



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

Estudio de los efectos del Campo Magnético en el crecimiento de colonias de bacterias aisladas.

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.

AUTOR: Guayllas Sarango, Jhuliana Katherine

DIRECTOR: Sánchez Juárez, Aramis Azuri, Ph.D.

LOJA – ECUADOR

2019



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2019

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

PhD.

Aramis Azuri Sánchez Juárez.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración

El presente trabajo de titulación: “**Estudio de los efectos del Campo Magnético en el crecimiento de colonias de bacterias aisladas**”, realizado por **Jhuliana Katherine Guayllas Sarango** ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, marzo de 2019

Atentamente

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo. **Jhuliana Katherine Guayllas Sarango**, declaro ser autora del presente trabajo de titulación: “**Estudio de los efectos del Campo Magnético en el crecimiento de colonias de bacterias aisladas**”, de la Titulación de Bioquímica y Farmacia, siendo PhD. Aramis A. Sánchez J. director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f.....

Autora: Jhuliana Katherine Guayllas Sarango

Cédula: 1104310147

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico, a mi Dios quién supo guiarme por buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se me presentaban. Siempre supo darme fortaleza para continuar y nunca rendirme.

A mi familia quienes son mi pilar fundamental, por ello soy lo que soy. Para mi padre Julio Guayllas por su apoyo, consejos y comprensión, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar, gracias a él he logrado este enorme alcance. Mi madre Esperanza María Sarango, que sé que desde cielo siempre estuvo conmigo apoyándome y dándome fortalezas necesarias para seguir adelante. Ellos son la motivación de mi vida, porque son la razón de sentirme tan orgullosa de culminar mi meta.

Mis Hermanas Yina Esperanza y Maroly Adriana, siempre me estuvieron apoyando de una u otra manera. Y nunca me dejaron sola, gracias a ellas por confiar siempre en mí.

Mis Sobrinas Karen, Rayza, Andrea, Daniela, Valeria, Nicol y mi sobrino Matías, por alegrar mis días y ser mi compañía durante este largo camino.

A mi mejor amigo Luis Cumbicos, mi apoyo fundamental, aquel que estuvo en mis momentos altos y bajos por saber escucharme y ayudarme en lo que podía.

A mis queridas amigas con las que hemos aprendido mucho, compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas, estuvieron a mi lado apoyándome, han sido fundamentales para culminar esta etapa.

En fin, este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes, he logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio parecía parecer tarea interminable. Gracias por formar parte de mi vida y compartir esta enorme felicidad junto a mí.

AGRADECIMIENTO

“Por eso les digo: Crean que ya han recibido todo lo que estén pidiendo en oración, y lo obtendrán” [Marcos 11:24]. Gracias Dios por nunca abandonarme y siempre permanecer en mí, gracias por tu bondad y amor que nunca me ha faltado y has hecho posible que esta sueño se haga realidad. Gracias a ti he logrado grandes cosas y sé que vendrán muchas más, con tu bendición.

Agradezco a mi Papá, que es mi vida entera, mi madre y padre a la vez, me ha brindado todo su confianza y su apoyo incondicional nada de esto hubiese sido posible gracias a él.

Quiero agradecer inmensamente al PhD. Aramis A. Sánchez J. que además de ser mi tutor de tesis ha llegado a ser un buen amigo y me ha brindado su apoyo incondicional y sus enseñanzas han sido puntos claves para poder completar este trabajo de tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	viii
ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO 1.....	5
MARCO TEÓRICO	5
1.1 Campo magnético.....	6
1.1.1 Conceptos del campo magnético.....	7
1.1.2 Características del campo magnético.....	8
1.2 Efectos biológicos de los Campos Magnéticos.....	10
1.2.1. Efectos Biológicos de los campos magnéticos sobre el crecimiento celular.	11
1.3. Análisis de estructuras celulares frente a un campo magnético.....	12
1.3.1 Membrana celular.....	12
1.3.2. Pared Celular.....	13
1.3.3. El Citoplasma.....	14
1.4. Microorganismos estudiados.....	14
1.4.1. <i>Estafilococos aureus</i>	14
1.4.2. <i>Escherichia coli</i>	15
1.4.3. <i>Lactobacillus acidophilus</i>	16
1.5. Espectroscopia óptica.....	18
1.5.1. Principio físico.....	18
1.5.2. Tipos de Espectroscopia.....	18
1.5.2.1. Absorción.....	18
1.5.2.2. Reflexión.....	19
1.5.2.3. Transmisión.....	19
CAPÍTULO 2.....	20
METODOLOGÍA.....	20

2.1. Sistema de Aplicación de Campo Magnético.	21
2.1.1. Especificación y dimensión de la Bobina.	21
2.1.2. Fuente de poder.	22
2.2. Condiciones del campo magnético.....	22
2.2.1. Temperatura óptima para el crecimiento bacteriano.	23
2.3. Caracterización de los microorganismos empleados en el estudio.	24
2.3.1 Preparación de las Muestras.	24
2.3.2. Tratamiento Magnético.	24
2.4. Técnica para medir el crecimiento bacteriano.	25
2.4.1. Espectrofotometría de Transmisión.	25
CAPÍTULO 3.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
3.1. Análisis de las condiciones experimentales.	28
3.2. Espectroscopia de Transmisión.	30
3.2.1 Espectroscopia en el crecimiento de <i>Escherichia coli</i>	30
3.2.2. Espectroscopia en el crecimiento de <i>Staphylococcus aureus</i>	31
3.2.3. Espectroscopia en el crecimiento de <i>Lactobacillus sp.</i>	34
3.3. Crecimiento de las colonias bacterianas por efecto del Campo Magnético.	36
3.3.1. Efecto del campo magnético sobre el crecimiento de <i>Escherichia coli</i>	36
3.3.2. Efecto del Campo magnético sobre el crecimiento de <i>Staphylococcus aureus</i>	37
3.3.3. Efecto del Campo Magnético sobre el crecimiento de <i>Lactobacillus sp.</i>	38
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42
ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones del Campo Magnético en el crecimiento bacteriano.

Tabla 2. Efectos del Campo Magnético sobre el crecimiento bacteriano.

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Figura 1. Forma de onda de un campo magnético.

Figura 2. Los imanes se orientan en la dirección del campo magnético.

Figura 3. Corte Transversal de una célula en división de una cianobacteria del género *Microcystis*.

Figura 4. A) Fragmento de la membrana celular, B) Membrana celular bajo la influencia de un campo magnético.

Figura 5. Tinción de Gram de *Staphylococcus aureus* que muestran cocos grampositivos dispuestos en pares, tétradas y racimos.

Figura 6. Tinción de Gram de *Escherichia coli*. Aumento original x 1000.

Figura 7. Tinción de Gram de *Lactobacillus spp.*

Figura 8. Bobina conectada a una fuente de poder.

Figura 9. Campo magnético constante.

Figura 10. Bobina parcialmente cubierta para alcanzar la temperatura óptima.

Figura 11. Puntos de medición (A, B, C, D, 0)

Figura 12. Medición del espectro de transmisión. Para esta medición la fuente de luz blanca (A), envía una señal de Luz, mediante la fibra óptica (B) que ilumina la muestra (C), esta muestra actúa como una muestra translúcida es decir que deja pasar la luz y está luz es captada por la otra fibra óptica (D) que se encuentra por debajo de la muestra, la luz transmitida es enviada al espectrofotómetro (E), que conectado a un computador se obtiene las curvas de distribución espectral (F).

Figura 13. Técnicas de inoculación en placa. Estriado por cuadrantes y estriado continuo

Figura 14. Técnica de extensión por placa en diluciones 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} . Se tomó 1 ml de la última dilución 10^{-3} .

Figura 15. Curva de crecimiento de *Escherichia coli* expuesta a campo magnético. En la hora 4 se observa un decaimiento exponencial.

Figura 16. Curva de crecimiento de *Escherichia coli* bajo condiciones normales. Visualmente se aprecia la presencia de las cepas bacterianas a las 19 horas aproximadamente, existiendo un decaimiento aproximadamente lineal.

Figura 17. Curva de crecimiento de *Staphylococcus aureus* expuesta a campo magnético. En la hora 4 se observa que la curva comienza ascender.

Figura 18. Curva de crecimiento de *Staphylococcus aureus* a condiciones normales. En la hora 6 se observa que la curva comienza ascender.

Figura 19. Curva de crecimiento de *Lactobacillus sp* expuesta a campo magnético. En la hora 3 se observa un decaimiento exponencial

Figura 20. Curva de crecimiento de *Lactobacillus sp* bajo condiciones normales. En la hora 3 se observa un decaimiento exponencial.

Figura 21. Crecimiento bacteriano de *Escherichia coli* bajo el efecto de campo magnético. La imagen de la izquierda se muestra el cultivo bacteriano antes de ser llevado a la bobina. Y la imagen de la derecha es el resultado luego de las 24 horas después de ser aplicado campo magnético.

Figura 22. Crecimiento bacteriano de *Escherichia coli* en condiciones normales. La imagen de la izquierda se muestra el cultivo bacteriano antes de ser llevada a la estufa. Y la imagen a la derecha es el resultado luego de las 24 horas.

Figura 23. Crecimiento bacteriano de *Staphylococcus aureus* bajo el efecto de campo magnético. La imagen de la izquierda se muestra el cultivo bacteriano antes de ser llevado a la bobina. Y la imagen de la derecha es el resultado luego de las 24 horas después de ser aplicado campo magnético.

Figura 24. Crecimiento bacteriano de *Staphylococcus aureus* en condiciones normales. La imagen de la izquierda se muestra el cultivo bacteriano antes de ser llevada a la estufa. Y la imagen a la derecha es el resultado luego de las 24 horas, muestra un crecimiento normal.

Figura 25. Crecimiento bacteriano de *Lactobacillus sp*, bajo el efecto de campo magnético. La imagen de la izquierda se muestra el cultivo bacteriano antes de ser llevado a la bobina. Y la imagen de la derecha es el resultado luego de la tercera hora después de ser aplicado campo magnético.

Figura 26. Crecimiento bacteriano de *Lactobacillus sp*, en condiciones normales. La imagen de la izquierda se muestra el cultivo bacteriano antes de ser llevada a la estufa. Y la imagen a la derecha es el resultado luego de las 24 horas, muestra un crecimiento normal. .

Figura 27. Estriado recomendable para la medición con la espectrometría de transmisión.

ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de la bobina

Anexo 2. Fuente de poder (DC-Constanter. Geregelttes Netzgerat), conectada a una bobina

Anexo 3. Bobina parcialmente cubierta, para alcanzar la temperatura óptima 37°C

Anexo 4. Preparación y dispensación de medios de cultivos.

Anexo 5. Lugar propicio para la medición con la espectroscopia UV-VIS

Anexo 6. Manual para la construcción de bobinas como práctica para el laboratorio de física

RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de estudiar los efectos magnéticos sobre la selección de tres microorganismos aislados. Para ello se construyó una bobina que fue conectada a una fuente de poder con voltaje directo de 12 Voltios y 2 Amperios y tiempos de exposición de 24 horas, a 37°C. Como microorganismos fueron aislados *Escherichia coli*, *Estafilococos aureus* y *Lactobacillus sp* con el fin de determinar y observar el comportamiento del efecto del campo magnético en cada uno de estos microorganismos que son muy distintos entre ellos. Para el sembrando de las cepas bacterianas se utilizó medios de cultivos como el agar EMB, Manitol Sal, y MRS correspondientemente. El crecimiento bacteriano de las mismas se determinó mediante el método de espectroscopia UV-VIS cuya finalidad tiene medir la intensidad de color que conforme va pasando el tiempo mide el cambio que radica en el medio de cultivo al momento de la presencia de crecimiento bacteriano. Los resultados indicaron que los 3 tipos de microorganismos al ser estimulados por el campo magnético presentaron diferentes repercusiones.

PALABRAS CLAVES: Campo magnético, bacterias, voltios, amperios, crecimiento microbiano.

ABSTRACT

This research was carried out with the purpose of studying the magnetic effects on the selection of three microorganisms isolated with possible applications. For this purpose, a bovine was built frequently which oscillated between 2 amps and 2 volts and 24 hour exposure times. As microorganisms were isolated *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Lactobacillus acidophilus* in order to determine and observe the behavior of the effect of the magnetic field in each one of these microorganisms that are very different between them. For the cultivation of the bacterial strains, culture media such as EMB agar, Mannitol Sal, and MRS are used correspondingly. The bacterial growth thereof was determined by the UV-VIS spectroscopy method whose purpose is to measure the intensity of color that, as time passes, measures the change that occurs in the culture medium at the time of the presence of bacterial growth. The results indicated that the 3 types of microorganisms when stimulated by the magnetic field presented different repercussions.

KEYWORDS: Magnetic field, bacteria, volts, amps, microbial growth.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio consiste en la determinación de los efectos de campo magnético sobre el crecimiento bacterias aislando 3 tipos de bacterias que son distintas entre ellas, Se ha desarrollado en tres capítulos, el primer capítulo es el marco teórico, consiste en la fundamentación teórica de la que trata el proyecto, en el capítulo dos se muestra la metodología que se va utilizar en la investigación y finalmente el capítulo tres que trata sobre los resultados obtenidos y discusión de la investigación. Esta investigación contribuye al estudio del crecimiento bacteriano, principalmente en la “Evaluación de los efectos de los campos magnéticos sobre el crecimiento bacteriano”, que se llevaba a cabo en el departamento de Química y Ciencias Exactas, sección de Fisicoquímica y Matemáticas de la Universidad Técnica Particular de Loja. Mediante este estudio se incrementa los conocimientos dentro del ámbito Fisicoquímico como microbiológico, acerca de incrementar el estudio del campo magnético sobre la formación de biopelícula de las bacterias estudiando así sus propiedades y sus aplicaciones en las diferentes áreas como a nivel industrial, alimentario, médico. Así mismo se realizará la elaboración de bobinas que generaran dicho campo magnético y con ellos se determinara la frecuencia y corriente eléctrica que estimulara el CM. Esta investigación puede ayudar como nuevas alternativas para la sociedad dentro de los laboratorios clínicos o a nivel industrial al poder lograr estimular el crecimiento bacteriano.

Este proyecto tuvo como objetivo general: Determinar los efectos del campo magnético en el crecimiento de colonias bacterianas aisladas. Así mismo los objetivos específicos considerados también como componentes del proyecto son: Diseñar el artefacto generador del campo magnético, justificar la selección del estudio de 3 tipos de bacteria, determinar los efectos del campo magnético en el crecimiento de estos 3 tipos de bacterias y desarrollar un manual para la construcción de bobinas como práctica para el laboratorio de Física. Para la metodología del presente estudio se llevó a cabo con dos principales componentes el generador de señal y el sistema de bobina. Para ello se construyó una bobina conectada a un generador con voltaje directo de 12 Voltios y 2 Amperios en donde el tiempo de exposición de los medios de cultivos fueron a 24 horas, ya que es el intervalo de tiempo mínimo de la mayoría de cultivos microbianos. Como microorganismos utilizados para estandarizar las condiciones de aplicación del campo magnético fueron las cepas de *Escherichia coli*, microorganismo más estudiado por habitar en ambiente cotidiano para el ser humano. *Estafilococos Aureus* es de gran importancia médica ya que produce gran variedad de

enfermedades al ser humano y *Lactobacillus acidophilus* cultivo probiótico ya que es muy utilizada en la industria alimenticia como para la elaboración de leches fermentadas, cada uno de estos microorganismo siendo diferentes entre ellos. La presencia del crecimiento bacteriano se determinó sembrando las bacterias en agar EMB, Manitol sal y Agar MRS correspondientemente; cada cepa se caracteriza por su distinta morfología que presentan en estos agares, El crecimiento de las mismas se determinó por técnicas de espectroscopia UV-VIS en donde mide los cambios de color del medio de cultivos cuando hay presencia de crecimiento bacteriano. Se trabajó muestras por duplicado manteniéndolas a temperatura óptima 37 °C. En donde se observó el crecimiento bajo la influencia del campo magnético y la otra muestra sin campo magnético es decir en una estufa a lo que se considera normal. Y así tener una comparación y poder observar los diferentes cambios que ahí entre ellas.

CAPÍTULO 1
MARCO TEÓRICO

1.1 Campo magnético.

Desde los tiempos más antiguos de la humanidad, el magnetismo y la electricidad han sido los términos más primitivos, siendo motivo de las más diversas reacciones de parte del hombre. Los filósofos de la antigüedad conocían otras manifestaciones de la electricidad tales como el fenómeno producido por las cargas estáticas, acumuladas en un trozo de ámbar y otras sustancias, por medio de la fricción. El ámbar es la resina fosilizada de un árbol conífero ahora extinto, casi todo proviene de la región del Báltico en el norte de Europa; llegó a ser llamado “electrón” por los escritores griegos clásicos, pero este término también se refería al oro nativo y las aleaciones de oro y plata. En el siglo X, fue conocida desde la antigüedad en el lejano oriente la piedra imán que fue utilizada como instrumento para la navegación. (Rodríguez, 1999)

Los fenómenos eléctricos y magnéticos fueron conocidos por los antiguos griegos, el nombre magnesia viene de la ciudad de "Magnesia" en Asia Menor, de ahí el término magnetismo. La atracción de material de luz seca como la paja al ámbar frotado y la atracción de hierro a la piedra de carga, se observaron sin duda antes de que comenzará la historia registrada. Sabían que ciertas piedras atraían el hierro y que los trocitos de hierro atraídos, atraían a su vez a otros. Estas se denominaron imanes naturales. Sin embargo, estos fenómenos no fueron registrados por los egipcios o cualquier otra civilización pre-griega. Tales de Mileto (625 a C- 545 .C.) Fue el primer filósofo griego que hablaba de atracciones magnéticas. La primera declaración definitiva es por Tales de Mileto (585B.C.) dijo que la piedra de carga atrae al hierro porque tiene alma. La opinión predominante en ese momento era que el movimiento de cualquier tipo indica vida, o un alma, o un dios. De hecho, fue pensamiento avanzado por parte de Tales pensar que el movimiento de la plancha de la piedra de carga fue causado por sí mismo y no por la intervención de un Dios. En China, se encuentra la primera referencian en un manuscrito del siglo IV a C, titulado Libro del amo del valle del diablo: «La magnetita atrae al hierro hacia sí o es atraída por éste». La primera mención sobre la atracción de una aguja aparece en un trabajo realizado entre los años 20 y 100 de nuestra era: «La magnetita atrae a la aguja» (Fowler, 1997).

La primera aplicación de la “magnetita” que es un óxido de hierro y, por tanto, del magnetismo es la brújula: que es una aguja fina colgada en un soporte que le permite girar libremente. Bajo esas condiciones la aguja indicará la dirección del polo Norte terrestre (Aguilar, 2001). Los fenómenos eléctricos y magnéticos habían sido tratados por separado; sin embargo no fue hasta los últimos años del siglo XVI cuando se

realizaron los primeros descubrimientos de frotación de distintos materiales. Durante el siglo XIX, tiene su origen el concepto actual del electromagnetismo en diferentes experimentos, en los cuales se planteó la unificación de las teorías sobre el magnetismo y la electricidad. (Delgadillo, 2012).

Las propiedades sanadoras del magnetismo y de los imanes en general se han considerado siempre marginales a la ciencia, debido a las prácticas pseudoterapéuticas de August Mesmer (1734-1815). Esa recurrente apelación a poderes invisibles de los campos magnéticos ha vuelto a cobrar especial auge con el agua tratada magnéticamente, la llamada “agua magnetizada o imantada”. Pero los mitos que rodean a determinadas presentaciones no deben retraernos de estudiar la importancia real del magnetismo en biología. En los últimos años, se ha intensificado la investigación sobre los efectos que ejercen los campos magnéticos sobre los organismos. (Martínez et al, 2003). Se han propuesto varias teorías para explicar el efecto de los campos magnéticos débiles sobre los organismos y todas hacen mención de un fenómeno denominado resonancia del ciclotrón, como uno de los responsables de dichos efectos. (Delgadillo, 2012).

Paralelamente, un creciente desarrollo técnico ha provocado la aparición de radiaciones electromagnéticas artificiales, cuya repercusión en los seres vivos está todavía por estudiar. Debido en buena medida a ello, se ha suscitado cierta alarma social ante la posible incidencia de los campos magnéticos variables, creados por líneas de alta tensión y antenas de telefonía móvil, en la salud. (Martínez et al, 2003).

1.1.1 Conceptos del campo magnético.

Se define el concepto de campo magnético como aquel que describe el valor de una entidad física para cada punto en una determinada región del espacio. En física, es bastante común utilizarlo para aquellos casos donde existe la capacidad de ejercerse una fuerza. Un campo magnético se define en términos de la fuerza ejercida sobre una unidad de carga en movimiento, el campo eléctrico describe la fuerza ejercida sobre una unidad de carga eléctrica y el campo gravitatorio, describe la fuerza ejercida sobre una unidad de masa para cada punto en el espacio. Los campos magnéticos y campos eléctricos se pueden representar por líneas de fuerza que rodean a cualquier dispositivo eléctrico (Ruiz et al., 2009).

Los campos magnéticos se producen por cargas en movimiento, siendo proporcionales a la corriente eléctrica que circula por un sistema, independientemente de la tensión que haya. La electricidad y el magnetismo se pueden considerar

fenómenos separados, siempre que las corrientes y las cargas sean estáticas. Sin embargo ocurre un acoplamiento entre los campos magnéticos y eléctricos cuando hay una variación en el tiempo, que se hace más fuerte cuando aumenta la frecuencia. (Ruiz et al., 2009)

La intensidad de un campo magnético depende no solo de una variable eléctrica, sino además de la distancia, su magnitud se relaciona directamente con el flujo de corriente (medido en amperes) y es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia (Delgadillo, 2012).

Un campo magnético se define como la región en el espacio en el que un objeto magnetizado puede, a su vez, magnetizar a otros cuerpos. De acuerdo a la distribución de su intensidad se pueden clasificar en: Heterogéneos, donde la distancia disminuye proporcionalmente con la distancia del centro. Y Homogéneos, en donde es uniforme la intensidad del campo. De acuerdo al tiempo si son constantes o variables se pueden clasificar en: Oscilantes: en cada impulso la carga se alterna a la vez que la intensidad varía. Y Estáticos su dirección y las líneas de fuerza son constantes en el tiempo. Tomando estos criterios, el efecto de los campos magnéticos dependerá de si éste es homogéneo, heterogéneo, estático u oscilante. (Rojas, et al., 2003)

1.1.2 Características del campo magnético.

El campo magnético puede ser caracterizado por su frecuencia, longitud de onda y su amplitud (que viene a determinar su intensidad o potencia). (Figura 1). La dirección del campo alterna de una polaridad a la contraria y vuelta a la primera en un intervalo de tiempo se llama período. Se dice que la onda ha hecho un ciclo. Se denomina Hercio, en honor al físico alemán H. Hertz y se denota por "Hz", si la onda alterna su polaridad una vez en un ciclo se dice que su frecuencia es de un ciclo por segundo. La Longitud de onda describe entre una cresta en la onda y la próxima cresta de la misma polaridad, es decir, marca la longitud que recorre la onda durante un tiempo igual a un periodo. En Europa y la mayoría de las otras ubicaciones es alternante de 50 ciclos por segundos, es decir 50 Hz. Y en Norte América la frecuencia del campo eléctrico es 60 Hz. (Solano & Sáiz, 2015)

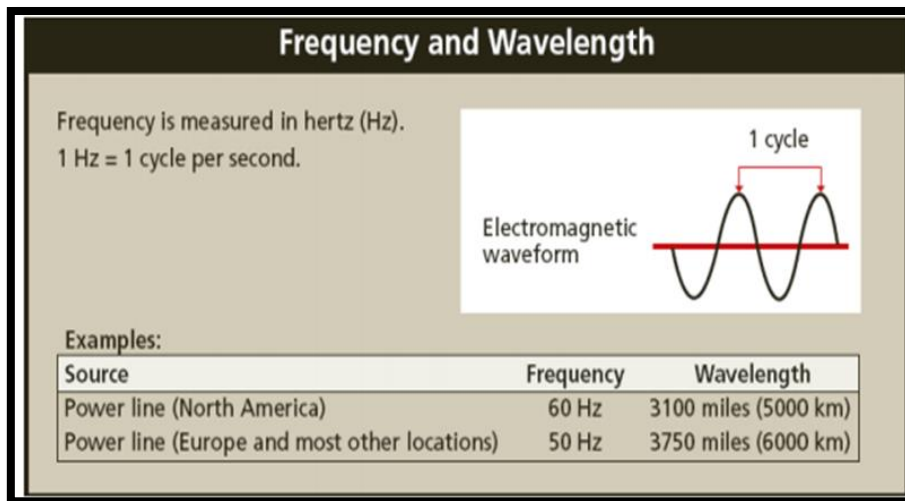


Figura 1. Forma de onda de un campo magnético.

Fuente: Solano & Sáiz, 2015.

Elaboración: Solano & Sáiz, 2015.

Hans Christian Oersted descubrió que las corrientes eléctricas producen campos magnéticos, estableciendo una relación muy estrecha entre el magnetismo y la electricidad, llamándosele Electromagnetismo. Al colocar varios imanes pequeños rodeando un conductor con corriente, se observa que estos imanes se orientan de tal forma que las líneas de inducción forman círculos cerrados alrededor del conductor (figura 2). Así como la ley de Gauss relaciona la integral del Campo Eléctrico a través de una superficie cerrada con la carga neta encerrada por dicha superficie. La ley de Ampere relaciona la integral del Campo Magnético a través de una trayectoria cerrada con la corriente neta encerrada por dicha trayectoria. (Barco & Rojas, 2001).

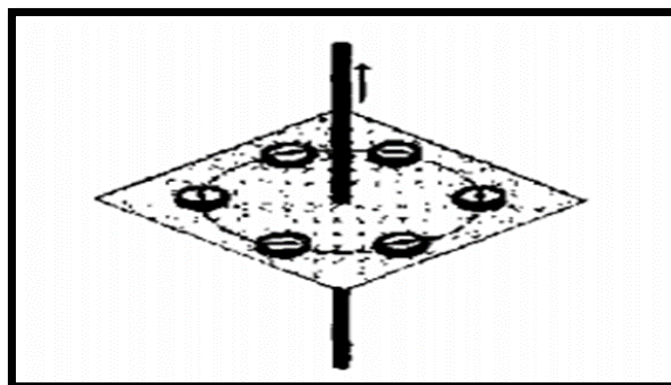


Figura 2. Los imanes se orientan en la dirección del campo magnético.

Fuente: Barco & Rojas, 2001.

Elaboración: Barco & Rojas, 2001

El campo magnético es la zona donde las partículas eléctricas se ven afectadas por las fuerzas electromagnéticas. En frecuencia extremadamente baja (FEB) el campo

magnético (CM) se puede desacoplar del campo eléctrico (CE), debido a que siempre estaremos en la zona de campo cercano, siendo este concepto una herramienta útil para el estudio de los efectos de los campos magnéticos en FEB. Se debe tener en cuenta que 1 micro tesla (μT) equivale a 0.8 A/m. Las frecuencias extremadamente bajas (FEB) son ondas que están entre los 1 Hz y 300 Hz; se cuentan dentro de estas las instalaciones de transporte y distribución de energía eléctrica que actúan a 60 Hz para nuestro país. Las Radiofrecuencias (RF) son aquellas frecuencias comprendidas entre 3 kHz a 300 MHz, e incluyen las radiocomunicaciones en AM y FM. Microondas (MO) son frecuencias superiores a 300 MHz hasta 300 GHz, son producidas por telefonía móvil, hornos microondas, radares y sistemas de comunicación; la telefonía móvil o celular. (Torres & Alzate, 2006)

Faraday descubrió que la variación temporal del flujo magnético debida a un campo magnético variable que atraviesa la superficie limitada por una espira conductora estacionaria (en reposo), induce una corriente. La fuerza electromotriz (fem) o voltaje inducido en una espira cerrada es igual al negativo de la relación de cambio con respecto al tiempo del flujo magnético a través de la espira. La fem inducida es el trabajo realizado por unidad de carga durante el movimiento de los portadores de carga que constituye dicha corriente. (Durán & Reyes, 2011)

1.2 Efectos biológicos de los Campos Magnéticos.

Ocurre un efecto fisiológico cuando se expone un sistema vivo a un campo magnético causando un efecto detectable previo a un efecto biológico importante para comprender los riesgos que se pueden producir en la salud. Este efecto puede ser o no nocivo. (Solano & Sáiz, 2010).

Algunos estudios mencionan que la exposición a campos magnéticos genera cambios positivos pero otros al contrario defienden que esta exposición trae consecuencias negativas para los seres vivos. Por ello han tenido por objetivo el establecimiento de una relación entre la exposición al campo y las consecuencias biológicas posibles en los seres vivos. Una de las tantas consecuencias de la exposición a los campos magnéticos es el crecimiento y la proliferación celular. Algunas terapias establecidas ayudan en la proliferación de las células en heridas, ya que la exposición a los campos produce una migración de las células a las capas externa de la piel. Por esto la exposición al campo magnético debe ser de una controlada, esto se logra con la ayuda de varios instrumentos como los Tomógrafos, muy utilizados en la medicina. (Jiménez & Córdova, 2016)

Varias publicaciones refieren sobre la influencia de campos magnéticos en sistemas biológicos y en diferentes células humanas en condiciones in vitro. Varias especies animales responden a las variaciones de campos magnéticos es así que en un investigación se tomó a *Drosophila melanogaster* como modelo biológico en donde presentaba alteraciones cromosómicas luego de ser sometidos los embriones a campos magnéticos de alta intensidad, al igual que sucede en la *Vicia fada*. Se ha manifestado que los diversos mecanismos que permiten el intercambio de información de un estado magnético definido en moléculas biológicas reconocen las pequeñas diferencias de campos magnéticos en múltiples reacciones químicas. (Weaver, et al, 2000)

Esta característica de sensibilidad molecular, al parecer interfieren con diversos mecanismos homeostáticos celulares a este nivel originando alteraciones en las respuestas celulares habituales considerados dentro de un margen de normalidad. En diferentes campos de investigación se llevan a cabo labores para determinar los mecanismos de acción de los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos sobre diferentes sistemas biológicos. (Sarta & Bobadilla, 2003)

1.2.1. Efectos Biológicos de los campos magnéticos sobre el crecimiento celular.

Los efectos del campo magnético en microorganismos se presentan en los niveles tanto celulares como atómicos, interactuando cada vez con complejas estructuras, manifestando sus características estructurales de cada nivel. La acción del campo magnético sobre los organismos puede involucrar diferentes mecanismos como el desarrollo de los procesos fisicoquímicos relacionados con la absorción e interacción de la energía del campo con los tejidos. La existencia de un proceso de resonancia magnética entre la energía elemental de los átomos y moléculas de los organismos y la influencia de los campos en el equilibrio y velocidad de las reacciones que se producen en los procesos bioquímicos. Los hechos biológicos bajo la influencia de un campo magnético pueden producir efectos en la reproducción celular, en las reacciones con radicales libres y en los procesos enzimáticos y de acoplamiento e incluso en el desarrollo de procesos físicos-químicos relacionados con la absorción e interacción de la energía del campo con los tejidos. (Siannah, 2005).

La exposición a los campos magnéticos puede causar estimulación o inhibición en el crecimiento y reproducción de los microorganismos. Un simple pulso de intensidad de

5 a 10 tesla (T) y frecuencia de 5 a 500 kHz se aplica generalmente para reducir el número de microorganismos por lo mínimo en dos ciclos logarítmicos. La inhibición o estimulación de microorganismos, expuestos a campos magnéticos, puede ser el resultado de un campo magnético o de campos eléctricos inducidos. Este último es medido en términos de la intensidad del campo eléctrico inducido y la densidad de corriente inducida. (Fernández, et al, 2001)

1.3. Análisis de estructuras celulares frente a un campo magnético.

1.3.1 Membrana celular

La membrana celular bacteriana, también denominada membrana citoplásmica, es visible en la micrografía electrónica de cortes delgados (figura 3). Es una “unidad de membrana” típica compuesta por fosfolípidos y hasta 200 diferentes tipos de proteínas. Las proteínas constituyen casi el 70% de la masa de la membrana una proporción considerablemente más elevada en comparación con las membranas de las células de mamíferos. (Brooks, et al, 2011). La membrana celular permite el ingreso de sustancias nutritivas y la eliminación de proteínas (endotoxinas) y desechos que producen enfermedades. Se encuentran los distintos sistemas de energía como la fosforilación, oxidación y el transporte de los electrones. El transporte de solutos se realiza en la membrana celular por medio de un transporte activo. (Lucana & Huanca, 2014).

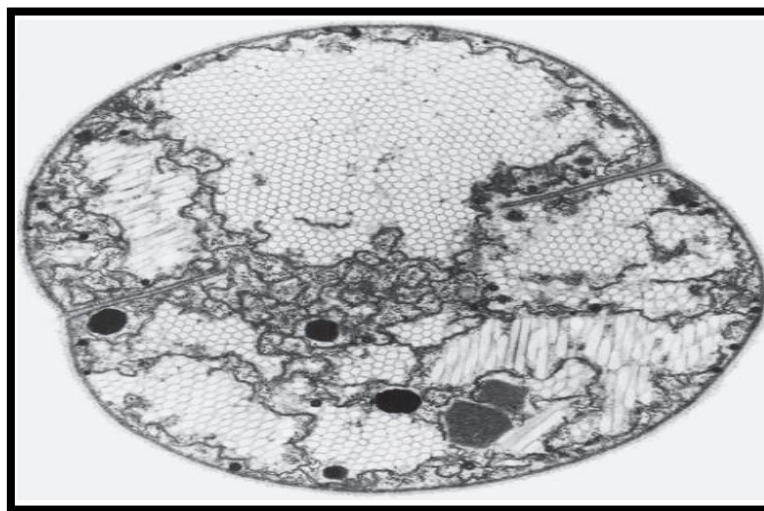


Figura 3. Corte Transversal de una célula en división de una cianobacteria del género *Microcystis*.

Fuente: Brooks., et al, 2011

Elaboración: Brooks., et al, 2011

Existen diversas teorías con respecto al modo de acción de los efectos magnéticos sobre el crecimiento microbiano una de ellas es cuando se aplica un campo eléctrico externo (E) a la célula, generándose un potencial a través de la membrana celular e incrementándose las cargas eléctricas. Cuando las cargas se acumulan en ambos lados de la membrana celular se atraen y su espesor se reduce. Sin embargo se originan poros en la membrana celular cuando la atracción de cargas es mayor. Otra teoría es la electroporación que se basa a la reorientación de las proteínas y los lípidos presentes en la membrana celular. El cambio en la orientación de los componentes de la membrana celular debido al campo eléctrico genera poros en la membrana (figura 4). Esta teoría puede ser reversible o irreversible Cuando una célula es expuesta a un campo eléctrico de mayor a 10kV/cm durante 2-20 f.l.s, se observa electroporación irreversible El proceso de electroporación de la membrana celular da por resultado la destrucción física de la célula siempre y cuando el tamaño del poro sea de 0.3-0.5 nm y el número de poros sea mayor en comparación con el tamaño de la célula. (Calderón, et al, 1998)

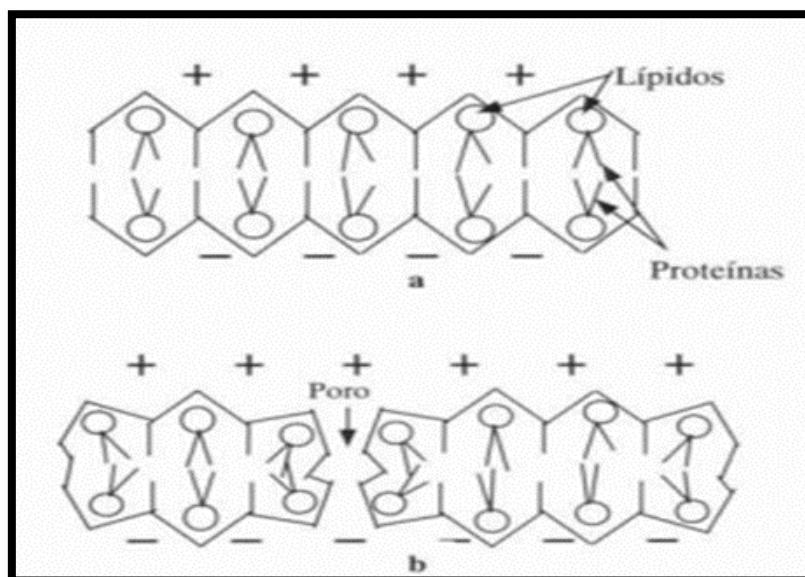


Figura 4. A) Fragmento de la membrana celular, B) Membrana celular bajo la influencia de un campo magnético.

Fuente: Calderón., et al, 1998.

Elaboración: Calderón., et al, 1998.

1.3.2. Pared Celular.

Las bacterias grampositivas se diferencian de las gramnegativas en la estructura de la pared celular, en sus componentes y sus funciones. Los componentes de la pared celular también son exclusivos de las bacterias, y su estructura repetitiva se une a receptores de patrón de patógenos de las células humanas para desencadenar

respuestas protectoras innatas. Las membranas citoplásmicas de la mayoría de los procariotas están rodeadas de unas rígidas capas de peptidoglucano (mureína), salvo en los organismos *Archaea* (que contienen pseudoglucanos o pseudomureínas relacionadas con el peptidoglucano). El peptidoglucano es el elemento que proporciona rigidez, por lo que también determina la forma de cada célula bacteriana, las bacterias gramnegativas están envueltas además por membranas externas. (Murray, et al, 2002).

Las funciones que presenta la pared celular son: la rigidez y resistencia osmótica, que se encuentra entre el interior de la bacteria y el exterior, representando una barrera contra las sustancias tóxicas que se localizan en el exterior de la bacteria. (Lucana & Huanca, 2014).

La composición principal de la pared celular consiste en largas cadenas de polisacáridos, aminoácidos y otros polímeros. Los grupos cargados de la pared hacen que ésta actúe como intercambiador iónico, por lo que sus propiedades eléctricas cambiarán en función de la concentración iónica del medio circundante. (Delgadillo, 2012)

1.3.3. El Citoplasma.

El citoplasma de las células eucariotas se caracteriza por la presencia de un retículo endoplásmático, vacuolas, plástidos que se reproducen por sí mismos y un citoesqueleto complejo, compuesto por microtúbulos, microfilamentos y filamentos intermedios. (Brooks, 2011). El citoplasma puede considerarse como una solución salina altamente conductora con una gran concentración de material orgánico. Se habla de rango de altas frecuencias cuando la barrera membranosa ha sido superada por el campo eléctrico por lo tanto las dispersiones en el citoplasma sólo pueden ocurrir una vez. Las frecuencias mayores de 20 MHz son las dispersiones provocadas por la rotación de las moléculas de agua, tanto las ligadas a proteínas, como las que no lo están. (Aránzazu, 2009)

1.4. Microorganismos estudiados.

1.4.1. *Estafilococos aureus*.

El género *Staphylococcus* son cocos Gram positivos, de 0.5 a 1.5 μm de diámetro, aglomerados como células únicas, tétradas, cadenas cortas, en pares o formando racimos de uvas (figura 5). El nombre de *Staphylococcus*, proviene del griego *staphyle* que significa racimo de uvas, para describir a los cocos responsables de inflamación y supuración. Estas bacterias no poseen cápsula, son inmóviles, no esporuladas, aunque algunas cepas son anaerobias facultativas, desarrollan una cápsula de limo.

La mayoría de los estafilococos producen catalasa (enzima capaz de desdoblar el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno libre); característica que se utiliza para diferenciar el género *Staphylococcus* de los géneros *Streptococcus* y *Enterococcus* que son catalasa negativos. (Cervantes, et al, 2014)

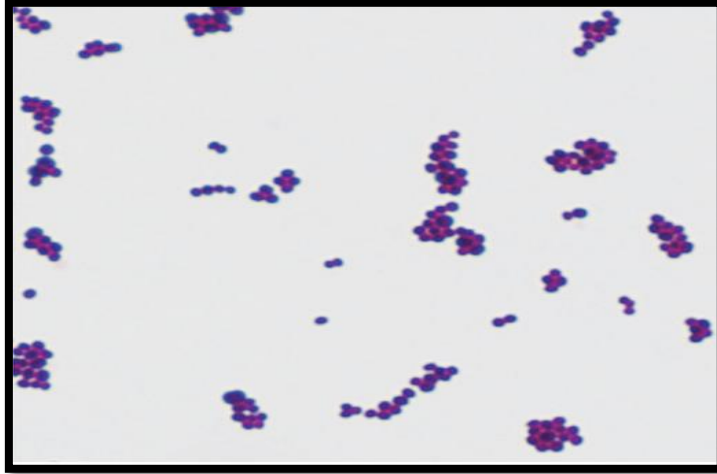


Figura 5. Tinción de Gram de *Staphylococcus aureus* que muestran cocos grampositivos dispuestos en pares, tétradas y racimos.

Fuente: Brooks., et al, 2001

Elaboración: Brooks., et al, 2001

Los estafilococos crecen rápidamente en los medios no selectivos, como el agar sangre, agar chocolate, etc., tanto aerobias como anaerobias, y se pueden apreciar colonias lisas de gran tamaño en el plazo de 24 horas. El medio usado por la mayoría de los laboratorios y más recomendable, es el agar sal manitol por su elevado contenido de sal que inhibe el crecimiento de la mayoría de las bacterias Gram negativas. Este medio permite realizar la identificación presuntiva de *S. aureus* por la pigmentación amarilla característica de *S. aureus*. Debido a que esta bacteria fermenta el manitol se genera un cambio de color en el medio que vira de rojo pálido a amarillo. (Murray, et al, 2017).

1.4.2. *Escherichia coli*.

Escherichia coli fue inicialmente aislada y descrita por el pediatra alemán Escherich en 1885, demostró su existencia como huésped habitual del intestino. La denominó *Bacterium coli commune* que significa “bacteria común del colón”. Es un bacilo gram negativo corto (figura 6). Anaerobio facultativo de la familia Enterobacteriaceae, a pocas horas después del nacimiento esta bacteria coloniza el intestino del hombre, por tal motivo se le considera un microorganismo de la flora normal, pero hay cepas que pueden ser patógenas y causar daño produciendo diferentes cuadros clínicos, entre ellos diarrea. (Rodríguez, 2002)



Figura 6. Tinción de Gram de *Escherichia coli*. Aumento original x 1000.
Fuente: Brooks., et al, 2001
Elaboración: Brooks., et al, 2001

E. coli es fermentadora de lactosa, positiva para indol y descarboxilasa de lisina, a partir de glucosa fermenta manitol. Mide 1 x 2 μm ; goza de una sola cadena en espiral de ADN, se mueve mediante flagelos peritricos, no produce esporas y forma fimbrias y pilis. Este microorganismo ha sido objeto de investigación debido a su resistencia a antimicrobianos y la capacidad que tiene de producir toxinas. (Sánchez & Trejo, 2006). *E. coli* y la mayoría de las otras bacterias entéricas forman colonias circulares, convexas y lisas con bordes distintos. En el agar E.MB (eosina y azul de metileno) las colonias se caracterizan por poseer un centro grande de color oscuro e incluso negro, miden de 2 a 4 mm de diámetro, y presenta un brillo verde metálico cuando se observan con luz refleja. Que es característico de las colonias en este agar. (Brooks, et al, 2001)

1.4.3. *Lactobacillus acidophilus*.

Este generó pertenece a la familia Bacillaceae, e incluye más de 60 especies de bacilos. Está formado por microorganismos bacilares Gram positivos a menudo largos y delgados (figura 7), son formadores de endósporas, son quimioheterótrofos, están rodeados de flagelos peritricos y normalmente son móviles. Tienen un amplio tamaño que varía 0,5 a 2,5 μm x 1,2-10 μm . Son anaerobios o aerobios facultativos. (Hernández & Domínguez, 2014).

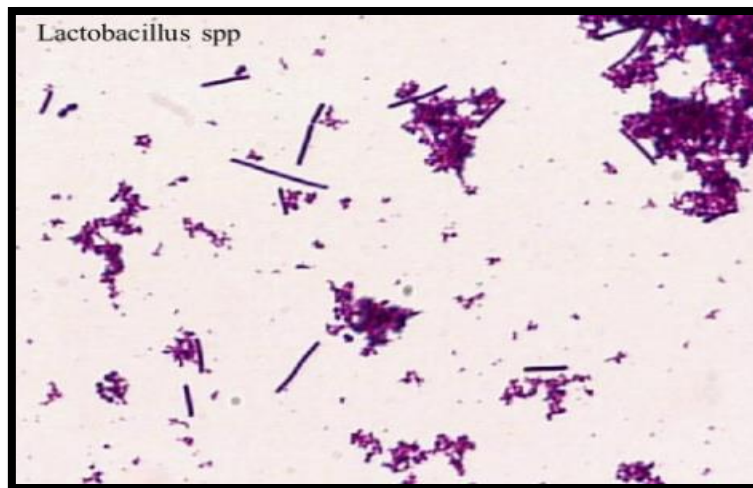


Figura 7. Tinción de Gram de *Lactobacillus spp.*

Fuente: James, B. 2012

Elaboración: James, B. 2012

Los *Lactobacillus* por ser de carácter no patogénicos, ino cuos, estables y viables, son considerados excelentes probióticos. Resisten al cambio de pH y tienen la capacidad de transformar numerosos carbohidratos. Las especies de *Lactobacillus* cuyos efectos probióticos han sido probados con éxito in vitro e in vivo son: *L. rhamnosus*, *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. reuteri*, *L. fermentum* y *L. planterum*. (Zamudio & Zavaleta, 2003) Entre estos el género bacteriano más estudiado es *Lactobacillus acidophilus*; especie muy utilizada en la industria alimentaria para la elaboración de leches fermentadas. Estos microorganismos han sido empleados ampliamente en la industria para elaborar conservas de vegetales, productos lácteos y cárnicos fermentados, ya que por su metabolismo producen ácido láctico y diversos compuestos aromáticos que le confieren a los alimentos cualidades sensoriales agradables. (Guzmán, et al, 2013)

El Agar MRS fue desarrollado por Man, Rogosa y Shaper, y por su formulación permite el adecuado desarrollo de lactobacilos y otras bacterias ácido lácticas por lo tanto es específico para el género de *Lactobacillus*. El citrato de amonio actúa como agente inhibitorio del crecimiento de bacterias Gram negativas. El agar es el agente solidificante El medio de cultivo preparado toma un color ámbar oscuro y las colonias se presentan blancas de tamaño mediano a grande. (Britania, 2015)

1.5. Espectroscopia óptica

Los métodos de detección y manipulación del espectro electromagnético son los que dan lugar a la Espectroscopia Óptica. La radiación electromagnética es una entidad física presente en casi todo el universo. La luz es un ejemplo de una parte de la cual se manifiesta como el espectro visible. Asimismo, una extensión de ella es el infrarrojo y ultravioleta cercano. (Camarillo, 2015)

1.5.1. Principio físico

El estudio del espectro luminoso de los cuerpos es la espectroscopia. Por espectroscopia se conoce el conjunto de conocimientos relativos al análisis espectroscópico. En Física, un espectro es la distribución y representación gráfica de la intensidad de una radiación en función de una magnitud característica, como la longitud de onda, la frecuencia o la masa. El análisis de un espectro luminoso permite detectar la cantidad de radiación electromagnética absorbida y emitida por un cuerpo con base en la intensidad de la radiación incidente y su relación con los niveles de energía involucrados en una transición cuántica. (Valcárcel, et al, 2008). La espectroscopia sirve para identificar y medir constituyentes como elementales, orgánicos e inorgánicos, en diversas y variadas muestras, desde aquellas en fase estática; como por ejemplo contaminantes en agua o la composición de diversas aleaciones, hasta aquellas en fase dinámica como velocidades de difusión de fármacos o actividad metabólica en el cuerpo. La espectroscopia es la herramienta más utilizada en investigación, análisis, control y diagnóstico en muchos ámbitos relacionados con la física, la química, las ciencias biológicas y las ciencias médicas. (González & Montaña, 2015)

1.5.2. Tipos de Espectroscopia.

Existen diversos tipos de tecnologías espectroscópicas clasificadas según su uso o forma en la que se emite o se detecta la radiación incidente.

1.5.2.1. Absorción.

La espectroscopia ultravioleta-visible (UV/VIS) se basa en la cantidad de energía que puede absorber o transmitir una muestra en función de la cantidad de sustancia presente. Este tipo de espectroscopia de absorción supone que cuando una radiación incide sobre una muestra, se produce una absorción parcial de esta radiación, lo que produce una transformación entre los niveles energéticos de la sustancia, pasando ésta a un estado de excitación, y al regresar a su estado basal, emite una radiación de menor longitud de onda. (González & Montaña, 2015).

1.5.2.2. Reflexión.

La Reflectancia es una técnica que ha despertado gran interés, sobre todo en el campo de las Ciencias Agroalimentarias), ya que muchas sustancias naturales se comportan como reflectores difusos y tienen superficies que presentan dificultades si se las quiere estudiar con otros métodos. Los espectros de la mayoría de las muestras sólidas pueden medirse sin ningún tipo de preparación. Por tanto la reflexión difusa es una técnica de análisis directa y no destructiva, ya que no hay que hacer modificaciones a la muestra. La espectroscopia por reflexión difusa es una técnica de análisis directa y no destructiva. La reflectancia especular está incluida en la medición del color con la reflectancia difusa durante el proceso de medición. Este tipo de evaluación del color mide el aspecto total independientemente de las condiciones de la superficie. Cuando la luz incide sobre una muestra, una cierta cantidad de los fotones puede transmitirse a través de la muestra y el resto es reflejado, o absorbido por algunos enlaces covalentes que actúan como resortes oscilantes que se acoplan con la frecuencia o longitud de onda (nm) exacta de la radiación lumínica. (Falcó, C & Piñon, 2012).

1.5.2.3. Transmisión.

Cuando un rayo de luz de una determinada longitud de onda de intensidad (I_0) incide perpendicularmente sobre una disolución de un compuesto químico que absorbe luz o cromóforo, el compuesto absorberá una parte de la radiación incidente (I_A) y dejará pasar el resto (I_T), de forma que se cumple: $L_0 = L_a + L_T$. La transmitancia (T) de una sustancia en solución es la relación entre la cantidad de luz transmitida que llega al detector una vez que ha atravesado la muestra, (L_T), y la cantidad de luz que incidió sobre ella, (L_0) y se representa normalmente en tanto por ciento: $\% T = L_T/L_0 \times 100$. La transmitancia nos da una medida física de la relación de intensidad incidente y transmitida al pasar por la muestra. La relación entre %T y la concentración no es lineal, pero asume una relación logarítmica inversa. (Abril, et al, 2008)

CAPÍTULO 2
METODOLOGÍA

2.1. Sistema de Aplicación de Campo Magnético.

El presente diseño es de tipo experimental, está enfocado a encontrar los efectos de los campos magnéticos sobre los microorganismos. Los microorganismos que se tomaron como modelos son *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Lactobacillus sp.*

El sistema para generar campo magnético se diseñó con dos componentes principales, el generador de señal y el sistema de bobina (figura 8). El generador entregó voltaje directo de 0-12 Voltios, con amperaje 0-2 Amperios. La señal pasa a una bobina en el interior de la cual se colocaron las cajas petri que contenían las bacterias las cuales fueron expuestas a campo magnético.

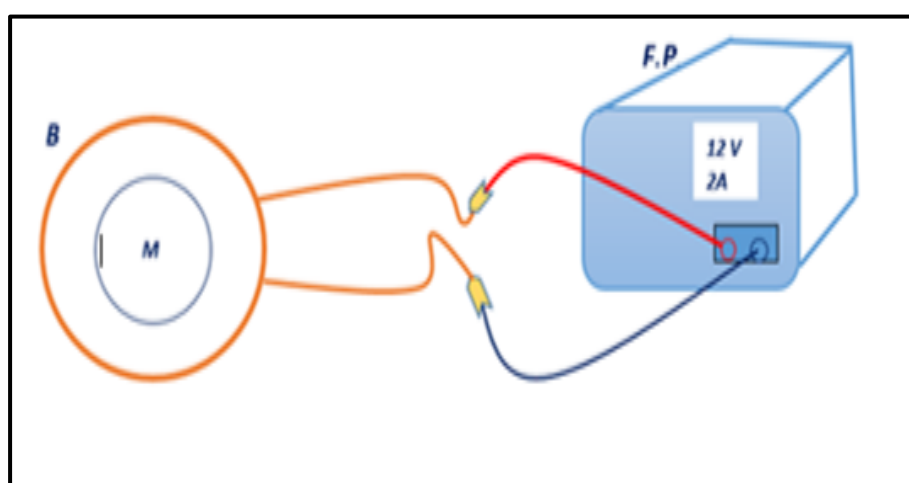


Figura 8. Bobina conectada a una fuente de poder.
Fuente: Autora
Elaboración: Autora

2.1.1. Especificación y dimensión de la Bobina.

La bobina se elaboró con tubo de cartón como soporte con un diámetro de 8 cm y núcleo de aire en el interior del cual se colocó los recipientes de caja Petri con el cultivo microbiano.

Las dimensiones de la bobina se definieron con base en la dimensión del recipiente usado para contener el cultivo durante la aplicación del campo magnético, buscando que el cultivo se ubicará en la región donde el campo es más uniforme es decir el centro geométrico conformado por la bobina. Esto indujo un campo magnético uniforme en el centro, el cual es proporcional al número de vueltas y a la corriente que circula en el alambre (figura 9). Se utilizó alambre magneto con calibre 18 y 218 vueltas de alambre en la bobina, utilizando un pegamento epoxi para rebobinar. Para alimentar las bobinas que producen los campos magnéticos, se usó una fuente de

poder (DC- Constanter. Geregeltes Netzgerät 0-12V). Esta fuente produce un voltaje regular de 0 a 12 Voltios, en corriente directa.

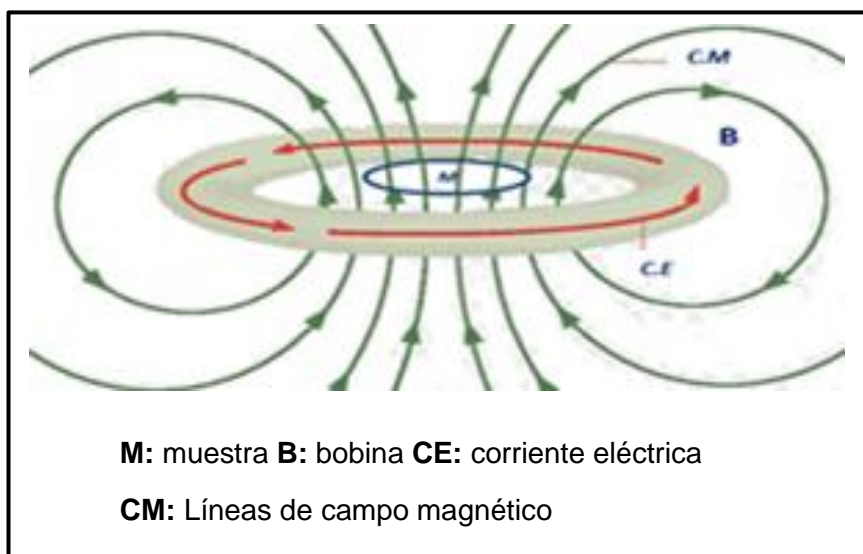


Figura 9. Campo magnético constante
Fuente: Autora
Elaboración: Autora

2.1.2. Fuente de poder.

El generador de señal entregó voltaje directo de 0-12 Voltios, con amperaje de 0-2 Amperios, constantes. Para verificar que el campo magnético se está produciendo se lo confirma con un pequeño imán y una brújula, donde se puede observar la presencia de un campo magnético.

2.2. Condiciones del campo magnético.

Con el propósito de saber si los campos magnéticos influyen sobre el crecimiento bacteriano. Se probaron diferentes condiciones de campo magnético sobre las bacterias las condiciones fueron las siguientes Voltaje directo de 12 Voltios y Amperaje 2 Amperios, con un tiempo de exposición de 24 horas bajo campo magnético. Y se realizó un control (cultivo bajo condiciones normales), es decir dentro de una estufa. Para poder observar los diferentes cambios que se producen en las mismas.

Para el óptimo crecimiento de todos los microorganismos siempre van a requerir condiciones específicas. Además de las necesidades nutricionales, intervienen factores externos que permiten su reproducción. Tales factores incluyen: temperatura, pH, actividad del agua y oxígeno. (Hernández, 2014). El pH se basa en determinar la concentración de iones de H^+ que tiene el entorno de un microorganismo, la mayoría de

bacterias crecen en un pH entre 6,5 y 7,5 es decir, cercano al neutro. Otra variable importante a considerar fue la temperatura óptima para las bacterias en estudio.

2.2.1. Temperatura óptima para el crecimiento bacteriano.

En todos los ecosistemas existen microbios, incluyendo ambientes que poseen temperaturas extremas como zonas polares y volcanes. Cuando los microorganismos se exponen a temperaturas altas a las que son capaces de crecer, se afecta las funciones metabólicas de la célula, además de los ácidos nucleídos y de las proteínas, llevándola así a inactivarse. (Romero, 2007). Por tal razón, según Tortora *et al.* (2007) los unicelulares tienen temperatura óptima de crecimiento, es decir, en la que se manifiesta mejor su proliferación. Dicha características permite clasificarlos en 3 grupos principales: sicrófilos, mesófilos y termófilos. *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Lactobacillus sp.* Pertenecen a los mésófilos es decir que se propagan entre los 26 y 40 °C, siendo la mayoría de seres microscópicos responsables de enfermedades en humanos, animales y deterior de alimentos.

Por ello se ha realizado diferentes métodos donde la bobina pueda alcanzar la temperatura óptima de 37 °C. Cubriendo la bobina con espuma flex y tapándola parcialmente (figura 10).

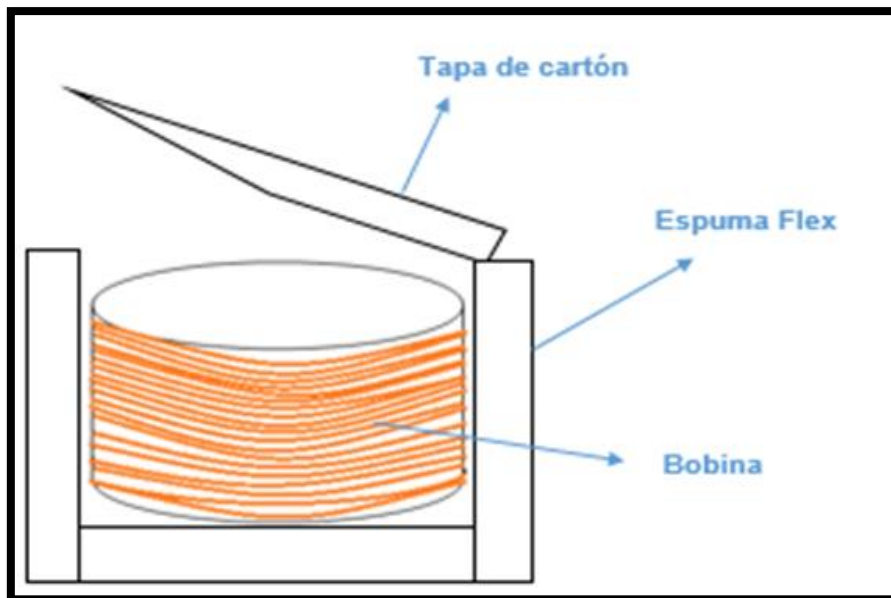


Figura 10. Bobina parcialmente cubierta para alcanzar la temperatura óptima.
Fuente: Autora
Elaboración: Autora

2.3. Caracterización de los microorganismos empleados en el estudio.

Se aislaron tres bacterias, cada una con morfología diferente, con el objetivo de observar el comportamiento de campo magnético en cada tipo de bacteria, por ello se trabajó con bacterias Gram positivas-cocos (*Staphylococcus aureus*), Gram negativas-bacilos (*Escherichia coli*) y con un género bacteriano probiótico Gram positivas-bacilos (*Lactobacillus sp.*), que a diferencia de las dos anteriores, es muy utilizada en la industria alimentaria.

S. aureus y *E. coli* fueron aisladas a partir de cepas puras, mientras que la cepa de *Lactobacillus sp.* fue aislada a partir del yogurt natural. Se prepararon dos cultivos bacterianos para cada bacteria. En donde un cultivo se encontraba dentro del campo magnético y el otro en una estufa (control); es decir en condiciones normales.

2.3.1 Preparación de las Muestras.

Se utilizaron tres agares diferentes. Para *Escherichia coli* el medio que se utilizó fue el agar EMB que es específico y da una tonalidad característica de este microorganismo: verde metálico brillante. Este agar es el más utilizado, ya que, contiene azul de metileno actuando como agente inhibitorio del crecimiento de bacterias gram positivas (Alarcón, 2001). En lo referente a la estimulación magnética *E. coli* ha sido objeto de varios estudios, entre ellos se ha observado la respuesta del crecimiento del bacilo. El agar Mannitol Sallt es un medio de cultivo selectivo y diferencial, utilizado para el aislamiento y diferenciación de estafilococos a partir de diferentes muestras. *S.aureus* produce colonias de color amarillo de tamaño mediano y un medio circundante de color amarillo.

Para *Lactobacillus sp.*, se utilizó el agar MRS ya que es un agar apropiado para el aislamiento y recuento de lactobacilos y otras bacterias ácido lácticas a partir de muestras clínicas y alimentos (especialmente de productos lácteos). La cepa fue aislada a partir de yogurt natural mediante diluciones 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} . Para la siembra se tomó 1 ml de la última dilución y se colocó en toda la superficie del agar.

Todos los microorganismos se cultivaron por duplicado y se incubaron a 37°C, durante 24 horas.

2.3.2. Tratamiento Magnético.

El tratamiento se aplicó durante 24 horas bajo 12 Voltios y 2 Amperios. Las muestras de control no recibieron tratamiento magnético. La técnica para medir el crecimiento celular fue la espectrofotometría UV-VIS. Por lo cual las muestras fueron ubicadas en un lugar oscuro donde no exista iluminación solar. La medición de las muestras se las realizaba cada una hora. Hasta completar el intervalo de las 24 horas.

2.4. Técnica para medir el crecimiento bacteriano.

Para analizar el crecimiento bacteriano se ha utilizado el método de espectroscopia UV-VIS es una de las técnicas más frecuentemente empleadas en el análisis químico. Para que una sustancia sea activa en el visible debe ser colorida: el que una sustancia tenga color, es debido a que absorbe ciertas frecuencias o longitudes de onda del espectro visible y transmite otras más. (Skoog, 1998)

Cuando los seres microscópicos se reproducen en medios sólidos, estos cultivos van tomando aspectos físicos diferentes como es el cambio de color, tal es el caso de *S. aureus* en el agar Manitol que de rojo se torna a un cultivo totalmente amarillo, debido a las reacciones metabólicas que las bacterias producen en este medio; demostrando así la propagación. Ya que el cambio de color es un parámetro práctico para controlar el crecimiento bacteriano, es útil implementar métodos que permitan determinar la concentración de microorganismos en medios de cultivo. Por ello, se recurre al espectrofotómetro.

2.4.1. Espectrofotometría de Transmisión.

Para la medición del espectro de transmisión se analiza la muestra en 5 puntos principales que se los denominó A, B, C, D y O (centro de la caja) (figura 11) y se llevó a cabo en un lugar oscuro donde no existía ninguna clase de iluminación, se adecuó el equipo y fue conectado a un computador para obtener las curvas de distribución espectral (figura 12), mediante el programa Thorlabs OSA, se analizó a cada hora durante el lapso de 24 horas.

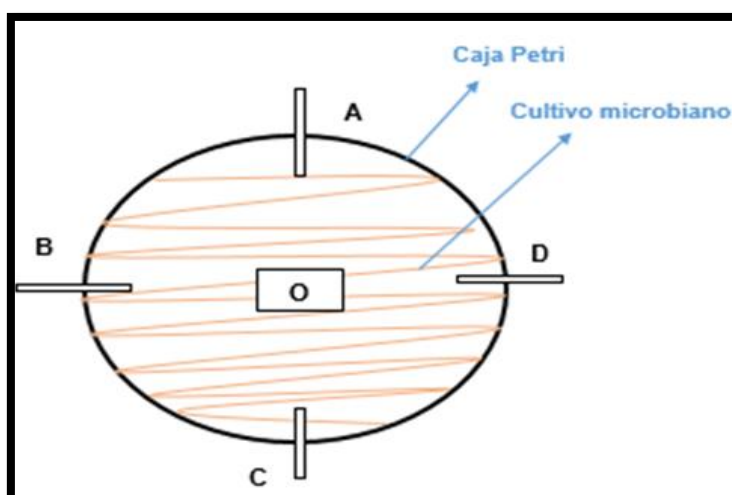


Figura 11. Puntos de medición (A, B, C, D, O)

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

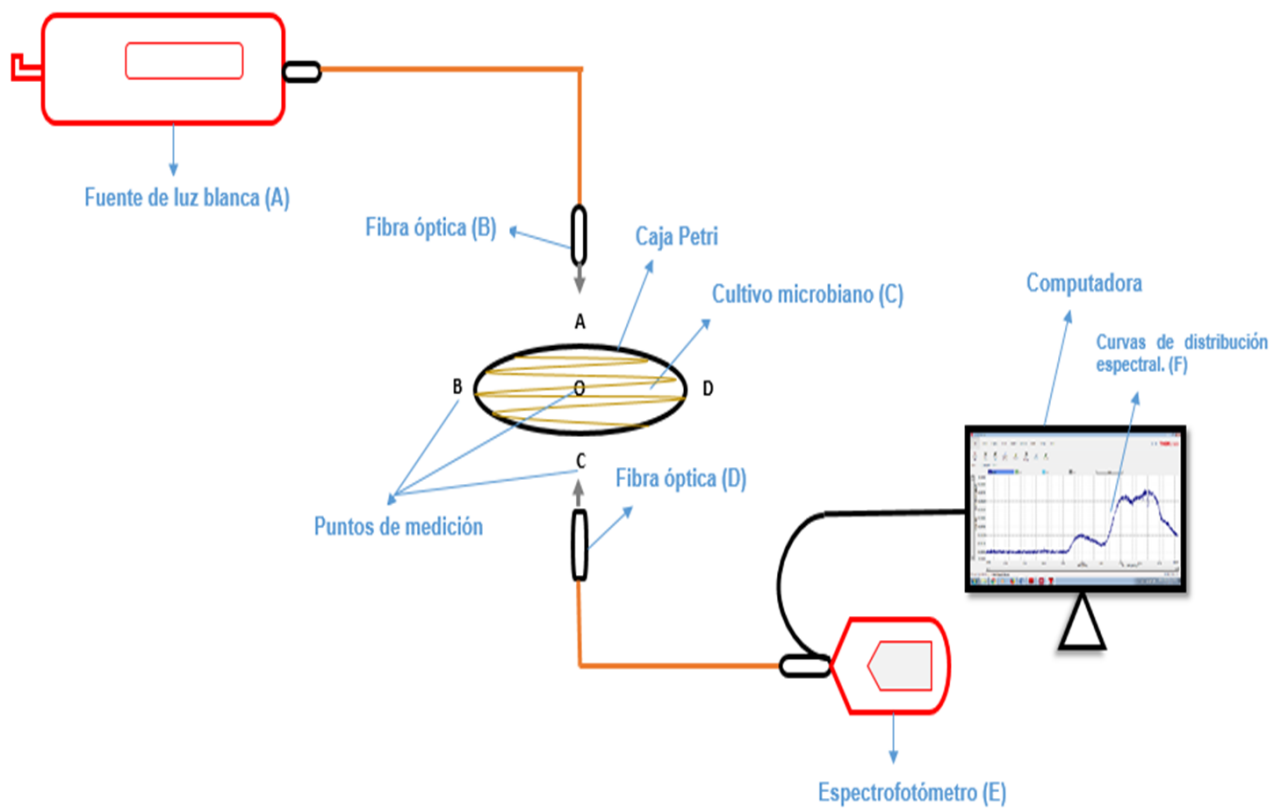


Figura 12. Medición del espectro de transmisión. Para esta medición la fuente de luz blanca (A), envía una señal de Luz, mediante la fibra óptica (B) que ilumina la muestra (C), esta muestra actúa como una muestra translúcida es decir que deja pasar la luz y esta luz es captada por la otra fibra óptica (D) que se encuentra por debajo de la muestra, la luz transmitida es enviada al espectrofotómetro (E), que conectado a un computador se obtiene las curvas de distribución espectral (F).

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

CAPÍTULO 3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de las condiciones experimentales.

Una vez que se seleccionaron cepas puras de los tres tipos de bacterias a estudiar, se decidió exponerlas a campo magnético para ver el efecto que causa en dichas bacterias. Los tres tipos de bacterias fueron sometidos al mismo tiempo de exposición y con la misma intensidad de campo. Lo que varió en ellas fue el tipo de estriado ya que se utilizó diferente estriado para cada bacteria. **(Tabla 1)**. Aunque se haya trabajado bajo las mismas condiciones de campo magnético cada bacteria tiene un distinto comportamiento por ello los resultados fueron distintos.

Tabla 1. Condiciones del Campo Magnético en el crecimiento bacteriano.

Cepa Bacteriana	Agar utilizado	Tipo de estriado	Tiempo de exposición al campo magnético.	Valores de la señal.	Frecuencia de medición.
<i>Staphylococcus aureus.</i>	Mannitol Salt	Continuo	24 horas	12 V-2 A	Cada 1 hora.
<i>Escherichia coli.</i>	EMB	Cuadrantes	24 horas	12V-2 A	Cada 1 hora.
<i>Lactobacillus sp.</i>	MRS	Dilución	24 horas	12 V-2A	Cada 1 hora.

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

Para el aislamiento de microorganismos existen varias técnicas, las más utilizadas y las que da mejores resultados son las conocidas como estriado continuo y estriado en cuadrantes. Y fueron las que se tomaron en cuenta en este estudio. La técnica de estriado continuo se basa en iniciar en un extremo de la placa, dispersando los microorganismos con un movimiento continuo y simple hasta el centro de la placa (figura 13). El estriado por cuadrantes utiliza cuatro cuadrantes, y se realiza con los procedimientos básicos de estriado para inocular el primer cuadrante, llevando a los microorganismos de un cuadrante a otro trabajando en el sentido de las agujas del reloj. (Carrillo, 2008). Y la última técnica de estriado que se utilizó fue la siembra por extensión en placa con la dilución de 10^{-3} colocando 1 ml de muestra de dilución en el agar (figura 14).

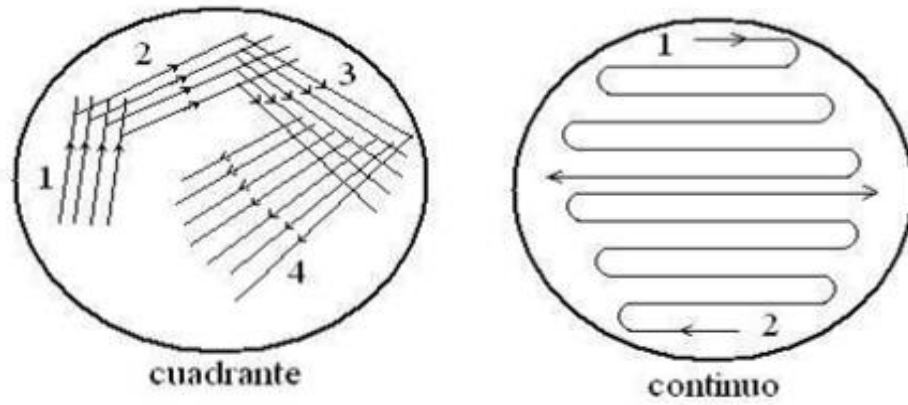


Figura 13. Técnicas de inoculación en placa. Estriado por cuadrantes y estriado continuo.
Fuente: Carrillo, 2008
Elaboración: Carrillo, 2008

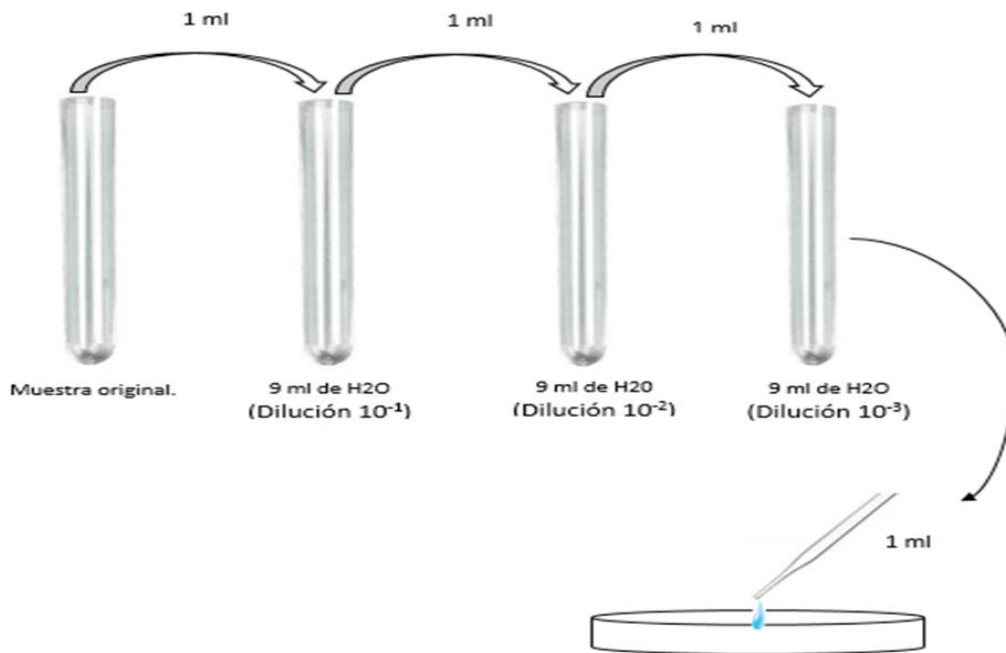


Figura 14. Técnica de extensión por placa en diluciones 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} . Se tomó 1 ml de la última dilución 10^{-3} .
Fuente: Autora
Elaboración: Autora

3.2. Espectroscopia de Transmisión.

3.2.1 Espectroscopia en el crecimiento de *Escherichia coli*.

El crecimiento bacteriano de *Escherichia coli* mostró diferencias en el tiempo de exposición de campo magnético a diferencia del control bajo condiciones normales (estufa). Ambas muestras tuvieron un periodo de incubación de 24 horas a 37 °C.

En condiciones magnéticas se realizó el análisis en 750nm ya que en esa longitud de onda se observa gran intensidad de luz infrarroja que conforme pasa el tiempo se nota decaimiento exponencial, lo que concuerda claramente con las observaciones visuales. Es así como en la hora 4 ya comienza un cambio de color (figura 15).

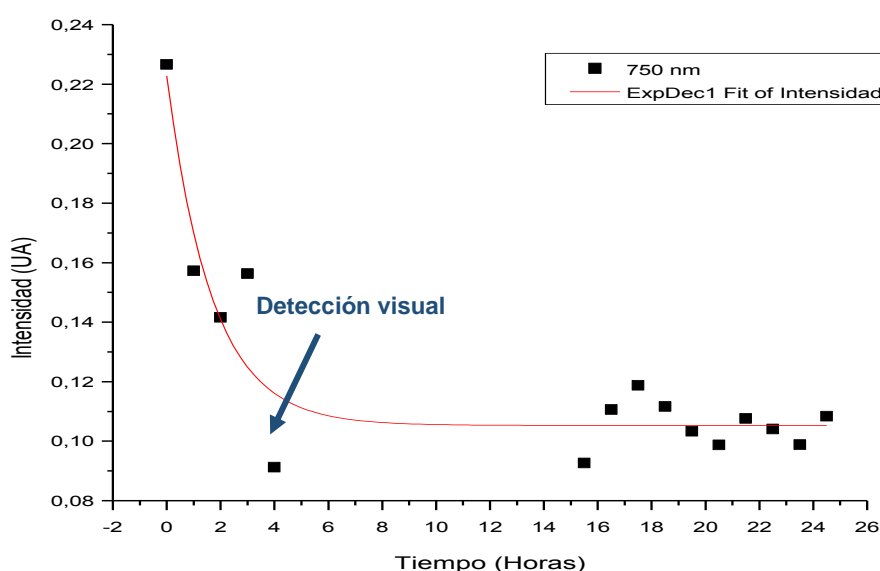


Figura 15. Curva de crecimiento de *Escherichia coli* expuesta a campo magnético. En la hora 4 se observa un decaimiento exponencial.

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

El análisis de espectroscopia de *Escherichia coli* se realizó en un rango de 500nm (luz roja) a 750nm (región verde) de espectro visible. Este parámetro se llevó a cabo debido al color que posee el agar hacia el cambio que conlleva este. Es decir el agar es de color rojo oscuro y conforme pasa el tiempo las colonias se presentan verde brillantes. Es por ello que en condiciones magnéticas se realizó el análisis en 750nm y para condiciones normales (control) se realizó el análisis en 600nm, ya que si lo realizamos convencionalmente esto se puede ver solamente a 600nm, el campo influye en la zona en la que va a cambiar el espectro de la longitud de onda. En la

figura 16 se observa que después de un largo intervalo de tiempo la curva comienza a decaer y es así que en la hora 20 ya existe crecimiento bacteriano.

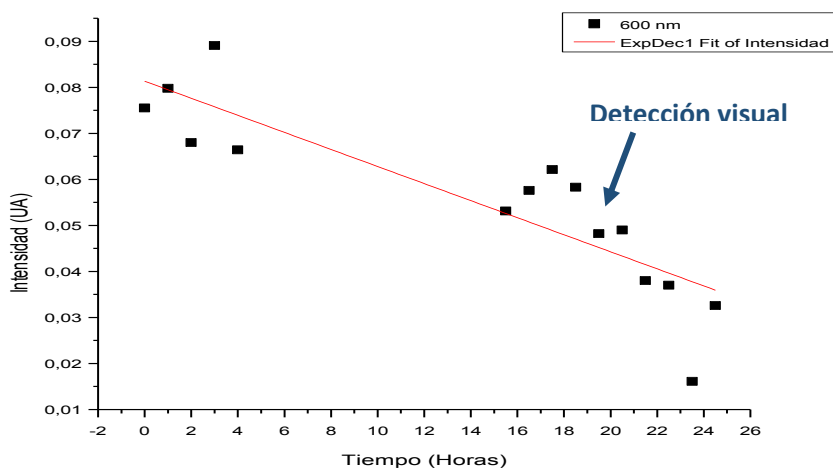


Figura 16. Curva de crecimiento de *Escherichia coli* bajo condiciones normales. Visualmente se aprecia la presencia de las cepas bacterianas a las 19 horas aproximadamente, existiendo un decaimiento aproximadamente lineal.

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

Como se puede observar en las gráficas, el crecimiento bacteriano de *Escherichia coli* fue estimulado por el campo magnético con una gran diferencia de tiempo con el control. Según Belyaev 2011 afirmó que tales efectos dependen directamente de las variables físicas y biológicas que forman parte del entorno que envuelve al microorganismo al ser estimulado magnéticamente. Así mismo los resultados de (Nawrotek, et al., 2014) encontró que la exposición al campo magnético incrementa la reproducción celular de *E. coli*. (Babushkina, et al., 2005) indicó que el tratamiento de las células de *E. coli* en un campo magnético de baja frecuencia produjo una estimulación del crecimiento celular. De los resultados observados y conforme lo manifiestan los autores citados puedo concluir que efectivamente hay una coincidencia de que al exponer a un voltaje directo de campo magnético predisponen el crecimiento bacteriano, en este caso, el de la *Escherichia coli*.

3.2.2. Espectroscopia en el crecimiento de *Staphylococcus aureus*

En el crecimiento bacteriano de *Staphylococcus aureus* mostró disminución parcial bajo los efectos de campo magnéticos a diferencia de los controles. Ambas muestras tuvieron un periodo de incubación de 24 horas a 37°C. En condiciones magnéticas, se realizó el análisis en 560nm ya que en esta longitud de onda se observa una

intensidad de luz amarilla disminuida que conforme pasa el tiempo va aumentando. En la figura 17 se observa que en la hora 4 la curva comienza ascender, lo cual concuerda con la detección visual de la presencia de colonias bacterianas.

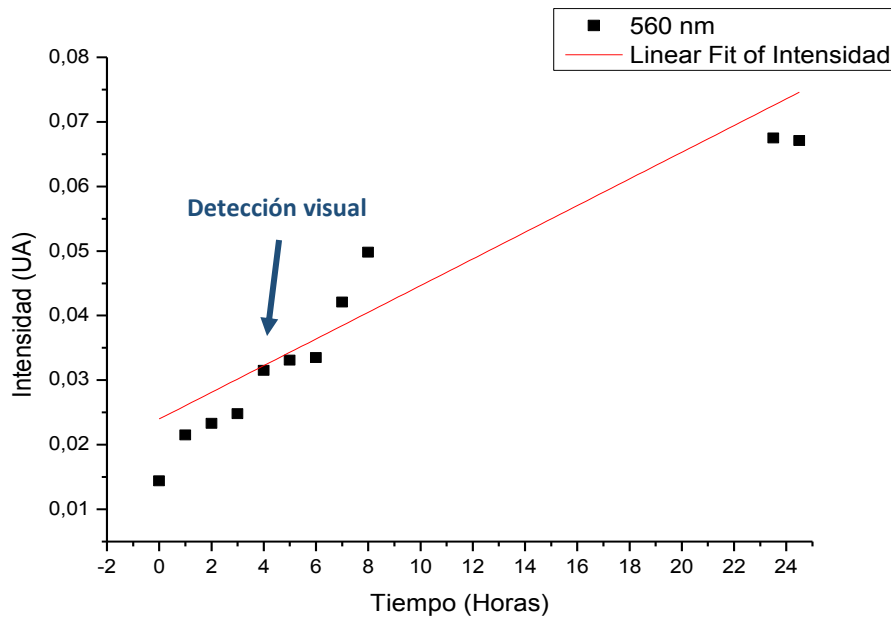


Figura 17. Curva de crecimiento de *Staphylococcus aureus* expuesta a campo magnético. En la hora 4 se observa que la curva comienza ascender.

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

Bajo condiciones normales (control) de igual manera se realizó el análisis en 600nm, por lo tanto se observa el mismo comportamiento. Pero con la diferencia que en la hora 6 la curva comienza ascender (figura 18), es decir el agar está cambiando. Por lo que en comparación con el resultado anterior se podría decir que la diferencia radica con 2 horas.

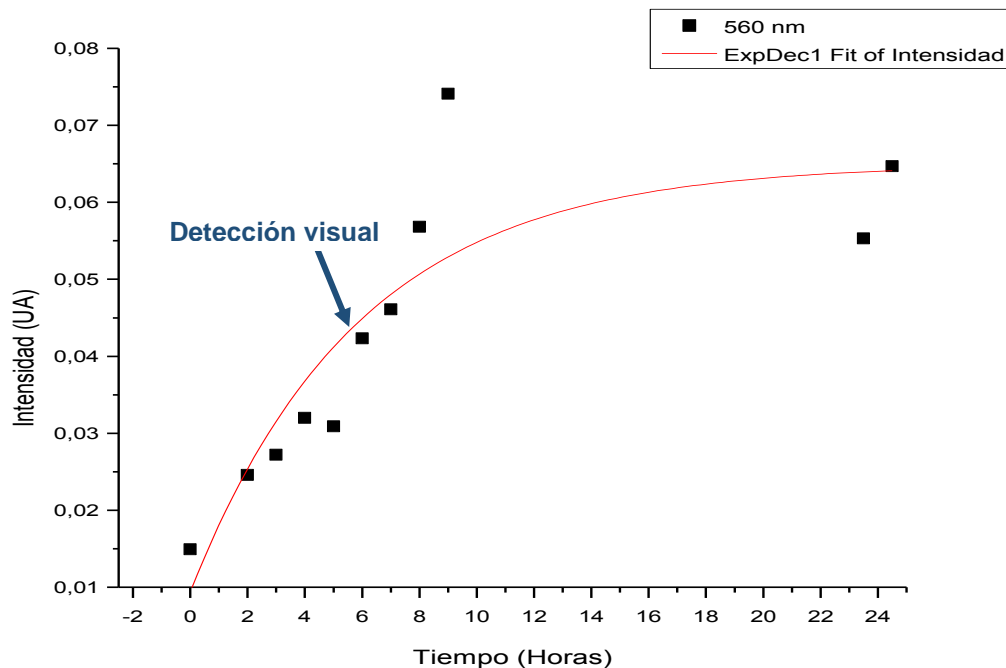


Figura 18. Curva de crecimiento de *Staphylococcus aureus* a condiciones normales. Se presenta un comportamiento logarítmico.

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

En comparación con los resultados se observó que bajo la influencia de campo magnético hubo una disminución parcial del crecimiento bacteriano, por lo tanto resultados similares de Delgadillo, 2012 menciona que al exponer al campo magnético a una intensidad de 3 V y 3 A, a partir de las 12 horas de incubación se presenta una disminución en el crecimiento de *S. aureus* expuesto a campo magnético estadísticamente significativa y que el máximo efecto inhibitorio se ve a las 24 horas de incubación lo cual indica un efecto inhibitorio en el crecimiento. Se llega a la conclusión que al aplicar campo magnético de 12 V y 2 A hubo un crecimiento parcial de la bacteria. Es por ello que en este estudio ya que se utilizó más voltaje en comparación a los resultados de Delgadillo, 2012, se observó desde más temprano (4 horas) disminución parcial en el crecimiento bacteriano.

Estudios recientes mencionan que al exponer *S. aureus* en campo magnético podría causar una disminución parcial. (Strasák, et al., 2002).

De igual manera Cellini, et al., 2008, demostró que la exposición de *E. coli* a un campo magnético actúa como un factor dirigido a cambios en su fenotipo y de transcripción.

3.2.3. Espectroscopia en el crecimiento de *Lactobacillus sp.*

El efecto de campo magnético sobre el crecimiento bacteriano de *Lactobacillus sp* no mostró diferencia relativa con el control. Ya que visualmente se observó que ambas crecieron en el mismo intervalo de tiempo con la única diferencia que las muestras tratadas con campo magnético eran colonias más grandes y diferenciadas e incluso se tenía pocas con respecto al control. Ambas muestras tuvieron un periodo de incubación de 24 horas y a 37°C. Como se muestra en la figura 19 el crecimiento bacteriano bajo condiciones de campo magnético se realizó el análisis en 580 nanómetros ya que en esta longitud de onda se observa luz amarilla, que conforme pasa el tiempo se nota decaimiento exponencial, lo que concuerda claramente con las observaciones visuales. Es así como en la hora 3 la curva comienza a decaer.

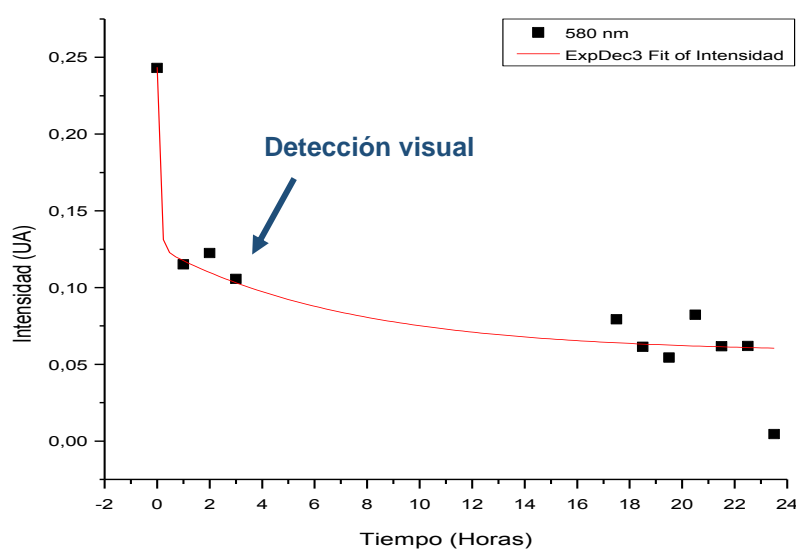


Figura 19. Curva de crecimiento de *Lactobacillus sp* expuesta a campo magnético. En la hora 3 se observa un decaimiento exponencial.

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

En la muestra control, se obtuvieron colonias pequeñas y poco diferenciadas que luego de un intervalo de tiempo se observaron ya el crecimiento bacteriano completo de igual manera se realizó el análisis en 580nm. En donde se puede observar que la curva comienza a decaer en la hora 3 (figura 20). Se tiene similitud con la gráfica expuesta a campo magnético.

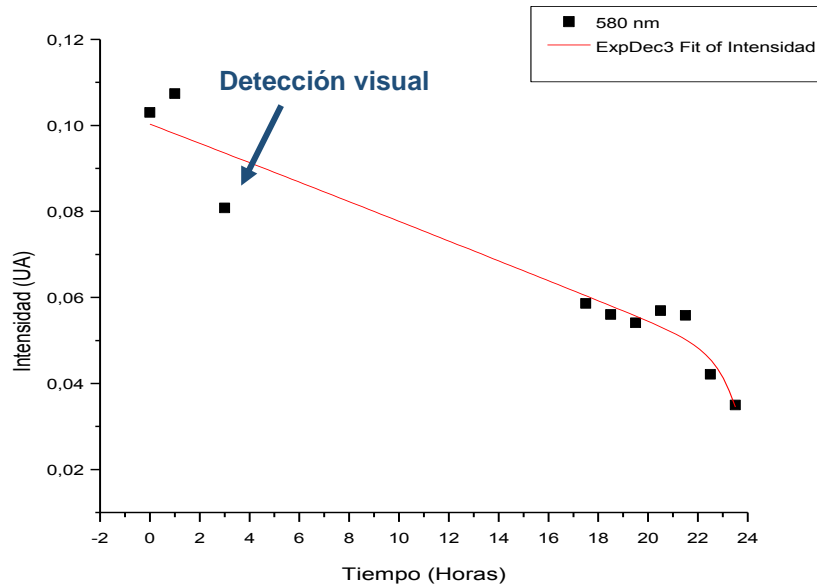


Figura 20. Curva de crecimiento de *Lactobacillus sp* bajo condiciones normales. En la hora 3 se observa un decaimiento exponencial.
Fuente: Autora
Elaboración: Autora

El crecimiento bacteriano de *Lactobacillus sp*, bajo condiciones magnéticas se obtuvo un crecimiento parcial es decir que no hubo muchas colonias desarrolladas. Pero a diferencia del control, estas colonias se presentaban totalmente diferentes y grandes. Con todas las características de una cepa bacteriana. El comportamiento del crecimiento de *Lactobacillus sp*. se mostró similar a los reportados por Guzmán, et al., 2013) que manifiesta, que el campo magnético puede acelerar su crecimiento y su actividad fermentativa, por otra parte microorganismos estresados por diferentes procesos (liofilización, pasterización, centrifugación), en presencia de CM, se puede adaptar y activar más rápidamente, adecuando su metabolismo a un rápido crecimiento.

Un estudio de Beglarian, 1990 afirmó que los cultivos bacterianos en placas de Petri que fueron sometidos a un tratamiento magnético prolongado a una intensidad de campo de 103 A/m. Tenían dimensiones modificadas, formas, características de la superficie, tasas de crecimiento y propiedades bioquímicas en comparación con los controles. Que coinciden con los resultados obtenidos de las colonias de *Lactobacillus sp*, que al ser expuestas a CM tenían dimensiones modificadas con respecto al control.

El efecto estimulante de campo magnético puede que varíe conforme cambie los valores de intensidad, inducción y tiempo de exposición. (Mariño, et al.,2016).

3.3. Crecimiento de las colonias bacterianas por efecto del Campo Magnético.

Después de ser tratadas con el campo magnético todos los microorganismos seleccionados crecieron con su morfología típica (similar a los de los controles) en los medios de cultivos sólidos empleados para cada cepa. En *Escherichia coli*, el crecimiento fue igual al del control, *Staphylococcus aureus* mostró pérdida parcial en el cultivo microbiano y *Lactobacillus sp.*, se mostró colonias grandes y diferencias con respecto al control. (Tabla 2).

Tabla 2. Efectos del Campo Magnético sobre el crecimiento bacteriano.

Cepas Bacterianas	Tiempo de detección.		Morfología	
	Campo Magnético	Condiciones Normales	Campo Magnético	Condiciones Normales
<i>Staphylococcus aureus</i>	4 horas	6 horas	Pérdida parcial de crecimiento. (colonias de color amarillo de tamaño mediano)	Crecimiento normal. (colonias de color amarillo de tamaño mediado)
<i>Escherichia coli</i>	4 horas	20 horas	Crecimiento normal (colonias de color oscuro reflejan brillo verde metálico)	Crecimiento normal (colonias de color oscuro reflejan brillo verde metálico)
<i>Lactobacillus sp.</i>	3 horas	3 horas	Crecimiento con pocas cepas de bacterias. (colonias blancas grandes, totalmente diferenciadas)	Crecimiento normal. (colonias blancas, pequeñas)

Fuente: Autora.

Elaboración: Autora

3.3.1. Efecto del campo magnético sobre el crecimiento de *Escherichia coli*.

Como se lo mencionó antes, las colonias bajo la influencia de campo magnético mostraron un crecimiento normal a los del control, con la diferencia que el crecimiento bacteriano si fue estimulado por el campo magnético, con una gran diferencia con el periodo de tiempo. En la figura 21, se puede observar que tanto las muestras

sometidas a campo magnético; como las muestras sometidas en condiciones normales (figura 22) presentaron un crecimiento normal con colonias oscuras medianas reflejando un verde metálico característico de estas colonias en el Agar EMB.

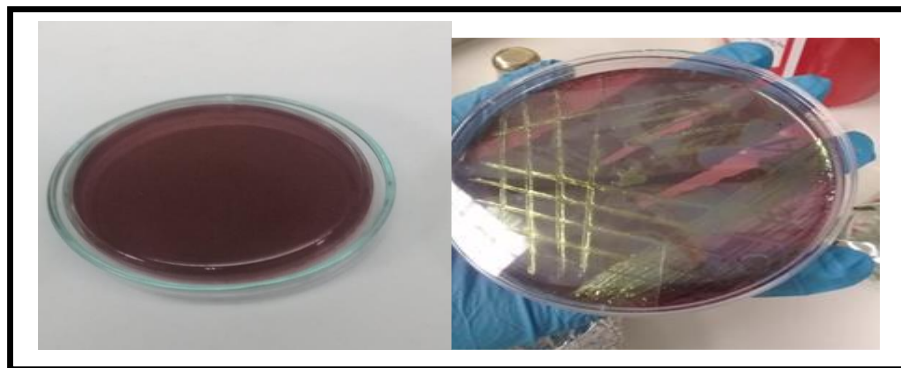


Figura 21. Crecimiento bacteriano de *Escherichia coli* bajo el efecto de campo magnético. La imagen de la izquierda se muestra el cultivo bacteriano antes de ser llevado a la bobina. Y la imagen de la derecha es el resultado luego de las 24 horas después de ser aplicado campo magnético.

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

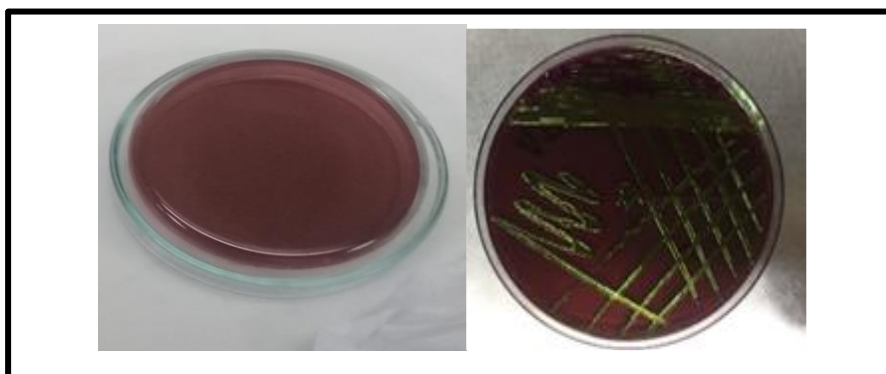


Figura 22. Crecimiento bacteriano de *Escherichia coli* en condiciones normales. La imagen de la izquierda se muestra el cultivo bacteriano antes de ser llevada a la estufa. Y la imagen a la derecha es el resultado luego de las 24 horas.

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

3.3.2. Efecto del Campo magnético sobre el crecimiento de *Staphylococcus aureus*.

Las colonias bajo la influencia de campo magnético mostraron un crecimiento de inhibición parcial, con respecto a las del control. Ambas muestras, presentaron la misma morfología produciendo colonias de color amarillo de tamaño mediano y un medio circundante de color amarillo. En la figura 23 se muestra el crecimiento bacteriano de *S. aureus* con inhibición parcial. Mientras que la figura 24, el crecimiento fue normal.

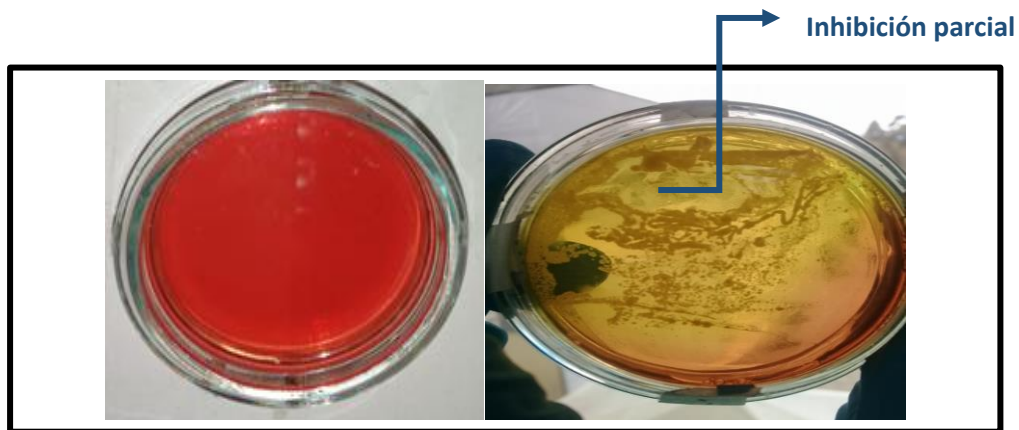


Figura 23. Crecimiento bacteriano de *Staphylococcus aureus* bajo el efecto de campo magnético. La imagen de la izquierda se muestra el cultivo bacteriano antes de ser llevado a la bobina. Y la imagen de la derecha es el resultado luego de las 24 horas después de ser aplicado campo magnético.

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

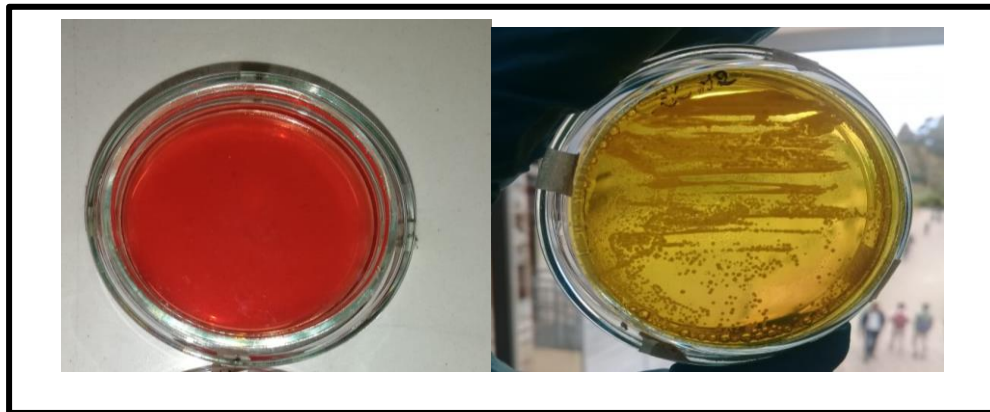


Figura 24. Crecimiento bacteriano de *Staphylococcus aureus* en condiciones normales. La imagen de la izquierda se muestra el cultivo bacteriano antes de ser llevada a la estufa. Y la imagen a la derecha es el resultado luego de las 24 horas, muestra un crecimiento normal.

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

3.3.3. Efecto del Campo Magnético sobre el crecimiento de *Lactobacillus sp.*

Las colonias bajo la estimulación de campo magnético una parte de ellas fueron cepas totalmente diferenciadas que a partir de la hora 3 se observaban colonias grandes y blanquecinas, mientras que la otra parte de colonias eran normales (figura 25). Mientras que en condiciones normales en la hora 3 aún las cepas de las colonias no se presentaban grandes se mostraban pequeñas (figura 26).

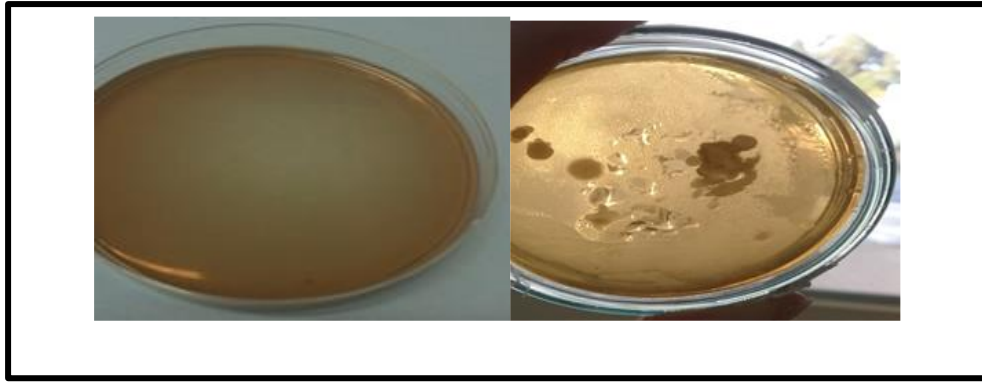


Figura 25. Crecimiento bacteriano de *Lactobacillus sp*, bajo el efecto de campo magnético. La imagen de la izquierda se muestra el cultivo bacteriano antes de ser llevado a la bobina. Y la imagen de la derecha es el resultado luego de la tercera hora después de ser aplicado campo magnético.

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

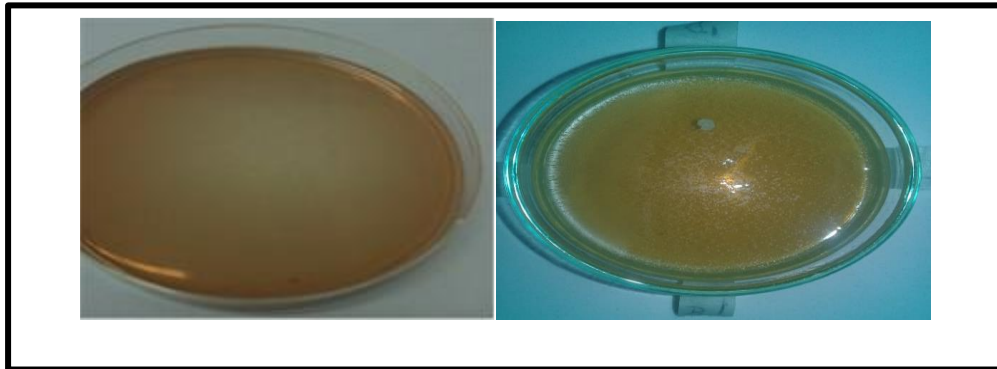


Figura 26. Crecimiento bacteriano de *Lactobacillus sp*, en condiciones normales. La imagen de la izquierda se muestra el cultivo bacteriano antes de ser llevada a la estufa. Y la imagen a la derecha es el resultado luego de las 24 horas, muestra un crecimiento normal. .

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

CONCLUSIONES

- Los campos magnéticos inhiben parcialmente el crecimiento de *Staphylococcus aureus* al ser expuesto a un voltaje directo de 12 Voltios y 2 Amperios, es posible que a voltajes más altos exista inhibición total del crecimiento bacteriano.
- En la industria es posible aprovechar la estimulación magnética de microorganismos. Implementando en el sector alimenticio es viable debido a que produce inhibición celular, por lo que los organismos no contaminaran los alimentos.
- La estimulación magnética de colonias de *Escherichia coli* ha demostrado crecimiento más rápido comparándolo con el microorganismo no estimulado, concluyendo así que la exposición del campo magnético incrementa la reproducción celular de dicha bacteria.
- El metabolismo de *Lactobacillus sp*, ha sido afectada por la acción del campo magnético con voltaje directo de 12 Voltios y 2 Amperios. Obteniendo cepas con dimensiones modificadas, formas, y totalmente diferenciadas en comparación con los controles.
- El método de espectroscopia de transmisión es congruente con los resultados obtenidos por lo que funciona como un modelo predictivo de aplicación sobre el crecimiento bacteriano.

RECOMENDACIONES

- Para la medición con la espectrometría UV-VIS es preferible realizarla en un lugar oscuro para que no interfiera con ninguna clase de iluminación, para así evitar algún dato erróneo.
- Para señalar los puntos en las cajas Petri, es preferible no sellar completamente la caja, sino parcialmente para así poder evitar que no haya condensación dentro de la caja.
- No usar cinta de aluminio, porque interfiere con el campo magnético.
- No realizar diferentes estriados para la siembra de la cepa bacteriana. Es preferible hacer un estriado únicamente en los puntos a medir (figura 27). Para así obtener resultados más precisos.

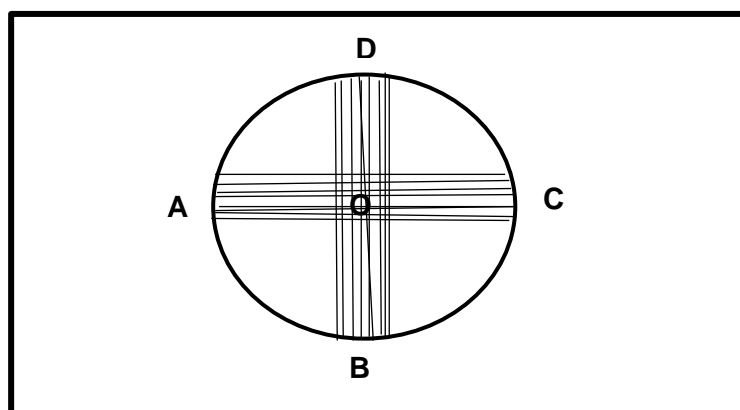


Figura 27. Estriado recomendable para la medición con la espectrometría de transmisión.

Fuente: Autora

Elaboración: Autora

BIBLIOGRAFÍA.

- Abril, N., Bárcena, A., Fernández, E., Galván, A., Jorrín, J., Peinado, J., Meléndez, F & Túnez, I. (2008). Espectrofometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. *Departamento de Bioquímica y Biología Molecular.*, 14(71), 1–8.
- Aguilar, M. (2001). BIOELECTROMAGNETISMO: Campos eléctricos y magnéticos y seres vivos. Madrid: Editorial CSIC.
- Aránzazu, O. (2009). *APLICACIÓN DE LA DIELECTROFORESIS A LA CARACTERIZACIÓN DIELECTRICA DE CÉLULAS*. Universidad complutense de madrid.
- Babushkina, I ., Borodulin, V. ., Shmetkova, N., Morrison, V., & Usanov, A., Skripal, A., & Usanov, D. . (2005). The effect of an alternating magnetic field on Escherichia coli bacterial cells. *Khimiko-Farmatsevticheskii Zhurnal*, 39(8), 6–8.
- Barco, H & Rojas, E. *Electromagnetismo y Física Moderna*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
- Belyaev, I. (2011). Toxicity and SOS-response to ELF magnetic fields and nalidixic acid in E. coli cells. *Mutation Research*, 722 (1), 56-61.
- Beglarian, R. (1990). The use of magnetic field in the dairy industry. *International Dairy Federation*. 12(2), 329-619.
- Britania. (2015). M.R.S. Agar, 1–2.
- Brooks, G., Carrol, k., Butel, J., Morse, S & Mietzner, T. (2011). *Microbiología médica*, México DF, México: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Calderón, M., González, MF., Barbosa, G & Swanson, B. (1998). MÉTODOS NO TÉRMICOS PARA PROCESAMIENTO DE ALIMEN- TOS: VARIABLES E INACTIVACIÓN MICROBIANA. *Food Technol, Campinas*, 1(1–2), 3–11.
- Camarillo, E. (2015). La Luz y La Espectroscopía Óptica: Principios y aplicaciones. *IFUNAM*, 2(13), 4.
- Carrillo, M. (2008). Microbiología y biotecnología. Manual de prácticas. Universidad Autonoma de Baja California. Facultad de ciencias. 1-86.

- Cellini, L., Grande R., Di Bartolomeo S., Di Giullio, M., Roduffo, I., Trubiani O & Mariggió, M. (2008). Bacterial response to the exposure of 50 Hz electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics*, 29(4), 302-311.
- Cervantes, E., García, R & Salazar, P. (2014). Características generales del *Staphylococcus aureus*. *Revista Latinoamericana de Patología Clínica.*, 61(1), 28–40.
- Delgadillo, C. B. (2012). *Efecto de los campos electromagnéticos sobre el crecimiento y formación de biopelícula de microorganismos productores de caries*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO.
- Durán, J & Reyes, J. (2011). *NIVEL CONCEPTUAL DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA Y CIENCIAS (PROGRAMA DE FÍSICA) DESPUÉS DE HABER VISTO EN SUS CURSOS DE FÍSICA EL CONCEPTO DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA DE FARADAY*. Universidad del Valle.
- Falcó, C & Piñon, Q. (2012). Aplicaciones del uso de la técnica de espectroscopía de reflectancia difusa en química forense para la caracterización de autenticidad de sellos de correos de España. *Catedrática de Química Analítica.*, 21(5), 1–30.
- Fernández, J., Barbosa, G & Swanson, B. (2001). Tecnologías emergentes para la conservación de alimentos sin calor. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, 8(661), 155–170.
- Fowler, M. (1997). Historical beginnings of theories of electricity and magnetism. *Recuperado El 22 de Julio Del 2018*, 23(5), 2012.
- González, M & Montaña, L. (2015). La espectroscopia y su tecnología: Un repaso histórico y su importancia para el siglo XXI. *Desarrollo Científico y Tecnológico Para La Sociedad.*, 9(4), 1–14.
- Guzmán, T., Villalpanda, M., Mesa, Y., & Almaguer, H. (2013). Células en cultivo de *Lactobacillus acidophilus* bajo la acción un campo electromagnético de frecuencia extremadamente baja. *Investigación y Saberes.*, 2(1), 13–17. Retrieved from <http://www.utelvt.edu.ec/ojs/index.php/is/article/view/34>
- Hernández, S., & Domínguez, E. (2014). *“MONOGRAFÍA SOBRE LA INFLUENCIA DE CAMPOS MAGNÉTICOS EN EL CRECIMIENTO DE E. coli Y S. cerevisiae Y LA CAPACIDAD DE SOLUBILIZAR FÓSFORO EN Pseudomonas sp Y Bacillus sp,*

DE USO INDUSTRIAL.” UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
Retrieved from
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4608/546712H557.pdf?sequence=1>

Jiménez, I & Córdova, F. (2016). Comportamiento de biotejido en presencia de campo magnético externo. *Verano de La Investigación Científica*, 2(1), 1580–1584.

Lucana, M., & Huanca, R. (2014). Estructura Bacteriana. *Revista de Actualización Clínica*, 49(1), 2589–2593. Retrieved from
http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v49/v49_a01.pdf

Mariño, Y., Siannah, M., & Villalpanda, M., Almaguer, C., & Velázquez, M. (2016). Estudio del comportamiento de Bacterias Acidolácticas (BAL) del cultivo Bioyogur a diferentes dosis de tratamiento magnético. *Studying the Behavior of Lactic Acid Bacterias (BAL) Culture Bioyogur to Different Doses of Magnetic Treatment.*, 36(3), 439–456. Retrieved from
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=117148026&lang=es&site=ehost-live>

Martínez, E., Carbonell, V & Flórez, M. (2003). Estimulación de la germinación y el crecimiento por exposición a campos magnéticos. *Investigación Y Ciencia*, 4(October), 24–28. Retrieved from
<https://www.researchgate.net/publication/285810755>

Murray, P., Rosenthal, K., Pfaller, M., (2017). *Microbiología Médica*, Barcelona, España: Elsevier. Inc.

Murray, P., Rosenthal, K., Kobayashi, G., Pfaller, M., (2002). *Medical Microbiology*, St. Louis, Missouri: Mosby, Inc.

Nawrotek, P., Fijałkowski, K., Struk, M., & Kordas, M., & Rakoczy, R. (2014). Effects of 50 Hz rotating magnetic field on the viability of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 33(1), 29–34.
<https://doi.org/10.3109/15368378.2013.783848>

Rodríguez, G. (2002). Principales características y diagnóstico de los grupos patógenos de *Escherichia coli*. *Salud Pública de México*, 44(5), 1–12.

Rodríguez, M. (1999). *Historia_de_la_electricidad_y_el_magneti.pdf*. Panama.

- Romero, R. (2007). *Microbiología y parasitología humana: Bases etiológicas de las enfermedades infecciosas y parasitarias*, México: Médica Panamericana, S.A.
- Rojas, J., Flores, L., Stephano, M., & Garza, E. (2003). Los Campos Electromagnéticos: ¿Un problema de salud pública? *Revista Salud Pública y Nutrición*, 4(1), 1–9.
- Ruiz, M., Vazquez, F., Cubero, A., Salas, L., Jiménez, J., Arauzo, A., ... Garrido, J. (2009). *EFFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS Y ELÉCTRICOS DE MUY BAJA FRECUENCIA (ELF)*. (Junta de Andalucía. Consejería de Empleo, Ed.). Córdoba-España. Retrieved from file:///C:/Users/dell/Downloads/Efectos_sobre_la_Salud_Humana_de_los_Cam.pdf
- Sánchez, D. & Trejo, N. (2006). *Evolución y Diversidad de Los Seres Vivos*. Biología celular y molecular, 243. México DF, México: Alfil.
- Sarta, J., & Bobadilla, J. (2003). Campos Magnéticos y sus efectos Biológicos. *Ciencia, Investigacion, Academia y Desarrollo*, 13–16.
- Siannah, M. (2005). Efectos Biológicos Del Campo Electromagnético En El Crecimiento De Microorganismos. Mecanismos De Acción. *Revista Cubana de Quimica*, XVII(1), 161. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/4435/443543685069.pdf>
- Skoog, D., Leary, J., & Holler, F. (1998). *Espectrometría Visible Y Ultravioleta*. (McGraw-Hill (1998), Ed.), *Principios De Análisis Instrumental* (5 ed.). United States.
- Solano, M. A., & Sáiz, J. (2010). Efectos biológicos del campo electromagnético. *Universidad de Cantabria*, 1–37. Retrieved from https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1926/course/section/2221/apuntes_4.pdf
- Solano, M & Sáiz, J. (2015). *Conceptos básicos de Campos Electromagnéticos de baja frecuencia* (tesis de pregrado). Universidad de Cantabria, España.
- Strasák, L., Vetterl, V., & Smarda, J. (2002). Effects of low-frequency magnetic fields on bacteria *Escherichia coli*. *Bioelectrochemistry*, 55(1-2), 161-164.
- Torres, J & Alzate, L. (2006). Efectos de las radiaciones electromagnéticas no

ionizantes en sistemas biológicos. *Med Risaralda*, 12(2), 44–54.

Tortora, G., Funke, B & Case, C. (2007). *Introducción a la microbiología*, Buenos Aires: Médica Panamericana.

Valcárcel, J., González, H & Valcárcel, D. (2008). Espectroscopia. Fundamento de la resonancia magnética nuclear. *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*, 3(21), 89–94.

Weaver, J., Vaughan, T & Astumian, R. (2000). Biological sensing of small field differences by magnetically sensitive chemical reactions *Nature*, 405(67-87), 707-709

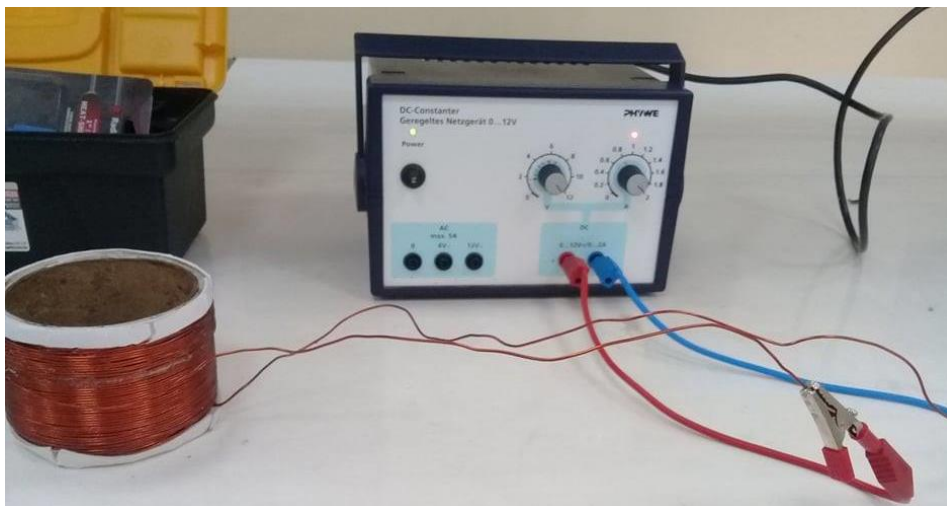
Zamudio, K & Zavaleta, A. (2003). Estudio del potencial probiótico de lactobacilos aislados de funetes naturales. *Ciencia e Investigación. Facultad de Farmacia y Bioquímica.*, 6(1), 30–35.

ANEXOS

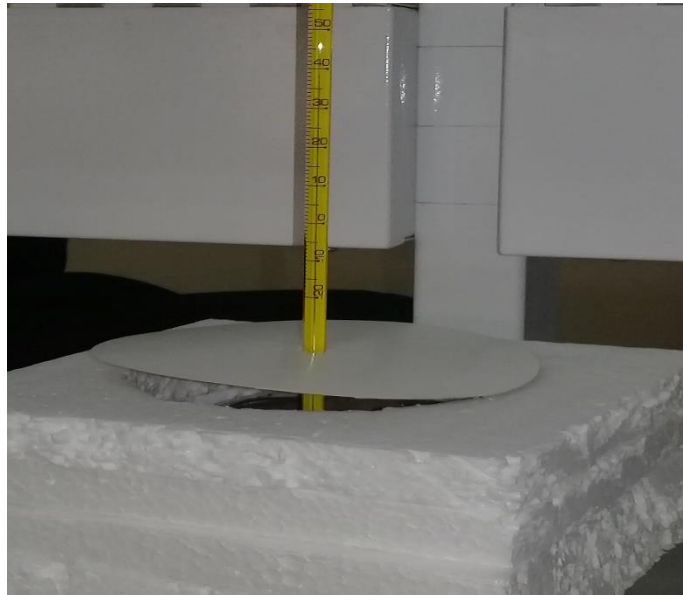
Anexo 1. Elaboración de la bobina



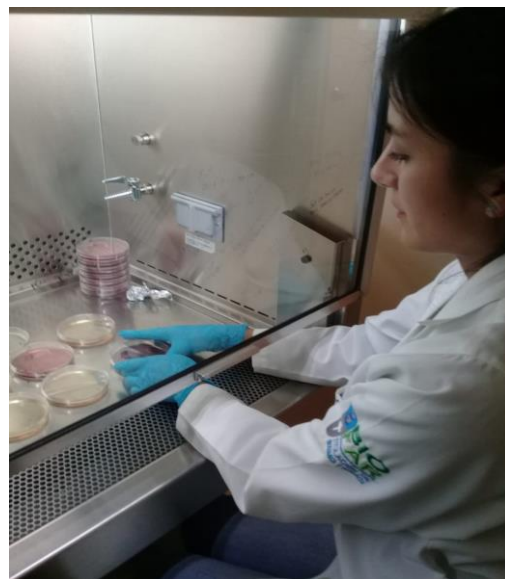
Anexo 2. Fuente de poder (DC-Constanter. Geregelttes Netzgerät), conectada a una bobina



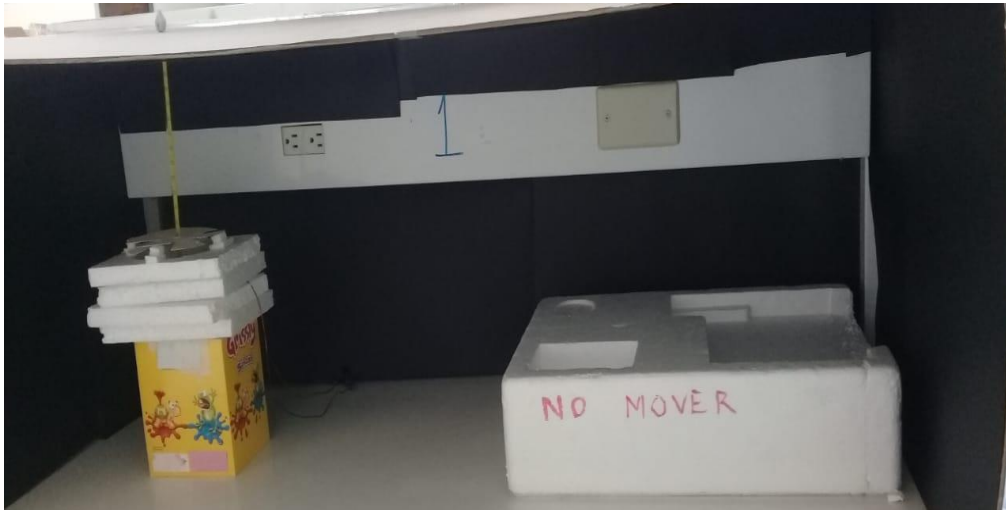
Anexo 3. Bobina parcialmente cubierta, para alcanzar la temperatura óptima 37°C



Anexo 4. Preparación y dispensación de medios de cultivos.



Anexo 5. Lugar propicio para la medición con la espectroscopia UV-VIS



Anexo 6. Manual para la construcción de bobinas como práctica para el laboratorio de física

MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BOBINAS

PRÁCTICA. Construcción de una bobina para el crecimiento bacteriano.

Objetivos.

Al finalizar esta práctica el alumno será capaz de:

- Diseñar diferentes bobinas, de diferente diámetro y números de vueltas generador del campo magnético.
- Identificar los principales factores que determinan la magnitud de la inductancia en una bobina.
- Determinar los efectos del campo magnético en el crecimiento de colonias bacterianas aisladas con posibles aplicaciones.

Introducción.

El principio del diseño de los inductores se basa en que un campo magnético variable induce un voltaje en dicho campo en cualquier conductor. Así un inductor práctico puede ser sencillamente una bobina de alambre. Estos inductores se fabrican enrollando alambre en varias configuraciones de bobinas. Al duplicar el número de vueltas de una bobina el campo magnético será doblemente más fuerte. Se inducirá 4 veces el valor del voltaje cuando un campo del doble de fuerza se encuentra atravesando el doble número de vueltas. Así, el valor de la inductancia de una bobina es igual al cuadrado del número de vueltas de la bobina.

Una fuente de alimentación constituye el primer elemento y básicamente es uno de los más importantes para el correcto funcionamiento de las bobinas ya que es de aquí donde se proveerá de energía para que surja efecto el experimento.

Materiales.

- Alambre magneto calibre 18.
- Tubo de cartón
- Estilete o sierra pequeña.
- Pegamento epoxi (resina)
- Fuente de alimentación (DC-Constanter. Geregeltel Netzgerät)
- Termómetro.
- Espuma flex.

Procedimiento.

El presente diseño es de tipo experimental encaminado a encontrar los efectos de los campos magnéticos sobre los microorganismos.

1. Para el cálculo de la bobina se seleccionó un tubo de cartón de 8 cm de diámetro y una altura de 8 cm. La dimensión se definió con base a la dimensión del recipiente usado.
2. Con ayuda de un estilete, cortar el tubo de cartón según la dimensión y diámetro que se requiera, en este caso se trabajará con un diámetro de 8cm, con núcleo de aire en el interior, donde se pretende colocar las cajas Petri.
3. Para la dimensión de esta bobina se utilizó 24 metros de alambre de magneto de calibre 18.
4. Para rebobinar se utiliza pegamento epoxi para que quedé pegado el alambre y así no se desenrolle fácilmente.
5. Se procede a enrollar alrededor del tubo de cartón sin cortar el alambre obteniendo 218 vueltas.
6. Dejar secar durante 24 horas para que el pegamento se fije bien al tubo de cartón.
7. Una vez lista la bobina conectar a la fuente de alimentación, que entregará 12 Voltios y 2 Amperios.
8. Recubrir la bobina con espuma flex, tapándola parcialmente ya que la temperatura de la bobina es una variable clave para el crecimiento bacteriano.
9. Con ayuda de un termómetro verificar que la bobina llegué a la temperatura óptima de crecimiento bacteriano que es de 37°C.
10. Colocar los cultivos bacterianos en el interior de la bobina, logrando que se ubicará en la región donde el campo sea más uniforme, es decir el centro geométrico del cilindro conformado por la bobina.
11. Finalmente observar los diferentes efectos que causa el campo magnético en el crecimiento bacteriano.

Precauciones generales.

- Es importante dejar libre al inicio y al final cables sueltos en el momento de rebobinar, para que estos se conecten a la fuente de alimentación.
- Para empezar a rebobinar recubrir de pegamento epoxi toda la superficie del tubo de cartón para comenzar a enrollar y en cada capa de alambre recubrir con pegamento para que se fije bien y evitar que se desenrolle fácilmente.

- Al ser conectado la bobina a una fuente de poder verificar si está produciendo campo magnético.
- Tener precaución con los cultivos bacterianos ya que se está trabajando con microorganismos que son nocivos para la salud humana.

Disposición de Desechos.

1. Esterilizar las cajas Petri antes de realizar la siembra bacteriana
2. Después de efectuar el experimento las cajas de cultivos bacterianos serán autoclavados y finalmente eliminados.

Bibliografía.

Hurtado, D & Villamar, F. (2014). *Diseño y construcción de una bobina Tesla de 15Kv en el primario para el laboratorio de alta tensión de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.