



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA

BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Estudio de los efectos del campo electromagnético en el tiempo de detección de la bacteria *Staphylococcus aureus*

Autor: León Parra, Diana Estefanía

Director: Sánchez Juárez, Aramis Azuri

LOJA - ECUADOR

2020



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>

2020

Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Loja, 16 de julio de 2020

Magister

Cruz Erazo Claudia Teresa

Coordinadora de la titulación de Bioquímica y Farmacia

Loja.-

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Estudio de los efectos del campo electromagnético en el tiempo de detección de la bacteria *Staphylococcus aureus*, realizado por Diana Estefanía León Parra ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo. Así mismo, doy fe que dicho trabajo de titulación ha sido revisado por la herramienta anti plagio institucional.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

.....

Firma del director del Trabajo de Titulación

Aramis Azuri, Sánchez Juárez PhD

C.I.:

Declaración de autoría y cesión de derechos

“Yo, Diana Estefanía León Parra, perteneciente a la Titulación de Bioquímica y Farmacia declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

- Ser autora del presente trabajo de titulación: “Estudio de los efectos del campo electromagnético en el tiempo de detección de la bacteria *Staphylococcus aureus*” y de todos sus contenidos que se encuentren en ella como Introducción, Capítulo 1 Marco teórico bacterias y campos electromagnéticos, Capítulo 2 materiales y metodología de la investigación, Capítulo 3 resultados y discusión, Conclusiones recomendaciones y anexos, 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.
- Que mi obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: “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”.
- Autorizo a la Universidad Técnica Particular de Loja para que pueda hacer uso de mi obra con fines netamente académicos, ya sea de forma impresa, digital y/o electrónica o por cualquier medio conocido o por conocerse, sirviendo el presente instrumento como la fe de mi completo consentimiento; y, para que sea ingresada al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Autora: Diana Estefanía León Parra

C.I.:1150346755

Dedicatoria

Esta tesis se la dedico a mi Dios, quien supo guiarme por el buen camino darme fuerzas para seguir adelante, a mi Papi German que es mi ángel que sé que desde el cielo estuvo conmigo cuidándome.

A mi familia que son mi pilar fundamental, a mis Padres Manuel y Flor que siempre estuvieron conmigo brindándome su apoyo incondicional y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar gracias a ellos eh logrado culminar este logro en mi vida.

A mis hermanas María Soledad que definitivamente ha sido un ejemplo de lucha y constancia y Lady Vanessa y a mi hermano Christian Manuel, que siempre me estuvieron apoyándome de una u otra manera, gracias por confiar y creer en mí.

Mis sobrinos Nicole, Naomi, Nicolás y mi primita Camilita que son mis niños que alegran mis días con sus ocurrencias.

A mis queridos amigos, que han estado en las buenas y en las malas por saberme escuchar, aconsejar y ayudarme en lo que podían.

En fin, este logro es gracias a todos ustedes, he logrado concluir una meta más a todos los que han estado ahí siempre. Gracias por formar parte de mi vida y compartir esta enorme felicidad junto a mí.

Agradecimiento

Agradezco a mis Padres, por el apoyo incondicional nada de esto hubiese sido posible sin ellos.

Al PhD, Aramis Sánchez J, que además de ser mi tutor de tesis ha sido mi amigo y me ha brindado esa confianza y ha creído en mí, por su paciencia su tiempo sus enseñanzas han sido claves para la finalización de este trabajo de tesis.

De igual manera al Ing., Marco Ayala que responsablemente fue mi tutor a cargo y me ayudo en la culminación de la tesis.

Así mismo a la Dra. Yomara Quizhpe por su apoyo incondicional su confianza y su amistad sincera por siempre estar pendiente de mi aconsejándome y su orientación impartida desde el inicio de este trabajo.

A mis compañeros; amigas y amigos que he ido conociendo a lo largo de mi estadía en la Universidad con quienes he compartido locuras y ocurrencias, gracias por su amistad apoyo, ánimo y compañía.

Índice de contenidos

Aprobación del director del trabajo de titulación	II
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	III
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento	VI
Índice de contenidos	VII
Índice de tablas.....	IX
Índice de graficas.....	X
Índice de anexos.....	XI
Resumen	1
Abstract.....	2
Introducción	3
Capitulo uno.....	5
(Marco teórico).....	5
1.1 Bacterias.....	5
1.1.1 Las bacterias y su relación con el ser humano	6
1.1.2 Métodos de diagnóstico.....	6
1.2 <i>Staphylococcus aureus</i>	7
1.2.1 Generalidades	7
1.2.2 Taxonomía	7
1.2.3 Pruebas de identificación de <i>Staphylococcus aureus</i>	7
1.2.4 Morfología	8
1.2.5 Factores de virulencia.....	9
1.3 Campo electromagnético.....	10
1.3.1 Aspectos generales.....	10
1.3.2 Espectro electromagnético.	11
1.3.3 Corriente eléctrica y magnetismo.	12
1.3.4 Unidades.....	13
1.4 Efectos biológicos de los Campos electromagnéticos	13
Capitulo dos.....	14
(Materiales y métodos).....	14
2.1 Diseño experimental.....	14
2.1.1 Focos LED	14
2.1.2 Espectro electromagnético de la fuente de iluminación.	15

2.1.3 Espectrofotometría de transmisión.....	16
2.1.4 Fibra óptica.....	17
2.2Laboratorio.....	18
2.2.1Cepas de estudio.....	18
2.2.2Medio de cultivo.....	18
2.2.3Siembra.....	19
2.3Origin Pro 8.....	19
Capitulo tres.....	21
(Resultados y discusión).	21
3.3Condiciones del muestreo.....	21
3.4Efectos del campo electromagnético.....	22
3.5Espectroscopiatransmisión.....	23
3.5.1Promedio de los cinco muestreos realizados.....	23
3.5.2 Análisis del espectro de transmitacia.....	24
3.6Resultados de los focos Led.....	26
Conclusiones.....	29
Recomendaciones.....	30
Referencias.....	31
Anexos.....	34

Índice de Tablas

Tabla 1: muestra los rangos de longitud de onda (en nm) para los diferentes colores .

Tabla 2: Condiciones del campo electromagnético en el crecimiento bacteriano

Tabla 3: tiempo de crecimiento de los muestreos realizados

Índice de Figuras

Figura 1: Tinción Gram de *Staphylococcus áureos*.

Figura 2: *Staphylococcus áureos*, en agar manitol.

Figura3: Representación del espectro electromagnético.

Figura 4 : Flujo de corriente en un campo electromagnético.

Figura 5: Diseño experimental.

Figura 6: Longitudes de ondas de los focos Led

Figura 7: Puntos de medición (A, B, C, D, O)

Figura 8: Espectro de transmisión.

Figura 9: Fibra óptica en la caja Petri.

Figura 10: Medio de cultivo en las cuatro cajas.

Figura 11: Estriado en forma de +.

Figura 12: Programa utilizado Origin Pro 8.

Figura 13: Crecimiento de las bacterias

Figura 14: Promedio en sus cinco muestreos.

Figura 15: Acercamiento del espectro de transmitancia 720nm a 900nm.

Figura 16: Acercamiento en 720 nm

Figura 17: Resultado de las muestras en los focos.

Índice de Anexos

Anexos 1. Elaboración del diseño experimental.

Anexos 2. Lugar propicio para la medición con espectroscopia.

Anexos 3. Preparación y siembra en el medio de cultivo.

Anexos 4. Manual para la preparación del diseño experimental utilizando focos led para el crecimiento de bacterias

Resumen

La presente investigación se realizó con la finalidad de estudiar y observar los efectos del campo electromagnético en el tiempo de detección de la bacteria *Staphylococcus aureus* en cada uno de los focos led, con un tiempo de exposición de 24 horas, a 37°C, para el sembrando de las cepa bacterianas se utilizó como medio de cultivo el Manitol Sal, para determinar el crecimiento bacteriano de las mismas con mayor precisión, se utilizó espectroscopia óptica cuya finalidad es medir la intensidad de color inicial (rojo) que conforme va pasando el tiempo disminuye y resalta el color amarillo. Los resultados indicaron que al ser sometidas y ser estimuladas por el campo electromagnético se logró con el LED rojo, un temprano crecimiento de la bacteria comparado con el resto de focos logrando un cambio del viraje y así contribuir en un futuro diagnostico en tiempo de detección de esta bacteria.

Palabras claves: Campo electromagnético, espectroscopia, focos led, *stafilococcus Aureus*.

Abstract

The present investigation was carried out with the purpose of studying and observing the effects of the electromagnetic field in the detection time of the *Staphylococcus aureus* bacteria in each of the led bulbs, with an exposure time of 24 hours, at 37 ° C, to the seeding of the bacterial strains was used as culture medium Mannitol Salt, to determine their bacterial growth with greater precision optical spectroscopy was used whose purpose is to measure the initial color intensity (red) that as time goes by decreases and highlight the yellow color. The results indicated that upon being subjected and stimulated by the electromagnetic field, an early growth of the bacteria was achieved with the red focus, achieving a change of the turn at the eighth hour of measurement and thus contributing to a future diagnosis in time of detection of this bacterium.

Keywords: Electromagnetic field, spectroscopy, led bulbs, *staphylococcus Aureus*

Introducción

El presente trabajo consiste en determinar los efectos del campo electromagnético sobre el crecimiento de la bacteria *Staphylococcus Aureus* este se desarrolló en tres capítulos, el primer capítulo es el marco teórico que consiste en lo teórico de investigaciones que se han hecho sobre este tema, en el capítulo dos se muestra la metodología que se utilizó finalmente el capítulo tres que trata sobre los resultados y discusión. Esta investigación contribuye a un rápido diagnóstico en el estudio del crecimiento de esta bacteria y a la vez contribuir en la detección de la misma y así observar los efectos del campo electromagnéticos todo esto fue realizado en la sección de Fisicoquímica y Matemáticas del departamento de Química y Ciencias Exactas de la Universidad Técnica Particular de Loja, con este estudio se busca contribuir en el campo microbiológico a través del campo electromagnético y así ayudar con nueva alternativa para el diagnóstico y detección temprana de la bacteria dentro del laboratorio clínico.

Los efectos que ocasionan el campo electromagnético en los microorganismos se relacionan no solo con su especie y su morfología, sino también con las características del medio de cultivo (líquido o sólido) en el que reciben el tratamiento electromagnético (Barbosa et al., 2000). En el campo electromagnético los efectos que sufren los microorganismos se clasifican en no observables estimulantes o inhibitorios todo esto depende de la intensidad del campo, así como la frecuencia de la corriente eléctrica que lo indujo, si es oscilante, y del tiempo de exposición (Anaya et al., 2015).

Las radiaciones con que interactúan los sistemas biológicos pueden provenir de distintos orígenes como las radiaciones electromagnéticas de la atmósfera o de fuentes artificiales, como, por ejemplo, lámparas de luz blanca, de luces monocromáticas, de luz ultravioleta; fuentes de rayos infrarrojos, de rayos láser de distintas longitudes de onda (λ); etc, toda la energía radiante en la atmósfera proviene de la energía emitida por el sol (García, 2005). La radiación y la luz forman parte de un amplio rango, que no tiene límite inferior o superior, denominado el Espectro Electromagnético se utilizan dos parámetros comunes para referirse al espectro electromagnético: frecuencia y longitud de onda (Fontal, 2005).

La bacteria con la se trabajo es *Staphylococcus aureus* ya que es considerada como oportunista, debido a que ocasiona enfermedades al humano, principalmente cuando éste atraviesa lapsos de vulnerabilidad asociados a circunstancias extrañas que disminuyen la competencia de su sistema inmunológico bajo tales condiciones, el microorganismo es capaz de provocar afecciones en casi cualquier región anatómica, lo cual refleja su amplio bagaje en cuanto a genes de virulencia que lo habilita para establecerse, reproducirse, sobrevivir y diseminarse en diversas clases de tejidos por lo tanto, es precisamente dentro de las instituciones de salud, en donde resulta notablemente mayor la proporción de individuos que adquieren infecciones por estafilococos u otros agentes microbianos, aun cuando en aquellas se concentran el personal especializado (médicos, químicos de laboratorio, enfermeros, etc.) y los equipamientos diagnósticos y terapéuticos más avanzados (Garza Velasco, Zúñiga- Rangel, & Perea-Mejía, 2013).

Capítulo uno

Marco Teórico

1.1 Bacterias

Las bacterias son microorganismos unicelulares estos se reproducen por fisión binarias siendo la mayoría de vida libre a excepción de algunas que son de vida intracelular obligada pertenecen al reino procariota también pueden ser eucariotas tienen estructuras en común como la membrana celular el estudio de las bacterias, comenzó con la primera observación de Van Leuwenhoek de la cual realizó raspados de los dientes, desde la actualidad se siguen descubriendo nuevas bacterias patógenas (Tortora et al., 2007.p.4).

1.1.1 Las bacterias y su relación con el ser humano

Según Estela et al.(2005) los ecosistemas microbianos están conformados por una multitud de bacterias, hongos, protozoarios y otros microbios que constituyen la flora normal estos se localizan en los seres humanos en partes específicas como son :piel ,oro faringe ,tracto gastrointestinal y genitourinario ya que el cuerpo humano posee una superficie cutánea y mucosa por lo que entra en contacto con el medio ambiente la flora microbiana normal se refiere a todos los diferentes microorganismos que habitan en las superficies externas e internas de los seres humanos sanos.

Finalmente Zendejas et al.(2014) la principal causa de múltiples enfermedades infecciosas en seres humanos son causadas por bacterias su principal impacto es ocasionado por cepas de *S,aureus* siendo poseedora de características que le permiten convertirse en una de las bacterias más importantes a nivel clínico y principalmente en enfermedades que son transmitidos por alimentos siendo resistentes a meticilina (MRSA) y otros tipos de medicamentos que se los utilizaba para el tratamiento de ciertas infecciones desde un punto de vista genómico la resistencia se produce por la selección natural.

1.1.2 Métodos de diagnóstico

Bou et al. (2011) mencionaron que la identificación bacteriana se realiza por métodos basados en sus características fenotípicas, se basa principalmente en las características

observables, morfología, además del método de diagnóstico de elección además que permite el aislamiento del microorganismo en estudio su identificación la sensibilidad a los antimicrobianos que facilita la aplicación de marcadores epidemiológicos es esencial la correcta elección del medio de crecimiento y las condiciones de incubación la experiencia del profesional es fundamental para la elección de una prueba las mismas que nos ayudan a conocer el género y especie bacteriana Existen métodos rápidos como la microscopia ,técnicas de identificación bioquímicas, pruebas de detección de antígenos y de anticuerpos ,en las técnicas de diagnóstico molecular siendo algunas tan rápidas como la PCR a tiempo real los procedimientos microscópicos utilizan tinciones estándar anticuerpos fluorescentes para detectar microorganismos estos se consideran métodos rápidos y se utilizan para la diferenciación inicial o presuntiva de ciertos grupos de microorganismos pueden ser obtenidas en un tiempo de 2 a 6 horas de incubación aunque algunas de ellas pudieran requerir una incubación ampliada hasta el día siguiente ,se realiza un examen macroscópico mediante la observación visual en el momento de realizar la extensión sobre el portaobjetos, la elaboración de los cultivos y posteriormente un examen microscópico mediante las tinciones elegidas por lo que el microscopio es el instrumento más necesario para un microbiólogo, dado que permite la observación de microorganismos que no pueden ser observados a simple vista ,las muestras se pueden prepararse de diferentes formas para hacer a los microorganismos más fácilmente y mostrar sus características estructurales, las suspensiones en fresco nos permite conocer algunos elementos, como motilidad bacteriana ,recuento de leucocitos ,detección de parásitos o protozoos o visualizar estructuras fúngicas las tinciones permiten observar a los microorganismos en función de la capacidad para retener o no determinados colorantes las tinciones pueden realizarse siguiendo distintos métodos siendo las más utilizadas las tinciones diferenciales que permiten distinguir a los microorganismos por sus características, la tinción Gram: esta tinción permite hacer diferenciaciones taxonómicas, separando dos grandes grupos, bacterias positivas de color violeta azulado, y Gram-negativas de color granate o rojo-rosado. Tinción ácido-alcohol resistente: se basa en que ciertos microorganismos no pierden la coloración por una mezcla

de ácido y alcohol si han sido previamente teñidos con fucsina fenicada (López et al., 2007.p.29).

“Medios no selectivos” agar sangre y agar chocolate estos facilitan el crecimiento de muchas especies diferentes de bacterias, pero no solo el crecimiento de una sola especie bacteriana.

“Medios selectivos”: ayudan en el aislamiento de ciertas especies de gran importancia médica, las técnicas de identificación diferencial como el agar MacConkey, agar CLED, agar XLD, agar VCAT o VCN estas se utilizan para sembrar diferentes tipos de muestras contaminadas intraabdominales, heces, orina o exudados genitourinarios. Es posible hacer una identificación preliminar de muchas bacterias importantes en la clínica, basándose en las características macroscópicas de las células en la forma de sus colonias sobre los medios de cultivos en que crecen y se aíslan los resultados se obtienen después de 24-48 h de incubación (López-Hontangas et al., 2007.p.30)

Para el presente estudio se decidió trabajar con la bacteria *Staphylococcus aureus* con el objetivo contribuir con la detección y diagnóstico en corto tiempo de la bacteria expuesta a radiación electromagnética en un ambiente controlado para este se utilizó la prueba de fermentación del Manitol Sal “Este medio contiene manitol (1%), NaCl 7,5%, rojo de fenol y peptonas; es un medio de cultivo diferencial y selectivo que se utiliza en la diferenciación y aislamiento de *S. aureus* se puede observar el agar del color amarillo alrededor de las colonias, lo que indica la producción de ácido a partir del manitol y es característica de esta bacteria” (Koneman , 2008).

1.2 Staphylococcus aureus

1.2.1. Generalidades

Según Ryan & Ray (2011) la bacteria *Staphylococcus aureus* es una de las causas más comunes de infecciones purulentas de un agente etiológico de diversas patologías como infecciones de la piel y tejidos blandos, bacteremia, endocarditis, infección del SNC y del tracto génico urinario es un patógeno oportunista es decir de forma normal no provoca

ninguna enfermedad pero si el hospedador sufre alguna lesión cutánea o inmunodepresión, esta bacteria se multiplica e invade los tejidos ,provocando abscesos algunos cepas producen una capa capsula externa mucoide que aumenta su capacidad para producir infección (Durai et al.,2010).Además produce entero toxinas estafilocócicas son de las pocas toxinas bacterianas de naturaleza proteica, que presenta termorresistencia, esto explica por qué las IAE son relativamente comunes, ya que las toxinas no se destruyen tan fácilmente asimismo se ha sabido una amplia variedad de alimentos capaces de albergar al estafilococo cabe recalcar que las más susceptibles son las que tienen contacto con la piel del animal (Zendejas-Manzo et al., 2014).

1.2.2 Taxonomía

“Pertenece al Reino Bacteria, filo Firmicutes, Clase Bacilli, Familia *Staphylococcaceae* del género *Staphylococcus*, especie *S.aureus*; Nombre binomial *Staphylococcus aureus*”(Koneman , 2008).

1.2.3 Pruebas de identificación de *Staphylococcus aureus*

Cervantes-García et al.(2014) mencionó que la identificación *S.aureus* se realiza primeramente con tinción Gram ,pruebas bioquímicas como : prueba de catalasa, fermentación de glucosa, que permite diferenciar del género *Staphylococcus* del género *Micrococcus* también se considera, una catalasa positiva pero no fermentadora de glucosa,la prueba de coagulasa se basa en la capacidad de producir la enzima extracelular que coagula el plasma esta permite diferenciar *S, aureus* coagulasa positiva de las demás especies de *staphylococcus* coagulasa negativa, otras pruebas específicas de esta especie son fermentación de manitol y la producción de fosfatasa alcalina esta también se puede identificar por medio de técnicas moleculares como la reacción de la cadena de la polimerasa (PCR) en tiempo real utilizando genes específicos de especie.

1.2.4 Morfología

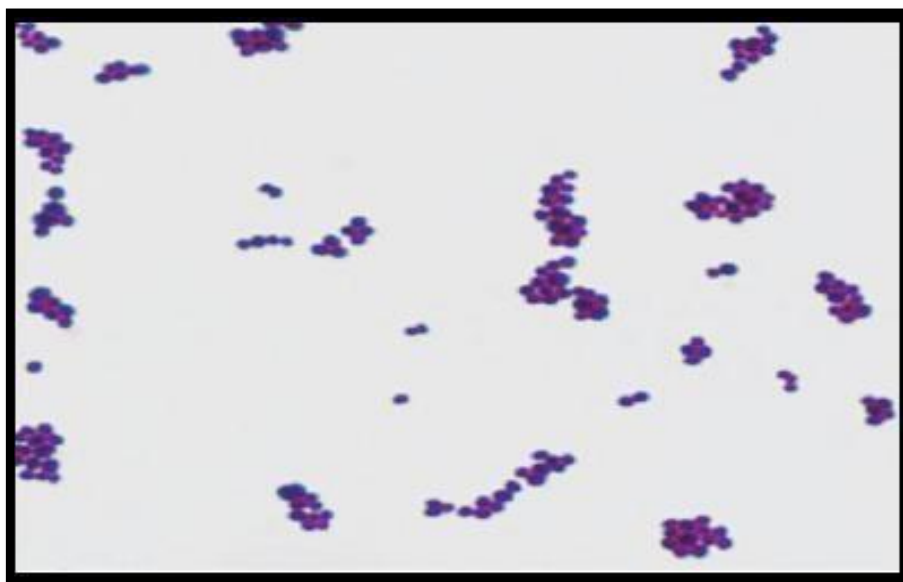
“Son de manera de cocos, con respecto a su pared celular está formada por una capa gruesa de peptidoglicano, no es flagelado, inmóvil y no forma espora, se desarrollan mejor

en condiciones aeróbicas, pero es anaerobio facultativo, productora de coagulosa y catalasa que se encuentra ampliamente distribuida con precisión forman racimos del griego *staphyle*, son de tamaño regular” (Ryan & Ray, 2011).

Morfología microscópica. -Cocos Gram positivos se agrupan en racimos de forma esférica y de un diámetro de alrededor de una micra, posee un endopigmento color amarillo naranja a blanco porcelana color dorado.

Figura 1

Tinción Gram de Staphylococcus áureos.

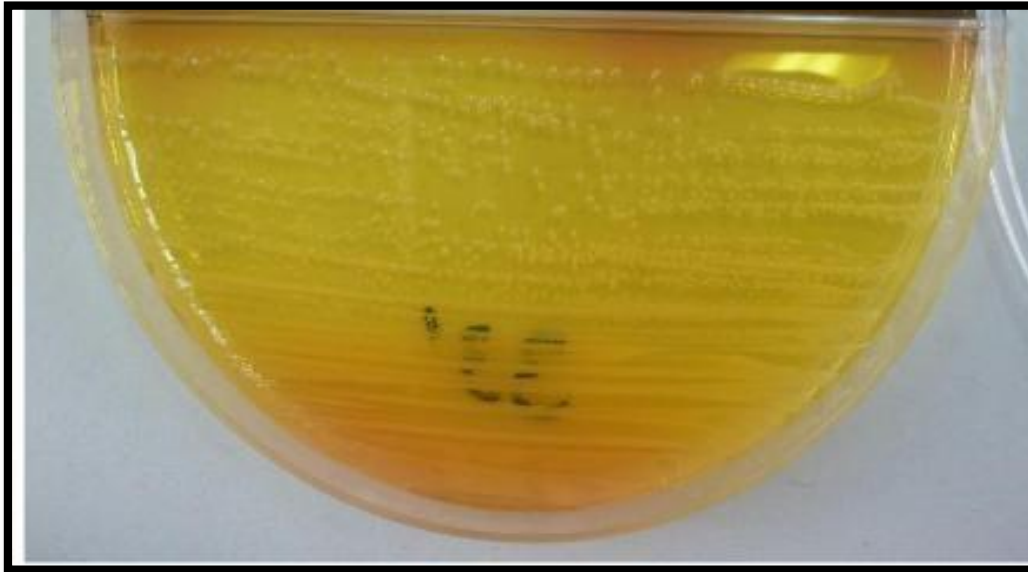


Nota. Y el gráfico representa cocos Gram positivos dispuestos en pares, tétradas y racimos. Tomado Brooks, et al. (2011)

Morfología macroscópica. - Debemos contar con un aislamiento de la cepa a estudiar en una caja de Petri el aislamiento nos permitirá observar las características de las colonias. “En medios no selectivos sus colonias son de 1 a 3 mm de diámetro, lisas, levemente elevadas, de bordes enteros, levemente convexas y generalmente pigmentadas con un color que puede ir desde amarillo a crema, en cuanto a la producción del pigmento se ve favorecida si se incuban los cultivos por 24 a 48 horas adicionales a temperatura ambiente en agar sangre ovina cuando crecen se puede observar una zona de β -hemólisis alrededor de las colonias” (Seija, 2019)

Figura 2

Staphylococcus áureos, en agar manitol.



Nota. Y la figura demuestra colonias brillantes redondas 1 a 3 mm de diámetro, lisas, levemente elevadas, de bordes enteros y generalmente pigmentadas con un color que puede ir desde la crema al amarillo. Fuente (Sagba & Urdiales, 2013)

1.2.5 Flora normal

Según Torres (2009) las bacterias son microorganismos que forman parte del microbiota normal de la piel, fosas nasales orofaríngea ya que es parte de la flora transitoria, es viable de un ser humano a otro y está formada por gérmenes que incluyen bacterias potencialmente patógenas para el propio individuo y otras personas que entran en contacto con bacterias.

1.2.6 Factores de virulencia

S. aureus posee numerosos factores de virulencia, que son necesarios para su mecanismo patógeno, pero no todos se expresan a la vez depende de la fase de infección en la que se encuentre, del lugar de entrada y de la respuesta inmune del hospedador, la hemolisina, así como otros factores de virulencia como la coagulasa y la proteína A produce tres hemolisinas diferentes: α -hemolisina, β -hemolisina y γ -hemolisina (Traber et al., 2008).

1.3 Campo electromagnético**1.3.1 Aspectos generales**

Los Campos Electromagnéticos (CEM) son aquellas magnéticas y eléctricas combinadas que se propagan a la velocidad de la luz y se desplazan simultáneamente cuanto más elevada es su frecuencia mayor es la energía que transporta la onda, se clasifican en los siguientes grupos: radiaciones ionizantes y radiaciones no ionizantes. “Según lo manifiesta la Organización Mundial de la Salud (OMS) se subdivide estas últimas en: Campos electromagnéticos estáticos no variables en el tiempo estos están presentes en los trenes de levitación magnética, en los sistemas de resonancia magnética para diagnóstico médico y los sistemas electrolíticos en aplicación industrial experimental, hay campos electromagnéticos de frecuencia baja (FEB, o ELF) hasta 300 Hz.- están presentes en los equipos relacionados con lo que es la generación el transporte o utilización de la energía eléctrica de 50 Hz , líneas de alta y media tensión y los aparatos electrodomésticos , los campos de frecuencia intermedia (FI) son de frecuencias de 300 Hz a 10 MHz y que incluyen las pantallas de ordenador, los dispositivos antirrobo y los sistemas de seguridad , los campos de radiofrecuencia (RF) son de frecuencias de 10 MHz a 300 GHz, las ondas de radio la televisión, las antenas de radares y telefonía móvil, los teléfonos móviles e inalámbricos, los dispositivos Wi- Fi, bluetooth y los hornos de microondas” (Alonso Fustel, Garcia Vázquez, & Onaindia Olalde, 2011).

Según Llanos,(2001) el campo magnético es un objeto magnetizado en el espacio que puede a su vez magnetizar a otros cuerpos de naturaleza paramagnética o ferromagnética, la combinación de campos magnéticos y fuerzas eléctricas invisibles tienen su origen en su voltaje: entre más elevado es el voltaje, más fuerte es el campo que resulta. Finalmente Autorizaci et al.(2008) concluye que campos electromagnéticos se producen cuando hay cargas en movimiento, es decir, corrientes eléctricas estas determinan su movimiento su intensidad se mide en amperios por metro (A/m), aunque suele expresarse en función de la inducción magnética que produce, por lo general todo aparato conectado a una red eléctrica generará en torno suyo si está encendido y circula la corriente, un campo magnético proporciona la cantidad de corriente que se obtiene de la fuente que lo alimenta su intensidad de estos campos es tanto mayor cuanto más cerca este el aparato, y disminuye con la

distancia. “Los campos electromagnéticos afectan y alteran el crecimiento y la producción de los microorganismos causan cambios en la síntesis de ADN, en la orientación de y biomembranas y biomoléculas alterando la membrana plasmática, generando como resultado neto una modificación en la ligereza de la reproducción celular” (Aponte et al., 2007).

1.3.2 Espectro electromagnético

El espectro electromagnético son aquellas longitudes de onda de todas las radiaciones que absorben o emiten una sustancia (Guale, 2014) ,la radiación sirve para asimilar la sustancia de modo análogo a los espectros se pueden contemplar mediante espectroscopios que además de permitir observar el espectro, permiten realizar medidas sobre el mismo como son la longitud de onda, la intensidad de la radiación ,la frecuencia, la longitud de una onda no es más que en el período espacial de la misma es decir la distancia que hay ,en cambio la frecuencia es una magnitud que mide el número de veces que se repite por unidad de tiempo de cualquier suceso o fenómeno ,la radiación ultravioleta (UV) que significa más allá del violeta , el infrarrojo (IR) y la luz visible (Vis) constituyen la parte de la franja óptica del espectro electromagnético, el espectro visible es una porción pequeña del espectro electromagnético cualquier energía producida en esta estrecha banda producirá la sensación de visión cuando estimula el ojo humano normal (Fontal, 2005).

Los espectros cuando pasan la luz a través de un medio transparente limitado por caras no paralelas se produce un fenómeno de dispersión un espectro de luz es el que está presente en todas las longitudes de ondas visibles desde el rojo hasta el violeta a esto se lo conoce como espectro continuo un ejemplo es el arco iris, hay fuentes luminosas que no emiten radiaciones de todas las longitudes de todas las ondas visibles (Guale, 2014).

Tabla 1

Muestra los rangos de longitud de onda (en nm) para los diferentes colores.

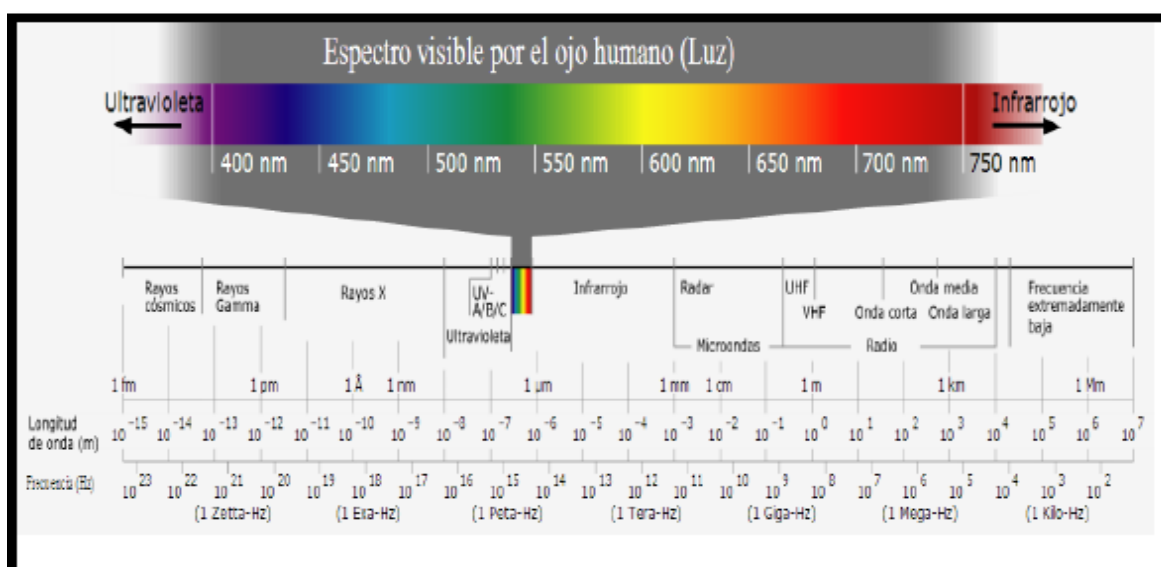
Rojo	630 - 760 nm	Azul	440 - 490
Naranja	590 - 630	Índigo	420 - 440
Amarillo	560 - 590	Violeta	380 - 420
Verde	490 - 560	Púrpura	No un color espectral puro

Nota. La tabla muestra Cada banda o parte del espectro visible que produce una sensación de color diferente. Fuente: (Fontal,2005).

Las frecuencias altas la radiación se presenta muy energética y puede ionizar átomos, es decir arrancarles electrones de tal manera que quedan eléctricamente cargados (iones). “En este rango de frecuencias se encuentran los rayos X ,los rayos gamma ,etc estas radiaciones, denominadas ionizantes, puede producir alteraciones genéticas y determinadas enfermedades como el cáncer los campos electromagnéticos situados en el espectro de frecuencias de que generan calor, pero no producen ionización en la materia los campos generados por la energía muy bajos que no producen ni calor ni ionización, y se sitúan en el espectro electromagnético muy lejos de cualquier radiación” (Otín et al., 1998).

Figura 3

Espectro electromagnético



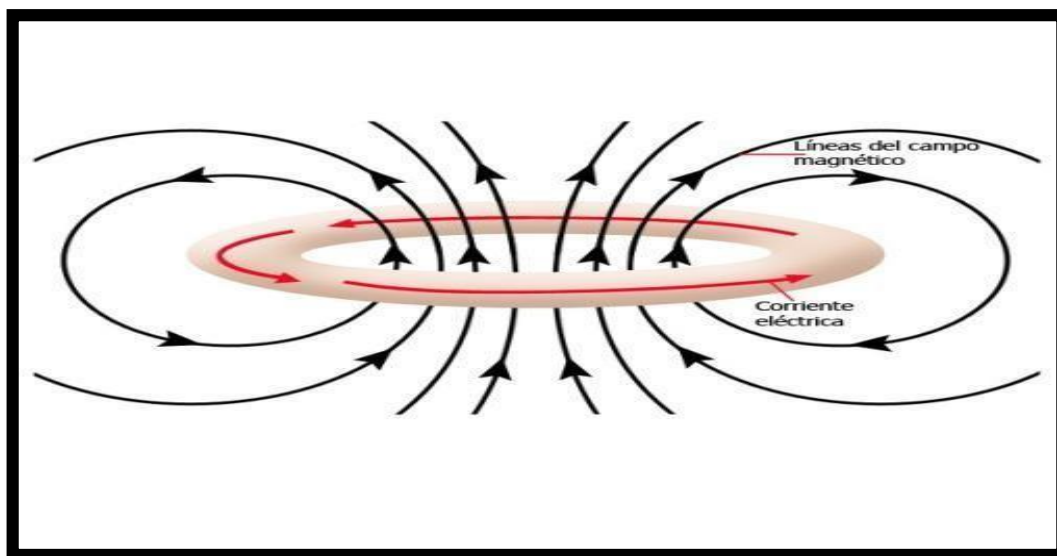
Nota. La figura representa el espectro visible por el ojo humano. Adaptado de Guale (2014).

1.3.3 Corriente eléctrica y magnetismo

Doctoral & Aracil (2011) manifiesta que la corriente eléctrica es el magnetismo en la naturaleza y existen básicos sólidos líquidos y gaseosos, son ondas transmisoras de energía electromagnética (EM), la luz contiene radiaciones (EM) que van del ultravioleta al infrarrojo siendo las radiaciones no ionizantes las que no producen pares iónicos al interactuar con la materia el electrón girando en su órbita produce un circuito eléctrico y por lo tanto un campo magnético, cuya respuesta se manifiesta por las fuerzas y torques momento de un par de fuerzas .

Figura 4

Flujo de corriente en un campo electromagnético.



Nota. El gráfico muestra las líneas en el campo magnético y la corriente eléctrica en un campo.

Adaptado de Otín, García, & Martos (1998).

1.3.4 Unidades

Frecuencia (f) se especifica como el número completos de cambios por segundo del campo eléctrico en un punto dado y se expresa en kilohercio (KHz), Hercio (Hz), megahercio (MHz), gigahercio (GHz), terahercio (THz) ,la longitud de onda λ se dice que es la distancia entre dos crestas se puede expresar en nanómetro(nm), milímetro(mm), centímetro (cm),metro(m), kilómetro(km), la intensidad del campo eléctrico es una fuerza ejercida sobre

una partícula cargada independientemente a su movimiento en el espacio se expresa en volt o kilovolt por metro (V/m o kV/m). Vector de Poynting (S), es la transferencia de energía, que representa la magnitud y la dirección de la densidad del flujo electromagnético se calcula, $S = E \times H$ y se expresa en vatios por metro cuadrado (W/m^2). La velocidad (v) de una onda es la velocidad de la luz, su frecuencia (f) y longitud de onda esta relacionadas en la siguiente ecuación: $v = f \lambda$ (Moura et al., 2014).

1.4 Efectos biológicos de los Campos electromagnéticos

Según Skvarca (2006), la Organización Mundial de la Salud (OMS) manifiesta que los efectos se pueden clasificar como biológicos cuando la exposición de campos electromagnéticos produce alteraciones, tales como cambios en la concentración estos pueden sobrepasar el umbral los efectos sanitarios adversos por exposición a radiofrecuencias y microondas pueden ser atérmicos o térmicos. Los campos electromagnéticos influyen sobre el crecimiento celular y es por eso que ha sido estudiado desde el punto de vista biofísico, pero su aplicación a la biotecnología se ha estudiado profundamente; sólo en los últimos años hay estudios que se han dedicado a microorganismos de interés biotecnológico (Zapata et al., 2002). Cuando se expone un sistema vivo ocurre un efecto en el campo magnético causando un efecto detectable previo a un efecto biológico que puede ser o no nocivo importante para comprender los riesgos que se pueden producir en la salud (Solano & Sáiz, 2010). La exposición a campos electromagnéticos cambios positivos pero otros al contrario defienden que esta exposición trae consecuencias negativas para los seres humanos por lo cual han establecido una relación entre las consecuencias biológicas posibles en los seres vivos tras someterse a la exposición para la proliferación y el crecimiento de la bacteria (Jiménez & Córdova, 2016).

Capítulo dos

Materiales y métodos

2.1 Diseño experimental

El presente diseño experimental, está enfocado en el diagnóstico y efectos de los campos electromagnéticos sobre los microorganismos. La bacteria que fue tomada en cuenta para este estudio fue *Staphylococcus aureus*, (cocos Gram positivos).Se elaboró el diseño con un tubo de cartón de los cuales se recortó cuatro con una altura de 10 cm que fue como soporte de los focos LED ,cada tubo con su respectivo foco en su interior se colocó las cajas Petri con el cultivo ya inoculadas .Se utilizó focos con luz roja, azul, infrarrojo y uno sin luz este diseño iba introducido en la incubadora y conectado a energía eléctrica para transmisión de luz a las cajas y una fue puesta en condiciones normales.

Figura 5

Diseño experimental



Nota. En el gráfico nos indica el diseño con sus respectivos focos Led (azul rojo e Infrarrojo) una en condiciones normales.

2.1.1 Focos LED

Para este estudio se utilizó tres focos LED (rojo, azul e infrarrojo) la cual nos emitía un espectro estrecho de luz hacia las cajas Petri, “estos se conectan y los colores producidos

depende del material y de la composición química que pueden estar en el UV cercano, visible o infrarrojo, como un LED o diodo normal consiste en un chip de material semiconductor impregnado con una impureza creando una estructura llamada unión p-n. Los portadores de carga electrones y huecos fluyen hacia la unión desde electrodos con diferentes voltajes, la longitud de onda de la luz emitida y por consiguiente su color de la brecha de energía dependen del material que forma la unión p-n ,la polaridad de un LED y el voltaje de la conexión eléctrica tiene que ser la correcta si la polaridad está invertida o el voltaje es muy alto no va fluir la corriente, pero el LED en cambio se puede dañar”(Fontal, 2005).

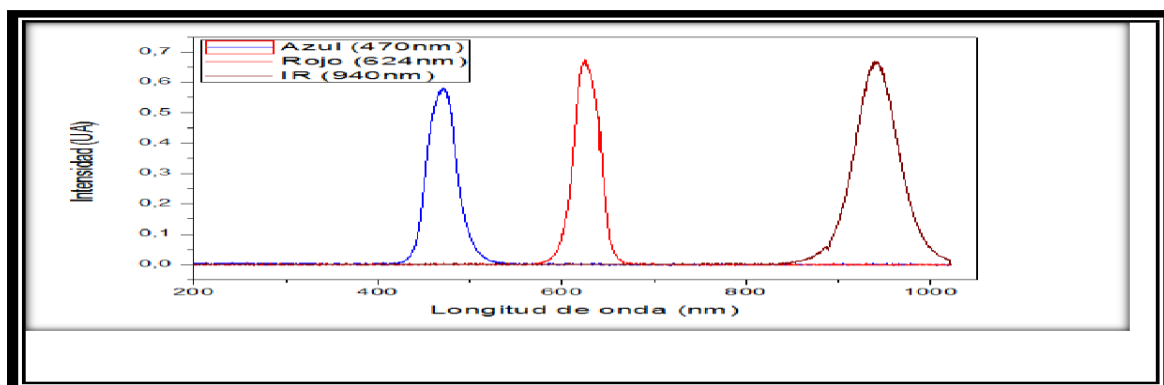
2.1.2 Espectro electromagnético de la fuente de iluminación

Para analizar el crecimiento se utilizó el espectro electromagnético, la luz visible cubre el rango de 380 nanómetros a 780 nanómetros (3.800 a 7.800 Angstroms) “Mientras más corta es la longitud de onda de luz visible, el color está más cerca del ultravioleta, a mayor longitud de onda, es decir menor frecuencia el color se acerca al infrarrojo” (Skoog ,1998).

La bacteria *S. áureos* se reproduce en medios sólidos como el agar manitol es específico para este género de bacterias que de rojo se torna a un color totalmente amarillo debido a las reacciones metabólicas que las bacterias producen en este medio ya que estos cultivos van tomando aspectos físicos diferentes es un parámetro practico para controlar el crecimiento bacteriano, es útil implementar métodos que permitan determinar la concentración de un microorganismos en medios de cultivo por ello se recurre al espectrofotómetro (fig 6) cada color de foco azul, infrarrojo, rojo tiene su longitud de onda demostrando así la propagación.

Figura 6

Longitudes de ondas de los focos Led



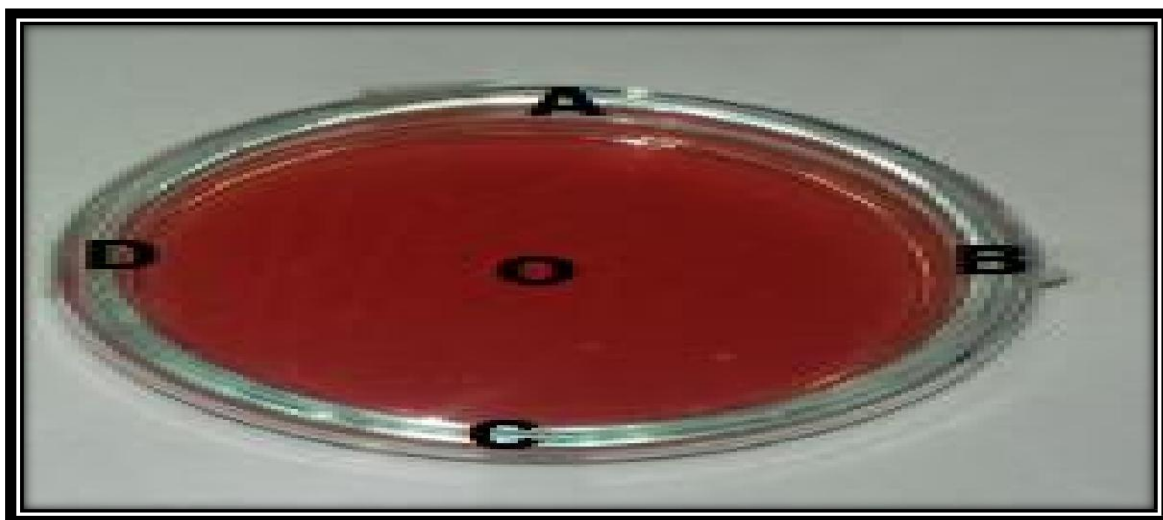
Nota. En la gráfica nos muestra las diferentes longitudes de onda para cada color el azul con 470 nanómetros el rojo 624 nanómetros e infrarrojo 940 nanómetros.

2.1.3 Espectrofotometría de transmisión

En cuanto al espectro de transmisión la medición se analizó la muestra con el cultivo microbiano en sus cinco puntos que se los llamo A, B, C, D, O (Centro de la caja).

Figura 7

Puntos de medición.

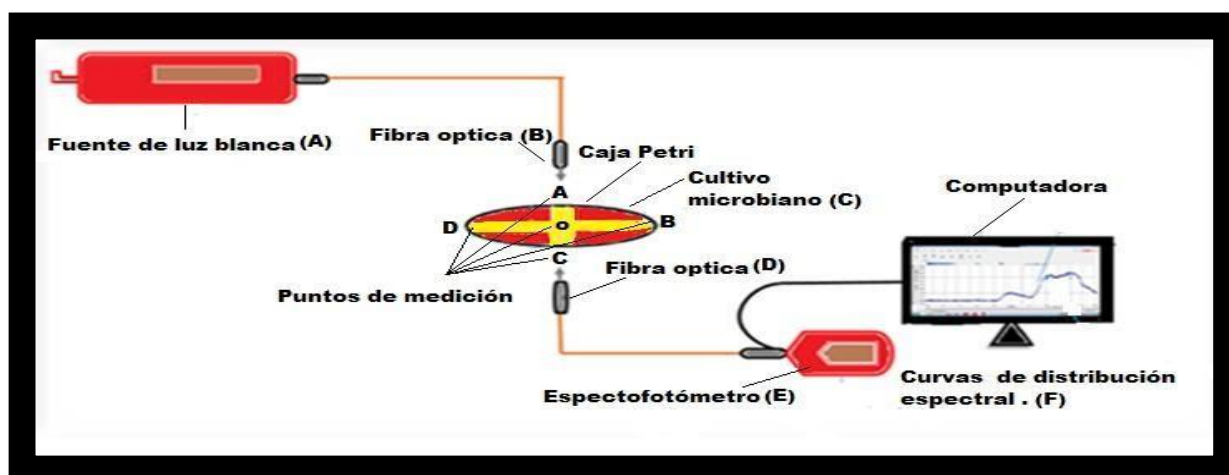


Nota. En el gráfico se puede observar los cinco puntos (A, B, C, D, O) que posteriormente los vamos medir.

Se adecuo el equipo en un lugar oscuro y se llevó caja Petri con el cultivo microbiano este equipo fue conectado a un computador para así obtener las curvas de distribución espectral, mediante Thorlabs OSA que es un programa, se analizó la muestra a cada hora por el lapso de 24 horas.

Figura 8

Espectro de transmisión



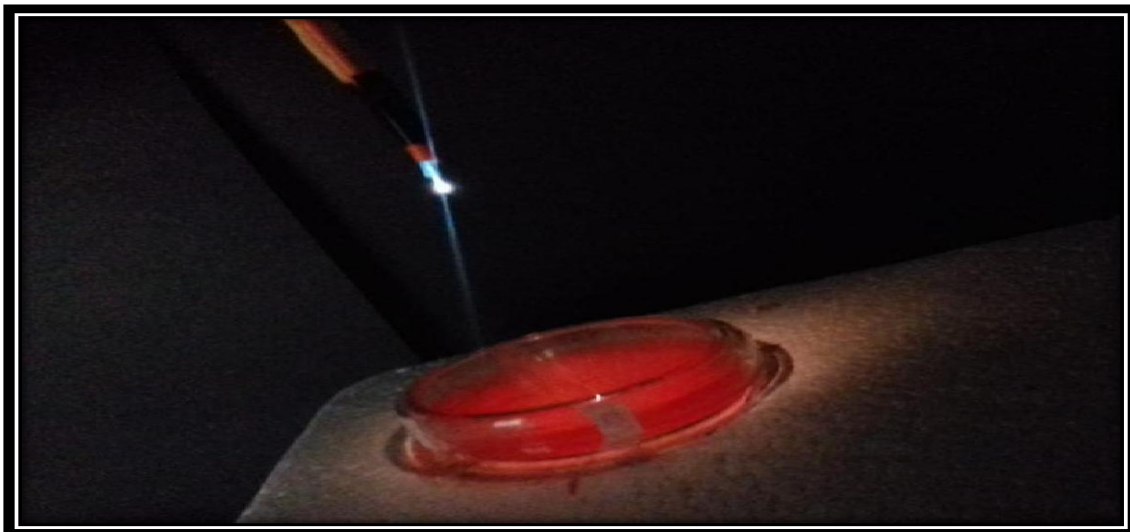
Nota. En la figura el espectro de transmisión, la luz blanca en su medición **(a)**, la cual envía a través de la fibra óptica una señal **(b)** la cual ilumina la muestra en sus puntos a,b,c,d,o **(c)**, la cual deja pasar la luz por sus cajas Petri en sus puntos y es captada por la otra fibra óptica que se encuentra por debajo de la caja Petri con muestra ya inoculada **(d)** siendo transmitida la luz y enviada al espectrofotómetro **(e)**, con ayuda de una computadora se obtiene las curvas de distribución espectral **(f)**.

2.1.4 Fibra óptica

Mediante la fibra óptica que ilumina la muestra medimos espectralmente el cambio de color en la caja Petri en sus cinco puntos (A, B, C, D, O), por la otra fibra óptica es captada la luz esta se encuentra por debajo de la muestra, esta es enviada por medio del espectrofotómetro, que es conectado a un computador donde se obtiene las curvas de distribución espectral.

Figura 9

Fibra óptica en la caja Petri.



Nota. En la figura nos muestra la fibra óptica esta nos ayuda a medir en cada uno de los puntos ya mencionados.

2.2 Laboratorio

2.2.1 Cepas de estudio

La bacteria en estudio fue *Staphylococcus aureus* (coco gram positivo), con el objetivo de contribuir en el tiempo de detección de esta bacteria en un futuro diagnóstico y observar el comportamiento que tiene al ser sometida al campo electromagnético. La bacteria

Staphylococcus aureus, fue aislada de cepas obtenidas del Hospital Provincial Isidro Ayora De Loja (Laboratorio Clínico) previamente estas ya eran confirmadas de que se trataban de la bacteria en estudio. Esta bacteria es considerada como parte del microbiota normal, se encuentra en la piel del individuo sano, pero en ocasiones en que las defensas de la piel caen pueden causar enfermedad.

2.2.2 Medio de cultivo

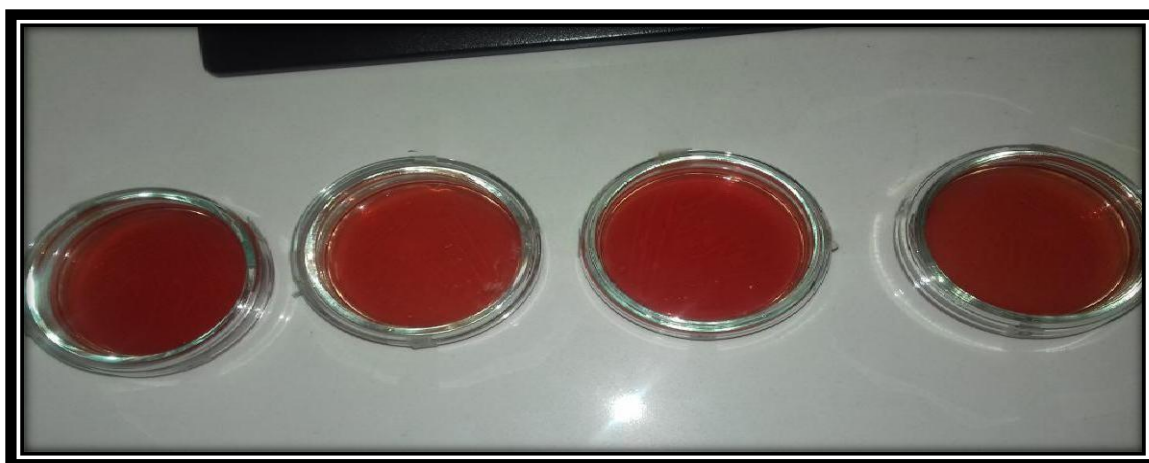
El medio que se utilizó fue Agar Mannitol Sallt es un medio diferencial y selectivo utilizado principalmente para el aislamiento y diferenciación de *Stafilococcus Áureos* cocos Gram positivos.

La preparación de este medio se realizó en el laboratorio de Bioensayos del Departamento de Química Básica y Aplicada ,primeramente se realiza los cálculos para las cajas que vamos a realizar se pesa 5.77 g de agar que corresponde para cuatro cajas Petri ,se colocó en un matraz y se lo disuelve bien en agua y se somete a calentamiento hasta hacerlo hervir por un minuto y se lo auto clava por dos horas aproximadamente con la finalidad de que este esterilizado pasado el tiempo se procede a dispensar en las cajas Petri de vidrio y se espera que se solidifique el medio y se lo guarda refrigeración .

S aureus son células esféricas de 0,5 a 1 um de diámetro sus colonias son cremosas de color amarillo y un medio circundante del mismo.

Figura 10

Medio de cultivo en las cuatro cajas.



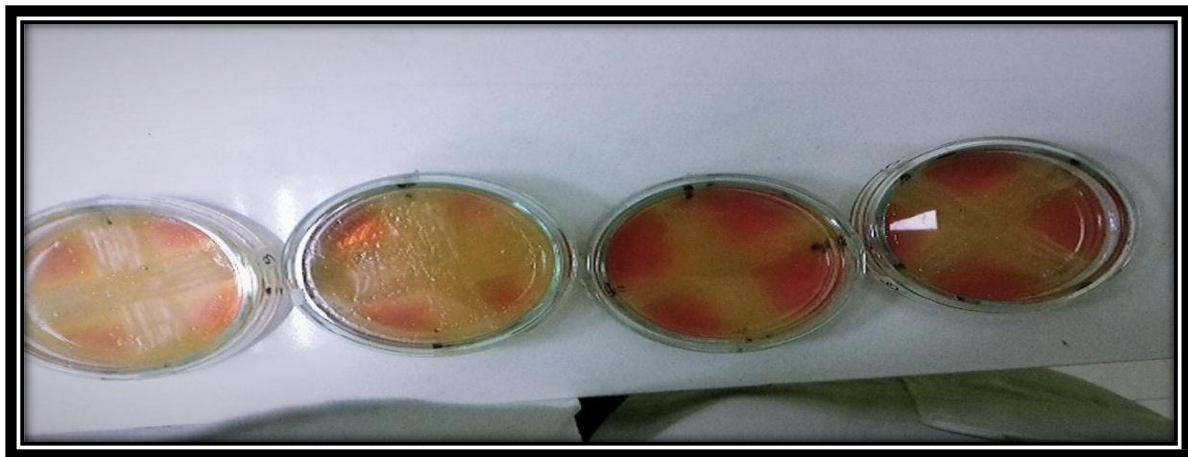
Nota. En la figura se observa el medio de cultivo Agar Mannitol Sallt.

2.2.3 Siembra

Para la presente investigación se realizó el estriado en formas de + en la cajas con Agar Manitol Sallt inoculando la bacteria, se realiza de esta manera el estriado para detectar el cambio de color y crecimiento bacteriano de los cinco puntos A, B, C, D,O (centro de la caja Petri)que son captados transmitidos a través de la fibra óptica con la finalidad de obtener las curvas de distribución espectral.

Figura 11

Estriado en formas de +



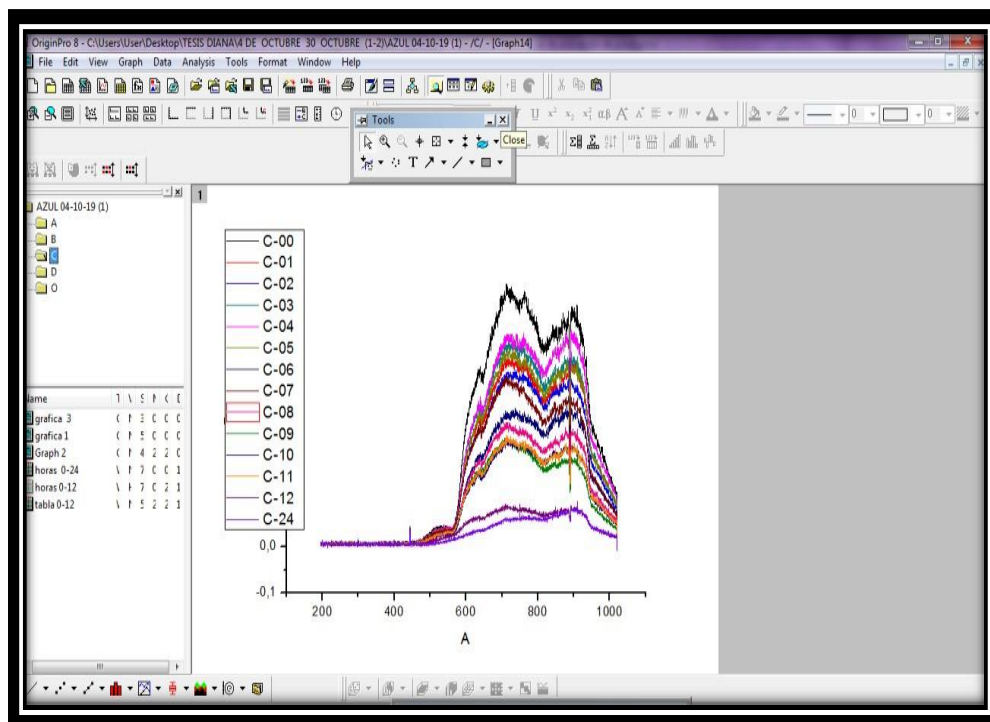
Nota. En la figura se observa las cuatro cajas de Agar Mannitol Sallt con un estriado en forma de más.

2.3 Origin Pro 8

El programa Origin Pro 8 para esta investigación fue de gran ayuda ya que importamos los datos obtenidos del programa Thorlabs OSA y así se obtuvo las gráficas del espectro de luz con el fin de analizar los espectros de transmitancia espectral para encontrar el comportamiento del cambio de color y crecimiento con respecto al tiempo el método que utilizamos es el de análisis por espectroscopia óptica.

Figura 12

Programa Origin Pro 8.



Nota. Se observa el programa Origin Pro8 la cual nos ayuda a obtener las gráficas del espectro de transmitancia

Capítulo tres

Resultados y Discusión

3.3 Condiciones del muestreo

Una vez que se obtuvo la cepa de *Estaphylococcus Aureus* previamente confirmadas que se trataba de la cepa en estudio a esta se la inoculo y se la expuso en el campo electromagnético para ver el efecto que produce en dicha bacteria como iba transcurriendo el tiempo (Tabla2) .Según Hurtado et al.,(2002) *Staphylococcus aureus* es un patógeno humano importante y una de las bacterias más estudiadas en el campo de la microbiología ya que esta coloniza e infecta a pacientes hospitalizados y a personas inmunocompetentes para su análisis las muestras se toman siguiendo lo establecido en las regulaciones vigentes se sembraron en placas petri que contenían medio Agar manitol, estriando con el asa y así obtener colonias aisladas para su identificación. Se observaron las características morfológicas de los distintos aislamientos y a las presuntas colonias de *Staphylococcus* se les realizó una coloración de Gram, buscando sus características tintoriales.

Tabla 2

Condiciones del campo electromagnético en el crecimiento bacteriano.

Cepa de la bacteria	Agar utilizado	Tipo de estriado	Tiempo de exposición de campo electromagnético	Frecuencia de la mediación
<i>Estaphylococcus Áureo</i>	Mannitol Salt	En forma de mas	24 horas	Cada 1 hora

Nota. En la tabla se puede ver el agar el tipo de estriado el tiempo de exposición y la frecuencia de la medición que se utilizó para la cepa en estudio.

Aunque se haya trabajado bajo las mismas condiciones en el campo Electromagnético en los cinco muestreos la bacteria tuvo distinto comportamiento y crecimiento (Tabla2). Según

Carrillo (2008) el estriado por cuadrantes es la que se obtiene un mejor crecimiento se utiliza cuatro secciones en lugar de tres en nuestro estudio decidimos realizar en manera de más con la finalidad de tener más crecimiento en los cinco puntos ya antes mencionados y así obtener datos más precisos.

Tabla 3

Tiempo de crecimiento de los muestreos realizados

Muestreo	Tipo de estriado	Tiempo de crecimiento
Muestreo 1	De manera de mas	12 a 16 horas
Muestreo 2	De manera de mas	11 a 16 horas
Muestreo 3	De manera de mas	8 a 10 horas
Muestreo 4	De manera de mas	9 a 10 horas
Muestreo 5	De manera de mas	8 a 10 horas

Nota. En la tabla se observa los cinco muestreos el tipo de estriado que se utilizó para cada uno y el tiempo de crecimiento de cada muestreo.

Según Cervantes et al., (2014), la incubación prolongada es un factor importante para detectar la presencia de colonias pequeñas, cuyo tamaño es 10 veces menor a las cepas de *S. áureos* que desarrollan en medios solidos además para su crecimiento requieren de mayor tiempo de incubación, como un mínimo de 24 horas, que son lo suficiente para distinguir y si se observa otro tipo de colonias se aísla si la cepa esta demasiada contaminada por lo general se descarta.

3.4 Efectos del campo electromagnético sobre el crecimiento del *Staphylococcus*

Áureos

Las colonias bajo la influencia del campo electromagnético en los focos Led mostraron un crecimiento distinto para cada radiación (Fig. 13). En el infrarrojo, rojo, azul, normal (oscuridad) se observó la misma morfología en todos los muestreos produciendo colonias de color amarillo redondas pequeñas y alrededor con el mismo color, la diferencia fue el tiempo en el que tardo la bacteria en crecer para cada foco Led. En estudios realizados en los que se encontró que los microorganismos son sensibles a la luz, para evaluar el efecto en el crecimiento se halló un aumento en el número de células comparando con un grupo control

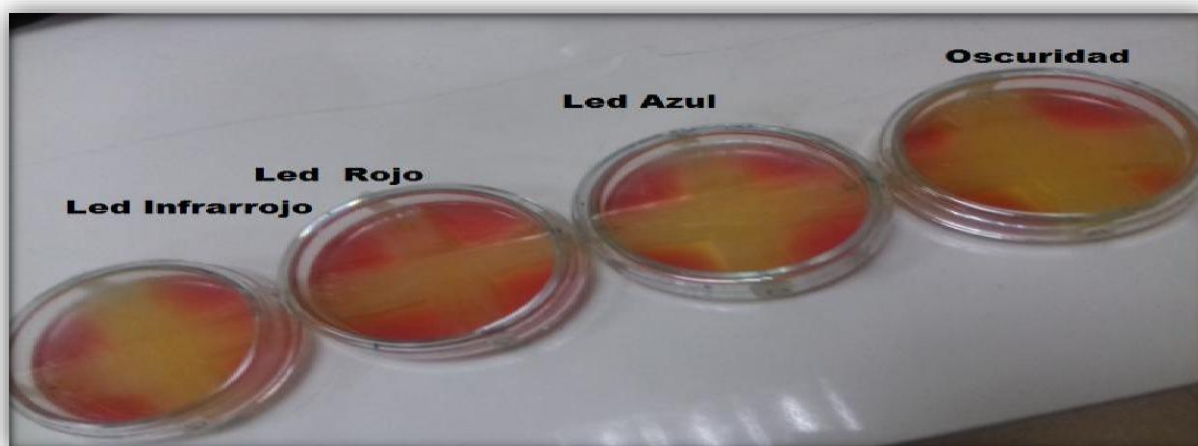
de referencia, además de modificarse la morfología de dicha bacteria la cual concluyeron que con el campo electromagnético puede alterar el crecimiento del microorganismo (Luz del Roble Rangel Avalos, 2015). Para explicar dichos efectos se emplean varios mecanismos de forma individual o combinada, los cuales tienen en común el que actúan sobre las partículas cargadas y las moléculas de agua cuando se

aplican en el medio de cultivo, y especialmente a nivel de membrana celular cuando incidendirectamente sobre los sistemas biológicos (Zapata et al.,2005).

Según (Anaya et al.,2015) para el conteo de colonias, las técnicas microbiológicas empleadas deben permitir la cuantificación de los microorganismos viables después de un tratamiento electromagnético aplicado por ejemplo, la siembra en cajas Petri con de cultivos solidos demostrarón que la concentración celular inicial es un factor importante para lograr estimular la fermentación alcohólica al aplicar campo electromagnético estático al cultivo para lo cual estudiaron concentraciones celulares iniciales de entre 10^2 y 10^7 células/ml en medio liquido con 2 y 6% de dextrosa, y concluyeron que 10^5 células/ml eran la concentración adecuada para obtener la mayor estimulación en este proceso. Finalmente Nore et al.,(2008) manifiesta que la temperatura óptima de crecimiento es 37°C pero logrando desarrollarse hasta los 10°C o ligeramente menos.

Figura 13

Crecimiento de la bacteria



Nota. En la figura se observa el crecimiento de las bacterias correspondiente a cada foco Led esta se realizó por un estriado en forma de más. Elaborado: León, D. (2020).

En la literatura se ha reportado resultados de diferentes tipos de bacterias expuesta a CEM, se observó que la exposición a CEM de baja potencia en la banda de los 50 Hz, y el crecimiento de la bacteria es relativamente bajo dependiendo del campo eléctrico así como su efecto sobre la respuesta a daños en el DNA, proliferación celular y alteración general del ciclo celular lo cual indicaría que las CEM podrían tener un efecto en la salud humana (Rodríguez & Ganga, 2018)

3.5 Espectroscopia de transmisión

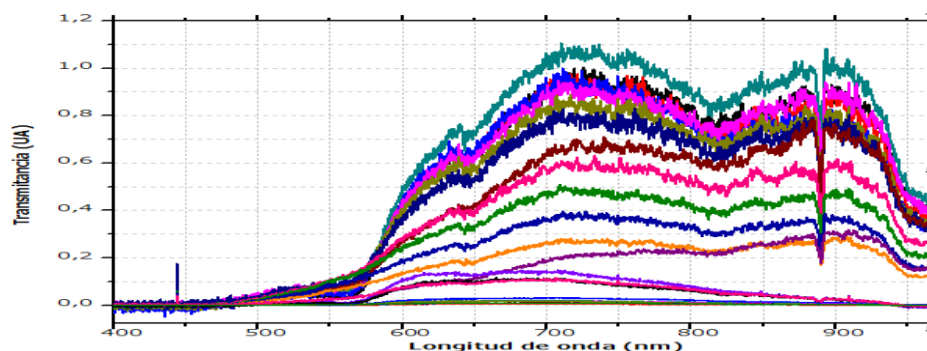
3.5.1 Promedio de los cinco muestreos realizados

El crecimiento bacteriano que obtuvo la bacteria *Estafilococcus Áureos* en los cinco muestreos que se realizó no creció en el mismo tiempo esto se pudo deber a muchos factores. Según (Pearson, Physiology, White, Drummond, & Fuqua, 2019) hay factores que afectan en el crecimiento bacteriano como la temperatura, humedad, acidez (Ph) ,nutrientes, tiempo, oxígeno, presión hidrostática y radiaciones.

En la **figura 14** representa el promedio de los cinco experimentos en sus 5 puntos (A, B ,C, D,O) ya transcurridas las 24 horas de medición de cada muestra , en 560 nm se va producir lo que es el cambio de color que es de amarillo color característico de esta bacteria debido a la fermentación de manitol, por el cambio del indicador de rojo fenol, este facilita la diferenciación de la especie de estafilococos. Según (González, 1998) menciona que el efecto fue visto sobre las bacterias que al igual que los virus, por su pequeño tamaño se necesita un menor tiempo de exposición para conseguir un crecimiento bacteriano.

Figura 14

Promedio de los cinco experimentos



Nota. En la gráfica representa el promedio de los cinco experimentos en sus cinco puntos.

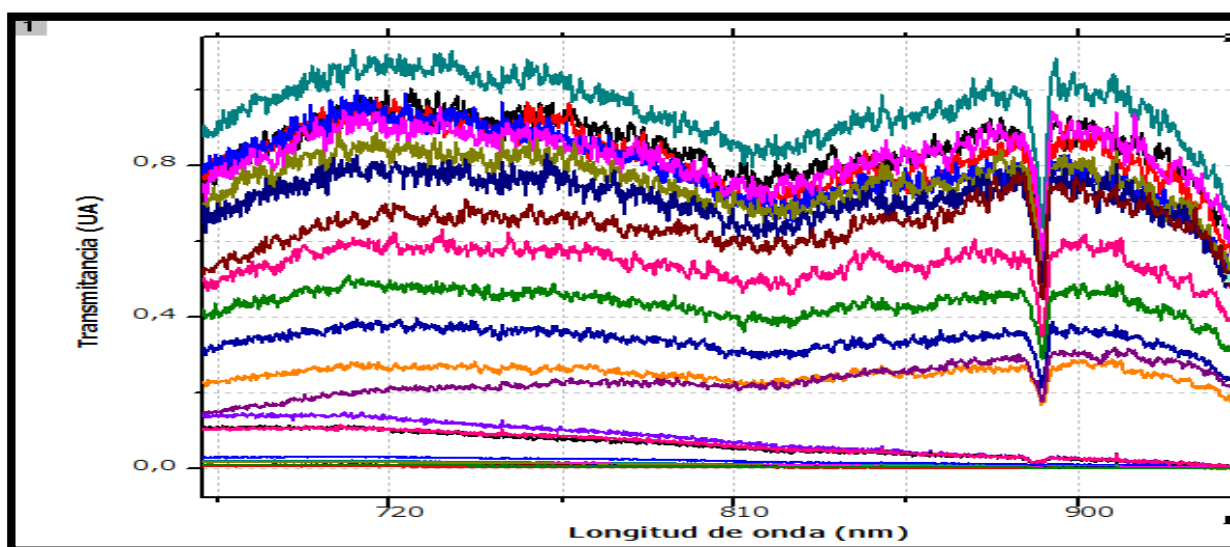
3.5.2 Analisis del espectro de transmitancia

En la **Figura 15**, nos indica el Acercamiento de las zonas donde se observa que el espectro de transmitancia cambia tras las 24 horas esto se observa claramente en 720nm y 900nm. Según Ordóñez (2010), el ojo humano típico percibe como luz visible las longitudes de onda comprendidas entre 700 y 820 nm , si bien algunas personas pueden percibir longitudes de onda de 400 a 780 nm, el espectro incluye todos aquellos colores que pueden ser producidos por la luz visible de una única longitud de onda ,ya que el diodo LED emite una luz monocromática y también que hay ledes de distintas composiciones de materiales que emiten luces con distintos espectros de radiación, tanto dentro del espectro visible, como fuera de él (Enríquez et al., 2007).

En un estudio realizado por (Chang, Chang, Kao, & Choun, 1996)se desarrolló una fibra óptica sensible que produce ondas electromagnéticas para la detección de la proteína A, un producto secretado solo por *S. áureos* aquí se usó un láser de iones de argón de 40 mV que generaba luz láser a 488 nm junto con fibra óptica de plástico y los anticuerpos contra la proteína A se adsorbieron físicamente en la fibra el inmunosensor de fibra óptica se podría usarse para la detección rápida y específica de *S. áureos* en muestras clínicas y alimentos.

Figura 15

Acercamiento del espectro de transmitancia.

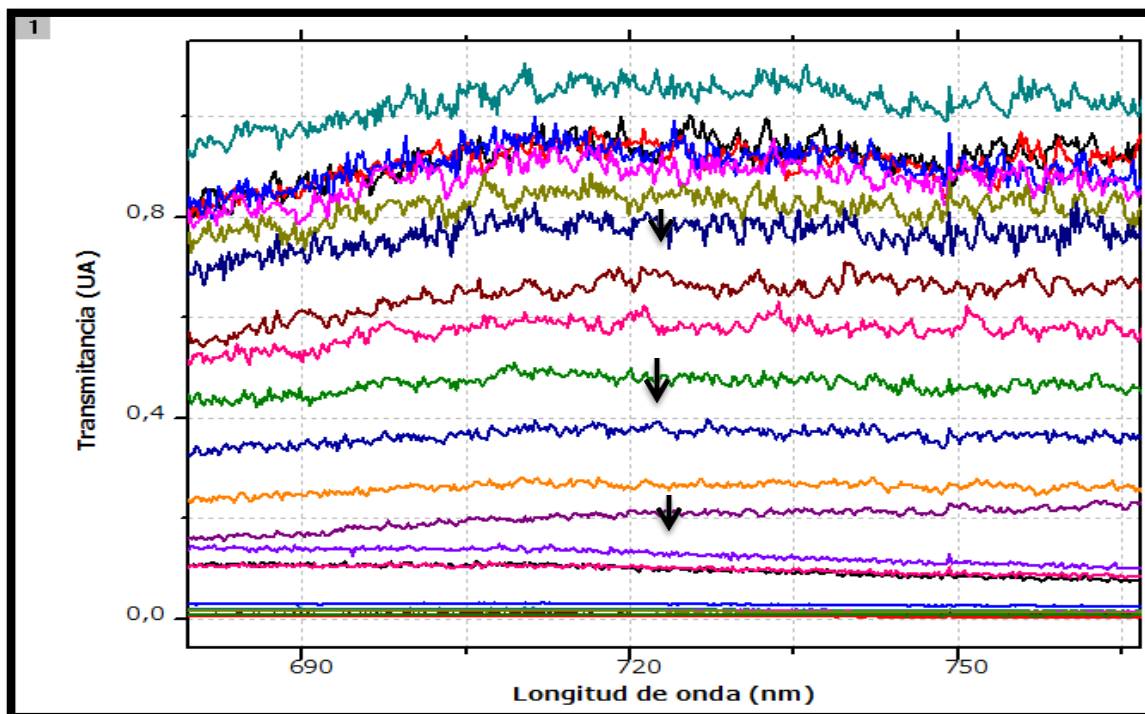


Nota. En la gráfica nos indica la zona donde se produce el cambio de color 720nm a 900nm.

En la **figura 16** esta es un acercamiento en 720nm (flecha) ya que elegimos analizar esta longitud de onda por su color rojo inicial que es característico del medio y que claramente se observa que conforme pasa el tiempo, este disminuye, es decir va desapareciendo el color rojo y se queda el amarillo. Lo cual comparando con (Tene, Orbe, & Echeverría, 2013) el manifiesta que las radiaciones entre 400 y 700 nm, por debajo de los 400 nm, entramos en la franja de las radiaciones ultravioletas, y por encima de los 700 nm, en la región del infrarrojo en cuanto a la luz visible de 340 a 900 nm.

Figura 16

Acercamiento en 720 nm.



Nota. En la gráfica se observa el acercamiento 720nm se eligió esta longitud ya que aquí se observa el color rojo inicial del agar.

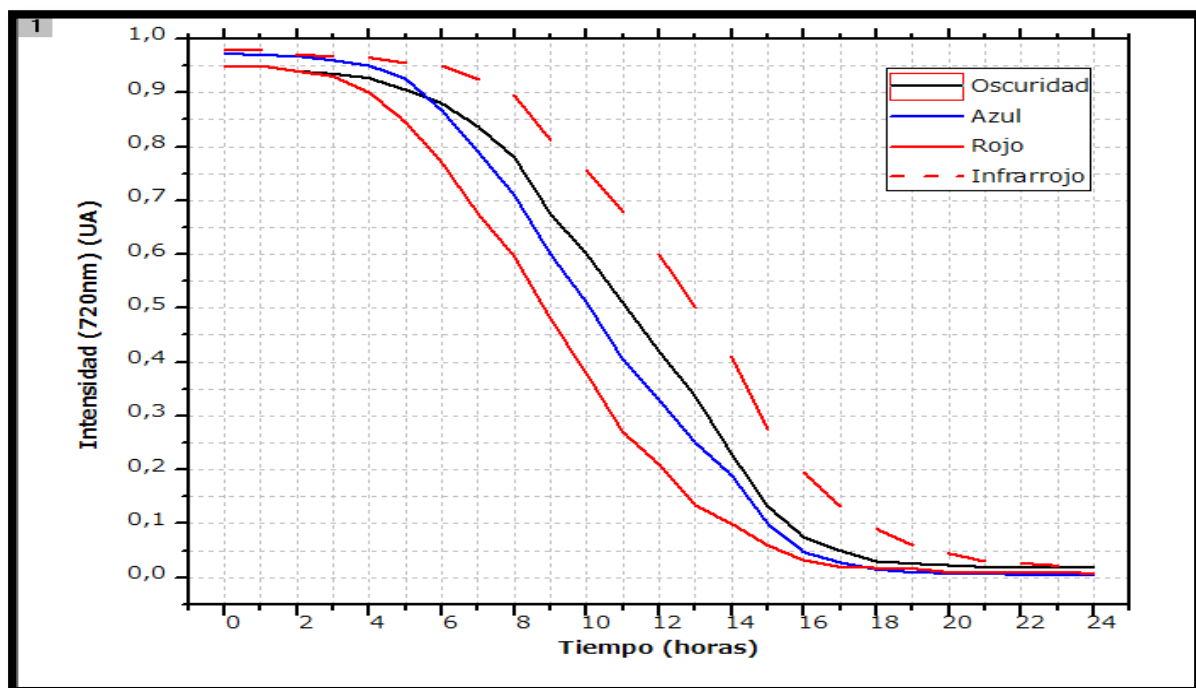
Este mismo procedimiento también se realizó para el Led de color azul, rojo e infrarrojo también para el de condiciones normales, ya con todos los datos obtenidos determinamos la siguiente gráfica **Figura 16** que es la del promedio de los focos Led. Según (Cor et al., 2010), el espacio que rodea a una carga eléctrica, forma un campo eléctrico con determinadas propiedades físicas sin embargo se dice que si las cargas eléctricas se desplazan unas con respecto a las otras o varían de magnitud esto ayudan a un crecimiento bacteriano temprano.

3.5.3 Resultados de los focos Led

En la (figura 17) nos representa el promedio de los 3 focos y del normal, en esta se puede observar claramente que la que cambia de color más rápido es el Led rojo se puede decir que hay un crecimiento bacteriano tras las 24 horas transcurridas comparado con el resto de focos que tardaron más, seguido del foco azul, el normal (oscuridad), el infrarrojo siendo el que más tarde. Según (Muñoz et al., 2016) en un estudio realizado los resultados obtenidos verifican que la radiación con Led no atenúan el crecimiento microbiano *S.aureus* para ninguna de las longitudes de onda utilizadas (350nm y 280nm) es decir no se observa ninguna reducción de *S.aureus*, para ningún tipo de exposición en los sistemas de emisión Led.

Figura 17

Resultados de las muestras en los focos led



Nota. Esta grafica nos indica el crecimiento conforme va transcurriendo el tiempo de exposición de la caja.

En comparación con los resultados obtenidos la bacteria en el campo electromagnético bajo su influencia hubo un incremento en el crecimiento, por lo tanto, estudios recientes de Delgadillo, 2012 menciona que la exposición a una intensidad de un campo electromagnético a las 12 horas de inhibición se va presentar un incremento.

En el crecimiento de la bacteria expuesto a un campo el máximo efecto es a las 24 horas de incubación se puede observar el crecimiento bacteriano se llega a la conclusión que al aplicar campo electromagnético se puede lograr un crecimiento temprano de dicha bacteria y se puede observar e incluso a las (6 horas). Estudios recientes por Strasák, et al.,(2002), mencionan que al exponer *S. áureos* en campo electromagnético si causan un aumento en el crecimiento de la bacteria pero se desconoce el cambio morfológico que esta puede estar sufriendo .Según Fustel et al.,(2011) ,otro aspecto importante es que las bacterias sometidos a las lámparas o dispositivos LED el ángulo de emisión de luz es menor a 180 grados, lo cual implica que toda la luz generada enfoca hacia la parte frontal del dispositivo, lo que no ocurre con los otros sistemas de iluminación, los cuales generan luz en todas las direcciones, haciendo necesario el uso de superficies que reflejen la luz emitida y se focalicen hacia adelante ocasionando pérdidas por reflexión .Por otra parte Macias et al.,(2012) estudios realizados por el manifiesta que en una etapa muy importante de un sistema de iluminación LED para suplir la ausencia de luz en el cultivo, la fuente capaz de entregar todo la energía que esta requiere para su correcta operación era una fuente conmutada de topología que es una fuente elevadora de tensión de 12 a 15 V, necesaria para encender cada una de las focos LED dispuestas como lámpara para el cultivo.

Conclusiones

- La espectroscopia de transmisión este método fue efectivo con los resultados obtenidos para esta especie de bacterias por lo que funciona como un método de diagnóstico en la aplicación sobre el crecimiento bacteriano.
- Según los resultados obtenidos y lo que observamos se puede decir que el campo electromagnético no afecto en la morfología de bacteria, sino más bien en el tiempo de crecimiento.
- Se logró determinar que el campo electromagnético si afecta en el crecimiento bacteriano de las bacterias las hace que se proliferen más rápido como podemos observar en la figura 17, las que creció más rápido fue la expuesta en el foco Led rojo seguida del azul, normal e infrarrojo.
- Se concluyó que, aunque se haya trabajado bajo las mismas condiciones en el campo electromagnético en los cinco muestreos la bacteria tuvo distinto comportamiento y crecimiento esto se debe a la fuente de iluminación diferente que se utilizó para cada caja Petri.
- Según nuestro espectro de transmitancia el cambio de color de rojo a amarillo se observó en 720nm a 900nm figura 15 es ahí que podemos decir que hay un crecimiento de la bacteria.

Recomendaciones

- En las cajas Petri señalamos los puntos se recomienda que la caja no esté sellada en su totalidad y así evitar la condensación dentro de la caja se recomienda que sea con cinta maqui.
- Para la medición es preferible realizarla en un lugar oscuro ya que se necesita poca luz para medir cada caja ya que la iluminación puede ayudar a dar datos erróneos.
- En cuanto a la muestra se recomienda que sea una cepa pura sin ningún otro tipo de bacteria y que se encuentre apta para ser utilizada.
- Dependiendo del estado de la cepa si es en agar se utiliza el asa metálica previamente esterilizada si es en líquido que sea asa desechable.
- Se recomienda hacer pruebas moleculares para comprobar si las radiaciones no le afectan en la morfología de la bacteria.
- Tener cuidado con los factores que afectan al crecimiento adecuado de la bacteria y su comportamiento en el campo electromagnético.

Referencias

- Anaya, M., Barbará, E., Padrón, J., Borrego, S. F., Valdés, O., & Molina, A. (2015). Influencia del campo magnético sobre el crecimiento de microorganismos patógenos aislados en el ambiente del Archivo Nacional de la República de Cuba. *Biomédica*, 35(3). <http://doi.org/10.7705/biomedica.v35i3.2569>
- Alonso Fustel, E., Garcia Vázquez, R., & Onaindia Olalde, C. (2011). Campos electromagnéticos.
- Anaya, M., Barbará, E., Padrón, J., Borrego, S. F., Valdés, O., & Molina, A. (2015). Influencia del campo magnético sobre el crecimiento de microorganismos patógenos aislados ambiente del Archivo Nacional de la República de Cuba. *Biomédica*, 35(3). <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i3.2569>
- Aponte, G., Escobar, A., & Pinedo, C. R. (2007). Medición de Campos Electromagnéticos en la Ciudad de Electromagnetic Field Measurement in the City of Cali , Colombia, 18.
- Autorizaci, C. D. E., Para, D. E. L. O. S. A., Consulta, L. A., Del, N., Completo, T., Se, G. T., Rom, C.-. (2008). Campos electromagneticos .
- Beretta, G., Filippo, A., Lisa, M., & Sabrina, P. (2019). *The effects of electric , magnetic and electromagnetic fields on microorganisms in the perspective of bioremediation. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* (Vol. 18). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11157-018-09491-9>
- Bou, G., Fernández-Olmos, A., García, C., Sáez-Nieto, J. A., & Valdezate, S. (2011). Métodos de identificación bacteriana en el laboratorio de microbiología. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 29(8), 601–608. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2011.03.012>
- Chang, Y. H., Chang, T. C., Kao, E.-F., & Choun, C. (1996). Detection of Protein A Produced by *Staphylococcus aureus* with a Fiber-optic-based Biosensor. 1996.
- Carrillo, H. (2008). Microbiología y biotecnología.
- Cervantes-garcía, E., García-gonzález, R., & Salazar-schettino, P. M. (2014). Características

- generales del *Staphylococcus aureus*, 61(1), 28–40.
- Doctoral, T., & Aracil, F. F. (2011). Corriente electrica
- Durai, R., Ng, P. C. H., & Hoque, H. (2010). *Staphylococcus aureus*: *Aorn*, 91(5), 599–609.
<https://doi.org/10.1016/j.aorn.2009.11.065>
- E, C. D. E., La, Y. S. Y., & Solubilizar, C. D. E. (2014). Monografía sobre la influencia de campos magneticos en el crecimiento de *E.coli* y *S.cerevisiae* y la capacidad de solubilizar fosforo en *Pseudomonas sp* y *Bacillus sp*, de uso industrial.
- Estela, A., Paola, M., Peña, C. De, Patricia, L., Normal, F., & Humana, S. (2005). Flora Normal , Probióticos y Salud Humana.
- Enríquez, D. G., Viña, S. B., Castr, J. D., Moyan, D. B., & Palm, Á. R. (2007). *Posibles riesgos de la iluminación LED*.
- Fontal, B. (2005). El Espectro Electromagnético y sus Aplicaciones. *Escuela de La Ingeniería*, 1(August), 24. <https://doi.org/10.1093/qjmed>
- Guale, A. J. (2014). Motorización de campos electromagnéticos en los laboratorios de robotica e informatica de la universidad estatal península de Santa Elena upse,Ecuador.
- González, M. A. P. (1998). Proyectos de vinculación : una metodología, 1(2), 1–12.
- Hurtado, M. P., de la Parte, M. A., & Brito, A.. (2002). *Staphylococcus aureus*: Revisión de los mecanismos de patogenicidad y la fisiopatología de la infección estafilocócica.. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 22(2), 112-118. Recuperado en 14 de julio de 2020,de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S131525562002000200003&ln
- López-Hontangas, J. L., Castillo, F. J., & Salavert, M. (2007). Capítulo 3: Técnicas de identificación. *Microbiología Aplicada Al Paciente Crítico*, 27–41.
<https://doi.org/10.1007/BF02643862>
- Macías A,H; Ramos Yesid; F. Ulianov. (2012). Estudio de los beneficios del cambio de bombillas de sodio de alta presión por diodos emisores de luz de alto brillo. *El Hombre y*

la Máquina No. 39 .

Moura, D., Agüero, R., Ibis, D., Roque, A., & Baqués, L. R. (2014). Los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja y su impacto sobre la salud de los seres humanos Extremely low frequency electromagnetic fields and their impact on human health, *52*(2), 210–227.

Muñoz, F. A., Moreno-rojas, R., Ortega, A. M., Emilio, J., Cañete, M., & Díaz, G. (2016) Introducción: Objetivos Material y métodos:, *1*(6), 210–215.
<https://doi.org/10.19230/jonnpr.2016.1.6.1083>.

Ordóñez, J. L. (2010). Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico, 17–31.

Otín, D., García, A., & Martos, R. (1998). Campos electromagnéticos.

Pearson, E., Physiology, T., White, D., Drummond, J., & Fuqua, C. (2019). Crecimiento microbiano.

Sagba, H. M., & Urdiales, I. (2013). Investigaciórnes de Staphylococcus Aureus y Coliformes en los teclados de las computadoras del centro de documentacion Regional Juan Bautista Vásquez.

Skvarca, J. (2006). Artículos e informes especiales / Articles and special reports Normas y estándares aplicables a los campos electromagnéticos de radiofrecuencias en América Latina: guía para los límites de exposición y los protocolos de medición, *20*(figura 1), 205–212.

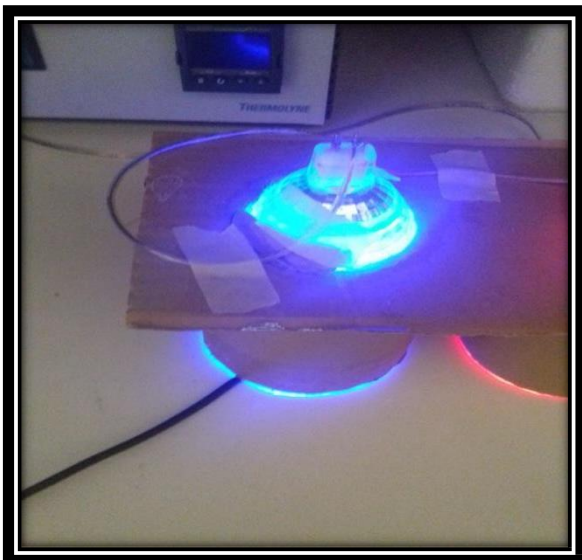
Tortora, G. J., & Case, C. L. (2007). Introducción a la Microbiología.

Tene, T., Orbe, J., & Echeverría, M. (2013). Espectro de absorción de luz infrarroja visible y ultravioleta cercana en agua líquida de los deshielos del volcán Chimborazo, 34–39.

Zendejas-Manzo, G. S., Avalos-Flores, H., & Soto-Padilla, M. Y. (2014). Microbiología

Anexos

Anexos 1. Elaboración del diseño experimental.

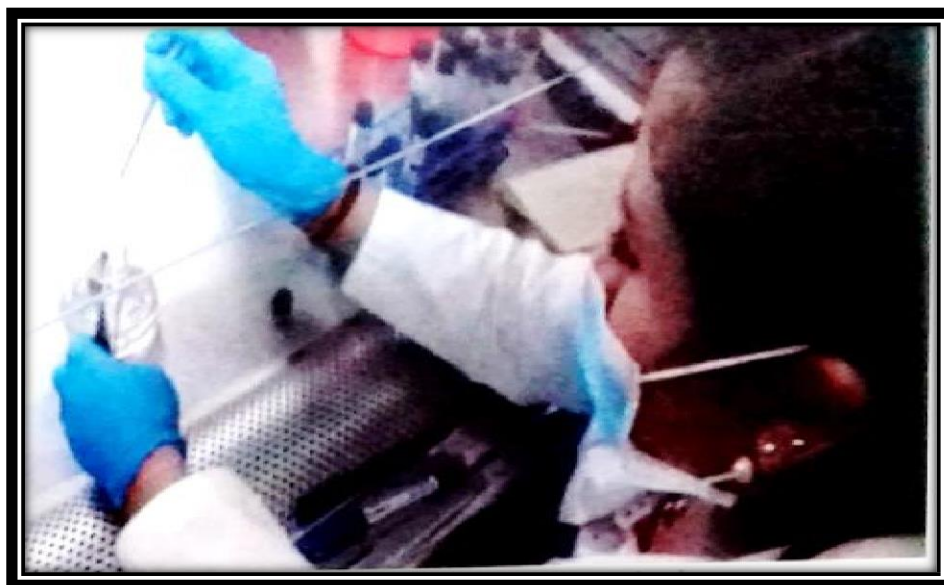


Anexos 2. Lugar propicio para la medición con espectroscopia.



Anexos 3. Preparación y siembra en el medio de cultivo.





Anexos 4.

Manual para la preparación del diseño experimental utilizando focos led para el crecimiento de bacterias.

PRACTICA. Manual para la preparación del diseño experimental utilizando focos led para el crecimiento de bacterias.

Objetivo:

- Diseñar con diferentes focos Led, de diferente color y diámetro
- Determinar los efectos del campo electromagnético para cada color, en el crecimiento de colonias bacterianas aisladas.
- Contribuir en el tiempo de detección de la bacteria para un futuro diagnóstico clínico en su tiempo detección.

Introducción

El diseño experimental se basa en la utilización de focos led de distinto color en nuestro caso se utilizó (rojo, azul, infrarrojo) que son conectados , las cajas Petri son sometidas a un campo electromagnético por 24 horas y así obtener el espectro de transmisión de cada foco cabe recalcar que en estudios realizados en los que se encontró que los microorganismos son sensibles a la luz ,para evaluar el efecto en el crecimiento ya que se encontró un aumento en el número de células comparando con un grupo control de referencia además de modificarse la morfología de dicha bacteria la cual concluyeron que con el campo electromagnético puede alterar el crecimiento del microorganismo .

Materiales

Tubo de Cartón

Cable

Focos led

- Estilete
- Cinta

Procedimiento

Se recortó 4 tubos de cartón con ayuda del estilete según la dimensión que se requiere, en este caso se trabaja con un diámetro de 8 cm estos servirán como base de los focos led.

Se utilizó entre 30cm de cable que es conectado en los focos Led antes debemos asegurarnos de que prendan para posteriormente ser pegados en el tubo de cartón.

Ya listos con nuestro diseño procedemos a introducirlo a la incubadora.

Se realiza medios de cultivo agar Manitol y se los dispensa en 4 cajas Petry vidrio.

Se procede a realizar el sembrado esto se realiza en un estriado en forma de más, se mide cada hora, se coloca la caja Petry que es colocada dentro de cada foco Led en la incubadora.

Se procede a obtener los datos y así sacar las gráficas del espectro de transmitancia.

Precauciones Generales

- Es importante señalar los puntos en las cajas Petri, y no sellar completamente la caja, sino parcialmente y así evitar que no haya condensación dentro de la caja.
- Para que no interfiere con el campo electromagnético no se debe usar aluminio.
- Al ser conectados verificar si todos los focos se prenden.
- Tener precaución con la cepa bacteriana ya que es un microorganismo que son perjudiciales para la salud humana.
- **Disposion de desechos:**
- Esterilizar las cajas Petri antes de dispensar los medios de cultivo
- Autoclavar material, cajas Petri después de ser utilizadas y eliminar.

Bibliografía

Luz del Roble Rangel Avalos. (2015). Universidad Autonoma De Nuevo Leon, 93