



**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA**

**TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO FARMACOBIOLOGO**

TESIS

**“OPTIMIZACIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL
DIÓXIDO DE TITANIO”**

PRESENTA

MARÍA DE LOURDES TORRES PINEDA

ASESOR

M. C. GABINO ESTÉVEZ DELGADO

CO-ASESOR

D.C. JOAQUÍN ESTÉVEZ DELGADO

Morelia Michoacán, Agosto 2011.

REVISORES:

M.C. LORENA CABRERA NAVARRO

Q.F.B. MARÍA GRISELDA PÉREZ ORDAZ

M. EN D.H. LILLIAN BRIBIESCA RODRÍGUEZ

Q.F.B. PATRICIA YAZMÍN FIGUEROA CHÁVEZ

M.C. LUZ ELENA ARÉVALO LEÓN.

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada quiero agradecerle enormemente a Dios por dejarme llegar a este momento tan importante de mi vida y especialmente por permitirme contar con mis papás, los dos seres que más amo y a quienes les debo la vida y esta carrera. Gracias a mis hermanos y a mi pareja también que fueron parte fundamental en la culminación de esta meta.

Al M.C. Gabino Estévez Delgado Profesor e Investigador de la Facultad de Químico Farmacobiología, mi maestro durante la carrera y asesor de mi tesis, especialmente por creer en mí, por su paciencia y su tiempo, muchísimas gracias, por su apoyo incondicional en la realización de este trabajo, por sus consejos, su buen humor y vivencias compartidas conmigo que hicieron más ameno este trabajo, por ser un buen amigo. Mil gracias Profesor.

A mi asesor D.C. Joaquín Estévez Delgado por darme la oportunidad de aprender de este trabajo, de incursionar en el campo de la investigación y especialmente por su tiempo y revisión que contribuyo de manera fundamental en la retroalimentación del presente trabajo

A la M.C. Lorena Cabrera Navarro Profesora de la Facultad de Químico Farmacobiología, mi maestra también durante la carrera, por tener, al igual que mi asesor, una gran calidad humana, por su apoyo y sus consejos, por ser mi amiga. A ellos dos de manera muy especial, les agradeceré infinitamente el apoyo brindado durante y en los últimos días de mi carrera tanto en cuestiones profesionales, como en el aspecto de salud. Quiero expresarles de manera muy respetuosa y honrada a estos dos mis profesores de la universidad mi enorme admiración y no solo como profesores sino también como personas. Fue un honor y una bendición que me haya tocado conocerlos y más aún como mis profesores en esta etapa de mi formación. Les agradezco infinitamente todo el apoyo que me han brindado y espero un día poderles corresponder.

Al Ing. Agro. Epifanio González Cárdenas por haberme orientado en el momento de elegir mi carrera y principalmente por inculcarme valores que han ayudado tanto en mi formación profesional como personal.

A la Lic. Lorena Santibáñez por ser tan importante en mi vida y por haberme tendido la mano cuando más la necesite. Por ser una gran persona, mi amiga y como mi hermana.

A mis amigos, por darme lo mejor de sí mismos, por compartir conmigo momentos agradables pero también difíciles.

A mis revisores de tesis en general: D.C. Joaquín Estévez, M.C. Lorena Cabrera, Q.F.B. María Griselda Pérez, M. en D. H. Lillian Bribiesca, Q.F.B. Patricia Yasmín Figueroa y la M.C. Luz Elena Arévalo por su paciencia y su tiempo dedicado. Muchas gracias.

A mis escuelas anteriores a la universidad, a mi honorable Facultad de Químico Farmacobiología y a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por haberme brindado una oportunidad única y la mejor de mi vida.

Y en general a todas y cada una de las personas que me brindaron su apoyo para que pudiera llevar a cabo esta meta, que ahora con mucho orgullo llamo: "MI CARRERA".

DEDICATORIA

A mis adorados papás Manuel Torres y María Concepción Pineda con todo mi amor, profunda admiración y respeto primero, por darme la vida. En segunda por haberme inculcado los mejores valores que se le pueden enseñar a un ser humano, por confiar en mí y sobre todo por darme la mejor herencia de mi vida, mi carrera que voy a ejercer con toda honestidad y compromiso, pero sobre todo con mucho amor y pasión; y por último por darme el mayor de los regalos, LA VIDA. Y de manera muy especial por sus cuidados en aquellos días de enfermedad, papacitos...este logro también es suyo y no me va alcanzar la vida para agradecerse los... los AMO.

Y de manera particular: a mi papá por ser el mejor ejemplo de honestidad para mí y mis hermanos. A mi mamá por cuidarme, aconsejarme y ser el mejor ejemplo de mujer luchadora que he tenido.

A José Luis muchas gracias por formar parte importante de mi vida, por las cosas que me has enseñado, gracias por todos los momentos que hemos vivido juntos y que ojalá sean muchos más. Eres también alguien que admiro y quiero mucho.

A mis queridos hermanos, Bolívar, Vladimir, Manuel, Wilberth y Adanelli, por esos hermosos e inolvidables momentos que pasamos juntos de niños y que a pesar de la distancia siempre los llevo en mi corazón. De forma particular a mi gran y única hermanita por ser la mejor hermana del mundo...los quiero mucho.

LUGAR DE REALIZACIÓN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Tecnología Farmacéutica de la Facultad de Químico Farmacobiología y en el Laboratorio de Óptica de la Facultad de Físico-Matemáticas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

RESUMEN

La radiación solar ultravioleta o también conocida como radiación UV, forma parte de la energía del sol, se transmite en forma de ondas electromagnéticas, su espectro abarca de 100- 400 nm. Esta es la parte no visible del espectro solar. Debido a que estas longitudes inciden en la tierra, desempeñan un importante cambio en la determinación de las condiciones climáticas, balance energético y el equilibrio natural del planeta. [10]

Con motivo de la enorme demanda que tienen los productos con filtro solar debido a que hoy en día los rayos ultravioleta (UV) llegan con mayor intensidad a la superficie de la tierra ocasionando mayores daños a la piel humana, esto a consecuencia del llamado “calentamiento global” hemos trabajado con uno de los filtros solares físicos de mayor demanda en el mercado, el dióxido de titanio. Esta sustancia es utilizada como principio activo en la formulación de productos de protección solar, debido a sus propiedades de refracción. En el presente trabajo de investigación se busca la mejor curva característica del comportamiento del dióxido de titanio, utilizado como protector solar en el cuidado de la piel. Dicho análisis se realiza mediante la observación de las características fotoeléctricas, a través de la ecuación de Planck descrita para el efecto fotoeléctrico y la función de trabajo, permite a diferentes concentraciones la determinación de las curvas de cada una de las diluciones.

En el análisis estadístico se realizaron gráficas de cada alícuota para determinar el comportamiento a través del tiempo. Considerando que mientras más concentradas están las diluciones son más estables, por lo que existe menor transición electrónica y se requiere mayor energía que supere el potencial de trabajo de esta sustancia. Sin embargo, conforme pasa el tiempo estas van perdiendo estabilidad. Se hicieron excitar las muestras con una lámpara UV de una longitud de onda 254-365 nm, similar a los rayos UV del sol. Para detectar la excitación o transición de los electrones en el dióxido de titanio se usó un dispositivo electrónico que podía registrar estas señales en dos programas para la obtención de los datos por medio de un sensor de voltaje modelo CI-6503 marca PASCO, el programa Data Studio, multímetro profesional con interface serial para PC modelo MUL-500 marca STEREN y el programa MAS View 2.0

ÍNDICE

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTÉISIS Y OBJETIVOS.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	5
1.3 Desarrollo.....	8
1.4 Hipótesis.....	8
1.5 Variables.....	8
1.5.1 Variables dependientes.....	9
1.5.2 Variables independientes.....	9
1.6 Objetivos.....	10
1.6.1 Objetivo general.....	10
1.6.2 Objetivos específicos.....	10
1.7 Delimitación del tema.....	11
CAPÍTULO II LEYES Y FUNDAMENTOS DE LOS FILTROS SOLARES.....	13
2.1 Marco Teórico.....	14
2.2 Filtros Solares.....	15
2.3 La radiación electromagnética.....	18
2.4 Un descubrimiento al azar.....	20
2.5 Planck, Einsten, la Energía y los Fotones.....	21
2.5.1 La Ecuación de Planck.....	21
2.6 El efecto fotoeléctrico.....	22
2.7 Semiconductores.....	24

2.7.1 Clasificación de los materiales desde el punto de vista eléctrico.....	24
2.7.2 Detectores termoluminiscentes.....	25
2.7.3 Estados electrónicos excitados.....	26
2.8 Efectos de la radiación ultravioleta en la piel.....	28
2.9 Captación de las radiaciones por la piel.....	29
2.10 Estructura de la piel.....	30
2.10.1 Epidermis.....	31
2.10.2 Dermis.....	32
2.10.3 Folículos pilosos.....	32
2.10.4 Colágeno.....	32
2.11 Efectos fotobiológicos de la radiación.....	32
2.12 Efectos clínicos de las radiaciones.....	33
2.12.1 Efectos benéficos.....	33
2.12.2 Efectos adversos.....	33
2.13 Composición de los filtros solares.....	37
2.14 Principio activo de filtro solar para UVB.....	39
2.15 Métodos para proteger la piel frente a la radiación UV.....	39
2.16 Marco Legal.....	40
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	45
3.1 Tipos de investigación.....	46
3.1.1 Investigación deductiva.....	46
3.1.2 Investigación probabilística.....	46

3.2 Etapas de la investigación.....	46
3.3 Metodología.....	47
3.4 Material y equipo.....	48
3.5 Material utilizado para elaborar el circuito eléctrico.....	49
3.6 Técnica.....	49
3.7 Dióxido de titanio FPS 100 (hidrogel con filtro solar 10% y/o 10g).....	49
CAPITULO IV ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADO.....	51
4.1 Introducción.....	52
4.2 Resultados y Análisis estadístico.....	52
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO.....	58
5.1 Importancia de los resultados obtenidos.....	59
5.2 Conclusiones.....	61
5.3 Trabajo a futuro.....	62
REFERENCIAS.....	63-69

ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICAS

TABLAS

Tabla 1. Sustancias utilizadas en los filtros solares.....	16
Tabla 2. Tipos de piel.....	18
Tabla 3. Existen seis factores de protección solar dependiendo del fototipo de cada persona.....	43
Tabla 4. Recomendaciones orientativas del Departamento de Sanidad y Seguridad Social según el UVI (Nivel de Radiación).....	44

FIGURAS

Figura 1. Espectro de radiación magnética y radiación ultravioleta.....	6
Figura 2. Diagrama del espectro electromagnético mostrando el tipo, longitud de onda, frecuencia y temperatura de emisión de cuerpo negro.....	20
Figura 3. Espectro electromagnético.....	20
Figura 4. Diagrama esquemático del experimento para estudiar el efecto fotoeléctrico...	23
Figura 5. Banda de conducción y banda de valencia.....	24
Figura 6. a) Estado excitado singulete y triplete.....	27
Figura 7. Representación con flechas de la orientación de los spines de los electrones...	27
Figura 8. Captación de las radiaciones por la piel.....	29
Figura 9. Se presentan los niveles de penetración de cada una de las radiaciones una vez que contactan con la piel humana.....	30
Figura 10. Muestra las diferentes capas que forman la piel.....	31
Figura 11. Enfermedades originadas por la radiación ultravioleta.....	35
Figura 12. Fotocarcinogénesis.....	36

GRÁFICAS

Gráfica 1. Determinación de voltaje contra tiempo para la primera dilución del TiO_2 , observando los potenciales por un tiempo de 3000 segundos.....	52
Gráfica 2. Determinación del logaritmo natural del potencial eléctrico para la primera dilución.....	53
Gráfica 3. Determinación del potencial observado para una segunda dilución con respecto al tiempo, en el que se aprecia el posible salto cuántico en los espacios intermoleculares.....	54
Gráfica 4. Se presenta el gráfico del logaritmo del potencial eléctrico para la segunda	

dilución con respecto al tiempo.....	55
Gráfica 5. Potencial eléctrico del dióxido de titanio de la tercera dilución, con respecto al tiempo.....	56
Gráfica 6. Se presenta el gráfico del logaritmo del potencial eléctrico para la tercera dilución con respecto al tiempo.....	56

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTÉISIS Y OBJETIVOS

*“El hombre encuentra a Dios detrás de cada
puerta que la ciencia logra abrir”*

Albert Einstein.

1.1 INTRODUCCIÓN

La fotobiología estudia los efectos de los rayos del sol sobre los seres vivos. El sol es la fuente de energía más grande y casi inagotable que existe en nuestro planeta, sin él los seres vivos que utilizan la luz solar como su principal fuente energética no llevarían a cabo sus procesos biológicos [1]. Es un elemento imprescindible y sin duda alguna tan importante para la vida como el agua.

Dicha estrella está formada por diversos elementos en estado gaseoso, principalmente hidrógeno, se llevan a cabo en ella un proceso de fusión nuclear espontáneo e ininterrumpido. Estas reacciones constituyen el origen de la energía solar, que se puede considerar como una fuente casi inagotable de energía. La fracción de esta energía que llega al planeta Tierra, aunque es muy pequeña, supera en unas 10 000 veces la potencia de todas las formas de energía que emplea el hombre. Así, a la capa más externa de la atmósfera llegan unos 1353 W/m^2 [2]. No toda esta energía llega a la superficie de la tierra, puesto que al atravesar la atmósfera, es interceptada por las diferentes capas que la estructuran, perdiendo intensidad. Es así que la energía que recibe la superficie de la tierra, radiación global, se compone de dos tipos: la radiación directa, que no sufre cambios, y la radiación dispersa, o difusa, debida a la dispersión por parte de la atmósfera y del suelo. De esta manera, la radiación que llega al suelo es de unos 900 W/m^2 , valor que a escala de todo el planeta, equivale a unas 2 000 veces el consumo energético mundial [3].

Indiscutiblemente el sol es esencial para los seres vivos. Gracias a su luz visible y a los rayos infrarrojos que emite podemos ver y calentarnos, influye de manera positiva en nuestro estado de ánimo, ayuda a la síntesis de vitamina D, aumenta la absorción del calcio, previene del raquitismo, etc. [4]

Los efectos adversos de la radiación solar debido a la exposición prolongada aumentan durante la temporada de verano y esto puede desencadenar diversos daños irreversibles para la piel que van desde irritación, eritema, quemaduras solares, fotoenvejecimiento, hasta diferentes tipos de cáncer. Es importante también mencionar que el principal culpable de este aumento es el decrecimiento de los niveles de ozono en la estratosfera. La capa de ozono actúa como filtro solar natural que protege la superficie

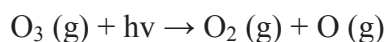
terrestre de este tipo de radiación. Estudios realizados por científicos de la NASA han reportado que debido al deterioro de la capa de ozono en los últimos 30 años, provocado por la emisión de diferentes tipos de gases nitrogenados y los llamados “fluorocarbonos” (generadores del efecto invernadero), los niveles de radiación ultravioleta que llegan a la tierra se han incrementado, sobre todo en latitudes medias y altas. Por ejemplo, en la latitud de 32.5 grados (a la altura del estado norteamericano de Texas en el hemisferio Norte y de Uruguay en el hemisferio Sur), el incremento ha sido del 6% desde 1979. Por cada 1000 metros de altura sobre el nivel del mar, la radiación se incrementa en un 8%. Sin embargo la cantidad de ozono parece que se ha ido estabilizando desde que se firmo en 1987 un tratado que limitaba las emisiones de gases responsables del efecto invernadero. [5-7]

El ozono cuya fórmula es O_3 , viene de la palabra griega οσω (“tener olor”), como un olor característico que se presenta al final de las tormentas, porque en ellas se producen descargas eléctricas sobre las moléculas de oxígeno. Comúnmente se presenta en su estado puro [8]. Forma parte de la atmósfera, principalmente se encuentra en la estratosfera, 19 a 30 km de la tierra conocido como “capa de ozono”. Durante años nos ha proporcionado el mayor de los beneficios al filtrar y retener las radiaciones UV que llegan a la superficie de la Tierra.

❖ **Características del ozono:**

- ✓ Gas de color azulado.
- ✓ Punto de ebullición de $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$, a presión atmosférica, la capa de ozono se puede disolver en agua. A presión y temperatura normal, la solubilidad de la capa de ozono es tres veces mayor a la del oxígeno.
- ✓ Tiene un potencial de oxidación de 2,07 voltios, por lo que se concluye, es un fuerte oxidante.
- ✓ El ozono es bastante inestable en solución acuosa, en el aire tiene una vida media de 12 horas, por lo que es más estable en forma de gas. [9]

El ozono absorbe radiación UV con longitud de onda $\lambda \sim 200 - 300$ nm rompiendo las moléculas:



La capa de ozono protege a la tierra de las radiaciones UV ($\lambda \sim 50 - 450$ nm), principalmente en la fracción de la radiación UVB $\lambda \sim 240 - 300$ nm, que es la más perjudicial para los seres vivos. Sin embargo, la radiación cambia tanto con la latitud como con el tiempo y otros factores, que más adelante explicaremos con mayor detalle, debido a la destrucción de dicha capa. Situación que ha obligado al hombre a tomar varias medidas de protección. Algunas de estas medidas son cubrirse con ropa adecuada que proteja la piel expuesta al Sol, permanecer el mayor tiempo posible en la sombra y el uso de protectores solares. Por tal motivo, nosotros hacemos un estudio del comportamiento del dióxido de titanio, filtro solar físico, mediante sus curvas características para sugerir un uso más adecuado de estas formulaciones farmacéuticas para la protección solar.

Los rayos UVA con $\lambda \sim 320 - 400$ nm, son los menos dañinos aunque pueden causar eritema y quemaduras en la piel si se expone de manera prolongada, también generan beneficios a la salud como es la síntesis y asimilación de la vitamina D. La radiación UVB con $\lambda \sim 280 - 320$ nm, es la más peligrosa de las tres porque no es absorbida por la capa de ozono en su totalidad y por lo tanto puede causar daños irreversibles en la células de la piel, que más adelante se detallaran. La radiación UVC $\lambda \sim 100 - 280$ nm es la más intensa de todas pero no filtra la capa de ozono así que hasta el momento no genera ningún riesgo para la población. Aunque se debe considerar que no toda la radiación UV es dañina, esto depende de la longitud de onda y la intensidad con la que llega a la tierra. Los procesos que tienen lugar en la estratósfera son de $\lambda \sim 40 - 280$ nm. [8]

El sol emite diversos tipos de radiaciones: rayos gamma, rayos x, radiaciones ultravioleta (RUV), luz visible, radiaciones infrarrojas (IR) y otras. Por eso es considerado como una fuente de energía en el sistema solar; no solo irradia luz, sino también otro tipo de radiaciones electromagnéticas, las cuales les llamaremos “rayos cósmicos” o “partículas energéticas solares” que van desde radiaciones UV, hasta rayos X y gamma, que llegan a la superficie de la Tierra.

Se sabe que los rayos cósmicos y la actividad magnética del sol influyen en los cambios climáticos que han llegado a tener consecuencias drásticas en la tierra ya que estas radiaciones ionizantes son dañinas para los seres vivos. [3]

La energía de la radiación es transportada por corpúsculos llamados fotones; es así como la intensidad de la radiación está dada por el número de fotones incidentes en una determinada área. La intensidad de radiación solar no es constante sino que depende de la longitud de onda, siendo más intensa en el rango visible (400-700 nm). Gran parte de la radiación con longitud de onda menor a 300 nm es eliminada por la atmósfera. [2]

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La radiación solar ultravioleta o también conocida como radiación UV, forma parte de la energía del sol, se transmite en forma de ondas electromagnéticas, su espectro abarca de 100- 400 nm. Esta es la radiación ultravioleta no visible del espectro. Debido a que estas longitudes inciden en la tierra, desempeñan un importante cambio en la determinación de las condiciones climáticas, balance energético y el equilibrio natural del planeta. [10]

Los rayos UV se encuentran dentro del espectro entre la región visible y los rayos X. Se clasifican de acuerdo a la intensidad que llega a la atmósfera terrestre, su longitud de onda, los distintos roles que juegan en los procesos fotoquímicos y en la salud humana, en tres tipos [11]:

- **RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA TIPO A (UV-A):** con una longitud de onda que va desde los 320 a 400 nm. debido a su intensidad no es retenida en la atmósfera, llega a la superficie de la tierra. Sus efectos en las personas son similares a los de los UVB, pero mediante dosis unas 1000 veces superiores, por lo que proporcionalmente resulta menos perjudicial, aunque la intensidad que alcanza sobre la superficie terrestre es muy superior a los rayos UVB. Es la responsable de la reacción de pigmentación de la piel, fotoenvejecimiento de la piel, elastosis solar y la fotosensibilización.
- **RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA TIPO B (UV-B):** con una longitud de onda que va desde los 280 a 320 nm., es bloqueada en un 90% por la capa de ozono

y el oxígeno atmosférico, llegando a la superficie un porcentaje mínimo del 10% que afecta a los seres vivos, es más dañina en la biosfera que la UV-A, ya que es mas energética. Es causante de pigmentación en la piel o bronceado, quemaduras solares, envejecimiento prematuro, conjuntivitis y cáncer cutáneo.

- **RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA TIPO C (UV-C):** con una longitud de onda que va desde los 100 a 280 nm. Este tipo de radiación es retenida completamente por la capa externa de la atmósfera, vapor de agua y gases (O₂, CO₂), por lo tanto no alcanza a llegar a la superficie terrestre. En su presencia no existiría vida. Es altamente dañina para los seres vivos causa el eritema mutagénico, carcinogénesis. [10]

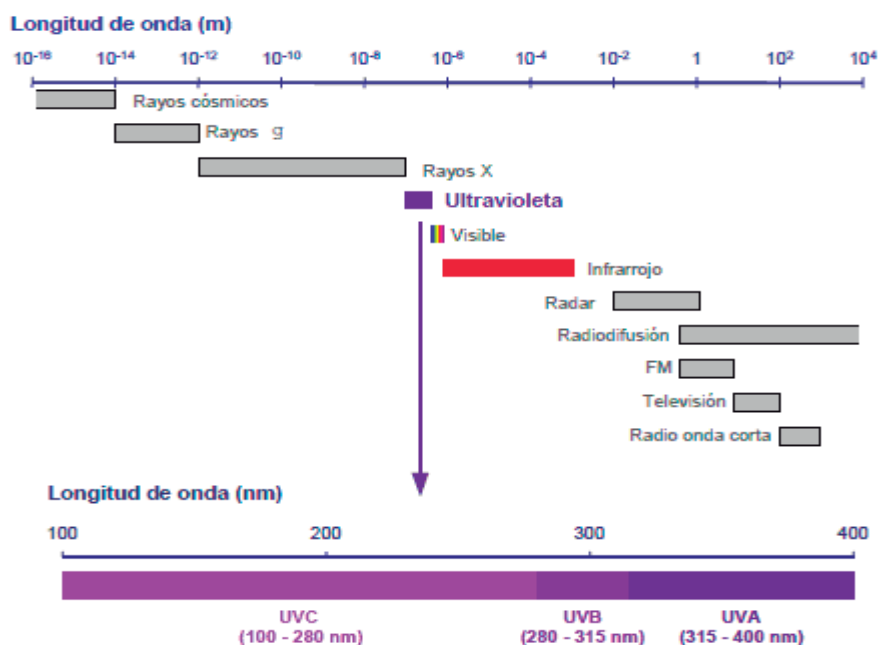


Figura 1. Espectro de radiación magnética y radiación ultravioleta. [10,11]

La radiación UV es un fuerte agente carcinógeno responsable en el desarrollo del cáncer de piel. Los aumentos de cáncer de piel se atribuyen al exceso de la exposición solar y por consecuente al desgaste de la capa de ozono, la contaminación etc. [12]

Con las diversas actividades cotidianas, estamos expuestos a las radiaciones ionizantes, debido principalmente al efecto fotoeléctrico, la intensidad de estos rayos

solares incide en nuestra piel absorbiendo energía la necesaria para que esta sea emitida formando enlaces atómicos, descomponiendo así las moléculas que constituyen al cuerpo humano, mediante una reacción de peroxidación, lo que genera daños en la piel debido a la cantidad absorbida por el tiempo de exposición a la que se somete [3]. Ya que las longitudes de onda <320 nm provocan la alteración de la molécula de ADN formando dímeros de pirimidina, factor principal para desencadenar efectos dañinos a lo largo del tiempo[2], es importante saber los factores o medios por los cuales se desencadena este tipo de procesos que influyen en la actividad genética alterándola de una manera reversible o irreversible en el organismo, esto depende en gran medida de la cantidad, el tipo y tiempo en que se somete a radiaciones y la frecuencia con la que se expone el organismo.[3]

Como ya se mencionó la exposición prolongada y excesiva a la radiación UV origina efectos dañinos en la piel. Los efectos ocasionados dependen en gran medida de la intensidad y la longitud de onda a que fueron expuestos, así como el tipo de piel, sin embargo es importante señalar que los rayos UV no llegan con la misma intensidad en cualquier lugar y a cualquier hora, debido a la altitud, el clima, la ubicación del lugar, las nubes, la contaminación de la atmósfera y a los ángulos solares que cambian en el transcurso del día, por ello se recomienda a las personas tratar de no exponerse al sol entre el lapso de las 10 am a las 4 pm, que es cuando los rayos solares son más intensos, según algunas literaturas tomadas. [13,14]

Está claro que la intensidad de la radiación UV que llega a la superficie terrestre es mucho mayor que años atrás, lo que significa que las mismas horas de exposición al sol nuestra piel recibe más radiación, por ende mayores consecuencias sobre la salud. Debido principalmente a la disminución de la capa de ozono, filtro natural que nos protege de estas radiaciones y que al deteriorarse hace que aumente la incidencia de los rayos UV en la superficie de la tierra, particularmente los rayos UVB. Ocasionando la aparición de eritema, quemaduras ligeras distinguibles por el enrojecimiento en la piel, envejecimiento prematuro, inhibición del sistema inmunitario y cáncer de piel. [10]

1.3 DESARROLLO

Es momento de tomar las medidas preventivas necesarias para proteger a nuestra piel de los intensos rayos solares que llegan hoy en día a la superficie terrestre. Debido a ello se ha implementado el uso de los filtros solares que son sustancias químicas agregadas en diferentes formulaciones farmacéuticas como cremas, geles, spray, etc., con el fin de proteger de los rayos UV las áreas expuestas de nuestra piel, mediante la reflexión o absorción de la radiación. Existen dos tipos de filtros solares según su manera de actuar frente a la radiación; filtros físicos, que reflejan la radiación solar y filtros químicos, que absorben la misma, de los cuales se hablará con mayor detalle en capítulos posteriores.

En este trabajo de investigación se analizó el dióxido de titanio, filtro físico representativo a 5 diferentes concentraciones, mediante el comportamiento de cada una de sus curvas características, para determinar la estabilidad del dióxido de titanio y la eficacia que posee como protector solar con la finalidad de poder darle el uso apropiado y obtener una mayor seguridad frente a la protección contra los rayos UV. De esta manera se prevén y a la vez reducen muchos daños eritematosos, oncológicos, envejecimiento, etc., causadas por la exposición prolongada a la radiación UV.

1.4 HIPOTESIS

La investigación requiere de un planteamiento hipotético al que serán sometidos los resultados obtenidos por lo que la hipótesis planteada es la siguiente:

“Determinar por medio de los saltos cuánticos de energía, el comportamiento de cada alícuota de dióxido de titanio y su potencial de trabajo para ser usado como protección solar”.

1.5 VARIABLES

A fin de dar respuesta a la hipótesis planteada es necesario determinar las variables que intervienen en el estudio lo que nos lleva a fórmulas las siguientes variables:

1.5.1 VARIABLES DEPENDIENTES

Diluciones del dióxido de titanio.

Tiempo de medición.

Longitud de onda.

Laser.

Espejos.

Programa de medición.

Circuito.

Interface.

Multímetro.

Lámpara UV.

Termómetro.

1.5.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Estabilidad de la muestra.

Celdas.

Temperatura.

Repetitividad de la muestra.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

- a) Determinar mediante la constante de Planck la variabilidad del potencial de trabajo, comprobando los niveles de energía que se pueden absorber en las diferentes diluciones de dióxido de titanio.
- b) Determinar mediante la relación de la energía y la frecuencia la variabilidad del potencial de trabajo, comprobando los niveles de energía que se pueden absorber en las diferentes diluciones de dióxido de titanio.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Analizar los niveles de energía del dióxido de titanio.
- ❖ Comportamiento de energía y/o potencial de trabajo para las diluciones del dióxido de titanio.
- ❖ En el estudio de cada alícuota, mediante el comportamiento de cada curva determinar la variabilidad y el potencial de trabajo para el dióxido de titanio.
- ❖ Mediante cada salto de nivel energético que se presenta en cada alícuota de diferente concentración determinar que tan eficaz es el dióxido de titanio como protector solar.
- ❖ Analizar los saltos de los niveles energéticos que se presentan a lo largo del tiempo para cada una de las diluciones del dióxido de titanio.
- ❖ Relacionar el comportamiento del filtro solar a lo largo del tiempo con respecto a la variabilidad del potencial de trabajo en términos de los niveles de la molécula del dióxido de titanio.

1.7 DELIMITACIÓN

En este proyecto de investigación se realizó un estudio con un filtro solar físico utilizando al dióxido de titanio como principio activo, con una concentración inicial del 10%, trabajando con 5 diluciones. Sin embargo cabe aclarar que las 2 últimas diluciones ya no se tomaron en cuenta debido a que en trabajos anteriores se demostró que no presentan una repuesta significativa frente a los rayos ultravioleta (RUV). Este compuesto es utilizado comúnmente en productos que son protectores solares para el cuidado de la piel ante las radiaciones solares. El análisis se llevó de manera in vitro. Se utilizaron dos fuentes de luz para medir el comportamiento del dióxido de titanio: luz visible, monocromática, y luz ultravioleta monocromática. El experimento se aisló de toda fuente de ruido mediante una jaula de Faraday.

Se utilizaron un laser con diferentes características y longitudes de onda. El que se empleo para las diluciones, que no fueron excitadas, tiene una longitud de onda de 632.8 nm, con 5nW de potencia, de helio-neón, se encuentra en la región rojo. Una segunda serie de mediciones se tomaron excitando la muestra con una lámpara UV de una longitud de onda de 254-365 nm, se incidieron de manera directa en un periodo de 5 segundos, en estas lecturas se utilizó un diodo laser con una potencia de <5mV con una longitud de onda de $650 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$. Se hizo un registro de temperatura y humedad, para llevar a cabo cartas control. Todo este proceso se realizó en una mesa anti-vibratoria para evitar cualquier ruido que pudiera interferir en los resultados, utilizando una caja de Faraday para aislar cualquier radiación electromagnética que pudiera alterar el comportamiento de la muestra.

Como se ha mencionado a lo largo de este trabajo, la radiación del sol nos genera grandes beneficios: favorece la producción de la vitamina D, influye de manera positiva en nuestro estado de ánimo, previene el raquitismo, ayuda en la absorción del calcio, siempre y cuando su exposición sea de una manera moderada y controlada, pues en exceso esto podría ocasionar daños fatales a la salud como desordenes inmunológicos, cáncer de piel, quemaduras solares, envejecimiento prematuro, etc. Por ello se deben tomar medidas preventivas que se encuentran a nuestro alcance como evitar salir al sol sin protección en las áreas más expuestas, usar ropa adecuada, lentes de sol para radiación UV, gorras,

protector solar, entre otras cosas. Tomando en cuenta que durante el día se reciben diferentes intensidades de radiación sobre la superficie de la tierra.

La radiación visible (VIS) de 400-760 nm, constituye el 44.3 % de la radiación solar que llega a la superficie terrestre, mientras que el 49.5 % está constituido por radiación infrarroja (IR) >760 nm y tan sólo un 6.2 % corresponde a radiación ultravioleta (UV) de 100-400 nm, ya que la capa de ozono estratosférico hace posible su atenuación. El 98 % de la radiación UV se debe a la denominada ultravioleta A (UVA) de 320-400 nm, mientras el 2 % restante se debe a la ultravioleta B (UVB) de 290-320 nm. Como se ha venido mencionando la radiación UV es la principal causa de enfermedades, debido a que la capa de ozono se está deteriorando cada día más y las radiaciones llegan con mayor intensidad, lo que ocasiona una alteración en el ADN generando un desprendimiento de sus hélices y de sus dímeros principalmente el de pirimidina que es el factor principal para la mutación de las células, ya que existe un problema en la reparación de la molécula de ADN.

El dióxido de titanio es un filtro solar físico, porque actúan sobre la radiación reflejándola o absorbiéndola y de esta manera protege la piel de la radiación solar.

En el siguiente capítulo de este proyecto de investigación se abordará de manera más específica algunos aspectos acerca del filtro físico utilizado, tales como la relación de las funciones y aplicaciones de este filtro solar mediante el efecto fotoeléctrico, al ser irradiado por el láser IR y excitando a las muestras con una lámpara UV. Entre otros aspectos se documenta los problemas ambientales relacionados con el deterioro de la capa de ozono y el uso adecuado de los filtros solares.

CAPÍTULO II

LEYES Y FUNDAMENTOS DE LOS FILTROS SOLARES

*“El secreto de mi felicidad está en no esforzarse por el placer,
sino en encontrar el placer en el esfuerzo”.*

André Gide

2.1 MARCO TEÓRICO

Debido a las múltiples actividades que realizamos a lo largo del día como ir al trabajo, a la escuela, al supermercado, practicar algún deporte, disfrutar el clima en ciertas estaciones del año, especialmente en el periodo vacacional de verano que la gente gusta de ir a la playa con el fin de broncearse, por el uso de los productos electrodomésticos que utilizamos en casa y en general cada vez que estamos al aire libre es casi imposible evitar los efectos de tal radiación, por ello es momento de crear conciencia y tomar medidas de precaución como es el caso del uso de bloqueadores o protectores solares, de vestimenta adecuada como lentes UV, gorras, etc., y de exponerse el menor tiempo posible. Debemos cuidarnos de estas radiaciones y sobre todo de la radiación UVB que penetra la capa de ozono en un 10%, absorbiendo el 90% aproximadamente y que debido a su debilitamiento la retención de estos rayos cada vez es menos, por lo que la incidencia será mayor al paso de los años.

A lo largo de los años se han hecho investigaciones que demuestran la destrucción de la capa de ozono y con ello diferentes alteraciones a la piel y al ecosistema debido a los cambios climáticos que se han venido presentando, el llamado efecto del calentamiento global.

Los rayos del sol tienen diversas consecuencias sino se aprovechan en tiempos moderados, mas no podemos descartar las bondades con las que cuenta y dejar de disfrutar sus enormes beneficios, así que lo único por hacer es seguir las recomendaciones ya mencionadas. [14]

Vivimos en una sociedad donde el bronceado se cataloga como un sello de bienestar social y económico, símbolo de belleza. Sin embargo cada vez que exponemos nuestro cuerpo a los rayos solares para lograr este efecto, estamos causándole un daño a nuestra piel.

Las campañas publicitarias de mensajes sobre el peligro de los rayos UV sin usar una protección ocasionan confusión entre algunas personas que utilizan filtros solares, tienen una idea equivocada sobre los beneficios de dicho producto; unos lo utilizan para verse mejor en

su bronceado, otros creen que el filtro solar previene de todo tipo de cáncer de piel y otros más lo utilizan para permanecer más tiempo sobre la exposición a la luz solar. El uso de pantallas o filtros solares debe ser claro en estos productos, ya que si se utilizan de manera eficaz llegan a prevenir lesiones precancerosas como la queratosis actínica y el carcinoma escamoso. Sin embargo en este caso es de suma importancia aclarar que hasta la fecha no ha salido al mercado ningún filtro solar que garantice protección al 100% contra los rayos UV. La exposición al sol desde la infancia a través del tiempo puede llegar a desarrollar el cáncer cutáneo, por ello es necesario tomar medidas de seguridad desde pequeños.

2.2 FILTROS SOLARES

Los filtros solares son sustancias químicas adicionadas en formulaciones que se aplican sobre la piel con el fin de reducir el riesgo de los efectos de la radiación solar sobre la misma. Aunque tradicionalmente se han usado en productos bronceadores con este fin, actualmente se están añadiendo a otros productos cosméticos para evitar que componentes y principios activos sensibles a la radiación solar se descompongan, así como en otros productos como detergentes líquidos, plásticos, papel, pinturas, etc. Los filtros solares son solo de uso externo, tópicos.

La función primordial de dichos filtros es reflejar la radiación o absorberla, de acuerdo a su comportamiento son clasificados en dos grupos: filtros químicos y filtros físicos. [13]

Los filtros químicos son moléculas que absorben los fotones de la radiación solar alterando su estructura molecular. Cada molécula presenta un espectro de absorción óptimo que permite clasificarla en filtro UVA o filtro UVB. Los cambios en su estructura molecular pueden traducirse en cambios en su estructura química, de modo que a veces producen dermatitis de contacto. Son los más difundidos en el mercado porque son transparentes, no manchan la ropa y necesitan una capa de aplicación de menor grosor. Cosméticamente son más aceptables.

Los filtros físicos actúan reflejando la radiación solar formando una barrera opaca que actúa a modo de pequeños espejos. Su espectro de actuación es más amplio, de manera

que proporcionan protección frente a los UVA, UVB, luz visible e infrarrojos. Son partículas minerales que necesitan una capa de aplicación gruesa, pueden manchar la ropa, aunque cada día se elaboran nuevas partículas microscópicas cosméticamente más aceptables. Es más raro que originen reacciones de tipo alérgico o irritativo. Están menos difundidos en el mercado. Las sustancias más habituales empleadas son el dióxido de titanio y el óxido de cinc. Existen otras menos frecuentes como el carbonato de calcio y magnesio, el óxido de magnesio y el cloruro de hierro.

Las sustancias más habituales usadas en los filtros solares se resumen en la siguiente tabla:

FILTROS QUÍMICOS		FILTROS FÍSICOS
Filtros UVB	Filtros UVA	Dióxido de titanio
PABA	Benzofenonas	Oxido de cinc
Salicilatos	Antranilatos	Carbonato de calcio
Acido cinámico	Dibenzoilmetanos	Carbonato de magnesio
Alcanfor		Oxido de magnesio
Bencimidazoles		Cloruro de hierro

Tabla 1. Sustancias utilizadas en los filtros solares. [13]

El filtro ideal es aquel que cumple las siguientes características:

- ❖ Amplio espectro de protección: existen disponibles en el mercado filtros únicamente físicos y químicos, pero la mayoría de los filtros combinan ambos métodos. Los filtros solares que protegen exclusivamente frente a los UVB, es decir, frente al eritema y la quemadura solar, no ofrecen protección frente al envejecimiento y la fotocarcinogénesis inducida por los UVA. Por otro lado, al minimizar el efecto de la quemadura solar suprimen la señal de alarma y pueden proporcionar una falsa idea

de protección, favoreciendo exposiciones más prolongadas, sobre todo exposiciones a altas dosis de UVA que no serían posibles sin protección frente a los UVB.

- ❖ Estable frente a la luz y el calor: algunos filtros químicos a altas temperaturas cambian su estructura química perdiendo parte de su efectividad. Se recomienda guardarlos en la sombra y no comprar los que han estado en expositores en la calle bajo el sol.
- ❖ Buena adherencia y resistencia al agua, al sudor y el roce: esta propiedad distingue filtros resistentes al agua (*waterresitent*) y filtros a prueba de agua (*waterproof*), capaces de conservar su protección tras 40 minutos y 80 minutos de inmersión en el agua, respectivamente.
- ❖ No irritante ni sensibilizante.
- ❖ No mancha la ropa.
- ❖ Cosméticamente aceptable (inodoro, incoloro).

Modo de uso

En general, el protector solar se debe aplicar aproximadamente 30 minutos antes de exponerse al sol y para nadar o tener contacto con el agua utilizar filtros hidrorresistentes. De acuerdo al resultado arrojado por nuestro estudio de investigación, fuera del agua, se debe renovar la aplicación cada 20 minutos si el filtro que se utiliza se encuentra a la misma concentración que el de nuestro estudio; y según algunas literaturas consultadas, cada 80 minutos tras un exceso de transpiración o después de haber permanecido en el agua, ya sea nadando o realizando alguna otra actividad y desde luego si el producto se encuentra a una concentración mayor a la de nuestro estudio.

FACTOR DE PROTECCIÓN SOLAR (FPS)

El índice que mide la capacidad protectora de un filtro frente a la radiación UVB se le conoce como Factor de Protección Solar o FPS. Se obtiene dividiendo la DEM de una piel con filtro y sin filtro. Dicho de otra manera, mide la capacidad de un filtro para retrasar la

aparición del eritema solar. Se obtiene testando los filtros en voluntarios sanos de distintos fototipos cutáneos, expuestos al sol y otras fuentes de UVB.

“El sistema del factor de protección solar” (SPF) ha sido desarrollado para determinar numéricamente la eficacia relativa de los agentes filtros solares y proporcionar una guía de los productos adecuados para tipos particulares de piel.

Los individuos se pueden clasificar en 6 grupos según el tipo de piel (fototipo cutáneo) e historial de bronceado:

FOTOTIPOS CUTÁNEOS	
Fototipo I	Siempre se quema y nunca se broncea
Fototipo II	Casi siempre se quema y a veces se broncea
Fototipo III	A veces se quema y generalmente se broncea
Fototipo IV	Raro que se queme y siempre se broncea
Fototipo V	Razas pigmentadas
Fototipo VI	Raza negra

Tabla 2. Tipos de piel. [13]

Cada persona debe usar el factor de protección solar apropiado para su piel. En la mayoría de los casos un FPS mayor a 30 no es necesario y no se recomienda.

2.3 LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Se conoce como radiación electromagnética a la combinación de los campos eléctricos y magnéticos oscilantes que se propagan a través del espacio transportando energía. Los conocimientos de la luz como ondas provienen de los experimentos que se realizaron por físicos en el siglo XIX, el escocés James Clerk Maxwell (1831-1879) en el año de 1864, desarrolló una teoría matemática para describir las formas de la radiación en campos electromagnéticos y magnéticos oscilatorios o similares a ondas, teoría hasta hoy aceptada ya que todas las formas de radiación se propagan en el espacio en forma de campos vibratorios eléctricos y magnéticos. Por lo tanto la radiación del tipo de luz,

microondas, señales de radio, televisión y rayos X se llaman “radiación electromagnética”. [15]

El sol es una fuente de energía natural de radiaciones electromagnéticas que se caracteriza por su frecuencia y la longitud de onda. Al conjunto de estas características se denomina “espectro electromagnético” [13]. Referido a un objeto se denomina espectro electromagnético o simplemente espectro a la radiación electromagnética que emite, “espectro de emisión”, o absorbe, “espectro de absorción”, de una sustancia. Dicha radiación sirve para identificar la sustancia de manera análoga a una huella dactilar. Los espectros se pueden observar mediante espectroscopios que, además de permitir observar el espectro, permiten realizar medidas sobre este, como la longitud de onda, la frecuencia y la intensidad de la radiación.

Emite diversas radiaciones solares que van desde las de menor longitud de onda como los rayos gamma y los rayos X, pasando por los rayos UV, visible, infrarrojo, hasta los de mayor longitud como las ondas microondas, y de radio. El espectro electromagnético es infinito y continuo.

De todo el espectro solar sólo la luz visible, los infrarrojos y una parte de la radiación ultravioleta alcanzan la superficie terrestre, en las siguientes proporciones: 50, 40 y 10% respectivamente. El resto, son detenidas por el ozono estratosférico.

La radiación ultravioleta constituye la principal responsable de las dermatosis lumínicas. Su energía es inversamente proporcional a su longitud de onda, de manera que la más corta es la más energética.

En 1905 Einstein construye un modelo corpuscular, discontinuo con la finalidad de poder explicar el efecto fotoeléctrico. En este modelo las partículas o los cuantos de luz, que ahora son llamados “fotones” poseen una energía igual a la frecuencia de la luz multiplicada por la constante de Planck ($\epsilon=h\nu$). Años posteriores surgió la “dualidad onda-corpúsculo de la luz”.

En 1913 Bohr mediante un trabajo experimental basado en el de Rutherford donde explicaba lo esencial de la estructura atómica. En su modelo logra explicar la estabilidad de los átomos.

Schrödinger demostró la equivalente de dos formulaciones partícula y onda. La ecuación de Schrödinger establece la función de onda describiendo en si un sistema físico como un átomo. [16]

2.5 PLANCK, EINSTEIN, LA ENERGÍA Y LOS FOTONES.

2.5.1 LA ECUACIÓN DE PLANCK.

Cuando se calienta un metal, este emite radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda que dependen en gran medida de la temperatura. Conforme avanza la temperatura el color rojo se torna a un brillante a temperatura aun más altas el rojo se transforma en una luz blanca brillante. Por lo tanto el ojo humano detecta la radiación en la región visible del espectro, pero no solo emite ese tipo de radiación sino que también emite radiaciones de más corta longitud de onda como es la UV que no se puede percibir a simple vista. [15,16]

En 1900, el físico alemán Max Planck imagino que la energía debía tener una naturaleza discreta, indivisible. A esos “átomos” de energía los llamó “cuantos”. Supuso que los átomos que vibran de un objeto calentado daban lugar a la radiación electromagnética que llegaban a emitir, debido a esta suposición tuvo otra idea aun más importante al decir que estas vibraciones se debían a que estaban “cuantizadas”.

Planck mediante su modelo, supuso que la cuantización significa que solo están permitidas ciertas vibraciones de frecuencia específica, de la cual propuso una ecuación que lleva su nombre que dice “la energía de un sistema que vibra es proporcional a la frecuencia

de la vibración”. La constante de proporcionalidad h se llama “constante de Planck” en su honor, cuyo valor es de $6.62606876 \times 10^{-32} \text{ J.s}$

$$E=h\nu$$

Donde

$E= \text{Energía (J)}$

$h= \text{Constante de Planck (J.s)}$

$\nu= \text{Frecuencia (s}^{-1}\text{)}$

Planck generalizó un enfoque para incluir a la propia luz ya que estaba seguro de que la luz obedecía las leyes de la termodinámica, no contaba con una entidad básica que permitiera contar con los estados de la luz, estaba seguro que debían existir “átomos” de luz ya que estos átomos de luz eran de estado discreto, es decir, de energía luminosa o cuanto. Pero toda esta aportación llevaba a un punto en el que los cuantos de luz podrían repartirse en forma de energía. [15,19]

2.6 EL EFECTO FOTOELÉCTRICO

En 1905 Albert Einstein relacionó al efecto fotoeléctrico con la teoría cuántica es la interacción que existe entre la radiación y la materia [20], demostró que si irradiamos un material que presenta efecto fotoeléctrico con cierta longitud de onda, arrancaremos electrones que saldrán con energía cinética, siempre y cuando la energía que llega al material sea suficiente para liberar los electrones. Quedando en libertad en el espacio y recibiendo el nombre de fotoelectrón. [19]

El efecto fotoeléctrico es una de las formas de interacción entre la radiación y la materia. Dicho fenómeno no depende de la intensidad de la luz, es decir, no importa la potencia de la luz, si los fotones que se liberan no cuentan con la energía necesaria para liberar los electrones de una manera individual, por lo tanto, no se observara corriente entre los electrodos.

Si la energía del fotón es mayor que el trabajo necesario para llevar al electrón hasta la superficie del cátodo, el electrón sí se puede liberar con una energía cinética nula y ser trasladado hasta el ánodo. La energía del electrón satisface:

$$T = h\nu - \phi$$

Donde T es la energía cinética del electrón y ϕ es el trabajo necesario para llevar el electrón hasta la superficie del cátodo. [20]

Einstein utilizó la idea de Planck de la cuantización de la energía para explicar el efecto fotoeléctrico. Sus ideas se expresaron en una simple relación, conocida con la ecuación fotoeléctrica de Einstein:

$$Te = E - \phi$$

Donde:

Te es la energía cinética con la que se desprenden los electrones, ϕ es el trabajo necesario para que el electrón sea arrancado del núcleo y $E = h\nu$ es la energía del fotón incidente, siendo ν la frecuencia y h la constante de Planck. [19]

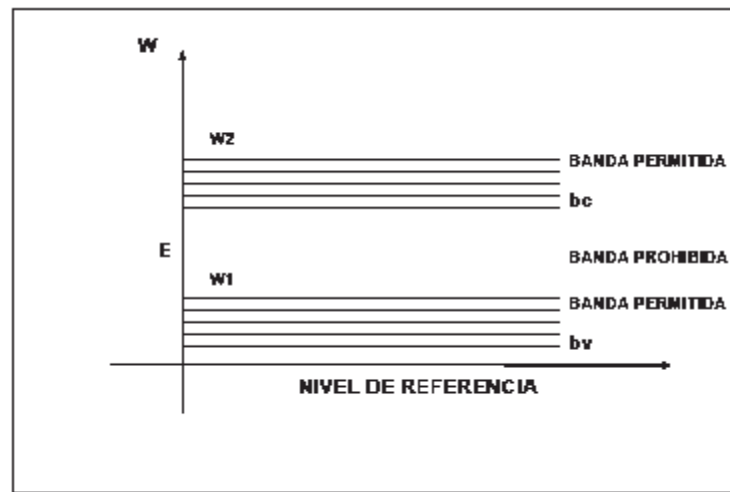


Figura 4. Diagrama esquemático del experimento para estudiar el efecto fotoeléctrico.
[19]

2.7 SEMICONDUCTORES

2.7.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DESDE EL PUNTO DE VISTA ELÉCTRICO

Los materiales se clasifican en tres categorías de acuerdo a su conductividad: conductores, semiconductores y aislantes. Sin embargo, la conductividad es una magnitud sujeta a la influencia de varios factores como es el caso de agregación del material, estructura cristalina, temperatura, etc.

Los materiales que son considerados como aislantes tienen propiedades eléctricas llamado “fenómeno de polarización”, esto se debe a que la nube que conforma los átomos y moléculas que compone a estos materiales por el efecto del campo eléctrico aplicado forma “dipolos eléctricos”. Por el contrario en los materiales conductores el fenómeno que predomina al aplicar un campo eléctrico es la conducción ya que los electrones que están libres tienen continuo movimiento en el interior del material arrastrados por el campo eléctrico aplicado. [20]

La energía de los electrones de un átomo posee valores discretos. Existe un número finito de niveles de energía que pueden ser ocupados por electrones cuya energía queda definida por cuatro números cuánticos. Por el principio de exclusión de Pauli los niveles son diferentes entre sí.

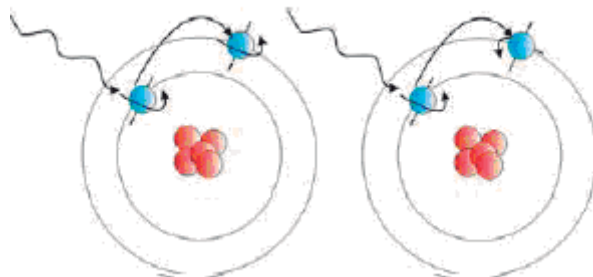


Figura 5. Banda de conducción y banda de valencia. [20]

Para los gases, los átomos están muy alejados unos de otros, están aislados. En los sólidos cristalinos la distancia entre los átomos es muy pequeña por lo que su interacción es mayor, los niveles energéticos de los electrones de las capas internas prácticamente no son afectados, pero en cambio los de las capas externas se desdoblan, ya que se pueden compartir con varios átomos. [20,21]

En un cristal, la distancia interatómica d es constante y se presenta una banda de energía, entre las bandas permitidas existen las “bandas prohibidas” que son niveles de energía que los electrones de los átomos del cristal no pueden ocupar.

El ancho de banda ($W_2 - W_1$) depende solo del espacio interatómico y no del número que interactúan.

El número total de niveles en que se desdobra cada nivel original es igual al número de átomos que interactúan.

Las bandas permitidas pueden estar totalmente llena, totalmente vacía o parcialmente llena. La banda llena de mayor energía se denomina “banda de valencia”, sus niveles son los electrones de valencia. La primera banda se le llama “banda de conducción” que puede ser eventualmente ocupada por los electrones bajo la acción de un campo eléctrico o corriente eléctrica. La banda prohibida que separa la banda de valencia de la banda de conducción tiene un ancho E que es la energía de activación que es la energía mínima que necesita un electrón para “saltar” de la banda de valencia a la de conducción.

2.7.2 DETECTORES TERMOLUMINISCENTES

La luminiscencia es el proceso de emisión de radiación óptica de un material por causa no térmica, que presentan algunas sustancias dieléctricas o semiconductoras en determinadas condiciones de excitación. Los medios de excitación son diversos [21]:

1. Fotoluminiscencia producida por la interacción de fotones ópticos como es el caso de ultravioletas, visibles e infrarrojo.
2. Triboluminiscencia por movimientos mecánicos

3. Quimioluminiscencia por la entrega a la red de energía que sigue de las reacciones químicas.
4. Electroluminiscencia originada por la energía transmitida por un campo eléctrico.
5. Bioluminiscencia. La reacción química se produce en un organismo vivo.
6. Sonoluminiscencia. Cuando un material se excita térmicamente.
7. Magnetoluminiscencia. La excitación es inducida por campos magnéticos.

El fenómeno de luminiscencia también puede ser clasificado dependiendo la duración de la emisión después de la excitación. Cuando la excitación es suspendida, este genera un decaimiento exponencial de la luz que se emite. Se le llama fluorescencia cuando el tiempo para que la intensidad inicial de emisión decaiga de su valor original a $1/e$, donde e es la carga del electrón es de orden 10^{-3} s o menor que eso. Cuando este tiempo es de segundo o incluso horas el fenómeno se llama fosforescencia.

El proceso de luminiscencia involucra en su proceso transiciones electrónicas de la sustancia radiante. Se puede apreciar en materiales sólidos, líquidos y gaseosos como el Xe y Kr, en materiales semi cristalinos y sólidos orgánicos como son los cristales moleculares y polímeros conjugados.

2.7.3 ESTADOS ELECTRÓNICOS EXCITADOS

Cuando un átomo absorbe energía sea por la emisión de un fotón ocurre una transición electrónica desde su estado basal a un estado excitado lo que origina una nueva configuración electrónica. Cuando esto sucede en la molécula que ha sido excitada sus electrones pueden saltar a orbitales moleculares desocupados de más alta energía y de acuerdo a las diferentes configuraciones posibles, se puede formar diversos estados excitados.

Los electrones que toman la misma orientación del spin como estado fundamental, el spin resultante es cero y el excitado recibe el nombre de “singulete”. Pero si el spin tiene un valor total igual a uno, el estado excitado se denomina triplete. Los estados tripletes

ocasionan fosforescencia por que tardan más en llegar a su estado fundamental y los singuletes fluorescencia.

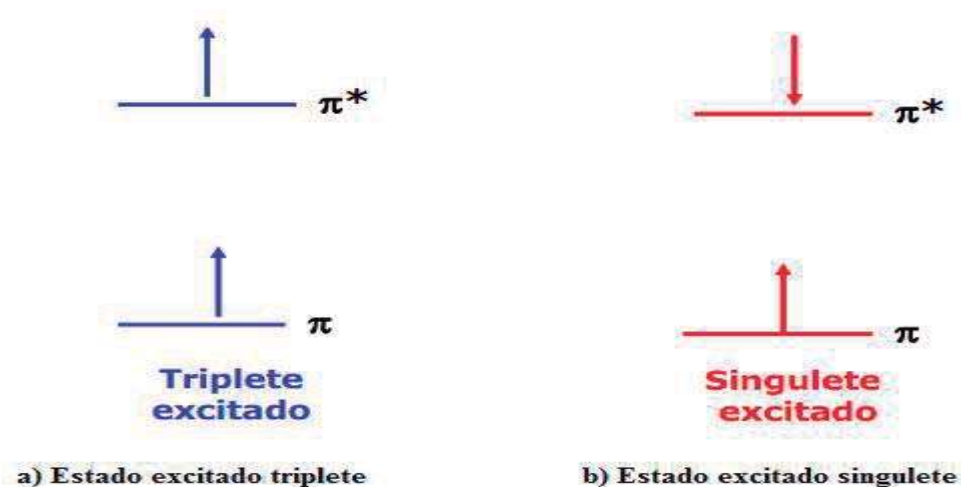


Figura 6. Estado excitado singlete y triplete [21]

Durante el proceso de transiciones electrónicas por los sistemas de luminiscencia, se originan pares de electrón-hueco, que son excitaciones elementales llamadas “excitones”. De acuerdo a su grado de deslocalización, estos excitones son clasificados en: excitones de Frenkel y excitones de Wannier-Mott.

Los excitones de Frenkel corresponden a un par electrón-hueco que se localiza sobre una molécula orgánica simple y su radio es comparable al tamaño de la molécula, típicamente inferior a 5 Å.

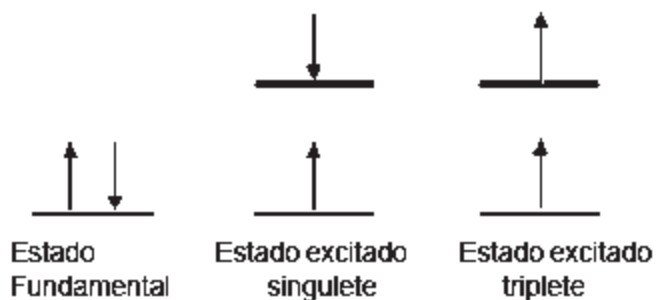


Figura 7. Representación con flechas de la orientación de los spines de los electrones. [21]

El excitón de Frenkel se considera como partícula neutra por que se difunde de un sitio a otro. Los excitones de Wannier- Mott son típicos en semiconductores inorgánicos. [22]

2.8 EFECTOS DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN LA PIEL.

Es sabido que en los últimos años exponernos al sol ocasiona ciertos riesgos en la piel esto debido a los grandes cambios que surgen en nuestro planeta ya que dichas radiaciones llegan a nosotros de una forma más directa. Estamos expuestos día a día por las diversas actividades a las cuales estamos sometidos a realizar en nuestra vida diaria.

El sol produce una gran cantidad de radiación electromagnética, gracias a la capa de ozono estratosférico detiene radiaciones peligrosas. La energía radiante está constituida por un 56% de rayos infrarrojos (800 nm a 5000 nm), 39% luz visible (400 nm a 800 nm) y 5% de radiación UV (290 nm a 400 nm), según algunas literaturas. Los rayos ultravioleta se clasifican según su longitud de onda. [23 – 25]:

- UVA (320 a 400 nm) constituyen el 98% de la radiación UV atraviesan vidrios y penetran hasta la epidermis, su energía decrece en función a la longitud de onda.
- UVB (280 a 320 nm) representa el 2% de la radiación UV tiene una energía alta y son detenidos por el vidrio y la epidermis. Sus efectos biológicos son muy diversos y dependen de su longitud de onda, penetración en la piel y tiempo de exposición, pudiendo aparecer poco después de la exposición solar o años más tarde.
- UVC (100 a 280 nm) es absorbida por la capa de ozono y no alcanza a la tierra. De gran energía y capacidad destructiva.

La intensidad de la radiación UV varía conforme a la hora del día, la altitud, las nubes y la contaminación atmosférica, superficies reflejantes.

2.9 CAPTACIÓN DE LAS RADIACIONES POR LA PIEL.

Todos los organismos tenemos una pigmentación diferente que se deriva de factores hereditarios genéticos, ambientales, endocrinos, factores que modulan la cantidad, tipo y distribución de la melanina en la piel, cabello y ojos. [16]

La radiación al llegar a la piel sufren cuatro procesos ópticos: reflexión directa y epidérmica, dispersión en los diferentes tejidos y células de la piel, transmisión directa, absorción.

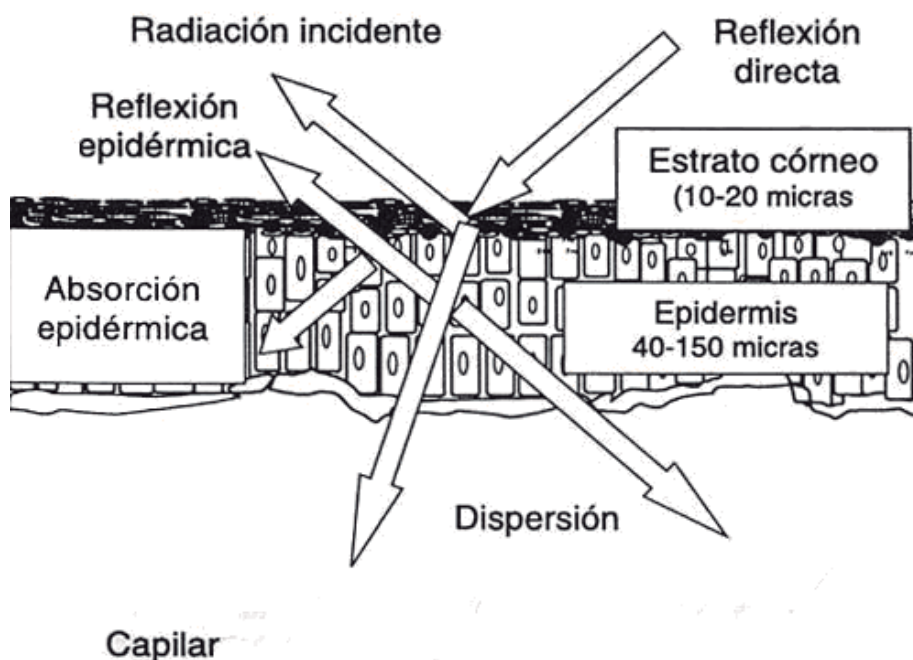


Figura 8. Captación de las radiaciones por la piel. [16]

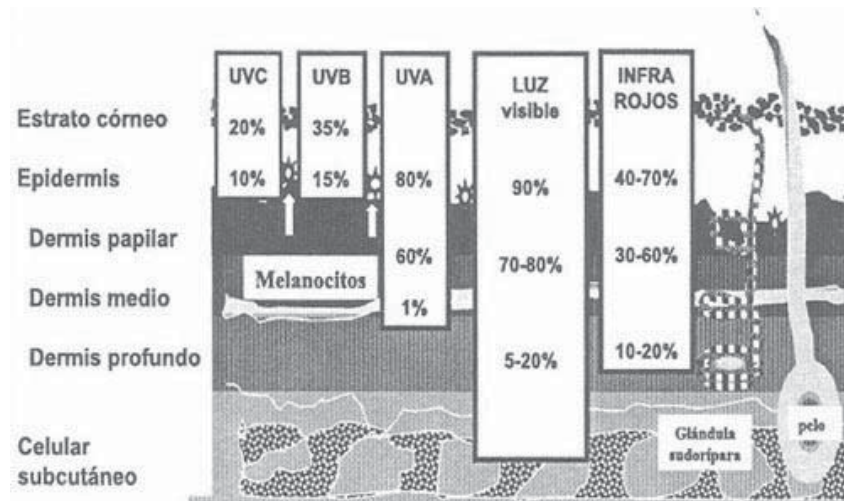


Figura 9. Se presentan los niveles de penetración de cada una de las radiaciones una vez que contactan con la piel humana. [16]

2.10 ESTRUCTURA DE LA PIEL.

La piel es el órgano más grande y uno de los más importantes del cuerpo, está conformado por un gran número de células (glándulas sudoríparas, terminaciones nerviosas, vasos sanguíneos, glándulas sebáceas, sensores de presión, etc), proporciona una barrera física aislando al organismo del medio protegiéndolo contra agresiones mecánicas, químicas y microbianas, que puede afectar el estado fisiológico del cuerpo.

La piel está representada por capas:

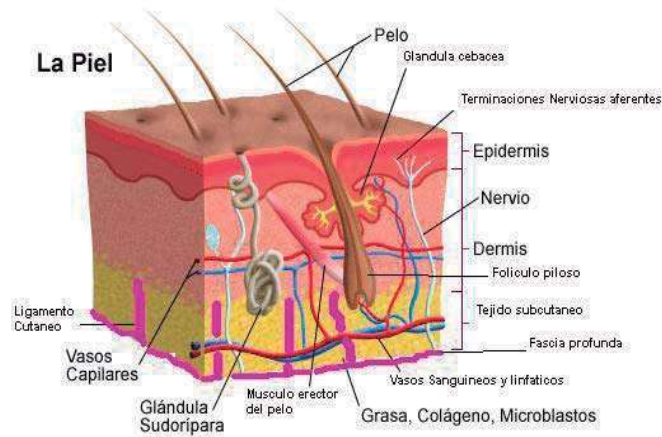


Figura 10. Muestra las diferentes capas que forman la piel. [26,27]

2.10.1 EPIDERMIS

Es la capa más externa de la piel está conformada por células epiteliales, que a su vez se agrupan en diferentes capas. La más interna es conocida como “estrato germinativo” tienen la capacidad de reparar los tejidos de la piel después de experimentar daños, esto permite que se cree una barrera eficaz contra las infecciones, se regenera cada 2 meses, tiene como función mantener a la piel hidratada y proteger de los rayos del sol. Ésta a su vez se clasifica en 4 niveles.

- Estrato basal. Separa la epidermis de la dermis, responsable de la fabricación de la melanina
- Estrato spinosum poliédricas irregulares. Representan el antígeno de las células (dermatitis)
- Estrato granulosum. Función de la pérdida de agua.
- Estrato corneo. Se encuentra en constante descamación (la piel se renueva constantemente).

21.0.2 DERMIS

Es más profunda y gruesa que la epidermis, a diferencia de la epidermis sus células están separadas, con fibras intermedias (fibras colágeno o blancas, fibras elásticas o amarillas). Forma la mayor proporción de la piel, desencadena las reacciones alérgicas,

2.10.3 FOLÍCULOS PILOSOS

Proporciona una protección a varias células en la piel (queratinocitos y melanocitos) encargadas de la cicatrización.

2.10.4 COLÁGENO

El colágeno es una proteína fibrosa que forma el tejido conectivo, y que en los mamíferos y aves constituye una proporción muy importante de las proteínas totales, del orden de un cuarto del total, lo que la hace la mayoritaria. Proporciona fortaleza, elasticidad y resistencia a la piel. [26,27]

2.11 EFECTOS FOTOBIOLOGICOS DE LA RADIACIÓN

Las moléculas que tienen la capacidad de absorber las radiaciones se llaman cromóforos sufren un cambio en su estructura molecular, estas modificaciones produce una señal de alarma porque es cuando inicia un daño como respuesta a la exposición solar como es el eritema, quemaduras por el sol, inmunosupresión, fotoenvejecimiento [26]. Cada cromóforo absorbe un rango específico de longitudes de onda que lo caracteriza. Esta molécula absorbe la energía de los fotones y pasa su estado basa a un estado excitado que lleva a la liberación de energía como calor o luz, fluorescencia o fosforescencia.

Existe una capa protectora genética que permite defenderse de las radiaciones solares:

- La capa cornea. Absorbe UVB los lípidos del sebo, el ácido urocánico del sudor y los aminoácidos de la queratina. Los filamentos de la queratina reflejan la luz visible y los rayos infrarrojos.

- Pigmentación melánica. La melanina es la pigmentación de la piel. Existen dos tipos de pigmento melánico: la eumelanina que predomina en pieles oscuras y la fenomelanina en pieles más claras que tiene una débil capacidad de filtrar la radiación UVB que produce efectos carcinogénicos.

La variación del color entre razas se debe por el número de melanina y la distribución de melanosomas transferido por los melanocitos a los queratinocitos que lo rodean.

Cuando estas células son distribuidas de una manera equilibrada, la melanina que se produce, protege de posibles alteraciones mutágenas que podrían ocasionar daños a la piel por los rayos UV. [12]

2.12 EFECTOS CLÍNICOS DE LAS RADIACIONES

2.12.1 EFECTOS BENÉFICOS

- Acción calórica por los rayos infrarrojos.
- Acción anti raquítica, por la síntesis de la vitamina D en la epidermis dependiente de la UVB. Esta vitamina tiene funciones hormonales.
- Acción antidepresiva y de regulación de los ritmos cardíacos. Modulación de la secreción de melatonina por la luz visible.

2.12.2 EFECTOS ADVERSOS

Entre los primeros destaca el eritema y la quemadura solar, la fotodermatosis y la inmunosupresión; entre los segundos, la fotocarcinogénesis y el fotoenvejecimiento.

El eritema solar es una respuesta inflamatoria de la piel que aparece a las pocas horas de la exposición solar y alcanza su máxima intensidad a las 12-24 horas. En casos extremos de exposición puede llegar a convertirse en una quemadura solar de 1º o 2º grado superficial, con formación de ampollas. Este tipo de reacción se utiliza como sistema de medida del efecto biológico de los rayos ultravioleta y ha hecho definir el concepto de dosis eritematosa mínima (DEM) como la mínima dosis de exposición a una determinada banda

de luz que provoca eritema uniforme y con límites bien definidos en la piel. Los UVB son los principales responsables del eritema y la quemadura solar. Se requieren aproximadamente dosis de 20 a 70 mJ/cm² para producir un mínimo eritema cutáneo. La exposición a múltiples DEM (10-15) puede terminar provocando una quemadura. La capacidad eritematígena de los UVA es 600-1000 veces inferior a los UVB, necesitándose dosis de 20-80 J/cm² para producir un mínimo enrojecimiento cutáneo. En los meses de verano, la cantidad total de radiación UVA y UVB que puede alcanzar la superficie terrestre entre las 9 am. y las 3 pm. es de hasta 15 MED correspondiendo aproximadamente el 85% de las mismas a rayos UVB y el 15% restante a UVA. Epidemiológicamente, el eritema y la quemadura solar son considerados como señal clínica de riesgo de cáncer cutáneo.

La inmunosupresión cutánea inducida por los UVB y en menor medida por los UVA es consecuencia de la alteración morfológica y funcional de las células de Langerhans epidérmicas. Recordemos que se trata de células presentadoras de antígenos a linfocitos T colaboradores y desempeñan un papel importante en las respuestas de hipersensibilidad retardada, con lo que se dificulta ésta y el rechazo de antígenos tumorales. Se le atribuye un papel importante en el proceso de carcinogénesis cutánea.

La fotodermatosis es un término que engloba a un conjunto de enfermedades cutáneas producidas o desencadenadas por la exposición solar, fundamentalmente los UVA. Incluye las fotodermatosis idiopáticas, las dermatosis agravadas por la luz, las fotodermatosis debidas a medicamentos y sustancias químicas y las fotodermatosis por metabolitos endógenos.

- Exposiciones anormales a la luz solar o artificial. Sea por trabajos expuestos al sol, ocasionando eritema solar reacción de pigmentación, alteraciones inmunológicas; los que se manifiestan después de muchos años de exposiciones solares exageradas o reiteradas como es el fotoenvejecimiento y fotocarcinogénesis.
- Inflamación. Originando quemaduras.
- Alteraciones Inmunológicas. Causando disminución en la respuesta inmune celular en el sitio irradiado. Pero en dosis máximas puede presentar alteraciones sistémicas.

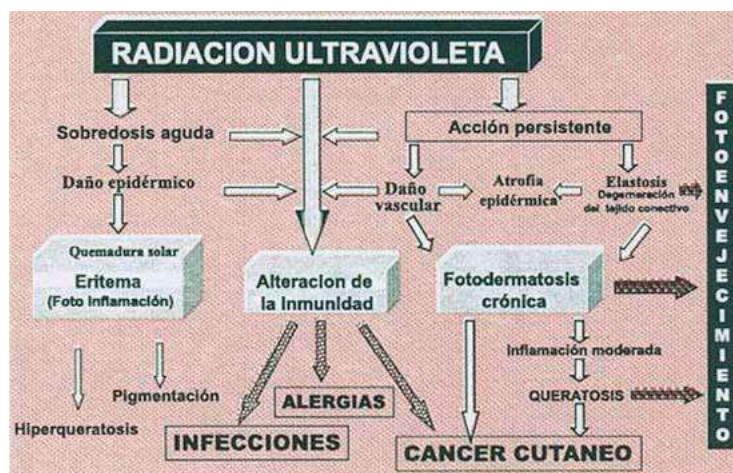


Figura 11. Enfermedades originadas por la radiación ultravioleta. [12,26]

- Fotoenvejecimiento (Heliodermia). Se presentan arrugas superficiales y profundas, surcos, piel engrosada, manchas pigmentarias, coloración amarillenta. Es un proceso degenerativo de la fibra elástica por el daño de la radiación UV originando radicales libre que dañan de manera directa las fibras elásticas y colágenos.
- Fotocarcinogénesis. Es el proceso acumulativo de radiación UV causando cáncer en la piel provocando mutación en el ADN. Un factor que se da a esto es debido a la disminución de la capa de ozono que filtra la radiación UV. [27]

El fotoenvejecimiento o envejecimiento cutáneo extrínseco, a diferencia del cronológico se caracteriza por una piel áspera, seca y apergaminada, sin elasticidad, con arrugas profundas y gruesas, teleangiectasias, lentigos y alteraciones de la pigmentación. Aparece como consecuencia de exposiciones repetidas y prolongadas al sol, sobre todo radiación UVA. Las zonas expuestas son las más afectadas como cara, cuello, escote, nuca y dorso de manos. Su intensidad depende del fototipo de piel y la dosis total de radiación acumulada a lo largo de la vida.

La fotocarcinogénesis entendida como la inducción de lesiones precancerosas y carcinomas en la piel por efecto de la exposición al sol es conocida a partir de datos epidemiológicos procedentes de estudios de casos y controles y estudios de correlación geográfica que apoyan esta relación. La incidencia del cáncer de piel

está aumentando de una forma preocupante en todo el mundo. Aunque se desconoce el mecanismo exacto que acciona la actividad tumorigena, se sabe que las exposiciones solares acumuladas a lo largo de la vida así como las exposiciones solares cortas pero intensas, más propias de los meses de verano, incrementan el riesgo de cáncer cutáneo, particularmente si la exposición es suficiente para causar una quemadura solar y sobre todo si ocurre en la infancia. En el caso de los cánceres cutáneos no melanocíticos el riesgo se relaciona más con la exposición total acumulada mientras que en el caso de los melanomas es mayor con las exposiciones intensas e intermitentes típicas del verano. La exposición a los UVR, especialmente los UVB, induce de manera crónica alteraciones estructurales en el DNA de queratinocitos y melanocitos, que no llegan a ser reparadas de forma completa. Por otro lado, la inmunosupresión es un mecanismo coadyuvante que dificulta el reconocimiento de estas células tumorales.

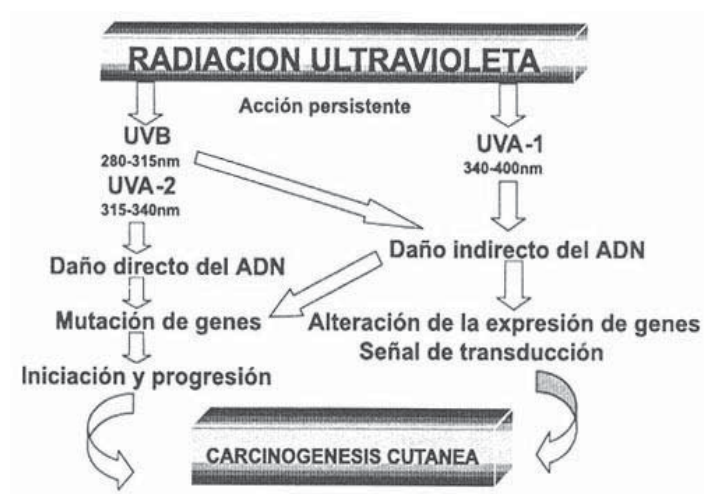


Figura 12. Fotocarcinogénesis. [27]

Existen tres tipos más frecuentes de cáncer cutáneo (carcinoma epidermoides, el carcinoma basocelular y el melanoma). En estos casos se ve influenciado la herencia genética también se ve afectado por otros factores como es el caso de la exposición excesiva a la radiación UV del sol, que es el factor principal para la producción de cánceres cutáneos malignos. Estas células cutáneas tienen la capacidad de reparar de manera natural a la molécula de ADN inducidas por la radiación UV, sin embargo debido a una alteración

en la molécula estas células no pueden lograr realizar su trabajo y por ende desencadenan la mutación de las células.

CARCINOMA EPIDERMÓIDE: Tumor maligno de la piel, es una lesión de crecimiento lento de la epidermis. Este tipo de tumores va aumentando de tamaño de manera progresiva ocasionando metástasis que se va diseminando originando así el contagio de otros órganos corporales.

CARCINOMA BASOCELULAR: Tipo más frecuente de cáncer de piel, afecta la parte superior de la cara, se origina en la parte de la epidermis, presentan un menor porcentaje de metástasis. Generalmente se presenta como una lesión pequeña elevada que se erosiona en la parte central para generar un cráter sangrante y costroso.

MELANOMA: Es sin medida el tipo más grave en la que se puede generar el cáncer de piel. Este tipo de tumor se desarrolla a partir de un nevus benigno pigmentado o no cancerosos, después con el tiempo se va tornando de una coloración oscura y va aumentando de tamaño y se suele convertir en maligna. Esto se debe a la exposición solar ya que ocasiona quemaduras de piel que forman ampollas.

2.13 COMPOSICIÓN DE LOS FILTROS SOLARES

Por la localización geográfica en la que se ubica la República Mexicana, recibe elevadas dosis de radiación ultravioleta durante la mayor parte del año. Dicha radiación ocasiona neoplasias cutáneas, mutaciones, fotoenvejecimiento, inmunosupresión y cataratas oculares. [29]

Uno de los riesgos a corto plazo por así mencionar es la exposición prolongada al sol ocasionando un eritema, que son las quemaduras que se producen por el sol, esto debido a la radiación UVB con una longitud de onda de 280nm – 320nm que con el paso de los años trae consigo cambios malignos e irreversibles en la superficie de la piel, como es el cáncer de piel. Uno de los efectos a largo plazo es la exposición a la radiación UVA con una longitud de onda que va de 320nm – 400nm originando el envejecimiento prematuro, que se caracteriza por la aparición de arrugas y cambios en la pigmentación de la piel incluso cuarteamiento en la piel, dermatosis solar y pérdida de elasticidad.

Debido a todas estas afecciones o patologías que se generan por la exposición al sol, se ha generado el interés en el mercado por los productos de protección solar.

Existen diversos productos cosméticos que se utilizan a diario, “como productos de cuidado personal” esto se refiere a productos de belleza cosmética y sanitaria cuya formulación está reconocida en general por embellecer y limpiar la piel y el cabello. Estos productos de aseo y cuidado personal incluyen filtros solares y se encuentran en diversas presentaciones: lociones, labial, cremas para la piel, geles, etc. Encontramos hoy en día los filtros solares hasta en productos para el aseo del hogar y en productos farmacéuticos de venta sin receta destinados a uso tópico.

La mayoría de los filtros solares comerciales utilizan altos niveles de principio activo de filtro solar con objeto de producir los niveles deseados de protección contra UV.

Estos altos niveles de principio activo en los filtros solares elevan su costo e incluso tienden a contribuir a la mala estética dando un blanqueamiento en la piel e irritación.

Muchos de los filtros solares que se venden en el mercado solo protegen de la radiación UVB evitando así la quemadura del sol, pero dejando desprotegido en la radiación UVA ocasionando en sí el envejecimiento prematuro. Esto se debe principalmente a la carencia de principios activos de los filtros solares que absorben la radiación UVA.

Por ello es deseable que existan filtros solares que protejan la región UVA como la UVB siempre y cuando estos sean estables, eficaces y estéticos.

También se han utilizado principios activos de filtros solares en otra clase de producto como los bloqueadores solares, que proporcionan protección contra la radiación UV de amplio espectro. Estos bloqueadores solares físicos actúan como compuestos inorgánicos que se suponen que ejercen sus efectos dispersando, reflejando y absorbiendo la radiación UV. Sin embargo cuando se utilizan niveles eficaces de los principios activos tienden a dejar una capa blanca sobre la piel viéndose poco estético.

Por eso la persistencia de sacar al mercado filtros solares estéticos, eficaces y fotoestables que proporcionen protección frente a UV de amplio espectro, es decir que exista una protección en la región UVA y UVB de manera inocua, económica y estética.

2.14 PRINCIPIO ACTIVO DE FILTRO SOLAR PARA UVB

El principio activo de un filtro solar para la protección de rayos UVB es diferente al que se utiliza para la protección de la región UVA. Lo cual absorbe la región UVB, las composiciones de estos filtros puede ir en combinación con otros principios activos protectores de la región UV. Los cuales pueden ser ácido 2-fenil-bencimidazol-5-sulfónico. Otros más como principios activos opcionales para dicha región se seleccionan del grupo formado por salicilato de TEA, octildimetil PABA, óxido de zinc, dióxido de titanio y sus mezclas; bloqueadores solares físicos inorgánicos preferidos son el óxido de zinc y el dióxido de titanio. También son útiles las sales y formas neutralizadas con ácidos de los filtros solares ácidos.

Cuando se utiliza, los bloqueadores solares físicos están presentes en una cantidad tal que las presentes composiciones son transparentes sobre la piel que no dejen un aspecto blanquecino, preferiblemente menor o igual que aproximadamente 5%. Cuando se utiliza dióxido de titanio, puede tener una estructura de anatasa, Rutilio o amorfa. Las partículas de bloqueante solar físico ejemplo de ello el dióxido de titanio y óxido de zinc, puede estar sin revestir o revestidas con una gama de materiales, incluidos, pero similares a ellos, aminoácidos; compuestos de aluminio, tales como alúmina, estearato de aluminio, laurato de aluminio, ácidos carboxílicos y sus sales, ejemplo ácido esteárico y sus sales; fosfolípidos, tales como lecitina, compuestos de silicio orgánicos; compuestos de silicio inorgánico, tales como sílice y silicatos; y sus mezclas.

2.15 METODOS PARA PROTEGER LA PIEL FRENTE A LA RADIACION UV

La utilización de los filtros solares proporciona una protección a la piel frente a los efectos nocivos de la radiación UV, limitando las quemaduras solares y el envejecimiento prematuro. Dichos métodos implican la atenuación o reducción de la radiación UV, para proteger la piel, se aplica tópicamente una cantidad eficaz de la composición, es decir, extendiéndola, pulverizándola, etc. sobre la superficie de la piel. La cantidad que se debe aplicar varía considerablemente con el nivel de protección deseada frente a la radiación UV. [29]

2.16 MARCO LEGAL

CAPÍTULO IX

PRODUCTOS COSMÉTICOS

Artículo 269. Para los efectos de esta Ley, se consideran productos cosméticos las sustancias o formulaciones destinadas a ser puestas en contacto con las partes superficiales del cuerpo humano: epidermis, sistema piloso y capilar, uñas, labios y órganos genitales externos, o con los dientes y mucosas bucales con el fin exclusivo o principal de limpiarlos, perfumarlos, ayudar a modificar su aspecto, protegerlos, mantenerlos en buen estado o corregir los olores corporales o atenuar o prevenir deficiencias o alteraciones en el funcionamiento de la piel sana.

No se considerará producto cosmético una sustancia o mezcla destinada a ser ingerida, inhalada, inyectada o implantada en el cuerpo humano. La secretaría dará a conocer mediante Acuerdo o listados todas aquellas sustancias restringidas o prohibidas para la elaboración de productos cosméticos. En la elaboración de productos cosméticos se podrán utilizar de manera inmediata aquellas sustancias que hayan sido evaluadas y aprobadas por la Secretaría, independientemente de su posterior inclusión en el Acuerdo o listados para uso general.

Artículo 270. No podrán atribuirse a los productos cosméticos acciones propias de los medicamentos, tales como curar o ser una solución definitiva de enfermedades, regular el peso o combatir la obesidad ya sea en el nombre, indicaciones, instrucciones para su empleo o publicidad.

Los fabricantes, importadores y comercializadores de productos cosméticos deberán contar con los estudios de seguridad, eficacia y todos los demás que se establezcan en diversos ordenamientos y normas aplicables, entregándolos a la Secretaría, en caso de que los requiera.

Los responsables de la publicidad de productos cosméticos deberán presentar aviso a la Secretaría para publicitar sus productos; el aviso se dará por marca de producto en base a los requisitos establecidos en el Reglamento y deberán al menos contener la siguiente información: Nombre y domicilio del fabricante, nombre y domicilio del importador y distribuidor, marca, nombre y Registro Federal de Contribuyentes del responsable del producto y de la publicidad.

Los protectores solares elaborados en nuestro país Estados Unidos Mexicanos deberán elaborarse bajo la **NORMA Oficial Mexicana NOM-141-SSA1-1995** así mismo como los productos de cosmetología que son expuestos a la venta en el mercado.

Esta norma específica detalladamente los pasos que debe cumplir cada producto, para seguridad sanitaria del consumidor.

Los filtros solares deben cumplir ciertas características que pueden ser identificadas al momento de comprarlos en los lugares establecidos y comprobar que cumplen con la Norma y así mismo crear en nosotros una mayor confiabilidad al momento de utilizar el protector.

Los protectores solares deben contener:

Denominación específica. Quiere decir que dicho producto debe contener un nombre particular que lo identifique dependiendo de las características que lo distingue del resto de los demás productos.

Denominación genérica. Se refiere al nombre generalizado que identifica a todos estos productos que tienen características comunes y así mismo poderlos ordenar al salir a la venta.

Envasado. Tanto el primario como el secundario debe ir escrito en español, con las indicaciones que se requiere.

Indicación de cantidad. Cumplir las Normas Oficiales Mexicanas NOM-030-SCFI-2006, Información comercial-Declaración de cantidad en la etiqueta-Especificaciones y NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida, vigentes, mismas que pueden figurar en unidades del sistema inglés, en español y con el mismo tipo y tamaño de letra.

Ingredientes. Deben ser escritos en español con letra legible, ir en orden decreciente conforme a la cantidad que contiene el producto. Debe llevar el nombre químico más usual, conforme a la etiqueta del envase primario o secundario

Leyendas precautorias. Cumplir con un texto o leyenda que pueda prevenir al consumidor sobre los daños colaterales y/o adversos que se pueden manifestar en caso de alergia o el contacto con los ojos, si no se llega a tener el uso adecuado por el cual ha sido elaborado, las consecuencias que se pueden manifestar. Que se indique el valor del factor de protección solar y en caso de que utilicen las siglas FPS, señalar su significado

Instrucciones de uso. Deben figurar las "instrucciones de uso" en la superficie de información del envase primario o secundario de protectores y bloqueadores solares. La manera en la que estos se deben aplicar de manera tópica únicamente.

En protectores solares con un FPS de 2 a 4. Que no es recomendable para pieles sensibles al sol, ni para niños menores de 4 años.

En protectores solares con un FPS de 5 o más. Uso en niños menores de 6 meses, consulte a su médico. [1]

Factor de Protección Solar según las características físicas				
FPS adecuado	Características del bronceado	Características físicas	Protección recomendada	Fototipo
Más de 15	Siempre se quema, nunca se broncea. Sensible.	Piel muy blanca, ojos y pelo claros. Pueden tener pecas	Ultra	I
8 - 5	Se quema fácilmente, bronceado mínimo. Sensible.	Piel blanca, ojos azules o pardos, y pelo rubio o pelirrojo.	Máxima	II
6 – 8	Se quema moderadamente, bronceado gradual, ligero.	Piel blanca y pelo y ojos castaños.	Extra	III
4 – 6	Se quema ocasionalmente. Siempre se broncea.	Piel blanca o un poco tostada y ojos oscuros.	Moderada	IV
2 – 4	Se quema raramente. Bronceado muy intenso y rápido.	Tienen la piel amarronada.	Mínima	V
-	Nunca se quema. Puede o no oscurecerse.	Razas negras.	Ninguna	VI

Tabla 3. Existen seis factores de protección solar dependiendo del fototipo de cada persona. [14]

Nivel de radiación (UVI)	Piel clara		Piel oscura	
	Exposición máxima sin protección	Índice de protección indicado	Exposición máxima sin protección	Índice de protección indicado
0 – 2 (bajo)	80 minutos	15	110 minutos	8
3 – 5 (moderado)	40 minutos	25	60 minutos	15
5 – 7 (alto)	25 minutos	30	35 minutos	25
8 – 10 (muy alto)	20 minutos	50+	30 minutos	30
11+ (extremo) Verano	15 minutos	50+	25 minutos	50+

Tabla 4. Recomendaciones orientativas del Departamento de Sanidad y Seguridad Social según el UVI (Nivel de Radiación). [15]

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

*“La inteligencia consiste no sólo en el conocimiento,
sino también en la destreza de aplicar los conocimientos
en la práctica”.*

Aristóteles

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se llevará a cabo será de tipo deductivo e inferencial empleando probabilidad; a continuación se expondrá en que se basa y porque esta investigación corresponde a cada una de ellas.

3.1.1 INVESTIGACIÓN DEDUCTIVA

Este proyecto incorpora elementos de la investigación deductiva dado que el análisis del efecto fotoeléctrico en el comportamiento de los filtros solares permite deducir para diferentes longitudes de onda el comportamiento que presentaran los electrones y verificar con la ecuación de Plank cómo es el comportamiento e incrementos del potencial como respuesta a la función de trabajo descrita en dicha teoría.

3.1.2 INVESTIGACIÓN INFERENCIAL

En este trabajo, se utilizó la investigación inferencial, con el fin de poder determinar la absorción de la radiación electromagnética de los saltos cuánticos de los niveles de energía de acuerdo a la variabilidad del potencial de trabajo para determinar la eficacia de la estabilidad del dióxido de titanio como protector solar, se realizaron graficas de cada alícuota para determinar su comportamiento conforme pasa el tiempo debido a que permite calcular el grado de estabilidad de las cinco diluciones en los saltos de energía que se presentan en cada una, registrando los datos en un programa para la obtención de los datos por medio de un sensor de voltaje modelo CI-6503 marca PASCO, programa Data Studio, multímetro profesional con interface serial para PC modelo MUL-500 marca STEREN y el programa MAS View 2.0

3.2 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación de este proyecto se realizo en las siguientes etapas:

1. Con motivo de cumplir el objetivo, se consideró necesario la utilización de dos instrumentos de medición que es el caso del Interfase 750 PASCO modelo CI-7500 y Multímetro Profesional con Interfase serial para PC Modelo MUL-500 Marca

STEREN para determinar el potencial de trabajo de cada dilución de dióxido de titanio.

2. La recolección de los datos de la investigación por medio de los programas: MAS View 2.0 y Data Estudio
3. Ya recopilados los datos, se clasificaron conforme a los saltos numéricos, para obtener una curva característica de cada dilución para determinar la variabilidad del potencial de trabajo de cada alícuota.
4. Se excitaron las muestras con una lámpara UV modelo UVGL-55 marca Mineralight® Lamp con una longitud de onda de 254-365 nm. con la oxidación de la muestra observar los saltos cuánticos de energía de cada dilución.

En esta sección se detalla el desarrollo experimental por el cual se llevo a cabo esta investigación.

3.3 METODOLOGÍA

La metodología hace referencia de forma descriptiva, sobre el procedimiento, técnica, equipo y material utilizado, la descripción de medición y resultados, para llegar al objetivo planteado en este proyecto.

Laser RadiationEmittedFromthisaperture (Helio - Neon): El laser helio- neon tiene una calidad de vida insuperable, tiene una potencia de salida que se mide en milivoltios. Con una longitud de onda que va desde 543 nm (verde) hasta 1 523 micras (IR). El más común es el que se encuentra a una longitud de onda de 633 nm (rojo), con una frecuencia estabilizada y una fuente de alimentación integrada para cuando se hace incidir el haz.

3.4 MATERIAL Y EQUIPO

- ❖ Interface 750 PASCO modelo CI-7500.
- ❖ Sensor de voltaje.
- ❖ Programa Data estudio
- ❖ Multímetro Profesional con Interfase serial para PC Modelo MUL-500 Marca STEREN.
- ❖ Programa MAS View 2.0
- ❖ Jaula de Faraday
- ❖ Filtro solar dióxido de titanio (hidrogel)
- ❖ Laser Radiation Emitted From this aperture (Helio - Neon). Complies whit 21 CFR 1040.10 and 14-Dec-2007. 635 nm. 14107080 10mw. Melles Griot
- ❖ Lámpara de luz ultravioleta modelo UVGL-55. Multibanda UV-254/365nm. 115 V ~ 60 Hz 0.16 AMPS
- ❖ Celdas de Cuarzo
- ❖ Lentes
- ❖ Pipeta de 10 mL.
- ❖ Vaso de precipitado de 25 ml.
- ❖ Matraz Erlenmeyer 25 ml.
- ❖ Matraz volumétrico 10 ml.
- ❖ Micropipeta de 500 μ L.
- ❖ Agitador magnético (mosca)
- ❖ Frascos ámbar

3.5 MATERIAL UTILIZADO PARA ELABORAR EL CIRCUITO ELÉCTRICO

- ❖ Tres resistencias fijas, una de 1 MΩ y dos de 100 kΩ
- ❖ Una fotorresistencia (resistencia variable) de 1 MΩ-20 MΩ
- ❖ Dos amplificadores operacionales inversores
- ❖ Una placa de matriz de puntos de baquelita
- ❖ Fuente de alimentación
- ❖ Cautín
- ❖ Soldadura

3.6 TÉCNICA

Preparar muestras de filtro solar en base de hidrogel con dióxido de titanio al 10% como principio activo y llevar a cabo diluciones a las siguientes concentraciones: de 5, 5^{-1} hasta 5^{-2} se utilizó la misma técnica que en el trabajo de investigación anterior presentado por el QFB. Víctor Manuel Aparicio Color.

3.7 DIÓXIDO DE TITATIO FPS 100 (Hidrogel con filtro solar 10% y/o 10g)

Estas son las concentraciones finales de cada una de las diluciones dadas en ambos sistemas: Sistema Internacional de Unidades y el de Notación Convencional Clásica

SI (Sistema Internacional de Unidades)	Notación Convencional Clásica
0.5μg/ml	5×10^{-1}
0.05 μg/ml	5×10^{-2}
0.005 μg/ml	5×10^{-3}

En el capítulo de análisis de los resultados se presentan las gráficas, de acuerdo a cada equipo de medición empleados multímetro digital modelo MUL 500 marca STEREN y el sensor de voltaje modelo CI-6503 marca PASCO. Los datos se clasificaron en voltaje (V), frecuencia y porcentaje. Se realizaron graficas para cada dilución en los dos equipos,

para comparar los resultados en cuanto a la estabilidad para que sea más fácil identificar los niveles de energía cuánticos y así determinar la estabilidad del dióxido de titanio.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

“En cuestiones de ciencia, la autoridad de mil no vale

lo que el humilde razonamiento de un solo individuo”.

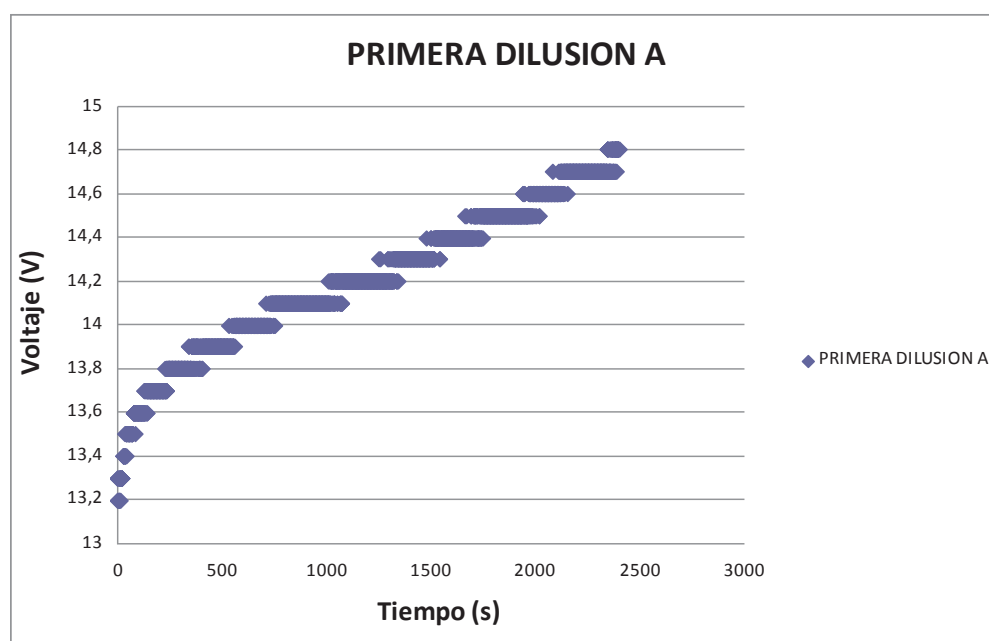
Galileo Galilei

4.1 INTRODUCCIÓN

La presentación, análisis y resultados de los datos obtenidos a partir de la metodología planteada la realizaremos mediante graficas que nos permitirá identificar la presencia del potencial eléctrico, mismas que permiten realizar un comparativo con la teoría expuesta en los capítulos previos y realizar conclusiones.

Una de las primeras gráficas es el caso de la observación de los aspectos fotométricos para la primera dilución:

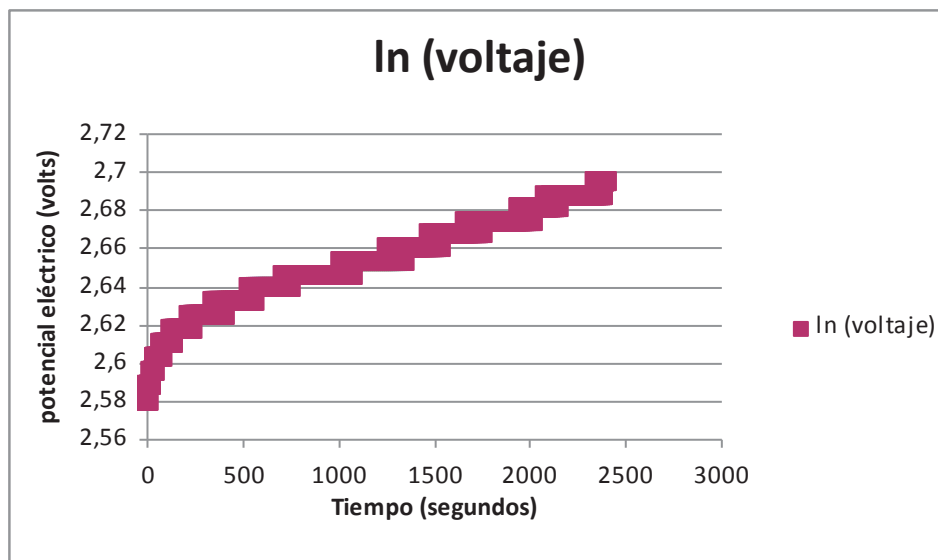
4.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO



Gráfica 1. Determinación de voltaje contra tiempo para la primera dilución del TiO_2 , observando los potenciales por un tiempo de 3000 segundos.

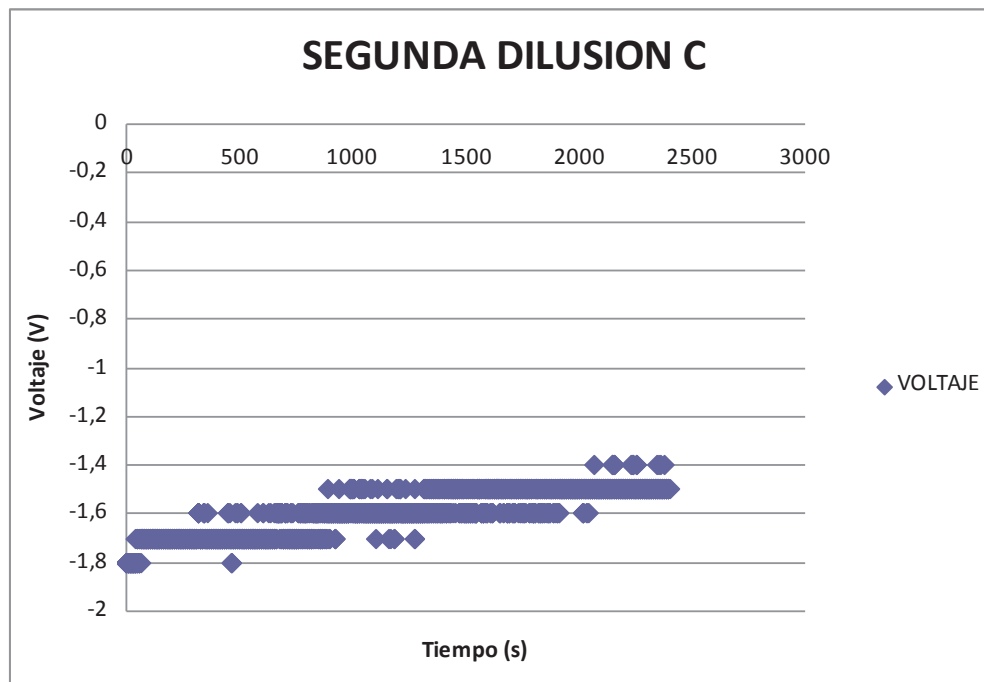
Se observa en la gráfica 1 que existe un potencial eléctrico sigmoide en el tiempo, dado el aspecto gráfico que asemeja un crecimiento en el primer cuadrante en forma de “s”, presentando un comportamiento de estabilidad, debido a que el crecimiento de la curva mantiene una pendiente que no se modifica de manera drástica, que se modifica ante la exposición a la luz ultravioleta alrededor 1250 s (20.83 min), con un potencial de 14,2 V.

A fin de poder observar realmente que pasa con la estabilidad y con la finalidad de desenmascarar un comportamiento mas puntual sobre la curva sigmoide a continuación se grafican los valores del logaritmo del potencial con respecto al tiempo.



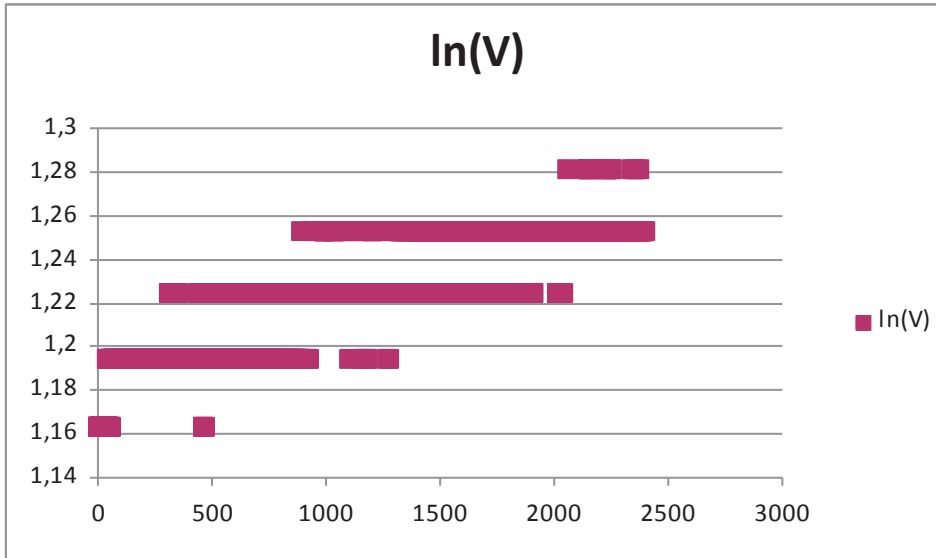
Gráfica 2. Determinación del logaritmo natural del potencial eléctrico para la primera dilución.

Se observa para la primera dilución que aparentemente sus valores, tratados en escala logarítmica, presentan un aparente continuo para todos los potenciales. Sin embargo un análisis con una dilución diferente, dilución 2, ofrece una visión de los saltos cuánticos, en los espacios intermoleculares libres en los que el filtro no cubre todos los valores del continuo.



Gráfica 3. Determinación del potencial observado para una segunda dilución con respecto al tiempo, en el que se aprecia el posible salto cuantico en los espacios intermoleculares.

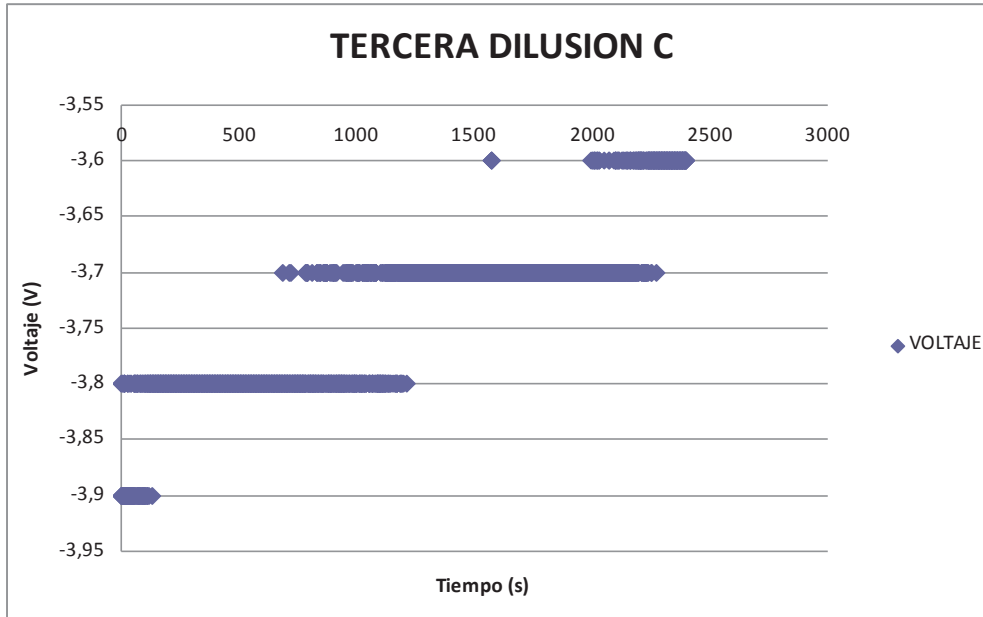
El comportamiento gráfico de la segunda dilución con respecto al tiempo presenta saltos en el potencial eléctrico, que al igual que la primera dilución podría evidenciar características comunes, por lo que se obtiene una segunda gráfica, de manera análoga a la obtenida para la primera dilución.



Gráfica 4. Se presenta el gráfico del logaritmo del potencial eléctrico para la segunda dilución con respecto al tiempo.

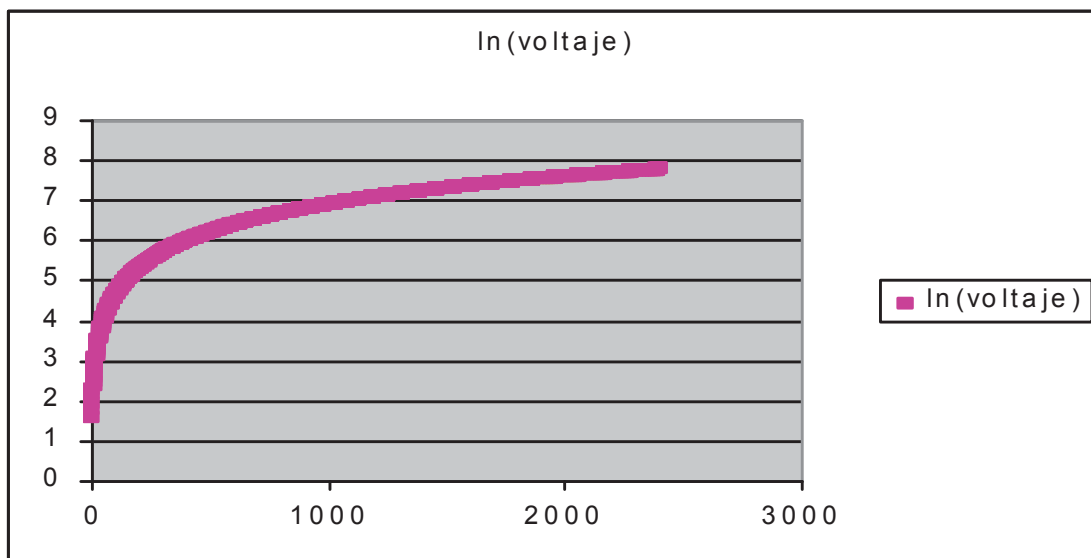
En esta dilución se observa un aparente traslape de bandas energéticas, difiriendo con respecto a la primera dilución, pero que sin embargo sustentan el comportamiento cuántico del espacio potencial, como lo es predicho por la teoría de la mecánica cuántica.

Tratando de buscar una generalidad en el comportamiento del dióxido de titanio se realiza el análisis de una tercera dilución, la cual fue validada en un trabajo con antelación [30].



Gráfica 5. Potencial eléctrico del dióxido de titanio de la tercera dilución con respecto al tiempo.

En la gráfica 5, se observa un comportamiento similar a la primera dilución, aunque no es tan evidente un comportamiento logarítmico.



Gráfica 6. Se presenta el gráfico del logaritmo del potencial eléctrico para la tercera dilución con respecto al tiempo.

En la gráfica 6, se observa un comportamiento eléctrico logarítmico, tan parecido como el potencial 1, lo que coincide con el trabajo anterior. [30]

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

*“Vale más saber alguna cosa de todo,
que saberlo todo de una sola cosa”.*

Blaise Pascal

5.1 IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En el presente y último capítulo de este trabajo de investigación se abordan los aspectos generales de los filtros solares, la importancia de analizar el comportamiento del dióxido de titanio como protector solar, además se contrasta la hipótesis propuesta en el primer capítulo, se dan las conclusiones de todo el trabajo y finalmente se mencionan posibles trabajos a futuro en próximas investigaciones.

Viviendo en una sociedad de culto al sol, que persigue el bronceado como sello de bienestar social y económico, símbolo de belleza, los filtros solares se convierten en la alternativa más aceptada por todos para enfrentarse a los rayos solares. Sin embargo, existen también otros métodos de proteger la piel a tener en cuenta, entre los que se incluyen el evitar o reducir los baños de sol durante las horas en que es máxima la radiación ultravioleta, es decir, al mediodía, estar a la sombra, llevar ropa protectora, gafas de sol y sombreros.

Los filtros solares son sustancias químicas incorporadas en diferentes formulaciones que se aplican sobre la piel con el fin de reflejar o absorber en forma selectiva radiaciones solares o de otra índole en el espectro considerado como más dañino para la piel y de esta manera reducir los efectos de la radiación solar sobre la misma. Según el tipo de protección que ofrecen se les clasifica en dos grupos:

- Filtros físicos, que reflejan o desvían la radiación solar formando una barrera opaca que actúa a modo de pequeños espejos. Su espectro de actuación es más amplio, de manera que proporcionan protección frente a los UVA, UVB, luz visible e infrarrojos. Son partículas minerales que necesitan una capa de aplicación gruesa, pueden manchar la ropa, aunque cada día se elaboran nuevas partículas microscópicas cosméticamente más aceptables. Las sustancias más habituales empleadas son el dióxido de titanio y el óxido de cinc.
- Filtros químicos que actúan absorbiendo la radiación. Son los más difundidos en el mercado porque son transparentes, no manchan la ropa y necesitan una capa de aplicación de menor grosor. Cosméticamente son más aceptables. Se

encuentran en diferentes presentaciones como: crema, loción, gel, barra, spray y bálsamo para labios.

El Factor de Protección Solar (FPS) es el índice que mide la capacidad protectora de un filtro frente a la radiación UV. Dicho de otra manera, mide la capacidad de un filtro para retrasar la aparición del eritema solar. Se obtiene testando los filtros en voluntarios sanos de distintos fototipos cutáneos, expuestos al sol y otras fuentes de UVB.

A pesar de las campañas de educación sanitaria y sus mensajes sobre los peligros de tomar el sol sin una buena fotoprotección, siguen siendo muchos los que se enfrentan a él sin control y en exceso. Por otro lado, entre aquellas personas que sí usan filtros solares, encontramos razones confusas sobre su utilización y posibles beneficios. Mientras que unos usan los filtros solares para evitar la quemadura solar, otros los utilizan para mejorar el bronceado, otros más creen que los filtros previenen todo tipo de cáncer de piel, y los hay que los utilizan para permanecer por más tiempo a la luz del sol. Las recomendaciones para usar pantallas solares deberían ser claras y estar basadas en la evidencia.

La eficacia de los filtros para proteger contra el cáncer cutáneo es objeto de debate. La exposición solar durante la infancia y la adolescencia parecen ser el mejor predictor del riesgo de desarrollar este tipo de cáncer cutáneo

El cáncer de piel es uno de los tumores cuya incidencia ha aumentado más en los últimos años a nivel mundial. Los tumores de piel más frecuentes son los llamados no melanocíticos: basocelular y espinocelular, cuya letalidad es muy baja y son curables en un 95%. El melanoma maligno sin embargo, aunque menos común, es mucho más mortal, y es el que mayor incremento en la incidencia ha experimentado.

La exposición solar es un factor de riesgo establecido para ambos tipos de tumores. Los médicos de Atención Primaria, tienen la obligación de fomentar hábitos de vida saludables, entre los que debería ocupar un lugar importante el mostrar una conducta adecuada a la hora de tomar el sol. Recordemos que la fotoprotección es incluida por la OMS en su ya famoso decálogo contra el cáncer. La prevención primaria de los efectos de las radiaciones solares consiste en evitar la exposición solar, conducta prácticamente

imposible de promocionar por lo alejada que se encuentra de las demandas sociales de un buen bronceado. Se hace por tanto necesario, cada vez más, el fomentar conductas adecuadas para tomar el sol, y educar a las personas en el concepto del "bronceado inteligente". El cribado sistemático del cáncer de piel en las personas asintomáticas mediante el examen físico de la piel hasta ahora no se ha mostrado eficaz en cuanto a reducción de la mortalidad. No obstante, la relación encontrada en la mayoría de los estudios publicados, entre la supervivencia y el grosor de las lesiones en el momento del diagnóstico, justificaría encaminar los esfuerzos a la detección precoz, permaneciendo alertas sobre lesiones de la piel con características malignas, cuando examinamos pacientes por otras razones, en particular, a quienes tienen factores de riesgo.

Importancia del dióxido de titanio

El dióxido de titanio se le considera un filtro físico solar debido a que posee la capacidad de reflejar o desviar la luz solar y es uno de los productos solares más comúnmente usados para protección de la piel contra los intensos rayos UV. Eh aquí su gran importancia ya que los niveles de radiación solar sobre la superficie terrestre han registrado un incremento considerado en los últimos 30 años.

5.2 CONCLUSIONES

De la dilución 1 se pudo observar un posible comportamiento sigmoide del potencial eléctrico para el dióxido de titanio, lo que permite ver una peroxidación, que mantiene electrónicamente el material con mayor interacción entre los fotones y los electrones, como se observa en la gráfica. Como apoyo para las diluciones mayores se observa que los cambios efectivos de estabilidad se pueden dar en tiempos más grandes.

Dada la densidad electrónica en las diferentes diluciones, se observa una mayor interacción en los diferentes niveles energéticos para el caso de la primera dilución dado que el número de bandas es mayor que el resto. Sin embargo, para el caso de la tercera dilución se observa la tendencia logarítmica, de manera más evidente dado que la densidad electrónica es menor y por lo tanto se hace más evidente la característica sigmoide, como la observada para la dilución 1. Aunque se podría haber continuado con el estudio para

mayores diluciones se sabe que el método validado para las tres primeras garantiza la morfología de la gráfica, dado que una dilución mayor llevaría a una mayor dispersión de los electrones, lo que es difícil de detectar de manera efectiva.

De acuerdo a la hipótesis planteada en el primer capítulo, la cual fue: “determinar por medio de los saltos cuánticos de energía el comportamiento de cada alícuota de dióxido de titanio y su potencial de trabajo para ser usado como protección solar”, con los resultados obtenidos y el análisis realizado en el capítulo 4, podemos concluir que **la hipótesis se cumple por la siguiente razón: Se encontró la concentración más efectiva del dióxido de titanio por medio de su comportamiento óptico, a través de las gráficas obtenidas del análisis estadístico.** Dicha concentración es la no. 3, siendo la más apropiada para el cuidado y protección de los rayos UV. Por lo que se sugiere que los filtros solares se formulen a una concentración de 0,005 $\mu\text{g/ml}$.

5.3 TRABAJO A FUTURO:

1. Se podría determinar el estudio de estabilidad por un periodo mayor a los tiempos programados en el presente estudio a fin de analizar toda morfología del gráfico.
2. Realizar un estudio de reflectancia difusa que permita determinar aspectos mas finos del comportamiento de las diluciones mayores, dado que los filtros solares muchas veces son sometidos al contacto directo con el agua, caso común con los bañistas y las personas que por aspectos deportivos y de trabajo tienen una transpiración mayor a las que se tiene en las condiciones de reposo.

REFERENCIAS

1. Jackson, J.D. Classical Electrodynamics. Tercera edición. Wiley, New York (1998).
2. Tecnologías asociadas, TECCIA Ltda. El Sol y la Radiación. Disponible en: http://www.teccia.cl/solmaforo/esp/solmaforo_2.htm. Fecha de consulta: 16 de mayo de 2011.
3. CEPYME ARAGON. Confederación de la Pequeña y Mediana Empresa Aragonesa. Guía de las Energías Renovables Aplicadas a las PYMES. Disponible en: http://www.conectapyme.com/files/publica/Guia_E_Renovables.pdf. Fecha de consulta: 17 de mayo de 2011.
4. Ultraviolet Sunlight Exposure During Adolescence and Adulthood and Breast Cancer Risk: A Population-based Case-Control Study Among Ontario Women
Laura N. Anderson, Michelle Cotterchio, Victoria A. Kirsh, and Julia A. Knight
Am. J. Epidemiol., Aug 2011; 174: 293 - 304.
<http://aje.oxfordjournals.org/content/174/3/293.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=sunlight&.andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>. Fecha de consulta: 18 de mayo de 2011.
5. Ozone and Climate: Scientific Consensus and Leadership Reiner Grundmann
Science Technology Human Values, Jan 2006; 31: 73 - 101. Fecha de consulta: 19 de mayo de 2011.
<http://sth.sagepub.com/content/31/1/73.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=ozone+layer&.andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>. Fecha de consulta: 19 de mayo
6. Tropospheric layering of ozone in regions of urbanized complex and/or coastal terrain: a review. I. G. McKendry and J. Lundgren. Progress in Physical Geography, Sep 2000; 24: 329 - 354. Fecha de consulta: 20 de mayo de 2011.
<http://ppg.sagepub.com/content/24/3/329.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=ozone+layer&.andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2011.

7. Teaching about ozone layer depletion in Turkey: pedagogical content knowledge of scienceteachers. OrçunBozkurt and Osman Nafiz Kaya. Public Understanding of Science, Apr 2008; 17: 261 - 276.

<<http://pus.sagepub.com/content/17/2/261.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=ozone+layer&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 22 de mayo.

8. F. Sherwood Rowland. Stratospheric ozone depletion. Phil Trans R Soc B, May 2006; 361: 769 – 790.

<<http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/361/1469/769.full?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=ozone&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT#aff-1>>. Fecha de consulta: 23 de mayo de 2011.

9. King-Fai Li, Kaveh Pahlevan, Joseph L. Kirschvink and Yuk L. Yung. Atmospheric pressure as a natural climate regulator for a terrestrial planet with a biosphere. PNAS, Jun 2009; 106: 9576 - 9579.

<<http://www.pnas.org/content/106/24/9576.full?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=planet%2560s+natural+balance&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 25 de mayo de 2011.

10. Hong SooLim and Gon Kim. Spectral Characteristics of UV Light Existing in Indoor Visual Environment. Hong. Indoor and Built Environment, Oct 2010; 19: 586 - 591.

<<http://ibe.sagepub.com/content/19/5/586.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=+Rays+UV&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 26 de mayo de 2011.

11. Lee Wheless, Ingo Ruczinski, Rhoda M. Alani, Sandra Clipp, Judith Hoffman-Bolton, Timothy J. Jorgensen, Nanette J. Liégeois, Paul T. Strickland, and Anthony J. Alberg. Association between Skin Characteristics and Skin Cancer Prevention Behaviors. Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev., Oct 2009; 18: 2613 - 2619.

<<http://cebp.aacrjournals.org/content/18/10/2613.full?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=skin+cancer&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 28 de mayo de 2011.

- 12.** Everett M. Hafner. Cosmic Electromagnetic Radiation: The sky shine covers an enormous spectrum of frequencies, revealing a cosmic picture in some detail Science, Sep 1964; 145: 1263 - 1271.

<<http://www.sciencemag.org/content/145/3638/1263.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=electromagnetic+spectrum&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 29 de mayo de 2011.

- 13.** William B. Grant and Barbara J. Boucher. Requirements for VitaminD Across the Life Span. Biol Res Nurs, Apr 2011; 13: 120 - 133.

<<http://brn.sagepub.com/content/13/2/120.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=vitamin+D&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 30 de mayo de 2011.

- 14.** Anders Ahlbom and Maria Feychting. Electromagnetic radiation: Environmental pollution and health. Br. Med. Bull., Dec 2003; 68: 157 - 165.

<<http://bmb.oxfordjournals.org/content/68/1/157.full?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=electromagnetic+radiation&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=20&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 01 de Junio de 2011.

- 15.** O. C. Haycock, E. C. Madsen, and S. R. Hurst. Propagation of electromagnetic waves in Earth. Geophysics, Apr 1949; 14: 162 - 171.

<<http://geophysics.geoscienceworld.org/cgi/content/abstract/14/2/162?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=electromagnetic+wave&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 02 de Junio de 2011.

16. Effects of the isoflavone 4',5,7-trihydroxyisoflavone (genistein) on psoralen plus ultraviolet A radiation (PUVA)-induced photodamage. Eileen Q. Shyong, Yuhun Lu, Alison Lazinsky, Rao N. Saladi, Robert G. Phelps, Lisa M. Austin, Mark Lebwohl, and Huachen Wei. *Carcinogenesis*, Feb 2002; 23: 317 - 321.

<<http://carcin.oxfordjournals.org/content/23/2/317.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=effects+of+ultraviolet+radiation&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 04 de Junio de 2011.

16. Effects of Ultraviolet Radiation on Mechanical Properties of Glass/Polyester Composites. Mahmood M. Shokrieh and Alireza Bayat *Journal of Composite Materials*, Oct 2007; 41: 2443 - 2455.

<<http://jcm.sagepub.com/content/41/20/2443.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=effects+of+ultraviolet+radiation&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 05 de Junio de 2011.

18. John Dainton. Photon structure and quantum fluctuation. *Phil Trans R Soc A*, Feb 2001; 359: 279 - 308.

<<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/359/1779/279.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=photons&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=10&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 06 de Junio de 2011.

19. J. S. Anderson and D. F. Klemperer. Photoelectric Measurements on Nickel and Nickel Oxide Films. *Proc R Soc A*, Oct 1960; 258: 350 - 376.

<<http://rspa.royalsocietypublishing.org/content/258/1294/350.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=photoelectric+effect&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=20&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 08 de Junio de 2011.

20. T. Hanawa, H. Takahashi, M. Ota, R.F. Pinizzotto, J.L. Ferracane, and T. Okabe. Surface Characterization of Amalgams Using X-ray Photoelectron Spectroscopy. *Journal of Dental Research*, Sep 1987; 66: 1470 - 1478.

<<http://jdr.sagepub.com/content/66/9/1470.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=photoelectron&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=30&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 10 de Junio 2011.

21. Raymond Richard Neutra. Glossary of terms used when discussing exposure to electric and magnetic fields. *J Epidemiol Community Health*, Jul 2005; 59: 546 - 550.

<<http://jech.bmj.com/content/59/7/546.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=electric+field&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=30&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 12 de Junio de 2011.

22. Lian-Kun Sha and Bruce W. Chappell. Multi-site order-disorder kinetics in crystalline solids; a generalized formulation. *American Mineralogist*, Apr 1997; 82: 325 - 336.

<<http://ammin.geoscienceworld.org/cgi/content/abstract/82/34/325?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=crystalline+solids&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 13 de Junio de 2011.

23. David G. Lidzey, Donal D. C. Bradley, Adam Armitage, Steve Walker, and Maurice S. Skolnick. Photon-Mediated Hybridization of Frenkel Excitons in Organic Semiconductor Microcavities. *Science*, Jun 2000; 288: 1620.

<<http://www.sciencemag.org/content/288/5471/1620.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=excitons&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 14 de Junio de 2011.

24. Syed M. Meeran, Sudheer K. Mantena, Sreelatha Meleth, Craig A. Elmets, and Santosh K. Katiyar. Interleukin-12-deficient mice are at greater risk of UV radiation-induced skin tumors and malignant transformation of papillomas to carcinomas. *Mol. Cancer Ther.*, Apr 2006; 5: 825 - 832.

<<http://mct.aacrjournals.org/content/5/4/825.full?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=UV+radiation&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 15 de Junio de 2011.

25. RUSSELL H. MORGAN and JUDITH C. GEHRET. THE RADIANT ENERGY RECEIVED BY PATIENTS IN DIAGNOSTIC X-RAY PRACTICE. *Am. J. Roentgenol.*, Jul 1966; 97: 793 - 810.

<<http://www.ajronline.org/cgi/content/abstract/97/3/793?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=radiant+energy&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 20 de Junio de 2011.

26. MamathaDamodarasamy, Robert B. Vernon, Nathan Karres, Christopher H. Chang, Daniella Bianchi-Frias, Peter S. Nelson, and May J. Reed. Collagen Extracts Derived From Young and Aged Mice Demonstrate Different Structural Properties and Cellular Effects in Three-Dimensional Gels. *J Gerontol A BiolSci Med Sci*, Mar 2010; 65A: 209 - 218.

<<http://biomedgerontology.oxfordjournals.org/content/65A/3/209.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=collagen&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=10&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 22 de Junio 2011.

27. P. Donald Forbes and Christopher P. Sambuco. Assays for Photocarcinogenesis: Relevance of Animal Models. *International Journal of Toxicology*, Aug 1998; 17: 577 - 588.

<<http://ijt.sagepub.com/content/17/5/577.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=photocarcinogenesis&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 26 de Junio de 2011.

28. HeikeI. M. Mahler, James A. Kulik, Jody Harrell, Alma Correa, Frederick X. Gibbons, and Meg Gerrard. Effects of UV Photographs, Photoaging Information, and Use of Sunless Tanning Lotion on Sun Protection Behaviors *Arch Dermatol*, Mar 2005; 141: 373 - 380.

<<http://archderm.amaassn.org/cgi/content/abstract/141/3/373?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=photoaging&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 27 de Junio de 2011.

29. Xiaobo Chen, Lei Liu, Peter Y. Yu, and Samuel S. Mao. Increasing Solar Absorption for Photocatalysis with Black Hydrogenated Titanium Dioxide Nanocrystals. *Science*, Feb 2011; 331: 746 - 750.

<<http://www.sciencemag.org/content/331/6018/746.abstract?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=solar+filter&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=10&resourcetype=HWCIT>>. Fecha de consulta: 29 de junio de 2011.

30. Tesis: “Validación del sistema de diluciones de un filtro solar físico de dióxido de titanio”. Tesista: Víctor Manuel Color Aparicio. Facultad de Químico farmacobiología. 16/06/2010.

31. DiGuseppi C. Cribado del cáncer de piel, incluyendo consejo para prevenirlo. En: BrotonsCuixart C. U.S. Preventive Services Task Force. Guía de Medicina Clínica Preventiva. Edición española. Medical Trends, SL 1998; 105-14. Fecha de consulta: 05 de Julio de 2011.

32. LEY GENERAL DE SALUD CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN; Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios, Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis *Última Reforma DOF 16-11-2011 pag. 92.*