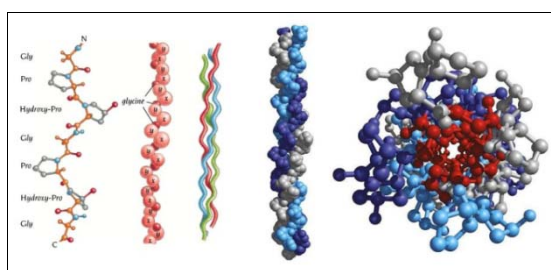


Fig. 12. Estructura del colágeno (gretina) donde se muestra como se encuentra unido por los aminoácidos.

3.3. Carragenina.

Las carrageninas son hidrocoloides extraídos de algas marinas rojas de algunos miembros de la familia Rhodophyceae. Proviene de las costas de diversos países como Francia, Chile, Brasil, Senegal, Indonesia, Las Filipinas, Marruecos, Argentina y Perú.

La particularidad de las carrageninas es que poseen la capacidad de formar una amplia variedad de texturas de gel a temperatura ambiente, además de que pueden ser utilizadas también como espesantes, agentes de suspensión, retención de agua, gelificación y estabilización en diversas aplicaciones de la Industria Alimentaria.

Químicamente, las carrageninas son polisacáridos de alto peso molecular con contenido de éster sulfato de 15% a 40%, formado por unidades alternadas de D-galactosa y 3,6-anhidro-galactosa (3,6-AG) unidas por ligaduras α -1,3 y β -1,4 glucosídica. La posición y el número de grupos de éster sulfato, así como el contenido de 3,6-AG en la molécula son importantes, ya que determinan las diferencias primarias entre los diversos tipos de carragenina que existen, que son: kappa, iota y lambda.

La carragenina Kappa I (figura 13) produce geles firmes y quebradizos en agua, con alta sinéresis. Requiere alta temperatura para su completa disolución (aprox. 75°C) e imparte baja viscosidad al sistema en el cual es aplicada.

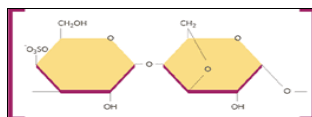


Figura 13. Carragenina Kappa I.

La carragenina Kappa II forma geles firmes y elásticos en agua y leche, con moderada sinéresis. Posee una muy alta reactividad con las proteínas lácteas y requiere de aprox. 71°C para su completa disolución. Su viscosidad es un poco mayor comparada con la carragenina Kappa I, dado su mayor peso molecular.

La carragenina Iota forma un gel muy elástico en agua y leche con muy baja sinéresis. Tiene comportamiento tixotrópico, dando una muy buena estabilidad a ciclos de congelado y descongelado. Requiere aprox. 60°C para su completa disolución y su viscosidad es levemente menor comparada con la carragenina Kappa II. (figura 14)

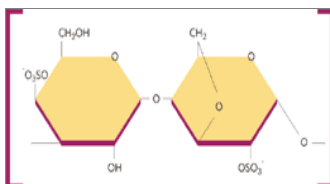


Figura14. Carragenina Iota.

La carragenina Lambda es la más soluble en agua y leche, y desarrolla una alta viscosidad en los sistemas en los que es aplicada. No gelifica y es soluble en agua y leche fría. (figura 15)

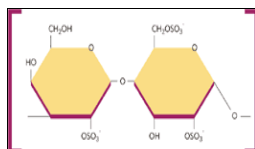


Figura 15. Carragenina Lambda.

Generalmente, las carrageninas comerciales son mezclas más o menos enriquecidas de uno u otro de estos tipos de carragenina, y de acuerdo al proceso de producción de la carragenina es que pueden ser de tipo semirefinado o refinado. Entre más refinadas sean, el gel que se obtenga a partir de esa carragenina será más transparente.

Dentro de las ventajas de las carrageninas están el formar coloides espesos o geles en sistemas lácteos y/o acuosos a muy bajas concentraciones, además de reaccionar sinérgicamente con otros hidrocoloides. Es explotada sobre todo su gran propiedad para formar diferentes texturas: firmes o elásticas, frágiles o fuertes, cristalinas o turbias.

Usos.

Es por ello que las carrageninas tienen diversas aplicaciones en la Industria Alimentaria. Ejemplos de éstas son en productos lácteos: como estabilizante en helados, suspendiendo cocoa en leche chocolatada, como gelificante en flanes y pudines, o como espesante en crema de leche y yogurt; también pueden aplicarse como gelificantes en postres tipo gelatina, jaleas, malvaviscos y gomitas.

En productos cárnicos se utilizan para ayudar a dar textura en jamón, cecina, embutidos, mortadela, hamburguesas, patés y carnes procesadas, mientras que en bebidas pueden usarse para la clarificación y refinación de zumos, jugos, pulpas, cervezas, vinos y vinagres.

En panificación tienen utilidad como espesante de coberturas y rellenos, y esta propiedad también es de utilidad en salsas y sopas. Asimismo, las carrageninas tienen aplicaciones industriales en pasta dentífrica, comida para mascotas, cosméticos y pinturas, entre otros.

Cuando se habla de carragenina sola, en el medio (agua), se lleva a cabo un sistema en el que se observa que las soluciones calientes de carrageninas kappa forman geles termorreversibles a través de su enfriamiento.

Nota: El término termorreversible, quiere decir que se puede convertir desde una fase de gel a temperatura ambiente a una fase líquida a una temperatura elevada por encima de la temperatura ambiente y que se puede reconvertir de nuevo a una fase de gel cuando se enfría a temperatura ambiente.

Este fenómeno ocurre debido a la formación de una estructura de doble hélice por los polímeros de la carragenina.

A una temperatura superior a la temperatura de fusión del gel (50 a 70 °C), los polímeros de la carragenina existen en la solución como espirales aleatorias. Después durante el enfriamiento de la solución, se forma una red tridimensional de polímeros, la cual provoca que las dobles hélices constituyan los puntos de unión de las cadenas de polímero, así como el número, tipo y posición de los grupos de éster sulfato los cuales provocan efectos importantes en las propiedades de gelificación. Los *mayores niveles de éster sulfato implican en una menor fuerza de gelificación y baja temperatura de solubilización. La carragenina tipo kappa contiene de 25% a 30% de éster sulfato.* (figura 16).

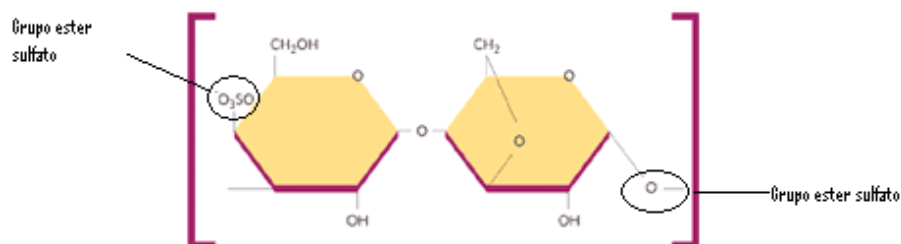


Figura 16. Esquema de la carragenina Kappa donde se muestra la posición de los grupos sulfatos.

3.4. Carragenina con sal

En el caso de la carragenina con sal se sabe que la carragenina (kappa) es muy sensible al ion potasio lo cual provoca que produzca geles rígidos y quebradizos en soluciones acuosas con sales de potasio. Y es por ello que el gel de carragenina kappa presenta sinéresis y en tanto mayor la concentración de potasio en la solución mayor será la sinéresis.

Nota: sinérisis; es la separación de las fases que componen una suspensión o mezcla. Es la extracción o expulsión de un líquido de un gel, por lo que el gel pasa de ser una sustancia homogénea a una segregación de componentes sólidos separados y contenidos en la fase líquida.

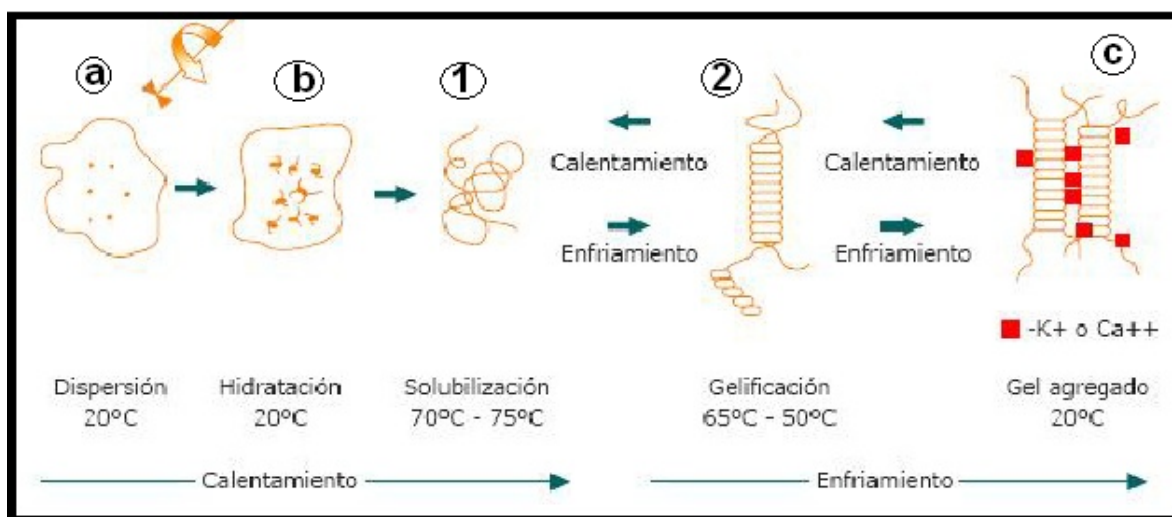


Figura 17. Esquema de gelificación de la carragenina.

En la figura de arriba (figura 17) se observa más detallado como es la secuencia de gelificación, en la cual se ve como la carragenina va formando lo que es el gel termorreversibles bajo las condiciones de solvente y ciclos de calentamiento y enfriamiento apropiados.

Todo inicia con la dispersión e hidratación (a,b), siguiendo con señalar que la formación del gel implica varios cambios estereoquímicos dentro de la molécula y es por ello que en estado de sol, las moléculas de carragenina se presentan como cadenas simples y aleatorias (1), las que posteriormente debido al enfriamiento, forman la estructura energéticamente más favorable, en donde las moléculas adoptan una conformación ordenada de doble hélice (2), las que luego se agregan, para formar una red tridimensional que dará origen a un gel estable y firme. Si se agregaran algunas sales como K^+ o Ca^{2+} estas provocarían una unión más rígida de lo que ya es (c); en nuestro caso se trabajó con la forma c pero sin agregarle ningún ión.

3.5 Gernetina con sal

Cando se habla de grenetina se comenta que ella es una proteína la cual se conoce como Colágeno, este tipo de proteína se encuentra forma por tres cadenas de aminoácidos las cuales se entrelazan entre ellas mismas y las cuales contiene un 14% de hidroxiprolina, 16% de prolina y 26% de glicina. Este tipo de cadenas permanecen unidas por los enlaces químicos débiles o de hidrógeno, la cuales se forman entre los aminoácidos.

Cuando se agrega cierta cantidad de grenetina en agua hervida, se observa que la mezcla de polvo se comienza a disolver, esto pasa debido a que los enlaces de hidrógeno que unen las cadenas se rompen y flotan libremente. Después cuando se agrega agua fría y se empieza agitar la mezcla, las cadenas empiezan a entrelazarse de nuevo y a enredarse. Y mientras se enfría el líquido vuelven a enlazarse, pero ahora con el agua de sabor entre los huecos de las uniones de todas las cadenas enredadas. En la figura 18 se muestra como se lleva a cabo la gelificación de grenetina.

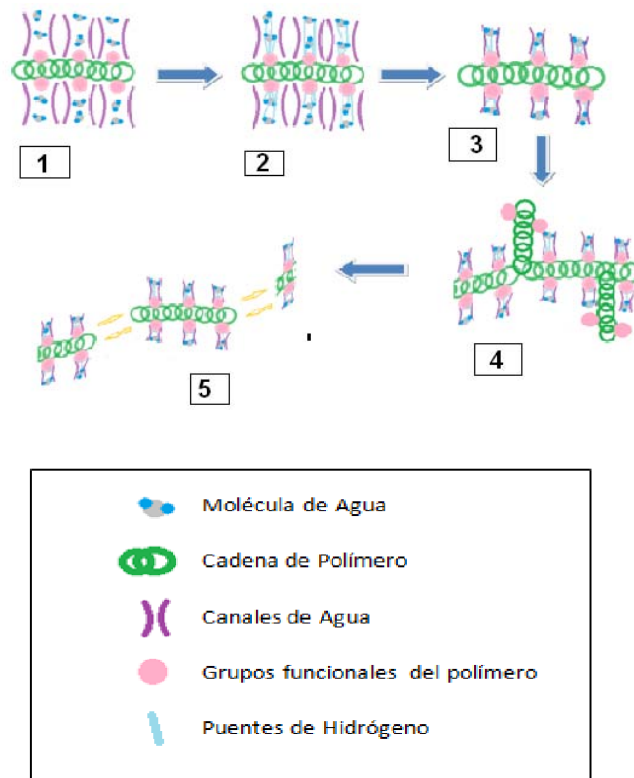


Figura 18. Esquema de gelificación para la gelatina.

En la figura 18 se observa como las cadenas poliméricas (colágeno) se encuentran protegidas por vainas de moléculas de agua, las cuales solvatan sus grupos funcionales (1), por las cuales las moléculas de agua se unen por puentes de hidrógeno a los grupos hidroxilos (2), lo cual forma una envoltura de agua de hidratación que impide que los segmentos de las cadenas se toquen (3). En este proceso las partículas en el sol se unen gradualmente para formar cadenas cortas y filamentosas que se entrecruzan de modo que la viscosidad del sistema aumenta (4), llegando finalmente a un estado semisólido, semirrígido gelatinoso (5).

Capítulo 4. Pruebas experimentales

4.1 Equipo y Reactivos.

Material:

- Multímetro:
 - *Marca: Steren; Modelo: MUL-500
 - *Marca: GWInstake; Modelo: gdm-356
- Generador de funciones
 - *Marca: GWInstek; Modelo: SFg-1003

2 Graficadores de Líneas Equipotenciales y Modelos de Campos Eléctricos y Magnéticos Con sus electrodos. Equipo CCADET.

- Punta Roma : Marca EDUCIENCI
- Resistencia eléctrica
- Cuchara o espátula
- Vaso de precipitado 500 ml
- Probeta de 1L
- Electrodos de aluminio, acero inoxidable, latón, cobre y hierro.

Reactivos:

- Carragenina comercial Y´asta
- Carragenina comercial pura
- Grenetina comercial Knox
- Gelatina comercial Angel
- Gelatina comercial J*ello
- Gelatina comercial D´Gari
- Gelatina comercial D´Gari light
- H₂O
- NaCl

Procedimiento:

- Calentar con una resistencia 1L de agua hasta el punto de ebullición.
- En 250 mL de agua hirviendo, disolver poco a poco la cantidad establecida de gelatina ya sea carragenina o grenetina.
- Vaciar en la charola graficadora y dejar enfriar a temperatura ambiente, no debe moverse el recipiente.
- La consistencia debe ser un cuajado duro, por ello es preferible que los electrodos ya estén colocados en el graficador.

Nota 1: En caso de usar grenetina a esta se le agrega sal en el momento de la disolución, la cantidad de sal se determina en cada prueba.

*Nota 2: Con respecto a las gelatinas comerciales se debe de observar el orden de los ingredientes, si en primer lugar se menciona a la grenetina o carragenina esta se encontrara en mayor proporción.

4.2 Pruebas de tiempo de gelificación

Con intención de reducir el tiempo de cuajado de la gelatina se probaron diferentes concentraciones de gelatinas variando el volumen de agua y masa de gelatina. Se usaron gelatinas comerciales: Angel, Jello, D'gari con azúcar, Y'asta, Knox, D'gari Light sin azúcar y Carragenina pura. (Tablas 1 a 3)

Se trabajo en un inicio con un volumen de 250 mL de agua caliente en la que se disuelve la gelatina,

<i>Tabla 1: Tiempos de gelificación para los diferentes sustratos empleados.</i>			
Grenetina	Tiempo (min.)	Cantidad (g)	Concentración
Ángel	75	85	(1:250)
	40	85	(1:125)
Jell*o	42	17.5	(1:250)
JELL*O	20	35	(2:100)
Sal	49	22	(2:100)
D'gari	69	42	(1:250)
	48	85	(1:250)
Knox	45	6.8	(1:250)
	21	13.9	(1:250)
	39	14	(1:250)

<i>Tabla 2: Tiempos de gelificación para los diferentes sustratos empleados.</i>			
Carragenina	Tiempo (min.)	Cantidad (g)	Concentración
Y'asta	16	9	(1:250)
	11	18	(1:250)
Y'asta ´	10	9	(1:250)
Yásta "	18	18	(1:250)
Y'asta ´	20	18	(1:250)
Yásta "		18	(1:100)
4.5g sal			

Tabla 3: Tiempos de gelificación para los diferentes sustratos empleados.

		GRENETINA		CARRAGENINA	
Marca	Jello	D'Gari	Knox	Ya'sta	Pura
Masa [g]	35	85	14	28	6.6
Sal [g]	5	5	0.250	0	0
Tiempo [min]	42	48	21	12-14	7-9

4.3 Definición de Pruebas de Voltaje

La evaluación de la funcionalidad eléctrica de las gelatinas, ya sea a base de grenetina o a base de carragenina, se realiza a través de tres pruebas de voltaje, estas son: A) Pruebas de gradiente de voltaje a lo largo del eje longitudinal central, B) Pruebas de gradiente de voltaje a lo largo del eje transversal central y C) Pruebas de simetría de voltaje en cuatro puntos simétricos a los ejes. En la figura X se presenta una de las charolas donde se coloca la gelatina para hacer las pruebas de voltaje y se muestra un esquema que permite entender el sentido de estas tres pruebas.

La charola tiene una retícula cuadrículada con cuadros de 1 cm de lado que permite asignar coordenadas a las posiciones dentro de la charola. Los ejes verticales de la retícula están denominados por números y por letras los ejes horizontales, permitiendo asignar a cada punto de la retícula un par de coordenadas. La denominación de los ejes inicia en la esquina inferior izquierda con el número "0" para la primera línea vertical y horizontal, las líneas verticales se denominan por los números sucesivos desde "0", "1", ... hasta el "20", mientras que las líneas horizontales se denominan por letras desde "A", "B", ... hasta "N". La línea horizontal "G" cruza a la largo y al centro la charola, denominándose como el "Eje Longitudinal central", mientras que la línea vertical "10" también cruza la charola a lo ancho y al centro, denominándose "Eje Transversal central". Los ejes longitudinal "G" y transversal "10" son perpendiculares entre si y se cruzan en el centro geométrico de la charola.

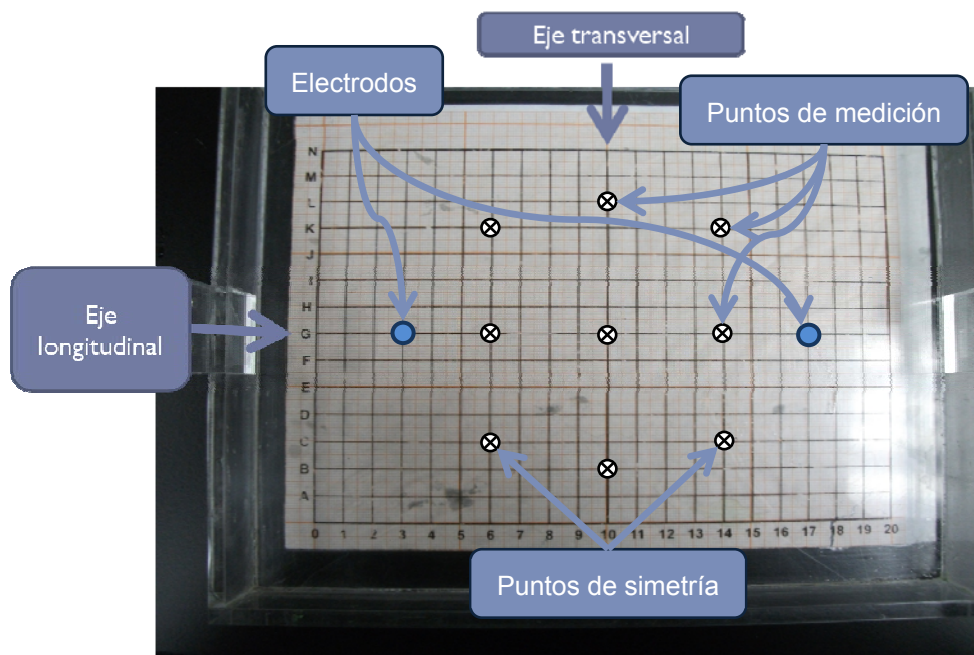


Figura 19. Charola de pruebas donde se sirve la gelatina. y se muestra la ubicación de los electrodos, los ejes y los puntos de medición para las pruebas de voltaje.

Para las pruebas de voltaje, dos electrodos puntuales se colocan en las posiciones “3G” y “17G” sobre el eje longitudinal de la charola, marcados con puntos azules en la figura 19. Algunos de los puntos donde se mide el voltaje se identifican con círculos blancos con una cruz en el dibujo. Para las pruebas de gradiente de voltaje en el eje longitudinal, los puntos donde se mide el voltaje se encuentran en el eje longitudinal. Similarmente, para las pruebas de gradiente de voltaje en el eje transversal, los puntos donde se mide el voltaje se encuentran en el eje transversal. Las pruebas de gradiente sobre cada uno de los ejes consisten en determinar la razón de cambio del voltaje respecto a la distancia entre dos puntos determinados sobre el eje correspondiente.

Las pruebas de simetría consisten en comparar los voltajes en cuatro puntos simétricos a los dos ejes, localizados en uno de los cuatro cuadrantes en que los ejes dividen la superficie de la charola. En esta prueba se verifica si la diferencia de voltaje en los dos puntos simétricos de cada eje y el punto medio, sobre el eje de simetría correspondiente, son de igual magnitud.

Una hoja de papel milimétrico se adhirió por debajo de la charola para facilitar y dar más precisión a la lectura de las posiciones dentro de la charola.

4.4 Pruebas con grenetina

Siguiendo el modelo original se probó el voltaje en grenetina comercial, marca Knox a 28 grs. Con diferentes concentraciones de sal (NaCl), 7, 1, 0.25, 0 gr y con electrodos de Aluminio, sobre el eje longitudinal “G”, ver figura 20. El voltaje de alimentación empleado en estas pruebas fue aproximadamente de 200 mV a 60 Hz.

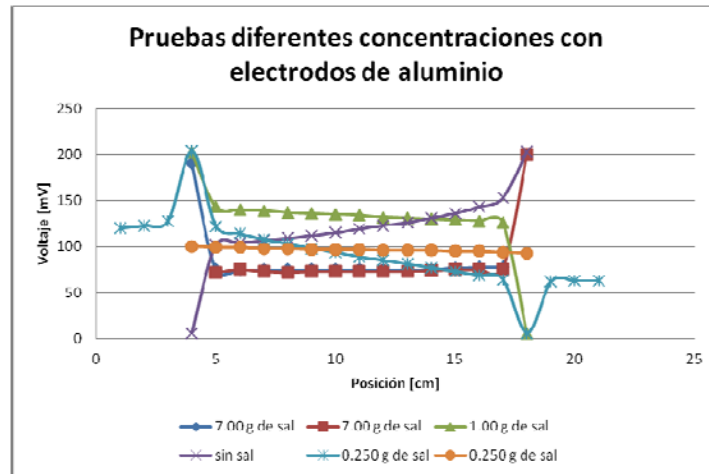


Figura 20. Gráfica de gradientes de voltaje a diferentes concentraciones de sal en grenetina con electrodos de aluminio.

También se probó con electrodos de acero inoxidable el gradiente de voltaje en el eje longitudinal en grenetina con dos concentraciones de sal (NaCl) (a 500 mg y 250 mg), ver figura 21. En esta prueba el voltaje de alimentación fue alrededor de 200 mV a 60 HZ.

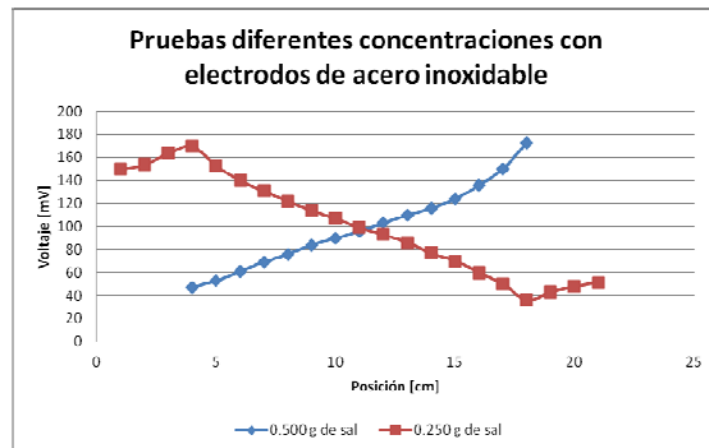


Figura 21. Gráfica de gradientes de voltaje a diferentes concentraciones de sal en grenetina con electrodos de acero inoxidable.

Las pruebas de voltaje en el eje transversal también se realizaron a diferentes concentraciones y con diferentes electrodos. La figura 22 muestra los voltajes sobre los puntos a lo largo del eje "10" a las concentraciones de 7, 1, 0.250 g y sin sal.

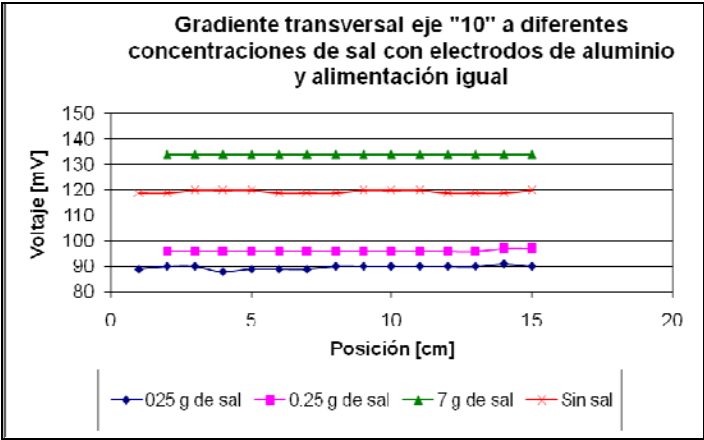


Figura 22. Se muestra el comportamiento del potencial en el eje transversal central a diferentes concentraciones de sal en grenetina con electrodos de aluminio y voltajes de alimentación de 200 mV aproximadamente.

Los resultados para dos valores de alimentación se presentan en la figura 23.

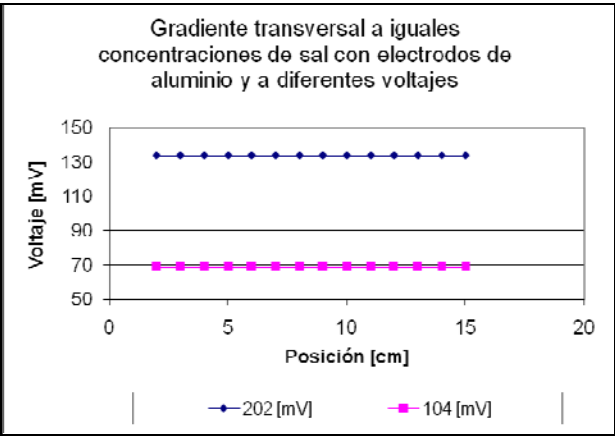


Figura 23. Se muestra el comportamiento del potencial en el eje transversal central para dos valores de voltaje de alimentación en grenetina con electrodos de aluminio.

Las pruebas de simetría también se realizaron para diferentes concentraciones de sal, con un voltaje de alimentación aproximado de 200 mV y con electrodos de aluminio y acero inoxidable. Las Figuras 24 a 27 presentan una retícula que representa el cuadrículado de las charolas de prueba, en las cuales se indican los valores de voltaje en los puntos donde se midieron.

	0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
0															
1															
2															
3															
4				106 mV				102 mV				106 mV			
5															
6															
7															

8																	
9																	
10			120 mV							119 mV							
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16			137 mV				153 mV					139 mV					
17																	
18																	
19																	
20																	

Figura 24. Prueba de simetría en grenetina sin sal, con electrodos de aluminio y voltaje de alimentación de 203 mV a 60 Hz.

	0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
0															
1															
2															
3															
4				110 mV				122 mV				110 mV			
5															
6															
7															
8															
9															
10				88 mV								90 mV			
11															
12															
13															
14															
15															
16				71 mV				64 mV				71 mV			
17															
18															
19															
20															

Figura 25. Prueba de simetría en grenetina con 250 mg de sal, con electrodos de aluminio y voltaje de alimentación de 204 mV a 60 Hz.

	0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
0															
1															
2															
3															
4				66 mV				53 mV				68 mV			
5															
6															
7															
8															
9															

10			96 mV						96 mV			
11												
12												
13												
14												
15												
16			129 mV			150 mV				128 mV		
17												
18												
19												
20												

Figura 26. Prueba de simetría en grenetina con 500 mg de sal, con electrodos de acero inoxidable y voltaje de alimentación de 203 mV a 60 Hz.

	0	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
0															
1															
2															
3															
4				110 mV				122 mV				110 mV			
5															
6															
7															
8															
9															
10				88 mV								90 mV			
11															
12															
13															
14															
15															
16				71 mV				64 mV				71 mV			
17															
18															
19															
20															

Figura 27. Prueba de simetría en grenetina con 250 mg de sal, con electrodos de acero inoxidable y voltaje de alimentación de 204 mV a 60 Hz.

4.5 Pruebas con carragenina

Con la intención de mejorar la conductividad eléctrica se agrega el ion Na^+ en forma de sal (NaCl) entre 1-250 mg, resultando una capa quebradiza, lo cual indica que no hay cuajado, siendo no apta para nuestro interés de obtener un gel uniforme sobre la cual realizar nuestras pruebas. Debido a esto, las pruebas de voltaje en carragenina no se realizan con sal, sino solo variando los materiales de los electrodos. Las figuras 28 y 29 se presentan las gráficas de gradiente longitudinal. La gelatina se preparó con 18 g de carragenina en 250 ml de agua caliente.

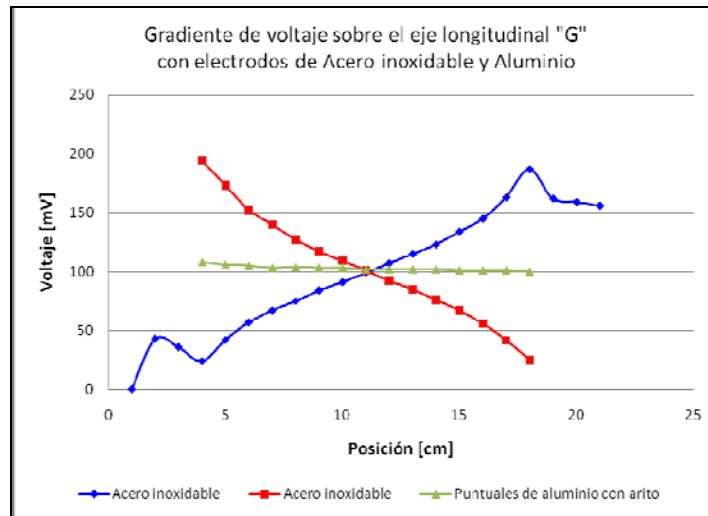


Figura 28. Gradiente de voltaje en carragenina sobre el eje longitudinal "G" con electrodos de Acero inoxidable y Aluminio

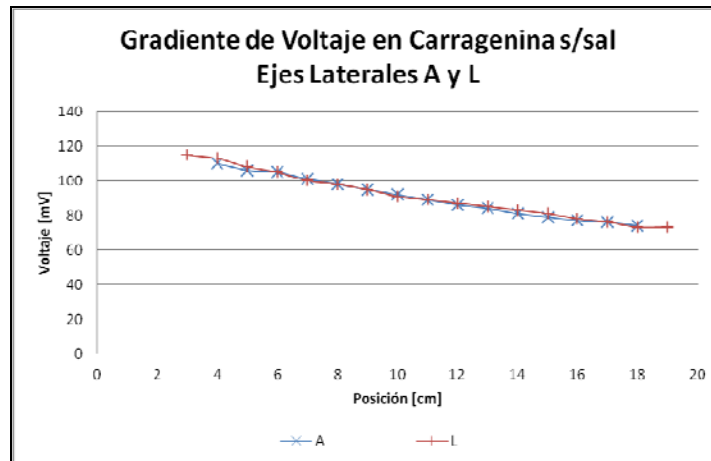


Figura 29. Gradientes de voltaje en los Ejes Longitudinales Laterales "A" y "L" con electrodos de acero inoxidable.

Los resultados de las pruebas de gradiente de voltaje en ejes transversales realizadas en carragenina se presentan en las figuras 30 y 31.

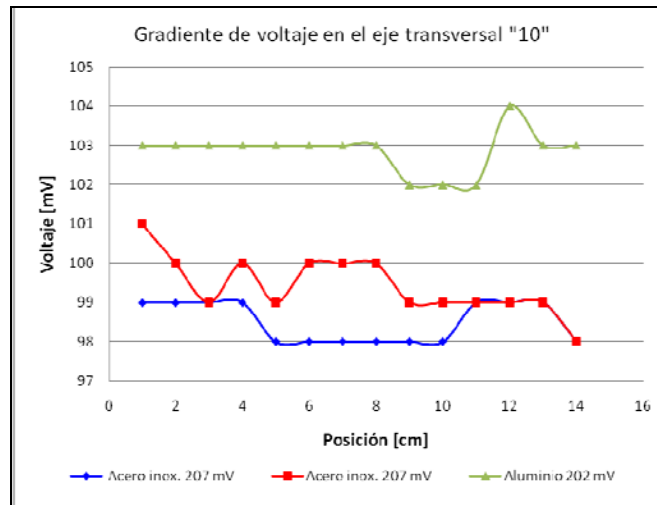


Figura 30. Gradiente de voltaje en carragenina sobre el ejes transversales "10" con electrodos de acero inoxidable y aluminio.

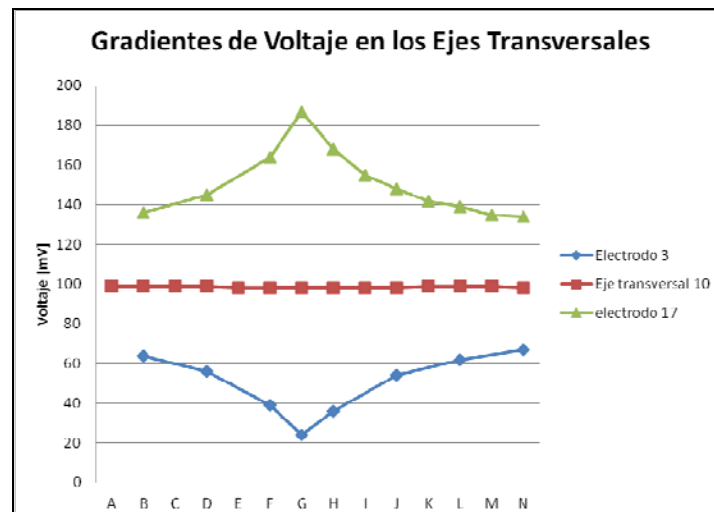


Figura 31 Gradiente de voltaje sobre los ejes transversales "3", "10" y "17" con electrodos de acero inoxidable.

Las pruebas de simetría en la carragenina, se presentan en un cuadrilado que representa la retícula de la charola. Las figuras 32 y 33, muestran dos de estas pruebas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2														
3		64		56		39		36		54		62		67
4														
5														
6			75								74			
7														
8														
9														

10														
11														
12														
13			118							119				
14														
15														
16														
17		136		145		164		168	155	148	142	139	135	134
18														
19														
20														

Figura 32. Simetría en cuatro puntos en carragenina con electrodos de acero inoxidable y voltaje de alimentación de 207 mV.



Figura 33. Charola con carragenina cuajada, en la foto se aprecia el desnivel de la superficie de la gelatina en la esquina inferior derecha, al frente de la foto.

En la distribución que se registra en la figura 33, se observa asimétrica debido a la irregularidad del espesor del gel que se aprecia en la figura 34. Esto se corrigió nivelando la charola en las siguientes pruebas, usando un nivel de burbuja.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2														
3		115										115		
4														
5														
6														
7		102										103		
8														
9														
10		93										94		
11														
12														
13		86										85		
14														

15														
16														
17		73										77		
18														
19														
20														

Figura 34. Prueba de simetría de voltaje en cuatro puntos en carragenina con voltaje de alimentación de 175 mV a 60 Hz, electrodos desconocidos (no registrados)

En esta prueba de simetría se aprecia la simetría de voltaje en los cuatro puntos respecto a los ejes longitudinal “G” y transversal “10”.

4.6 Pruebas con electrodos de diferentes materiales

Considerando un electrodo como una pieza de metal por la cual se intercambia la corriente con el sustrato se planteo la necesidad verificar con que material es mejor el intercambio de corriente y de fácil adquisición. Se probaron los electrodos de Aluminio, Acero inoxidable, Hierro, Latón y Cobre, sobre sustratos de carragenina.

Estas pruebas se realizaron a dos frecuencias 60 y 1000 Hz, las cuales se muestran en las figuras 35 y 36.

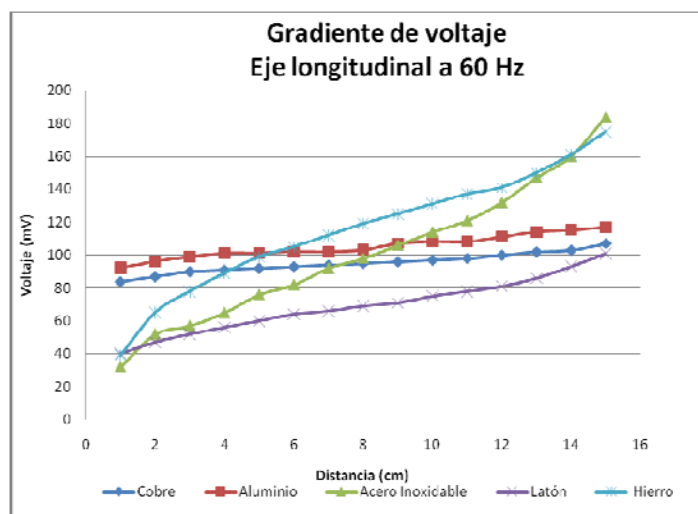


Figura 35. Gradiente de voltaje en carragenina con electrodos de cobre, aluminio, acero inoxidable, latón y hierro, 60 Hz.

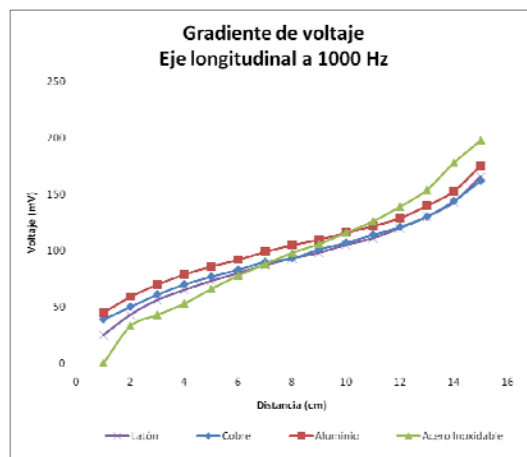


Figura 36. Gradiente de voltaje en carragenina con electrodos de cobre, aluminio, acero inoxidable, latón a 1000 Hz.

La prueba a 1000 Hz no se realizó con electrodo de Hierro debido a que este se oxidó.

4.7 Pruebas con electrodos de diferentes geometrías

Para verificar la funcionalidad de los sustratos como medios adecuados para identificar las líneas equipotenciales se probó la determinación de estas líneas en tres configuraciones de electrodos: un dipolo formado por dos electrodos puntuales, el de simulación de condensador placas paralelas con dos electrodos lineales paralelos y simulador de condensador cilíndrico con un electrodo circular grande y un electrodo puntual concéntrico.

En estas pruebas se usaron como sustratos carragenina pura, carragenina comercial Ya'sta y grenetina Knox con sal. Como solo es relevante verificar que se pueden identificar las líneas equipotenciales, no en todos los sustratos se probaron todas las configuraciones de electrodos ya mencionadas.

4.7.1 Configuración geométrica de Dipolo.

Esta configuración de electrodo (dipolo), se realizó en sustratos de grenetina comercial Knox, carragenina pura y carragenina comercial Ya'sta. En esta configuración se hicieron pruebas con electrodos puntuales de: acero inoxidable, aluminio, latón, hierro y cobre, en las figuras 37, 38, 39, 40, 41. Se presentan fotos de líneas equipotenciales identificadas.



Figura 37. Líneas equipotenciales de: 50, 80, 100, 120 y 150 mV, en grenetina con sal y electrodos de acero inoxidable.

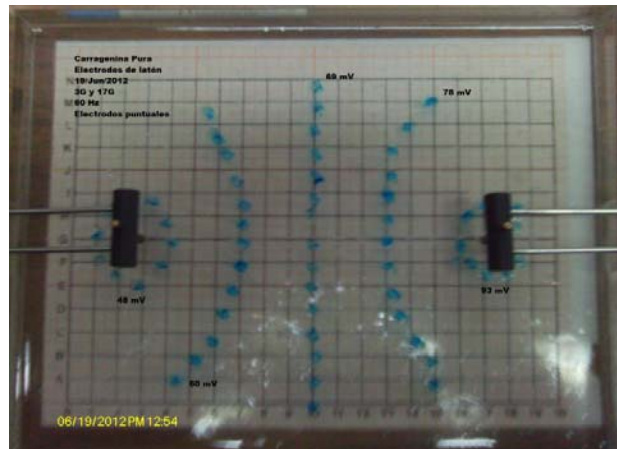


Figura 38. Líneas equipotenciales de un dipolo en carragenina pura con electrodos de Latón.

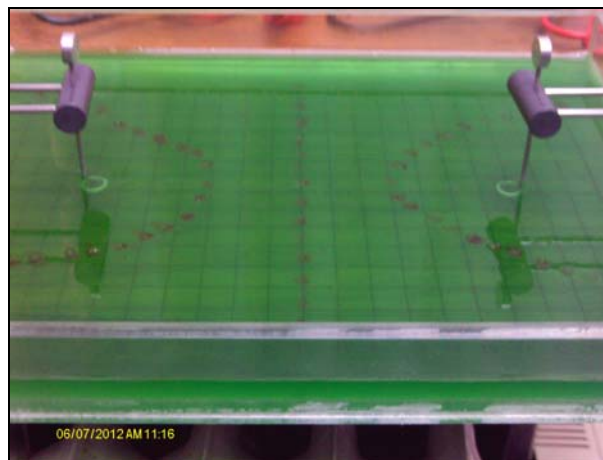


Figura 39. Líneas equipotenciales de un dipolo en carragenina comercial Ya'sta y electrodos de Aluminio.

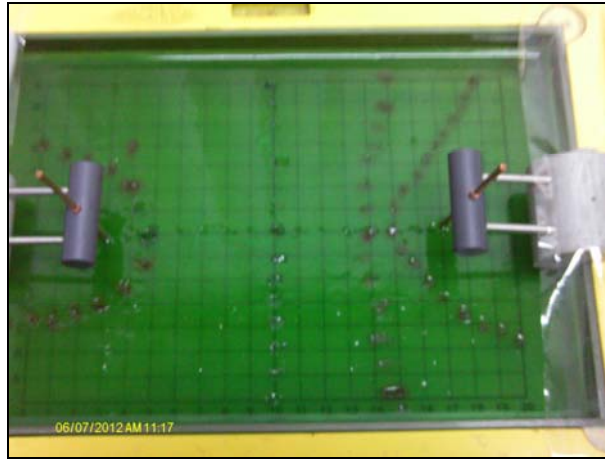


Figura 40. Líneas equipotenciales de un dipolo en carragenina comercial Ya'sta y electrodos de Cobre.



Figura 41. Líneas equipotenciales de un dipolo en carragenina comercial Ya'sta y electrodos de Hierro.

4.7.2 Configuración geométrica Placas paralelas.

Para la configuración geométrica de electrodos de acero inoxidable de barras paralelas se probó en sustrato de carragenina comercial Ya'sta. Solo se probó en este sustrato ya que los demás sustratos fueron probados en configuración de dipolos. Ver figura 42.

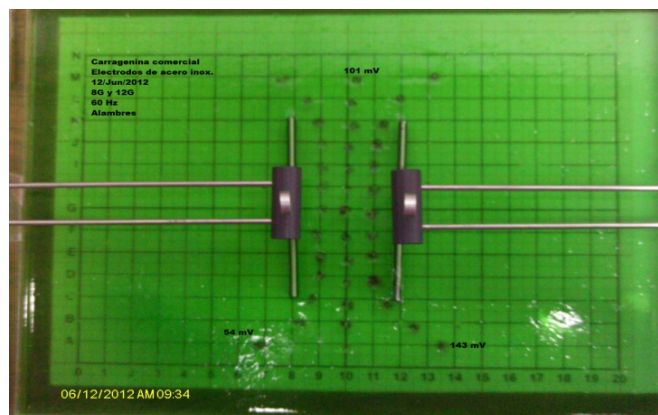


Figura 42. Líneas equipotenciales de electrodos acero inoxidable en sustratos de carragenina.

4.7.3. Configuración geométrica de Anillos concéntricos.

Para la configuración geométrica de electrodos de acero inoxidable de anillos concéntricos se probó en sustrato de carragenina pura. Solo se probó en este sustrato ya que los demás sustratos fueron probados en configuración de dipolos. Ver figura 43.

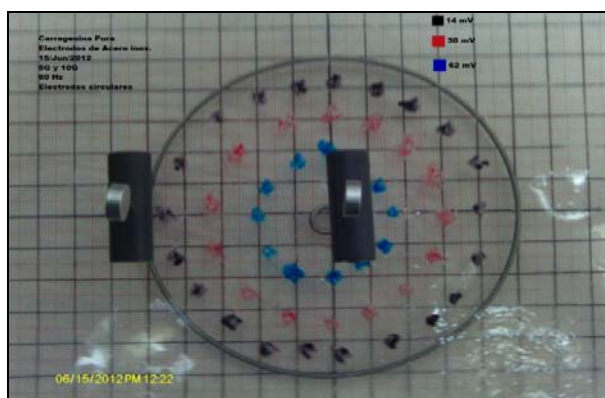


Figura 43. Líneas equipotenciales de electrodos de anillos concéntricos en carragenina pura.

Capítulo 5. Análisis de resultados

5.1 Análisis de tiempo de gelificación

Se logro reducir el tiempo de gelificación de los sustratos aumentando su concentración. Siendo la carragenina la de menor tiempo de cuajado, lo que la hace optima para trabajar en un laboratorio escolar

5.2 Análisis de los voltajes en los sustratos

De acuerdo a los resultados de la prueba del gradiente de voltaje en el eje longitudinal "G" en la grenetina para diferentes concentraciones de sal con electrodos de aluminio y de acero inoxidable, se observa de sus gráficas (fig. 26 y 27), que la pendiente de la gráfica de los puntos que se encuentra entre los electrodos depende de la concentración de sal, siendo el mejor para el electrodo de aluminio una concentración baja de 250 mg o sin sal; y para el electrodo de acero inoxidable a las dos concentraciones (500 y 250 mg), los gradientes son prácticamente iguales y sus valores son el doble de los obtenidos con los electrodos de aluminio, ver tabla 4.

Tabla 4. Relación de valores del gradiente de voltaje en el eje longitudinal en grenetina para diferentes concentraciones de sal con electrodos de aluminio y acero inoxidable.

Concentracion de sal	7	7	1	0.50	0.25	0.25	0
Gradiente con electrodos de aluminio	0.25	0.25	1.42	-	0.42	4.83	4.25
Gradiente con electrodos de acero				8.08	8.58		

En las prueba de gradientes en líneas paralelas y simétricas al eje longitudinal en carragenina (fig. 28) se aprecia que ambos gradientes son iguales y simétricos, ya que se sobreponen las líneas que los representan en la gráfica.

En las pruebas de gradiente en los ejes transversal se encuentra que prácticamente el voltaje es constante formando una línea equipotencial independientemente del sustrato o del electrodo que se emplea, lo cual era de esperarse. En las pruebas con electrodos de aluminio el valor de este voltaje no corresponde al valor medio de la alimentación, y con los electrodos de acero inoxidable este voltaje si es próximo al valor medio de la fuente de alimentación. Como puede observarse en las figuras 22, 23 y 30.

En las pruebas de simetría se observo que es necesario tener nivelado el sustrato ya que se produce variaciones en la distribución de potenciales perdiéndose la simetría.

5.3 Análisis de los voltajes con electrodos de diferentes materiales.

En las pruebas de gradiente de voltaje de electrodos puntuales de diferentes materiales se observa que el mejor material de electrodos es el Acero inoxidable seguido del Hierro. Esto se observa si se considera el gradiente de voltaje entre los puntos G4 y G16 que se muestra en la siguiente tabla 5.

Tabla 5. Relación de valores del gradiente de voltaje en el eje longitudinal en carragenina para electrodos de diferentes materiales a 60 y 1000 Hz.

Material de electrodos	Acero inoxidable	Hierro	Latón	Cobre	Aluminio
Gradiente 60 Hz	9	8	3.8	1.4	1.6
Gradiente 1000 Hz	12.1	-	8.3	7.8	7.8

Es claro que el material más adecuado para el electrodo es el de Acero inoxidable. Y es importante resaltar que el gradiente aumenta conforme se aumenta la frecuencia, indistintamente de que material sea el electrodo.

5.4 Análisis de los voltajes con electrodos de diferentes geometrías.

En estas pruebas se pudo verificar que los sustratos de grenetina con sal, carragenina pura y comercial son adecuados para identificar líneas equipotenciales. Debido a que el mayor gradiente de voltaje lo obtenemos con electrodos de acero inoxidable, este material permite obtener un mayor número de líneas equipotenciales con el mismo potencial de alimentación aplicado.

Los patrones de líneas equipotenciales obtenidos en las diferentes configuraciones coinciden satisfactoriamente con las reportadas en la literatura y expuestas en el capítulo 1 de este informe.

Conclusiones.

Se cuenta con tres geles con un tiempo de gelificación corto, de conductividad adecuada, de bajo costo y fácil de adquirir.

Se determinó que los electrodos de acero inoxidable son los que presentan menor resistencia con la carragenina y mayor gradiente de voltaje a frecuencias entre 60 y 1000 Hz.

Se tiene un equipo graficador de líneas equipotenciales, que reproduce los modelos predichos por la teoría.

Una experiencia didáctica de laboratorio escolar con este dispositivo requiere menos de 1.5 horas, incluyendo el lavado del material ya que es fácil de lavar.

Perspectivas.

El trabajo realizado nos permite planear otras actividades, como la determinación de la permitividad eléctrica del gel y proponer el diseño de un nuevo graficador que incluya los electrodos de acero inoxidable y que use los sustratos de carragenina.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a Sr. Antonio Nieves, Técnico en fabricación de equipo del grupo de cognición y didáctica de las ciencias, por la fabricación de los diferentes electrodos empleados en este trabajo.

Bibliografía

González, M. y Nogueira, A. (1997) Equipo para observar líneas de campo y equipotenciales con aplicaciones de investigación y didácticas. Memorias del XII Congreso de Instrumentación, en San Luís Potosí, Septiembre y Octubre de 1997, pp. 611 – 615.

González, M., Vega, E., Nogueira, A. y Albornoz, H. (2002) Líneas de campo y equipotenciales. Memorias del XVI Encuentro Nacional sobre la Enseñanza de la Física en el Nivel Medio Superior, en Puebla, Pue., del 27 al 30 de Agosto de 2002, pp. 169 – 173.

McAlexander, A. (1979) Experiments for technical physics, 2a. edición, Edit. Allen and Bacon Inc., Boston, pp. 177 – 182.

Meiners, H. Editor. (1970) Physics Demonstration Experiments, V. II, Edit. The Ronald Press Company, New York, pp. 856 – 868.

Morris, Ch. Editor, (1992) Academic Press Dictionary of Science and Tecnology, Editorial Academic Press, Inc., p. 723.

Pasco 2004, (2004) Physics Worldwide, Catálogo y guía de experimentos, Edit. Passco Scientific, pp.330 – 331.

Wall, C. y Levine R. (1962) Physics Laboratory Manual, 2ª. Edición, Edit. Prentice – Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J., pp. 102 – 106.

<http://bifi.es/~jsancho/estructuramacromoleculas/5Proteinasfibrosas/5protfibrosas.htm>

<http://www.agargel.com.br/carragenina-tec.html>

Anexos

Presentación en el LV Congreso Nacional de Física



Determinación de electrodos y sustrato de gel para equipo de líneas equipotenciales

Josefina Elizalde Torres, Mario González Cardel, Eduardo José Vega Murguía,
Ignacio Castillo González y Maricela Rodríguez Nava

josefina.elizalde@ccadet.unam.mx, mario.gonzalez@ccadet.unam.mx, eduardo.vega@ccadet.unam.mx
Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM



Introducción

En el CCADET se desarrolló un equipo para la enseñanza de líneas equipotenciales ^(1,2) que usa un gel como sustrato graficador, el cual requiere dos horas para su gelificación, para su uso en laboratorios de enseñanza media superior y superior es necesario reducir este tiempo.

Grenetina:

Proteína llamada colágeno, que disuelta en agua y sometida a bajas temperaturas adquiere una consistencia coloidal, que se encuentra justo entre los estados líquido y sólido ⁽³⁾. Se probó a diferentes concentraciones agregando sal.

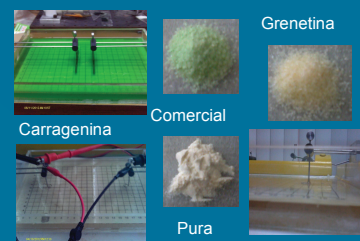
Carrageninas:

Grupo de polisacáridos conformado de azúcar galactosa sustituida formando cadenas largas. Estas funcionan como ligantes y pueden interactuar entre sí y con otros componentes del sistema para formar estructuras tridimensionales o geles. ⁽⁴⁾

Objetivos

Reducir el tiempo de gelificación,
Evaluar su funcionalidad didáctica,
Identificar el material de los electrodos adecuado para un equipo didáctico.

Sustrato



Electrodos

Piezas conductoras que se introducen en el sustrato y que al conectarse una fuente de poder se cargan eléctricamente produciendo un campo eléctrico en el medio que les rodea. Se clasifican por sus materiales y formas:

Puntuales

Aluminio Acero Inoxidable Latón Cobre Hierro



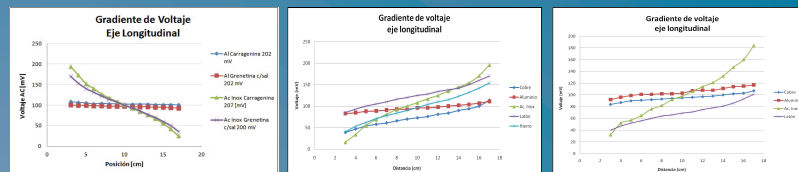
Lineales



Circulares



Resultados de Gradientes de Voltaje en el Eje Longitudinal



Sustratos: Grenetina con sal y Carragenina
Electrodos: Acero Inoxidable y Al

Sustrato: Carragenina
Electrodos: Acero Inoxidable, Al, Cu, Fe y Latón
Frecuencias: A) 1000 Hz y B) 60 Hz

Resultados de tiempo de gelificación

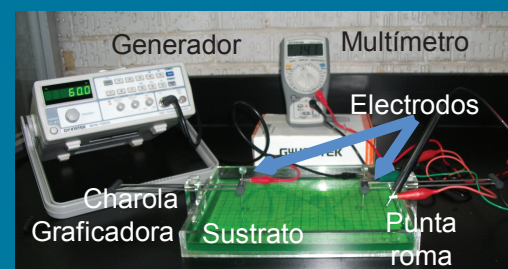
	GRENETINA			CARRAGENINA	
Marca	Jello	D'Gari	Knox	Ya'sta	Pura
Masa [g]	35	85	14	28	6.6
Sal [g]	5	5	0.250	0	0
Tiempo [min]	42	48	21	12-14	7-9

Procedimiento

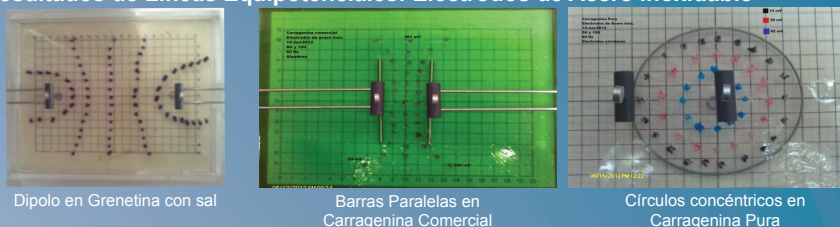
Alimentación de 200 mV CA a 60 y 1000 Hz y se midió el voltaje sobre la superficie de tres sustratos con una punta roma.

Las pruebas que se realizaron son:

- Gradiente de voltaje a lo largo de los ejes longitudinal.
- Determinación de las líneas equipotenciales.



Resultados de Líneas Equipotenciales: Electrodos de Acero Inoxidable



Dipolo en Grenetina con sal

Barras Paralelas en Carragenina Comercial

Círculos concéntricos en Carragenina Pura

Conclusiones

- Se obtuvieron tres geles con un tiempo de gelificación corto y de conductividad adecuada, que pueden usarse en una clase de laboratorio.
- Los electrodos de acero inoxidable son los que presentan menor resistencia con los sustratos a frecuencias de 60 y 1000 Hz. Los de aluminio funcionan bien a 1000 Hz.
- Con el equipo graficador de líneas equipotenciales se reproducen los modelos predichos por la teoría.
- Una experiencia de laboratorio con este dispositivo requiere menos de 90 minutos, incluyendo el lavado del material.
- Fácil de lavar.

Referencias:

- (1) Nogueira J. A., González C. M., 1999, "Equipo para observar líneas equipotenciales", Rev. Mex. Fis. Vol 45, No. 1, 78-81
- (2) González, M., et al. (2002) Líneas de campo y equipotenciales. Memorias del XVI Encuentro Nacional sobre la Enseñanza de la Física en el Nivel Medio Superior, en Puebla Pue. pp. 169 – 173.
- (3) <http://bifi.es/~jsancho/estructuramacromoleculas/5Proteinasfibrosas/5protfibrosas.htm>
- (4) <http://www.agargel.com.br/carragenina-tec.html3>

