Universidad Abierta Interamericana



Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud

Trabajo final de carrera

Marzo 2021

"Kéfir como mecanismo de radioprotección celular frente a la acción de radiaciones ionizantes en profesionales expuestos."

Carrera: Lic. En producción de Bioimagenes

Título a obtener: Licenciada en producción de Bioimagenes

Comba, María

RESUMEN:

El presente estudio de investigación, se basa en analizar y evaluar si el consumo de kéfir es un posible mecanismo de radioprotección celular, frente a la acción de las radiaciones ionizantes en profesionales expuestos a las mismas.

Para su realización se diseñó un estudio cuali-cuantitativo, no experimental, con un plan que permitió cubrir los tiempos considerados de investigación.

Se evaluó el nivel de conocimiento e interés sobre antioxidantes, y medidas de radioprotección personal en un grupo de productores de Bioimagenes (técnicos y licenciados) de la República Argentina mediante encuestas online. Por otro lado se realizaron entrevistas a nutricionistas de la ciudad de Leones, provincia de Córdoba, para reforzar datos y adquirir información sobre el kéfir y sus propiedades.

En cuanto a la información recolectada, se elaboró una base de datos para su posterior análisis. Entre los principales resultados se destaca un considerado porcentaje relacionado al interés por parte de los encuestados acerca del consumo de antioxidantes, y a su vez un escaso conocimiento respecto al tema.

Así mismo se pudo llegar a la conclusión de que las propiedades antioxidantes del kéfir son un posible mecanismo de radioprotección personal a nivel sistémico, dado que este tiene la capacidad de evitar la propagación de radicales libres dañinos para el organismo, producto de las radiaciones ionizantes, pero que la misma no es una temática conocida.

Palabras claves:

Kéfir, radiaciones ionizantes, radioprotección.

ÍNDICE

RESUMEN: 1
INTRODUCCIÓN: 5
1. PROBLEMA: 6
2. OBJETIVOS: 7
3. HIPOTESIS: 7
4. ESTADO DEL ARTE: 8
5.1 RADIACIONES: 14
5.1.1 INTRODUCCIÓN: 14
5.1.2 HISTORIA DE LA TEORÍA ATÓMICA: 14
5.1.3 EVOLUCIÓN DEL MODELO ATÓMICO: 15
5.1.4 BASES FÍSICAS: 17
5.1.5 IONIZACIÓN: 18
5.2 RADIACIÓN IONIZANTE: 24
5.2.1 INTRODUCCIÓN: 24
5.2.2 TIPO DE RADIACIONES IONIZANTES: 24
5.2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS RADIACIONES IONIZANTES: 24
5.2.4 RADIACIONES IONIZANTES Y LA SALUD: 26
5.2.5 LESIÓN CELULAR: 27
5.2.6 RADIOSENSIBILIDAD: 28
5.3. RADIOPROTECCIÓN: 30
5.3.1 INTRODUCCIÓN: 30
5.3.2 PROTECCIÓN EN RADIOLOGÍA: 30
5.4 RADICALES LIBRES: 34
5.4.1 INTRODUCCIÓN: 34
5.4.2 ESTRÉS OXIDATIVO: 34
5.4.3 ESPECIES REACTIVAS DE OXÍGENO: 36
5.4.4 DAÑO RADICALARIO DE LAS ERO 37
5.4.5 ENFERMEDADES ASOCIADAS AL ESTRÉS OXIDATIVO: 38
5.5 ANTIOXIDANTES: 42
5.5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ANTIOXIDANTES: 42
5.5.2 SISTEMA DE DEFENSA ANTIOXIDANTE: 46
5.5.3 EFECTOS DE LOS ANTIOXIDANTES EN LA SALUD: 46
5.5.4 ANTIOXIDANTES Y EL CÁNCER: 47
5.6. ALIMENTOS FUNCIONALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS: 49
5.6.1 INTRODUCCIÓN: 49
5.6.2 HISTORIA: 49

5.6.3 ASPECTOS BIOQUÍMICOS: 50
5.6.4 TIPOS DE ALIMENTOS FUNCIONALES: 51
5.6.5 PROBIÓTICOS Y PREBIÓTICOS: 52
5.6.6 BENEFICIOS PARA LA SALUD: 53
5.7 KÉFIR: 55
5.7.1 INTRODUCCIÓN: 55
5.7.2 ORIGEN: 55
5.7.3 TIPOS DE KÉFIR: 56
5.7.4 GRANOS DE KÉFIR: 57
5.7.5 MICROBIOTA DE LOS GRANOS DE KÉFIR: 58
5.7.6 COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DEL KÉFIR DE LECHE: 59
5.7.7 EL KÉFIR COMO BEBIDA MULTIFUNCIONAL: 60
5.7.8 PROPIEDADES Y BENEFICIOS: 61
6. METODOLOGÍA: 65
6.1 Universo, muestra, unidades de análisis: 65
6.2 Variables: 65
6.3 Técnicas de recolección de datos: 65
RESULTADOS: 67
CONCLUSIÓN: 74
ANEXO: 75
CUESTIONARIO: 75
ENTREVISTAS A NUTRICIONISTAS: 76
BIBLIOGRAFÍA: 81

TÍTULO:

"Kéfir como mecanismo de radioprotección celular frente a la acción de radiaciones ionizantes en profesionales expuestos."

INTRODUCCIÓN:

Desde el inicio del descubrimiento de los rayos X, hasta la actualidad, han surgido numerosos hechos y acontecimientos que llevaron a la radiología médica a convertirse y posicionarse en el lugar que se encuentra hoy, como una de las ramas de la medicina sumamente importante encargada de la aplicación y utilización de fuentes de radiaciones ionizantes ya sea tanto para el tratamiento de enfermedades, como para el diagnóstico de éstas.

Es así como cada vez son más las aplicaciones donde encontramos a la radiología. Por lo tanto, los profesionales de la salud que están expuestos a estas radiaciones utilizadas deberán respetar las reglas y normas de protección radiológica, manteniendo latente el concepto de radioprotección.

En el presente trabajo de investigación se pone en manifiesto principalmente a partir de los conceptos conocidos sobre la radioprotección personal, un punto de vista sobre la alimentación y el consumo de antioxidantes, específicamente el consumo de kéfir, como una posible manera de atenuar los efectos que las radiaciones ionizantes causan en el organismo.

1. PROBLEMA:

El uso de la radiación en medicina constituye un aspecto fundamental para el beneficio de la humanidad, sin embargo, ésta a su vez causa daños en aquellas personas expuestas ocupacionalmente o en terceros.

La radiosensibilidad es la respuesta del sistema biológico frente a la radiación. En los seres humanos se ha observado un rango de variación en lo que es la frecuencia y severidad de los efectos que presentan tras una exposición a radiaciones, la cual se debe a diferencias individuales en su radiosensibilidad. Existe un sector laboral, (trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes) en el que la identificación individual de ésta es un objetivo de gran relevancia para la prevención y protección contra los efectos adversos desde el punto de vista de la salud y la seguridad ocupacional. Por otro lado, existen determinados parámetros que pueden verse alterados, como lo es por ejemplo el estado antioxidante-oxidante debido a un aumento del estrés oxidativo.

Por lo tanto, un aumento de los niveles de estrés oxidativo a causa de la exposición a la radiación ionizante resulta perjudicial para el organismo, ya que los radicales libres producidos son considerados como eventos iniciadores y perpetuadores de la acción de la radiación ionizante, siendo origen de mutaciones, apoptosis celular e incluso creando una situación de posible inestabilidad genética.

Hoy en día lo más utilizado para atenuar los efectos de la radiación ionizante en los efectores de salud es el uso de materiales blindados como método de radioprotección personal, dejándose de lado la posibilidad de adquirir cambios alimenticios o modificaciones en la dieta, dado que no se conoce con profundidad el tema o por falta de conocimiento por parte de los profesionales.

Como actualmente en la población la inclusión a la dieta de alimentos naturales, no procesados, probióticos y con propiedades biológicas está siendo cada vez más significativa, me llevó a **generar el siguiente problema:** *¿Son conocidas las propiedades antioxidantes y antitumorales del kéfir por parte de los profesionales de la salud, expuestos a las radiaciones ionizantes, como un posible mecanismo de radioprotección celular a modo de medida preventiva frente a la acción de éstas?*

2. OBJETIVOS:

Objetivo general:

Analizar las propiedades antioxidantes y antitumorales del kéfir como un mecanismo de radioprotección celular a modo de medida preventiva frente a la acción de la radiación ionizante.

Objetivos específicos:

- Indagar sobre los conocimientos respecto al uso de antioxidantes como medida de radioprotección celular en los productores de Bioimagenes.
- Averiguar el nivel de interés sobre el consumo de antioxidantes por parte de los profesionales expuestos a radiaciones ionizantes.

3. HIPOTESIS:

El consumo de kéfir y alimentos antioxidantes como mecanismo de radioprotección personal frente a la acción de las radiaciones ionizantes, no es conocido por parte de los profesionales de la salud expuestos a éstas.

4. ESTADO DEL ARTE:

Diversos estudios realizados a lo largo del tiempo, concernientes con las radiaciones ionizantes y la exposición de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a las mismas y por lo tanto, los efectos que producen en la salud, manifestaron que éstas producen alteraciones y aberraciones cromosómicas a un nivel que podría llevar a originar mutaciones radioinducidas.

Además, estudios relacionados tanto con el consumo de antioxidantes y sus efectos en el sistema inmunitario, como también con las propiedades benéficas del kéfir en estudios *in-vitro,* han demostrado los siguientes resultados que serán explicados sintéticamente a continuación:

En el departamento de biología celular de la universidad de Sevilla, España, en el año 1993, Domínguez García llevó a cabo una investigación acerca de las alteraciones cromosómicas causadas por las radiaciones ionizantes en las células eucariotas. Para ello se han utilizado células de procedencia vegetal, linfocitos de hámster chino y linfocitos humanos, que han sido expuestos a radiaciones de diferentes energías e irradiados con equipos de tratamientos con bleomicina.

Se pudo observar mediante los resultados obtenidos que los linfocitos humanos presentan una respuesta adaptativa a rayos X con bajas dosis de H_2O_2.

Igualmente en España, se llevó a cabo una investigación, a cargo de los doctores Julián Castillo Sánchez y Obdulio Benavente-García, la cual consistió en separar, cuantificar y caracterizar las propiedades de mayor utilidad de los flavonoides, su rol antioxidante y la función protectora que poseen frente a las aberraciones cromosómicas y toxicidad genética producida por las elevadas radiaciones ionizantes provenientes de los rayos X y gamma.

Para este estudio se utilizaron linfocitos de sangre humana y además eritrocitos policromáticos de medula ósea de ratón, demostrándose que a raíz de la comparación de determinados agentes radioprotectores (vitaminas C y E, compuestos con grupos SH y derivados, y diversos flavonoides –flavanonas, flavonas, flavonoles, antocianinas, entre otros-), la familia de flavonoides “flavan-3-oles” presente en numerosas plantas, posee una mejor relación directa entre sus propiedades antioxidantes y su poder captación de radicales libres, lo cual determina un mayor efecto radioprotector.

Por otro lado en el año 2004, en Colombia, los médicos Hernando Baquero Pulido, Gonzalo Guevara Pardo, Marcela Giraldo Suárez, y Luz Marina Osorio Soto, trabajaron sobre las aberraciones cromosómicas en trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes, haciendo hincapié en que todas las acciones posibles para la prevención del cáncer son de suma importancia para disminuir los casos. El objetivo de dicha investigación era describir si existen aberraciones cromosómicas en los trabajadores de la salud ocupacionalmente expuestos a dosis bajas de radiación ionizante y examinar la posibilidad de utilizar estas pruebas como seguimiento biológico dentro de un sistema de vigilancia. Los materiales y métodos utilizados fueron cultivos celulares de linfocitos de sangre periférica, teñidos con quinacrina y lectura en metafases de cada caso. Se tomaron promedios de dosimetrías entre uno a cuatro años y se compararon los resultados con las dosis recibidas y el tiempo de exposición, así como también en relación a cancerígenos comunes, antecedentes familiares y personales. Obteniendo como resultado un promedio de 1,93 aberraciones por individuo. Relacionados con el tiempo de exposición y la presencia de aberraciones, se encontró: 39% entre 1-10 años de exposición, 27% entre los 11-20 años de exposición y 46% entre los 21-30 años de exposición. No obstante, no se encontró una relación entre dosis y presencia de aberraciones, lo que pudo concluir que la exposición a bajas dosis de radiación ionizante, puede ocasionar daños cromosómicos y está en relación directa con el tiempo de exposición y la sensibilidad individual, mas no con la cantidad de radiación recibida.

En el mismo año (2004), en Maracaibo Venezuela, Marbenis Díaz-Valecillos, Janice Fernández, Alicia Rojas, José Valecillos y Jenny Cañizales, estudiaron determinaron y caracterizaron las alteraciones cromosómicas, y las relacionaron con la dosis de radiación, antigüedad en la exposición, y el tiempo de exposición semanal a la radiación ionizante de profesionales expuestos a las mismas.

Se evidenciaron 444 alteraciones cromosómicas en 700 metafases estudiadas en la población expuesta, representadas por fragilidades simples 66,6%, y fragilidades combinadas, con rupturas cromosómicas, deleciones y poliploidías en 22,2%, el 11,1% presentó cariotipo normal.

El grupo control presentó alteraciones cromosómicas tipo fragilidades simples en el 55,5%. En los radiólogos se observó el 88,8% de alteraciones cromosómicas, con dosis detectada por debajo de lo permisible, y el 11,2% de ellos, con dosis excedidas, presentó el mayor número de fragilidades y rupturas cromosómicas múltiples. Los radiólogos con exposición semanal de 8 horas mostraron el mayor número de rupturas cromosómicas.

Concluyéndose que la exposición crónica a bajas dosis de radiación ionizante puede inducir alteraciones cromosómicas, dependiendo de la antigüedad en la ocupación y la exposición semanal.

Docentes del Hospital Universitario y Politécnico La Fe de Valencia, España, realizaron un estudio, el cual consiste en llevar a cabo una técnica de evaluación de la radiosensibilidad individual de los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes en el ámbito hospitalario mediante un biomarcador citogenético (Test G2). Conjuntamente, utilizando diversos biomarcadores de estrés oxidativo y capacidad antioxidante, se evaluó el estado antioxidante-oxidante en estos trabajadores. Ambos biomarcadores podrían establecerse como una herramienta más dentro de la vigilancia médica de los trabajadores expuestos a radiación ionizante.

Materiales y métodos utilizados:

- En primer lugar se seleccionó la muestra, la cual se comprendía del personal de dicho hospital calificado como categoría A. Los grupos presentaban sujetos de ambos géneros cuyo rango de edades se encontraba dentro de la edad laboral.
- Luego, se les realizó una encuesta clínica en la que se puntualizaban parámetros explícitos que pueden influir en la evaluación del estado antioxidante como niveles de colesterol, hipertensión, hábito tabáquico, consumo de suplementos alimenticios, entre otros. Así mismo se les ejecutó una entrevista dietética para conocer cómo era la alimentación.
- Para el estudio de la radiosensibilidad, en primer lugar se llevó un registro de la exposición que mantuvieron los profesionales a analizar. Luego, mediante el uso de equipos de irradiación, cultivos y análisis citogenético.

Resultados obtenidos: A raíz de esta investigación se obtuvo que de todas las variables recogidas en los cuestionarios, la única que influyó en los resultados de la actividad antioxidante fue el tabaco. Por otro lado, se evaluó que la capacidad antioxidante de los grupos estudiados está en un 75.4 % respecto del valor para la población española, probablemente porque la mayoría no realizan las 5 comidas al día ni la ingesta de 5 raciones de fruta/verdura al día recomendadas.

También se calculó para cada individuo el parámetro de radiosensibilidad individual (PRI), arrojando que los valores se encontraban en un rango comprendido entre el 41,89 % y el 52,55 %. Para el grupo control los valores de PRI estaban comprendidos entre el 36,03% y el 68.05%.

Los individuos radiosensibles, de acuerdo con dicho trabajo, son aquellos cuyo PRI se encuentra en un rango de 50-70%. En nuestro estudio el 36 % (11 de 30 sujetos) se clasificarían como radiosensibles. De los 11 sujetos de estudio, ocho eran controles, condición que no guarda ninguna relación directa con el valor obtenido del PRI ya que la característica de la radiosensibilidad se asume de ser genética o intrínseca al individuo.

Otro estudio a destacar, se realizó en Argentina, en el año 1994, en la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) por Bolzán, Alejandro Daniel, quien trabajó la correlación entre enzimas antioxidantes, aberraciones cromosómicas y transformación celular.

Para el desarrollo de esta investigación se llevaron a cabo 4 modelos diferentes:

- En primer lugar un cultivo in vitro de células de mamíferos (conejo –*Oryctolagus cuniculus*- y ratón de campo –*Calomys musculinus*-), donde se determinaron los niveles de enzimas antioxidantes en diversos pasajes o subcultivos, y se relacionó la información obtenida con las anormalidades cromosómicas (polipoidia-aneuploidia) presentes.
- En segundo lugar los niveles sanguíneos de enzimas antioxidantes y cultivo de linfocitos humanos in vitro tratados con bleomicina, donde se utilizó la información obtenida para correlacionarla con la de los linfocitos humanos.
- En tercer lugar los niveles de enzimas antioxidantes y la radiosensibilidad cromosómica en personas con cáncer. Donde se analizaron en tejido mamario normal y tumoral de mujeres con cáncer de mama, correlacionando la información con la sensibilidad de los linfocitos a la radioterapia.
- En cuarto lugar los niveles de enzimas antioxidantes y la radiosensibilidad cromosómica en animales mamíferos de laboratorio. Se estudiaron los niveles de enzimas antioxidantes en sangre y diferentes tejidos/órganos de ratas normales e irradiadas (cepa Sprague Dawley).

En relación a los resultados obtenidos se puede decir que:

- Existe una correlación entre los niveles de enzimas antioxidantes y la incidencia de cambios cromosómicos espontáneos en células in vitro. Además hay una correlación inversa entre los niveles fisiológicos de enzimas antioxidantes en sangre y la sensibilidad cromosómicas de los linfocitos humanos a las radiaciones ionizantes y bleomicina.
- El tejido tumoral mamario en las mujeres con cáncer de mama mostro una mayor actividad de superoxido dismutasa que el normal. Asimismo los niveles

sanguíneos de enzimas antioxidantes resultaron mayores en hombres que en mujeres estudiados como controles.

- En los seres humanos normales, la actividad sanguínea enzimática antioxidante se pudo relacionar de una manera positiva con los niveles de las mismas en eritrocitos.
- Y por último no se pudo encontrar relación entre los niveles de enzimas antioxidantes en sangre y órganos de las ratas analizadas.

Respecto a estudios en relación al kéfir, ya en 1994, un equipo dirigido por A. Cevikbas llego a la conclusión de que la actividad microbicida y anti fúngica del kéfir explica su exitoso uso en casos de tratamientos de enfermedades no solo de carácter infeccioso sino que también neoplásico.

Y un año después, en el 1995, el Dr. C. Zacconi demostró que si a la dieta habitual de los pollos se le incorpora gránulos de kéfir, estos se defenderán mejor de infecciones como la *Salmonella kedougou*. Es de allí, que sugiere incorporar kéfir a la dieta de los niños para mejorar y reforzar sus sistemas inmunes.

Además, estudios realizados en la Universidad Federal de Minas Geraes (Brasil) en el año 2005, demostraron mediante observaciones, que las heridas de ratones infectados por *Staphylococcus aureus*, se curaban antes y mejor aplicando un gel de kéfir que con el uso de antibióticos convencionales. Hecho que llevó a la deducción de que posee altas propiedades antiinflamatorias.

Por otro lado, respecto a la actividad antitumoral del kéfir, en 1982 un equipo de investigadores dirigido M. Shiomi alimentó durante 7 días a un grupo de ratones con polisacáridos solubles en agua procedentes de gránulos de kéfir antes de inyectarles células cancerosas –de Carcinoma de Erlich-, y luego continuaron suministrándoles kéfir 24 días más. Como resultado, se obtuvo que la mitad de los ratones interrumpió el crecimiento tumoral.

Posteriormente, en otro experimento realizado por el mismo equipo, en ratones con sarcoma, se obtendrían 180 resultados similares. Sin embargo en una serie de ensayos in vitro, a diferencia de lo observado en los experimentos con ratones, las células tumorales no eran afectadas por los polisacáridos de los gránulos de kéfir por lo que concluyeron que su efecto anticancerígeno no se debe a algún factor antitumoral presente en el mismo, sino a los efectos que éste tiene sobre el sistema inmune humano.

En la misma línea y en el año 2000 el equipo del doctor N. Furukawa estudiaría los efectos claramente antimetastásicos del kéfir en ratones con carcinoma pulmonar. J. R. Liu constataría luego -en 2002- tras alimentar 30 días a roedores con sarcoma 180 a base de kéfir fermentado en leche de vaca que su volumen tumoral se reducía hasta un 65% y que en los alimentados con kéfir cultivado en leche de soja ese porcentaje era del 71%; escasa diferencia que demuestra ante todo las propiedades del kéfir independientemente del medio de cultivo. La acción inhibidora del crecimiento tumoral se atribuyó tanto al efecto inmuno estimulante de los microorganismos como de los polisacáridos neo formados (kefiran) durante el proceso de fermentación.

Trabajando con ratones de laboratorio M. Gulmez y A. Guven -investigadores de la Universidad de Kafka (Turquía)- realizaron en 2003 una serie de estudios comparativos que les llevaron a concluir que el kéfir tiene mayor eficacia antioxidante que la "vitamina E".

5.1 RADIACIONES:

5.1.1 INTRODUCCIÓN:

El fenómeno de la radiación es la emisión, propagación y transferencia de energía en cualquier medio en forma de ondas electromagnéticas o partículas.

El tipo de radiación propagada en forma de ondas electromagnéticas (rayos ultravioletas "UV", rayos gamma, rayos X, etc.) se conoce como radiación electromagnética, mientras que la llamada radiación corpuscular es aquella transmitida en forma de partículas subatómicas (partículas α, partículas β, neutrones, etc.) que se mueven a gran velocidad, con un distinguible transporte de energía.

Los seres vivos convivimos con las radiaciones. Sin ésta no habría existido vida en la tierra. Además de las fuentes naturales de radiación (radiación cósmica), el ser humano ha sido capaz de desarrollar distintos aparatos que se basan en las radiaciones, o bien utilizan a las mismas para su funcionamiento.

Un desempeño importante de la radiación artificial es en la utilización de aparatología médica, ya sea tanto para uso diagnóstico, como es el caso de la producción de imágenes biomédicas, o como para fines terapéuticos en casos de tratamientos oncológicos o ciertas enfermedades.

Para poder explicar estos fenómenos físicos debemos recordar una serie importante de eventos históricos que han sido parte de lo que actualmente mantenemos como estándar, pasando por los diferentes modelos atómicos y descubrimientos que han aportado significativamente para la elaboración de diversas teorías.

5.1.2 HISTORIA DE LA TEORÍA ATÓMICA:

La existencia del concepto de átomo como tal, existe desde la Antigua Grecia, y fue propuesto por los filósofos griegos Demócrito, Leucipo y Epicuro, quienes como una necesidad filosófica explicaron que "la materia no puede dividirse indefinidamente, por lo que debe existir una unidad o bloque indivisible e indestructible que al combinarse de diferentes formas, creara todos los cuerpos macroscópicos que nos rodean".

Ésta mínima unidad se describió como átomo, ya que su nombre proviene del griego a-thomos que significa *no divisible*.

5.1.3 EVOLUCIÓN DEL MODELO ATÓMICO:

Modelo atómico de Dalton:

El primer modelo atómico con bases científicas, fue formulado en 1803 por el químico británico John Dalton, quien imaginaba a los átomos como diminutas esferas. Fue el primer intento completo para describir toda la materia en términos de los átomos y sus propiedades, y basó su teoría en la ley de la conservación de la masa y la ley de la composición constante.

Postulando así que:

- La materia está formada por partículas muy pequeñas llamadas átomos, que son indivisibles y no se pueden destruir.
- Los átomos de un mismo elemento son iguales entre sí, tienen su propio peso y cualidades propias.
- Los átomos de los diferentes elementos tienen pesos diferentes.
- Los átomos permanecen sin división, aun cuando se combinen en las reacciones químicas.
- Los átomos, al combinarse para formar compuestos guardan relaciones simples.
- Los átomos de elementos diferentes se pueden combinar en proporciones distintas y formar más de un compuesto.
- Los compuestos químicos se forman al unirse átomos de dos o más elementos distintos.

Modelo atómico de Thomson:

Posteriormente al descubrimiento del electrón en 1897 por Joseph John Thomson, científico británico, determinó que la materia se componía de dos partes, una negativa y una positiva, las cuales la parte negativa estaba constituida por electrones.

Según este modelo, los electrones se encontraban inmersos en una masa de carga positiva a manera de pasas en un pastel (de la analogía del inglés plum-pudding model).

Para lograr explicar la formación de iones y la presencia de los electrones dentro de la estructura atómica, Thomson ideó un átomo parecido a un pastel de frutas. Una nube positiva que contenía las pequeñas partículas negativas (los electrones) suspendidos en ella.

El número de cargas negativas era proporcionado para conseguir neutralizar la carga positiva. En el caso de que se perdiera un electrón, la estructura atómica quedaría cargada positivamente, y si de lo contrario adquiriera uno, la carga final sería negativa.

Modelo atómico de Rutherford:

El físico británico Ernest Rutherford, desarrolla este modelo atómico a partir de los resultados obtenidos en lo que se conoce como el experimento de Rutherford en 1911. El cual consistió en bombardear una lámina de oro con partículas alfa, pudiendo así deducir que el átomo estaba formado dos zonas, una central donde se encontraba el núcleo cargado positivamente y allí toda la masa atómica, y por consiguiente, otra orbital donde se encontraban dispersos solo los electrones, ejemplificando el sistema solar.

Dato que ha llevado al aporte de que el átomo no era macizo como se pensaba anteriormente, y refutando la teoría de Thomson.

Sin embargo este patrón presentaba varias incongruencias, dado que contradecía las leyes de electromagnetismo las cuales ya estaban comprobadas, y no explicaba los espectros atómicos.

Modelo atómico de Bohr:

Niels Bohr, físico danés, trata de incorporar los fenómenos de absorción y emisión de los gases, la teoría de la cuantización de la energía desarrollada por Max Planck y el fenómeno del efecto fotoeléctrico observado por Albert Einstein, para elaborar un modelo del átomo de hidrógeno tomando como punto de partida el avance de Rutherford.

Explicaba que los electrones se movían alrededor del núcleo en orbitas bien definidas, las cuales estaban cuantizadas.

- Cada órbita tiene una energía asociada, donde la capa más externa es la de mayor energía.
- Los electrones no irradian energía (en forma de luz) mientras permanecen en órbitas estables.
- Los electrones pueden saltar de una a otra órbita, por ende si lo hacen desde una de menor energía a una de mayor absorbe un cuanto de energía (una cantidad) igual a la diferencia de energía asociada a cada órbita. Si pasa de una de mayor a una de menor, libera energía en forma de radiación.

Modelo atómico de Sommerfeld:

El físico alemán Arnold Sommerfeld, con la ayuda de la teoría de la relatividad de Albert Einstein, hizo modificaciones del modelo de Bohr, ya que éste se adaptaba muy bien para el átomo de hidrógeno, pero no para otros elementos. Observando que electrones de un mismo nivel energético tenían distinta energía, concluyendo que dentro de un mismo nivel energético existían subniveles.

- Los electrones se mueven alrededor del núcleo, en órbitas circulares o elípticas
- A partir del segundo nivel energético existen dos o más subniveles en el mismo nivel.
- El electrón es una corriente eléctrica minúscula.

5.1.4 BASES FÍSICAS:

Como bien se definió anteriormente, el átomo es la partícula más pequeña en la que se puede dividir un elemento, manteniendo todas sus propiedades químicas que lo competen.

El mismo se encuentra compuesto por una parte central cargada positivamente donde se encuentra la mayor parte de su masa, aludiendo a la zona conocida como núcleo atómico. Y por otra cargada negativamente constituida por los electrones en forma de corteza.

Núcleo atómico: Está cargado positivamente (con carga eléctrica positiva igual a la negativa para neutralizar el átomo), y esto se da debido a la presencia de los protones los cuales forman parte del mismo conjuntamente con los neutrones. Estas partículas subatómicas reciben el nombre de nucleones.

Partículas elementales del átomo:

Tabla 1. Carga y masa de las partículas atómicas.

	Neutrón (n)	**Protón (p+)**	**Electrón (e-)**
Carga (C)	-	$+1{,}602 \times 10^{-19}$	$-1{,}602 \times 10^{-19}$
Masa (kg)	$1{,}696 \times 10^{-27}$	$1{,}673 \times 10^{-27}$	$9{,}11 \times 10^{-31}$

Elementos químicos: Un elemento químico es un tipo de materia constituida por átomos de la misma clase. Lo que distingue a un elemento de otro, es el número de protones que tienen sus átomos en el núcleo, lo cual se conoce como **número atómico** y se representa con la letra Z. Mientras que el número total de partículas que hay en el núcleo, es decir,

la suma de protones y neutrones, se denomina **número másico** y se representa con la letra A.

Número atómico (Z): n° de p+. Si el átomo es neutro, el número de electrones coincide con el de protones.

Número másico (A): n° total de nucleones (protones + neutrones). Por ende:

A = Z + n → n = neutrones.

5.1.5 IONIZACIÓN:

La ionización es un proceso de conversión, tanto químico como físico, a través del cual se producen iones.

Estos iones son átomos o moléculas que contienen carga eléctrica (positiva o negativa) debido a la falta o exceso de electrones respecto a un átomo o molécula neutra (es decir con la misma cantidad de electrones que protones).

Las especies químicas generadas, se conocen como:

- **Anión:** Cuando posee más electrones que el átomo o molécula neutros, por ende su carga será negativa.
- **Catión:** Cuando posee menos electrones que el átomo o molécula neutros, y su carga por lo tanto será positiva.

Para que un átomo o una molécula se ionicen, es necesario que exista una **energía de ionización**, la cual consiste en la energía necesaria para poder separar completamente el electrón más débilmente unido de la corteza electrónica de un átomo en su estado fundamental sin liberar energía residual. Por lo tanto, podemos definir al **potencial de ionización** como la energía mínima que se necesita para remover un electrón de un átomo o molécula, a fin de que no exista interacción entre el ion y el electrón posteriormente.

Tipos de ionizaciones:

La ionización puede ser tanto física como química, lo cual dependerá de la manera en la que se desarrolle cada una.

- Ionización física: Consiste en aplicar energía externa por ejemplo a través de radiaciones ionizantes (rayos x, gamma o luz ultravioleta), calentamiento a altas temperaturas o la aplicación de un campo eléctrico, con la finalidad de aislar electrones que constituyan una molécula neutra.

- Ionización química: Este tipo de ionización se puede desarrollar de diferentes maneras, una de ellas es a través una notable diferencia en la electronegatividad de los elementos que reaccionan, y otra es a través del traspaso de electrones entre dos elementos.

Rayos X:

Los rayos X son una forma de energía electromagnética que se propaga en forma de ondas energéticas (sin masa) a la velocidad de la luz, adecuándose a la siguiente ecuación:

$$C = \lambda . \nu$$

Donde:

- C: velocidad de la luz.
- λ (lambda): longitud de onda del rayo.
- ν (nu): Frecuencia.

Descubrimiento:

En el año 1895, el físico alemán Wilhelm Conrad Roentgen, descubrió los rayos X a través de experimentos que realizaba con tubos de Hittorff-Crookes y la bobina de Ruhmkorff para investigar la fluorescencia violeta que producían los rayos catódicos.

Usó placas fotográficas para demostrar que los objetos, dependiendo de su espesor, eran más o menos transparentes a los rayos X y realizó la primera radiografía humana, usando la mano de su mujer.

Los llamó "rayos incógnita", o "rayos X" porque no sabía qué eran, solo que eran generados por los rayos catódicos al chocar contra ciertos materiales.

Espectro de los rayos X:

La radiación X tiene longitudes de ondas mucho más cortas que la luz visible, es por esto que los fotones de rayos X tienen mayor energía que los de la luz. Esto ocurre, dado que la energía es inversamente proporcional a la longitud de onda.

Se encuentran entre la luz ultravioleta y los rayos gamma del espectro electromagnético, presentando longitudes de ondas entre 10 nanómetros (nm) ($1x10^{-9}$ m) y 10 picómetros (pm) ($1x10^{-12}$m).

Debido a la energía y la longitud de onda que posea el rayo X, se pueden dividir en duros y blandos:

- **Rayo X duro:** Alta longitud de onda, y baja energía.
- **Rayo X blando:** Baja longitud de onda, y alta energía.

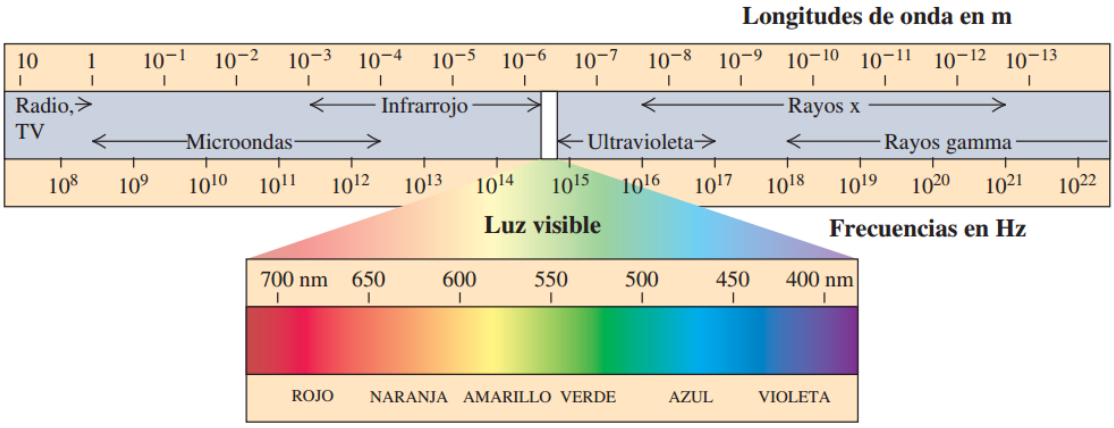


Imagen 1. Espectro electromagnético.

Interacción de los rayos X con la materia:

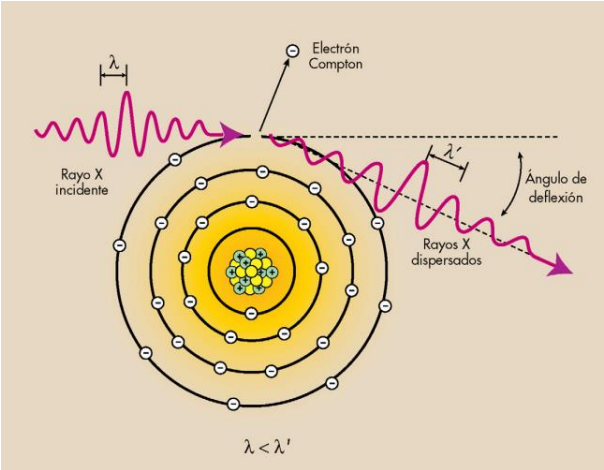
La radiación electromagnética interactúa con estructuras similares en tamaño a la longitud de onda de la radiación. Los rayos X presentan longitudes de onda muy cortas, no más extensas de aproximadamente 10^{-8} a 10^{-9} m, y es así que se dice que a mayor energía presente, menor será su longitud de onda.

Mencionado esto, los rayos X de energías bajas tienden a interactuar con átomos enteros. Mientras que aquellos de energías intermedias con los electrones, y los de energías elevadas interactúan con el núcleo atómico.

La interacción de los rayos X con la materia se puede dar por diversos mecanismos conocidos como: efecto Compton, efecto fotoeléctrico, dispersión coherente, producción de pares y desintegración fotónica. De los cuales solo los dos primeros mencionados serán de suma importancia en la radiología diagnóstica.

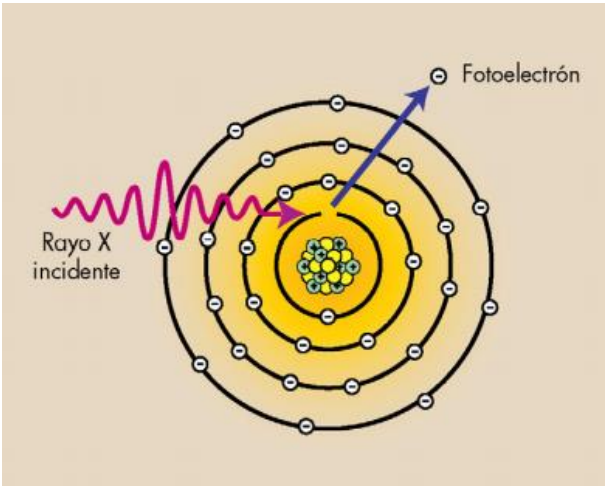
- <u>Efecto compton:</u>

En este efecto, el rayo X incidente interacciona con el electrón de la capa más externa y lo expulsa del átomo, ionizando a este último. El electrón que es expulsado se denomina electrón Compton o electrón secundario, y el rayo X continúa en una dirección diferente y con una energía menor a la que poseía antes del impacto.



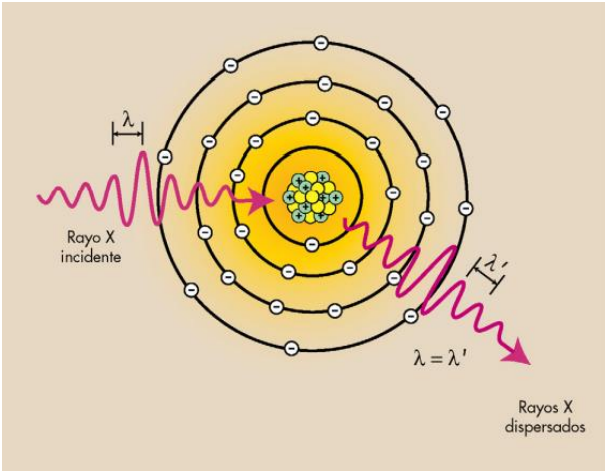
- Efecto fotoeléctrico:

Los rayos X utilizados dentro del rango diagnóstico también se someten a interacciones ionizantes con los electrones de las capas más internas de los átomos. El rayo X no se dispersa, sino que se absorbe totalmente. El electrón que abandona el átomo, denominado fotoelectrón, se libera con una energía cinética igual a la diferencia entre la energía del rayo X incidente y la energía de unión del electrón.



- Dispersión coherente:

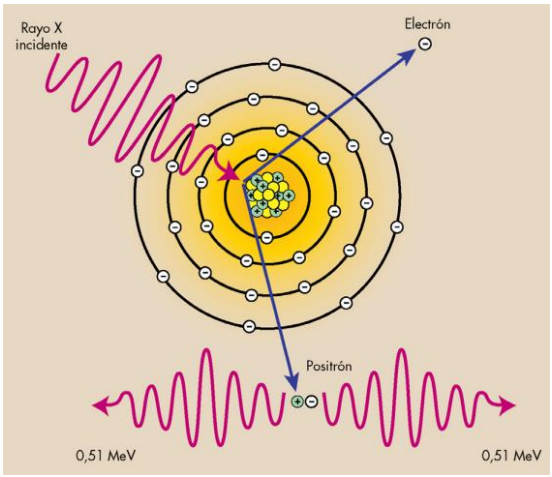
En este mecanismo, el rayo X incidente interacciona con un átomo diana, haciendo que éste se convierta en un átomo excitado, el cual libera su energía en exceso en forma de rayo X disperso con una longitud de onda igual a la del rayo X incidente y, por tanto, de igual energía. Sin embargo, la dirección del rayo X disperso es diferente de la del rayo X incidente. En este tipo de interacción no existe ionización.



- Producción de pares:

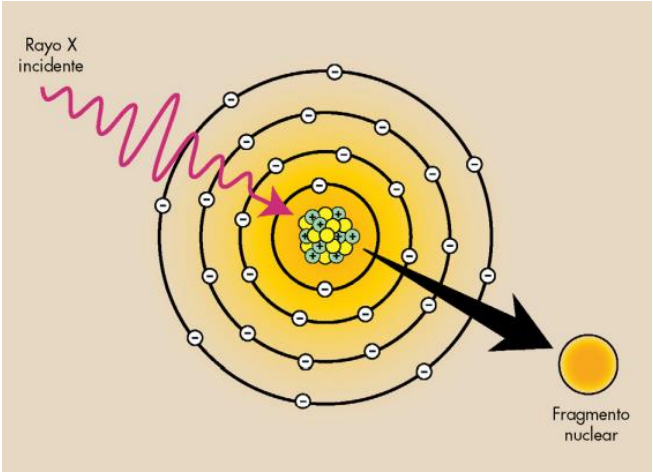
La interacción entre el rayo X y el campo eléctrico nuclear hace que desaparezca el rayo X y, en su lugar, aparezcan dos electrones, uno cargado positivamente (positrón) y el otro cargado negativamente. Este mecanismo ocurre cuando se trata de fotones incidentes con energías de 1,02 MeV mínimamente.

Debido a que la producción de pares implica únicamente a rayos X con energías altísimas, no es importante para la realización de imágenes con rayos X pero es de vital importancia para la obtención de imágenes mediante tomografía por emisión de positrones y técnicas en medicina nuclear.



- Desintegración fotónica:

Este efecto se da cuando los rayos X con energías superiores a 10 MeV pueden escapar de la interacción con los electrones y el campo eléctrico nuclear y ser absorbidos directamente por el núcleo. Cuando se presenta este hecho, el núcleo pasa a un estado de excitación y, de forma instantánea, emite un nucleón u otro fragmento nuclear. Ésta interacción no se presenta en la radiología diagnóstica.



5.2 RADIACIÓN IONIZANTE:

5.2.1 INTRODUCCIÓN:

La radiación ionizante es un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o rayos X) o partículas (partículas alfa y beta o neutrones). Son aquellas con energía suficiente para ionizar la materia, extrayendo los electrones de sus estados ligados al átomo.

La desintegración espontánea de los átomos se denomina radiactividad, y la energía excedente emitida es una forma de radiación ionizante. Los elementos inestables que se desintegran y emiten radiación ionizante se denominan radionúclidos.

Cada radionúclido se caracteriza por el tipo de radiación que emite, la energía de la radiación y su semivida.

5.2.2 TIPO DE RADIACIONES IONIZANTES:

Como se mencionó anteriormente, las radiaciones ionizantes pueden presentarse en forma de ondas electromagnéticas o partículas, quedando definido así tres tipos de radiaciones ionizantes:

- **Partículas alfa**: Conformadas por núcleos de helio. Son las de mayor masa, por lo tanto las menos dañinas. Dado que su capacidad de penetración en la materia es restringida. Poseen mucha energía.
- **Partículas beta**: Son electrones o positrones, y por lo tanto su masa es mucho menor a las anteriores. Por ende tienen mayor capacidad de penetrar la materia. Tienen menor energía que las alfa.
- **Radiaciones electromagnéticas**: Este tipo de radiaciones no poseen ni masa ni carga, lo que les aporta un poder de penetración en la materia de gran capacidad. Es por esto que son las más dañinas.

5.2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS RADIACIONES IONIZANTES:

Las radiaciones ionizantes se pueden clasificar según diversos criterios:

Según sean fotones o partículas:

- **Radiación electromagnética:** Está formada por fotones con energía suficiente como para ionizar la materia (es decir, superior a unas decenas de electronvoltios). Según su origen y su energía se clasifican en rayos X y rayos gamma.

- **Radiación corpuscular:** Incluye a las partículas Alfa, beta, protones, neutrones y otras partículas que sólo se producen por los rayos cósmicos o en aceleradores de muy alta energía, como los piones o los muones.

Según la ionización producida:

- **Radiación directamente ionizante:** Comprende a las radiaciones corpusculares formadas por partículas cargadas que interaccionan de forma directa con los electrones y el núcleo de los átomos de moléculas blanco o diana (como el oxígeno y el agua). Suelen poseer una transferencia lineal de energía alta.
- **Radiación indirectamente ionizante:** Formada por las partículas no cargadas como los fotones, los neutrinos o los neutrones, que al atravesar la materia interaccionan con ella produciendo partículas cargadas siendo éstas las que ionizan a otros átomos. Suelen poseer una baja transferencia lineal de energía.

Según la fuente de la radiación ionizante:

- **Las radiaciones naturales:** Proceden de radioisótopos que se encuentran presentes en el aire, el cuerpo humano, los alimentos, la corteza terrestre, o del espacio (radiación cósmica). Estas radiaciones no son producidas por el hombre. Más del 80% de la exposición a radiaciones ionizantes en promedio a la que está expuesta la población proviene de las fuentes naturales.
- **Las diferentes radiaciones artificiales:** Están producidas mediante ciertos aparatos o métodos desarrollados por el ser humano, como por ejemplo los aparatos utilizados en radiología, algunos empleados en radioterapia, por materiales radiactivos que no existen en la naturaleza pero que el ser humano es capaz de sintetizar en reactores nucleares o aceleradores de partículas, o por materiales que existen en la naturaleza pero que se concentran químicamente para utilizar sus propiedades radiactivas. La naturaleza física de las radiaciones artificiales es idéntica a la de las naturales. Por ejemplo, los rayos X naturales y los rayos X artificiales son ambos rayos X (fotones u ondas electromagnéticas que proceden de la desexcitación de electrones atómicos). Ejemplos de fuentes artificiales de radiación son los aparatos de rayos X, de aplicación médica o industrial, los aceleradores de partículas de aplicaciones médicas, de investigación o industrial, o materiales obtenidos mediante técnicas nucleares, como ciclotrones o centrales nucleares.

Hoy día, las fuentes artificiales más comunes de radiación ionizante son los dispositivos médicos, como los aparatos de rayos X.

Tabla 2. Fuentes naturales y artificiales de radiación ionizante con sus dosis anuales.

FUENTES NATURALES	**DOSIS MEDIA ANUAL (mSv)**	**FUENTES ARTIFICIALES**	**DOSIS MEDIA ANUAL (mSv)**
Gas radón	1,2	Centrales nucleares	0,0002
Externa	0,5	Radiografía	0,62
Cósmica	0,4	Accidente Chernóbil	0,002
Ingestión	0,3	Medicina nuclear	0,03
		Reactividad residual	0,005
TOTAL	2,4	***TOTAL***	0,65

5.2.4 RADIACIONES IONIZANTES Y LA SALUD:

Como ya se ha dicho, los seres vivos están expuestos a niveles bajos de radiación ionizante procedente del sol, las rocas, el suelo, fuentes naturales del propio organismo, residuos radiactivos de pruebas nucleares en el pasado, de ciertos productos de consumo y de materiales radiactivos liberados desde hospitales y desde plantas asociadas a la energía nuclear y a las de carbón.

Más allá de ciertos umbrales, la radiación puede afectar el funcionamiento de órganos y tejidos, y producir efectos agudos tales como enrojecimiento de la piel, caída del cabello, quemaduras por radiación o síndrome de irradiación aguda. Estos efectos son más intensos con dosis más altas y mayores tasas de dosis. Por ejemplo, la dosis liminar para el síndrome de irradiación aguda es de aproximadamente 1 Sv (1000 mSv).

Si la dosis de radiación es baja o la exposición a ella tiene lugar durante un periodo prolongado (baja tasa de dosis), el riesgo es considerablemente menor porque hay más probabilidades de que se reparen los daños. No obstante, sigue existiendo un riesgo de efectos a largo plazo, como el cáncer, que pueden tardar años, o incluso decenios, en aparecer. No siempre aparecen efectos de este tipo, pero la probabilidad de que se produzcan es proporcional a la dosis de radiación. El riesgo es mayor para los niños y adolescentes, pues son mucho más sensibles a la radiación que los adultos.

Los efectos biológicos originados por la exposición a las radiaciones ionizantes resultan de la interacción de las partículas (electrones, protones, partículas alfa e iones más

pesados) o las ondas electromagnéticas (rayos X o Gamma) con las macromoléculas biológicas. La interacción más importante es con el ácido desoxirribonucleico (ADN) constituyendo el blanco de preferencia afectado por las radiaciones ionizantes, lo cual llevará posteriormente a la aparición de defectos a nivel celular, pero no es el único, pues también lo pueden ser otras estructuras celulares, como la membrana plasmática, la mitocondria o cualquier otra organela de la célula.

Si bien los efectos de la radiación sobre la salud han sido ampliamente estudiados y existe un sólido cuerpo de información epidemiológica y experimental que sustenta el actual conocimiento, existe una necesidad de continuar y ampliar las investigaciones dirigidas a evaluar los riesgos para la salud particularmente para exposiciones a bajas dosis, dado que en ciertos ámbitos, como es el caso de los profesionales de la salud expuestos a radiaciones ionizantes, este tipo particular de exposición en muy frecuente. Esto incluye no solo la inducción de cáncer sino también los efectos no carcinogénicos tales como efectos cardiovasculares, efectos sobre el sistema inmune, efectos sobre el cristalino como por ejemplo cataratas, y entre otros.

5.2.5 LESIÓN CELULAR:

Como bien sabemos y se mencionó anteriormente, la unidad básica del organismo vivo es la célula. Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes derivan del daño que éstas producen en la estructura química de las células, y fundamentalmente en la molécula de ADN.

Atendiendo y haciendo hincapié en la naturaleza del daño producido por la radiación en las células, los efectos biológicos se clasifican en **estocásticos** y **deterministas.**

Cuando como consecuencia de la irradiación se produce la muerte de un número de células suficientemente elevado, ya sea de un órgano o tejido, habrá una pérdida de función del mismo. Este efecto se conoce como **determinista.**

La gravedad de los efectos deterministas es proporcional a la dosis de radiación recibida, siempre y cuando ésta sea mayor que la dosis umbral (dosis que establece el límite entre la aparición o no del efecto).

Si en cambio, como consecuencia de la exposición a radiación la célula no muere, sino que se modifica (muta), se habla de efectos **estocásticos.** Los cuales ocurren tras

exposición a dosis moderadas y bajas de radiación y se ponen de manifiesto a medio-largo plazo. La gravedad de los mismos, no es proporcional a la dosis recibida, pero sí la probabilidad de que tenga lugar el efecto.

Tabla 3. Efectos de las radiaciones ionizantes en el organismo.

	EFECTOS ESTOCÁSTICOS	**EFECTOS DETERMINISTAS**
Mecanismo	Lesión subletal (una o pocas células)	Lesión letal (muchas células)
Naturaleza	Somática o hereditaria	Somática
Gravedad	Independiente de dosis	Dependiente de dosis
Dosis umbral	No	Si
Relación dosis-efecto	Lineal-cuadrática; Lineal	Lineal
Aparición	Tardía	Inmediata - a corto plazo

5.2.6 RADIOSENSIBILIDAD:

La radiosensibilidad es la sensibilidad que tienen los diferentes tejidos y células a las radiaciones ionizantes. En otras palabras, es la respuesta de un sistema biológico frente a la radiación. Como responden de manera relativa dos células, tejidos u órganos a una cantidad de dosis determinada.

Dependiendo el tipo de material biológico, las células que lo compongan, tendrán una sensibilidad diferente a las radiaciones ionizantes:

- Células muy radiosensibles: Son aquellas que se reproducen mucho, y están en proceso de crecimiento, como por ejemplo los linfocitos, linfoblastos, espermatogonias, y mieloblastos.
- Células relativamente radiosensibles: mielocitos, células basales de la epidermis, células de las criptas intestinales.
- Células de radiosensibilidad intermedia: Son aquellas células como las endoteliales, los osteoblastos, espermatocitos, etc.
- Células relativamente radiorresistentes: granulocitos, espermatozoides.
- Células muy radiorresistentes: fibrocitos, condrocitos, células musculares y nerviosas.

En los seres humanos se ha observado un rango de variación en lo que es la frecuencia y severidad de los efectos que presentan tras una exposición a radiaciones, la cual se debe a diferencias individuales en su radiosensibilidad.

Existe un sector laboral, (trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes) en el que la identificación de la radiosensibilidad individual es un objetivo de gran relevancia para la prevención y protección contra los efectos adversos de la misma desde el punto de vista de la salud y la seguridad ocupacional. Por otro lado, existen determinados parámetros que pueden verse alterados, como lo es por ejemplo el estado antioxidante-oxidante debido a un aumento del estrés oxidativo.

Factores que influyen en la radiosensibilidad celular:

Hay cuatro factores que influyen de manera directa en la radiosensibilidad de las células, y estos son:

- Actividad mitótica: Aquellas células que se reproducen de manera activa como se mencionó anteriormente serán más radiosensibles que aquellas que no lo hacen.
- Estado de mitosis: Durante el período de mitosis se incrementa el nivel de radiosensibilidad celular, dado que la cromatina expone una superficie mayor a la acción de la radiación durante esta etapa.
- Grado de diferenciación: Las células embriológicas o inmaduras son mucho más radiosensibles que las células adultas, debido a que están en proceso de formación.
- Metabolismo: El metabolismo celular es directamente proporcional a la radiosensibilidad de las células. Es decir, a medida que aumenta el metabolismo, más radiosensibles serán.

5.3. RADIOPROTECCIÓN:

5.3.1 INTRODUCCIÓN:

La radiación ionizante ha sido formalmente reconocida y clasificada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un carcinógeno, característicamente en los niños, ya que pueden iniciar, promover y desarrollar los cambios celulares que conducen a largo plazo al cáncer.

Si bien las radiografías simples no revisten peligro para el paciente, la cantidad de radiación usada en otros métodos de diagnóstico como la tomografía axial computada (TAC), radioscopia en estudios contrastados o las radiaciones usadas con fines terapéuticos (radioterapia o medicina nuclear) es mayor y pueden representar un factor de riesgo para la salud.

Varios estudios epidemiológicos demostraron que aquellos individuos expuestos a altos niveles de radiaciones ionizantes tienen un riesgo aumentado de presentar o manifestar cáncer, leucemia en niños y jóvenes y en épocas más tardías de la vida, de mama y tiroides. Otros estudios concluyen en que el riesgo es mayor si la exposición se inicia en la infancia con respecto a edades adultas.

Por lo tanto el personal que desempeña su actividad en áreas que utilizan radiaciones ionizantes con fines diagnósticos o terapéuticos, sobrelleva una exposición mayor por las características laborales (exposición ocupacional), por lo que debe extremar los cuidados protectores para prevenir el impacto en distintos órganos.

La necesidad de no dejar de aprovechar los beneficios, y a su vez, de evitar o reducir los posibles daños asociados que conllevan las radiaciones ionizantes, condujo al desarrollo de la protección del medio ambiente, del medio laboral y de las personas que se vean afectadas.

5.3.2 PROTECCIÓN EN RADIOLOGÍA:

La protección radiológica se define como aquella disciplina que estudia los efectos de las dosis producidas por las radiaciones ionizantes y el conjunto de medidas establecidas para la seguridad y la protección, de los seres humanos y del medio ambiente frente a los posibles riesgos que se deriven de la exposición a éstas.

Objetivos:

Como objetivos principales, la protección en radiología tiene:

- Proteger a la población en general de los riesgos de las radiaciones ionizantes, especialmente de las generadas por los profesionales de la salud para el diagnóstico médico.
- Optimizar las prácticas radiológicas respetando los criterios de radioprotección durante el funcionamiento de los equipos diagnósticos que utilicen radiaciones ionizantes.

Criterios de la radioprotección:

Existen 3 criterios básicos empleados en la protección radiológica, los cuales son:

1. Justificación del estudio:

Este criterio evalúa principalmente la relación riesgo/beneficio. Es decir, Toda prueba o tratamiento que pueda incrementar la exposición a radiaciones ionizantes en el paciente, debe producir un mayor beneficio que el perjuicio debido a la exposición.

Ninguna practica debe ser autorizada si no existen evidencias de que esta producirá beneficios en el individuo, los cuales compensarán los riesgos de exponerse a radiaciones ionizantes.

2. Optimización de la practica:

Una vez que se ha justificado y elegido la practica adecuada a realizar, el otro criterio a tener en cuenta es el de optimizar, es decir, utilizar de la mejor manera los recursos que se tienen para reducir el riesgo de las radiaciones en las personas.

Las dosis de radiación deben mantenerse tan bajas como sea razonablemente posible. La dosis es razonable para el uso que se aplica.

3. Límites de dosis:

Cada persona posee una limitación de dosis, la cual está relacionada con su actividad.

Es de suma importancia la personalización de la dosis que se expone según las actividades que se desempeñen, bien sea como profesionales (dosis ocupacionales) o como público general (dosis poblacionales).

La finalidad de controlar los niveles de dosis a los que se exhiben las personas, consiste en que ningún individuo esté expuesto a riesgos de irradiación en circunstancias normales.

Según la norma básica de seguridad radiológica (AR. 10.1.1) dispuesta por la Asociación Regulatoria Nuclear (ARN), se divide al sector expuesto a radiaciones en:

- **Profesionales ocupacionalmente expuestos:** Los cuales dentro de los valores de los límites permisibles de dosis se encuentran en:
    1. Límite de dosis efectiva: 20 mSv en un año. Valor el cual debe ser considerado como el promedio en 5 años consecutivos (100 mSv en 5 años), no pudiendo excederse 50 mSv en un único año.
    2. Límite de dosis equivalente en cristalino: 20 mSv en un año, considerándose como se mencionó anteriormente el mismo promedio en 5 años, y el valor máximo en un único año que en dosis efectiva.
    3. Límite de dosis equivalente para piel: 500 mSv en un año.
- **Mujeres embarazadas:** Si alguna profesional se encuentra cursando un embarazo deberá notificarlo lo antes posible, para así llevar un control de exposición más estricto para que el feto no reciba radiación en exceso. Las condiciones de trabajo deberán ser las correctas para que resulte improbable que la exposición en la superficie abdominal no exceda los 2 mSv.
- **Menores de edad:** No se admite la exposición ocupacional de menores de 18 años. En el caso de estudiantes entre 16 y 18 años de edad, que en sus estudios requieran el uso de fuentes radiactivas, el límite anual de dosis efectiva es 6 mSv y el límite anual de dosis equivalente es 50 mSv para el cristalino y 150 mSv para la piel.
- **Público en general:** Los límites de dosis para miembros del público se aplican a la dosis promedio en el grupo crítico, es decir aquellas personas con más exposición frecuente a la radiación. El control de la dosis en estos casos se lleva a cabo aplicando controles sobre la fuente más que sobre el ambiente en sí. La ARN actualmente, con la norma AR. 10.1.1, presenta y recomienda que el límite de exposición (en dosis efectiva) del público es de 1 mSv al año. Mientras que los límites anuales de dosis equivalente son 15 mSv para el cristalino y 50 mSv para la piel.

Reglas de la radioprotección:

La protección radiológica frente a la irradiación o exposición externa se basa en tres factores fundamentales, que son la distancia, el tiempo y el blindaje. Es así que surgen las reglas básicas de la protección en radiología:

- Aumentar la distancia: Esto es esencial ya que cuando una persona se aleja de la fuente emisora de radiación su dosis disminuye. Esto se da por la ley del cuadrado de las distancias, la cual remarca que si se duplica la distancia, la dosis se reduce cuatro veces. Por ende la distancia mínima a la que debe ubicarse un técnico/licenciado de un equipo de Rx Portátil (el cual no se encuentra dentro de un ambiente con disposiciones edilicias plomadas) debe ser en mayor a un diámetro de 2m, ya que sobrepasando dicha medida no hay radiación "medible".
- Utilizar blindaje: La finalidad de los elementos blindados es la atenuación de la radiación a una fracción menor de la intensidad inicial. Se utilizan materiales plomados tanto para protección personal como para blindajes móviles o permanentes de uso común. Dentro de estos elementos blindados podemos encontrar:
    1. Elementos de uso personal: Delantales o chalecos plomados, guantes plomados, protectores gonadales y tiroideos, anteojos o máscaras, entre otros.
    2. Elementos de uso común: Presencia de plancha de plomo de $1m^2$ y 0,5mm de grosor detrás del Potter mural o estativo, blindaje en la habitación, ya sea tanto en las paredes como en los vidrios, biombo plomado con visor o un bunker con visor en la sala, entre otros.
- Reducir el tiempo de exposición: El tiempo se relaciona de manera lineal con la dosis por irradiación externa. El mismo es directamente proporcional a la dosis, es decir, a mayores tiempos de exposición el paciente recibirá más dosis. Por lo tanto una de las reglas importantes de protección radiológica es utilizar los menores tiempos de exposición posibles.

5.4 RADICALES LIBRES:

5.4.1 INTRODUCCIÓN:

Un radical libre, es una especie química (orgánica o inorgánica), caracterizada por poseer uno o más electrones desapareados.

Se forma por medio de reacciones químicas, a partir de la ruptura homolítica de una molécula y, en general, es extremadamente inestable y, por tanto, con gran poder reactivo clave para formar otros radicales libres, dado que tienden a captar un electrón de moléculas estables con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica consiguiendo sustraer el electrón que necesitan, mientras que la molécula estable que se lo cede se convierte a su vez en un radical libre por quedar con un electrón desapareado, iniciándose así una verdadera reacción en cadena que destruye nuestras células.

La vida media de estas especies es muy corta (milisegundos) pero con la capacidad suficiente de reaccionar con todo lo que esté a su alrededor provocando un gran daño a moléculas, membranas celulares, células y tejidos.

Los radicales libres se liberan durante el metabolismo humano, y también se producen por contaminantes ambientales, (atmosféricos, acuáticos, de suelos), radiaciones ionizantes (ultravioleta, x, gamma, hertziana), entre otros. Se pueden relacionar también con el consumo o uso de tóxicos como el alcohol, tabaco y drogas o debido a una alimentación no adecuada, exposición a fertilizantes o pesticidas, entre otros. Se incluye además el metabolismo de algunos químicos y elevado estrés físico o psíquico como desencadenantes de su producción.

Las reacciones químicas de los radicales libres se dan constantemente en las células de nuestro cuerpo y son necesarias para la salud, ya que estos compuestos cumplen también una función fisiológica al participar, en condiciones normales, en la defensa frente a las infecciones, en el metabolismo normal, en la fagocitosis e inflamación, pero el proceso debe ser controlado con una adecuada protección antioxidante.

5.4.2 ESTRÉS OXIDATIVO:

El estrés oxidativo es un término asociado a las células y a la acción de un radical libre que les afecta, así en condiciones normales se da un equilibrio entre la producción de radicales libres u otras especies reactivas con los mecanismos antioxidantes (exógeno y endógeno). Este equilibrio permite que la toxicidad por oxidación sea menor y con menos

daño celular. Cuando se rompe el equilibrio, éste se podrá asociar con un déficit en el sistema antioxidante o por la proliferación descontrolada de los radicales libres

Difícilmente entenderemos los efectos de los antioxidantes sin unas nociones básicas sobre el estrés oxidativo. En el metabolismo celular – en el que la glucosa reacciona con el oxígeno para producir energía en forma de (ATP) – se produce simultáneamente la liberación de una serie de compuestos reactivos de oxígeno, conocidas como especies reactivas de oxígeno (ERO), cuyos efectos sobre todos los elementos celulares (núcleo, membrana, citoplasma, mitocondrias, etc.) resultan gravemente deletéreos.

Cuando el aumento del contenido intracelular de ERO sobrepasa las defensas antioxidantes de la célula se produce el *estrés oxidativo,* a través del cual se induce un daño a moléculas biológicas como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Éste se presenta en diversos estados patológicos en los cuales se altera la funcionalidad celular, contribuyendo o retroalimentando el desarrollo de enfermedades degenerativas como la aterosclerosis, cardiomiopatías, enfermedades neurológicas y cáncer.

En un sujeto joven y sano, los radicales libres de oxígeno son rápidamente eliminados del interior de la célula por antioxidantes naturales, pero en enfermos crónicos o en ancianos esta eliminación es deficitaria, lo que conlleva la aparición de enfermedades crónicas, acelerando al mismo tiempo el envejecimiento.

Reacciones reducción-oxidación (REDOX):

Durante el proceso de estrés oxidativo, en la célula en el que se produce, se encuentra alterada lo que se conoce como homeostasis óxido-reducción intracelular, es decir el balance entre oxidantes y antioxidantes.

El estado de óxido - reducción de la célula está determinado por el equilibrio entre las contrapartes oxidadas y reducidas de los distintos compuestos biológicos presentes en ella.

Se denomina reacción de reducción-oxidación, de óxido-reducción o, simplemente reacción rédox, a toda reacción química en la que uno o más electrones se transfieren entre los reactivos, provocando un cambio en sus estados de oxidación.

Para que exista una reacción REDOX, en el sistema debe haber un elemento que ceda electrones, y otro que los acepte, conocidos como agente reductor y agente oxidante respectivamente.

5.4.3 ESPECIES REACTIVAS DE OXÍGENO:

Las especies reactivas de oxigeno incluyen iones de oxígeno, radicales libres y peróxidos tanto orgánicos como inorgánicos. Generalmente son moléculas de tamaño notablemente pequeño, altamente reactivas y cumplen un importante papel en la señalización celular. La molécula de oxígeno (O_2) puede reducirse secuencialmente en las siguientes reacciones, formando radicales y no radicales:

- $O_2 + e^- \rightarrow O_2^-$ Anión superóxido
- $O_2 + e^- + 2\ H^+ \rightarrow H_2O_2$ Peróxido de hidrógeno
- $H_2O_2 + e^- + H^+ \rightarrow H_2O + OH^-$ Radical hidroxilo.
- $OH^- + e^- + H^+ \rightarrow H_2O$

Las ERO son generadas en varios sistemas celulares localizados en la membrana plasmática, el citosol, el retículo endoplásmico y la mitocondria.

Procedencia de las especies reactivas de oxígeno (ERO):

No todas las especies oxidantes tienen un origen endógeno, la existencia de factores exógenos, como la radiación, toxinas fúngicas, pesticidas o xenobióticos, pueden incrementar su nivel.

En condiciones normales, las células metabolizan la mayor parte del oxígeno (O_2) con la formación de agua sin formación de intermediarios tóxicos, mientras que un pequeño porcentaje (en torno al 5%) forman tres intermediarios altamente tóxicos, dos de los cuales son literalmente radicales libres (el anión superóxido y el hidroxilo).

Los oxidantes pueden también proceder del exterior, bien sea directamente o como consecuencia del metabolismo de ciertas sustancias. Algunos ejemplos que lo establecen son: la contaminación ambiental, la luz solar, las radiaciones ionizantes, una concentración de oxígeno demasiado elevada, los pesticidas, metales pesados, entre otros.

Fuentes endógenas:

Dentro de las fuentes endógenas de producción de especies reactivas de oxigeno encontramos dos organelas celulares principales que podemos destacar:

- Mitocondria: es considerada como la principal fuente de radicales libres, ya que al producirse el metabolismo oxidativo se da la reducción tetra electrónica del oxígeno con un consumo del 95 al 98% de este elemento. El restante 2 - 5% de

oxígeno tiene una tendencia de recibir un electrón por vez, reducción mono electrónica, formando durante estas reacciones una serie de intermediarios tóxicos: especies reactivas de oxígeno.

- Peroxisomas: Estas organelas poseen una gran cantidad de enzimas que producen H_2O_2.

Fuentes exógenas:

Como se ha mencionado, la procedencia de las ERO no solo se da de manera endógena, sino que también exógena. Las fuentes de producción exógenas de éstas las podemos reducir en la siguiente tabla:

Tabla 4. Fuentes de producción de ERO exógenas.

Contaminantes	Ozono, monóxido de carbono, polvo de minerales, óxido nítrico y dióxido de nitrógeno, hipocloritos, toxinas, solventes, entre otros.
Drogas	Acetaminoceno, antidepresivos tricíclicos, antidiabéticos, entre otras.
Iones metálicos	Hierro, cobre, cadmio, níquel, cromo mercurio.
Radiaciones	Ultravioleta, rayos X, rayos gamma.
Dieta	Ácidos grasos poliinsaturados, glucosa.
Otros	Tabaco, ejercicio intenso, entre otros.

5.4.4 DAÑO RADICALARIO DE LAS ERO

El daño celular producido por las especies reactivas del oxígeno ocurre sobre diferentes macromoléculas:

- **A los ácidos nucleicos:**

La molécula de ADN es uno de los principales blancos del ataque por radicales libres en la célula y las modificaciones que sufre como consecuencia son distinguidas para la

pérdida de la homeostasis celular, hecho que puede prolongarse como consecuencia de las funciones del ADN. Es por ello que se estudian intensamente los agentes y mecanismos del daño por ERO, porque su demostración va dual a la especificación de la patogenia de enfermedades de gran morbilidad y mortalidad como el cáncer.

En la molécula de ADN, los grupos nucleofílicos de la desoxirribosa y de las bases nitrogenadas son aquellos que quedan expuestos al ataque electrofílico de las especies reactivas del oxígeno.

Existen diferentes tipos de daño oxidativo al ADN, entre estos: ruptura del esqueleto azúcar fosfato de una o de las 2 hebras, modificación de las bases nitrogenadas (saturación y fragmentación del anillo de timina) y la formación de uniones cruzadas (Cross-links) ADN-ADN o ADN- proteína.

- **A los lípidos:**

Es aquí donde se produce el daño mayor en un proceso que se conoce como peroxidación lipídica, afecta a las estructuras ricas en ácidos grasos poliinsaturados, ya que se altera la permeabilidad de la membrana celular y se produce edema y muerte celular. La peroxidación lipídica o enranciamiento oxidativo representa una forma de daño hístico que puede ser desencadenado por el oxígeno, el oxígeno singlete, el peróxido de hidrógeno y el radical hidroxilo. Los ácidos grasos insaturados son componentes esenciales de las membranas celulares, por lo que se cree son importantes para su funcionamiento normal; sin embargo, son vulnerables al ataque oxidativo iniciado por los radicales libres del oxígeno.

- **A las proteínas:**

Hay oxidación de un grupo de aminoácidos como fenilalanina, tirosina, histidina y metionina; además se forman entrecruzamientos de cadenas peptídicas, y formación de grupos carbonilos.

5.4.5 ENFERMEDADES ASOCIADAS AL ESTRÉS OXIDATIVO:

Cuando existe un exceso de oxidación aparece el anteriormente mencionado “estrés oxidativo” que es una realidad compleja en todos los niveles biológicos que no se puede medir ni definir con un solo parámetro.

Hay una multitud de enfermedades que se han relacionado con este y la generación de radicales libres, dado que el oxígeno puede ser también fuente de enfermedad a través de

una producción incontrolada de radicales libres de oxígeno (RLO) que dañan las macromoléculas (lípidos, proteínas, hidratos de carbono y ácidos nucleicos) y alteran los procesos celulares (funcionalidad de las membranas, producción de enzimas, respiración celular, inducción génica, etc.).

Por este motivo, terapias antioxidantes y dietas ricas o enriquecidas con antioxidantes parecen prevenir o al menos disminuir el deterioro funcional orgánico originado por un exceso de estrés oxidativo.

Adentrándonos ya en lo que son las enfermedades causadas a raíz del estrés oxidativo o un aumento considerable de radicales libres en el organismo, podemos mencionar los siguientes procesos patológicos:

- *El envejecimiento*: Este y la muerte pueden ser el resultado de la activación de genes específicos en un momento determinado del ciclo celular (apoptosis). La teoría de los RLO del envejecimiento supone que el mismo resulta de la acumulación de ciertas lesiones orgánicas debidas a los radicales mencionados. También se ha detectado una menor actividad proteolítica (resultado de actividades conjuntas de exo y endo-peptidasas) que en las células jóvenes, una disminución de las concentraciones de antioxidantes e inactivación de las enzimas detoxificadoras de RLO, y una acumulación de proteínas oxidadas no degradadas.
- *La ateroesclerosis:* La formación de la placa arteriosclerótica es un proceso que se inicia con la captación de lipoproteínas de baja densidad (LDL). En determinadas condiciones oxidativas las lipoproteínas se fragmentan y se alteran determinados residuos de aminoácidos de la LDL, las cuales, cuando se encuentran oxidadas o generan productos liberados de ellas, van a tener mayor poder aterogénico ya que son captadas más rápidamente por los macrófagos, y estimulan la producción de factores vasoactivos, de adhesión, trombóticos y de proliferación de células musculares lisas de la vasculatura, iniciando o extendiendo la lesión ateroesclerótica. Se ha demostrado una estrecha relación entre RLO y lipoproteínas de baja densidad (LDL) y se sabe que su aumento tiene un conocido valor predictivo directo en la aparición de ateroesclerosis.
- *El cáncer:* El desarrollo tumoral es un proceso altamente complejo caracterizado por la presencia de necrosis celular del tejido sano, crecimiento incontrolado de las células cancerosas, neovascularización del área afectada para asegurar el aporte de oxígeno y nutrientes al tumor, entre otros muchos fenómenos. Se ha sugerido la implicación de los RL en el desarrollo tumoral. Los RL estimulan el

crecimiento de las células musculares lisas, lo que sugiere un papel del estrés oxidativo en la neovascularización tumoral o angiogénesis. También se ha observado la activación de algunos genes tempranos que podrían participar en el control de la transcripción de factores de crecimiento necesarios para el desarrollo tumoral. Tampoco hay que olvidar que la transformación oncogénica viene condicionada por la presencia de genes mutados u oncogenes que controlan funciones celulares clave, y esto también puede influenciarse por el estado rédox celular.

- *La catarata senil:* El cristalino está sujeto al constante bombardeo de radiaciones diversas causantes de procesos químicos irreversibles, que con el tiempo, por acumulación, producen una creciente opacificación del cristalino (catarata). Los RL generados en el cristalino producen entrecruzamiento, desnaturalización, degradación de sus proteínas y otros efectos produciendo inicialmente el efecto Tindall, y finalmente la total opacificación del mismo.
- *Insuficiencia renal aguda (IRA), crónica (IRC) y diálisis:* El daño tubular renal por isquemia/reperfusión está, en partes, ocasionado por el aumento del estrés oxidativo.
- *Diabetes mellitus:* Los elevados niveles de glucosa característicos de la diabetes inducirían la glicosilación no enzimática de proteínas. Esta glicosilación no enzimática altera la estructura y la función de las proteínas. Es sabido que la auto oxidación de azucares genera especies de RLO, y a concentraciones altas de glucosa, típicas de estados diabéticos, la producción de RLO se incrementa. Pero el aumento de estrés oxidativo descrito en los diabéticos, no está únicamente relacionado con la aceleración en la producción de RLO, sino también por la disminución de antioxidantes.
- *Hipertensión arterial (HTA):* Esta puede ser considerada como un conjunto de resultados sistémicos de ciertas lesiones (vasculares, parenquimatosas, etc.) producidas por los RLO. Probablemente los antioxidantes sean una nueva expectativa de tratamiento, implicando en ello acciones terapéuticas que actúen beneficiosamente sobre las manifestaciones presentes en la anatomía patológica y bioquímica de la HTA. Como bien se conoce, la HTA predispone a acelerar la ateroesclerosis, al menos en parte a causa de la sinergia entre elevación de presión sanguínea y otros estímulos aterogénicos que inducen estrés oxidativo en los vasos arteriales.

- *Cirrosis, insuficiencia hepática y hepatopatía alcohólica:* tradicionalmente se consideraba que la presión portal en las enfermedades hepáticas estaba determinada solamente por la alteración de la arquitectura hepática y por el flujo sanguíneo esplénico. El daño hepático inducido por alcohol está relacionado, al menos en parte, a un estrés oxidativo causado por la producción de RLO y/o a un descenso de los antioxidantes.
- *Otros procesos implicados:* re oxigenación o reperfusión, desmielinización, distrofia muscular, artritis e inflamación, enfisema pulmonar, colitis ulcerosa, demencia senil, dermatitis de contacto, displasia broncopulmonar, enfermedad de Alzheimer, distrés respiratorio del adulto, mutaciones, enfermedad de Parkinson, EPOC, fibroplasia retrolental, isquemia cerebral e hística, glomerulonefritis, miocardiopatías, insuficiencia cardiaca, muerte súbita cardiaca, porfirias, úlcera péptica, Síndromes de Down, de Bloom, entre otros.

5.5 ANTIOXIDANTES:

Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. Como se mencionó anteriormente, en el capítulo 5.6.2 referente al estrés oxidativo, la oxidación es una reacción química de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante, y es aquí donde se pueden producir radicales que comienzan reacciones en cadena, altamente veloces, que dañan las células.

Los antioxidantes son compuestos sintetizados por las plantas en sus diferentes partes (frutos, hojas, ramas, raíces, etc.) caracterizados por poseer grupos hidroxilos (OH) unidos entre sí por anillos bencénicos, los cuales son utilizados por el cuerpo humano para eliminar los conocidos radicales libres.

Todos los seres vivos que utilizan el oxígeno para obtener energía, liberan radicales libres, lo cual es incompatible con la vida a menos que existan mecanismos celulares de defensa que los neutralice. A estas defensas se las denomina *antioxidantes.*

Su presencia en los alimentos es fundamental no solo porque activan las propiedades organolépticas naturales, preservándolos, sino porque al ser ingeridos protegen de manera amplia y eficaz la salud del consumidor, previniendo el desarrollo de enfermedades tan graves como el cáncer, el infarto de miocardio, el ictus, los procesos neurodegenerativos y el sistema inmunológico.

5.5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ANTIOXIDANTES:

Existen varias maneras de clasificar a los antioxidantes. Una de ellas es de acuerdo a su solubilidad: hidrofílicos -solubles en agua- como la vitamina C, y los lipofílicos -solubles en aceites- como la vitamina E.

Sin embargo, desde una cierta perspectiva de su fuente y presencia en el organismo, es posible diferenciar entre aquellos que son biosintetizados por el organismo (endógenos) y aquellos que ingresan a éste por una vía tal como el consumo de alimentos (exógenos).

Es por esto que la clasificación más usual es en dos principales sistemas, el sistema enzimático y el sistema no enzimático, también conocidos como endógeno y exógeno respectivamente; las cuales pueden actuar tanto en el espacio intracelular como en el extracelular.

Sistema endógeno o enzimático: Está basado en aquellos antioxidantes que son biosintetizados por el organismo, dentro de los cuales encontramos la superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peróxidasa, tiorredoxina reductasa y glutatión reductasa.

Sistema exógeno o no enzimático: Es un sistema paralelo al primero y especialmente útil cuando el sistema endógeno se satura. Está determinado por una serie de compuestos llamados depuradores de radicales libres, los cuales se incorporan en la dieta, e intervienen logrando retrasar la producción de los radicales libres en cuestión. Aquí encontramos el glutatión, ácido lipoico, polifenoles, las ubiquinosas, los bioflavonoides, la vitamina E, la vitamina C, la vitamina A y los carotenoides.

Tabla 5. Tipos de antioxidantes enzimáticos.

ANTIOXIDANTES ENZIMATICOS		
Antioxidante	**Ubicación celular**	**Función fisiológica**
Superóxido Dismutasa (SOD)	Citoplasma (SOD-1) Mitocondria (SOD-2) Extracelular (SOD-3)	Disminución de radicales superóxidos
Glutatión peróxidasa (GPX)	Citoplasma Mitocondria	Elimina el peróxido de hidrogeno y los hidroperóxidos orgánicos
Catalasa	Citoplasma Mitocondria	Elimina peróxido de hidrogeno

Tabla 6. Tipos de antioxidantes no enzimáticos.

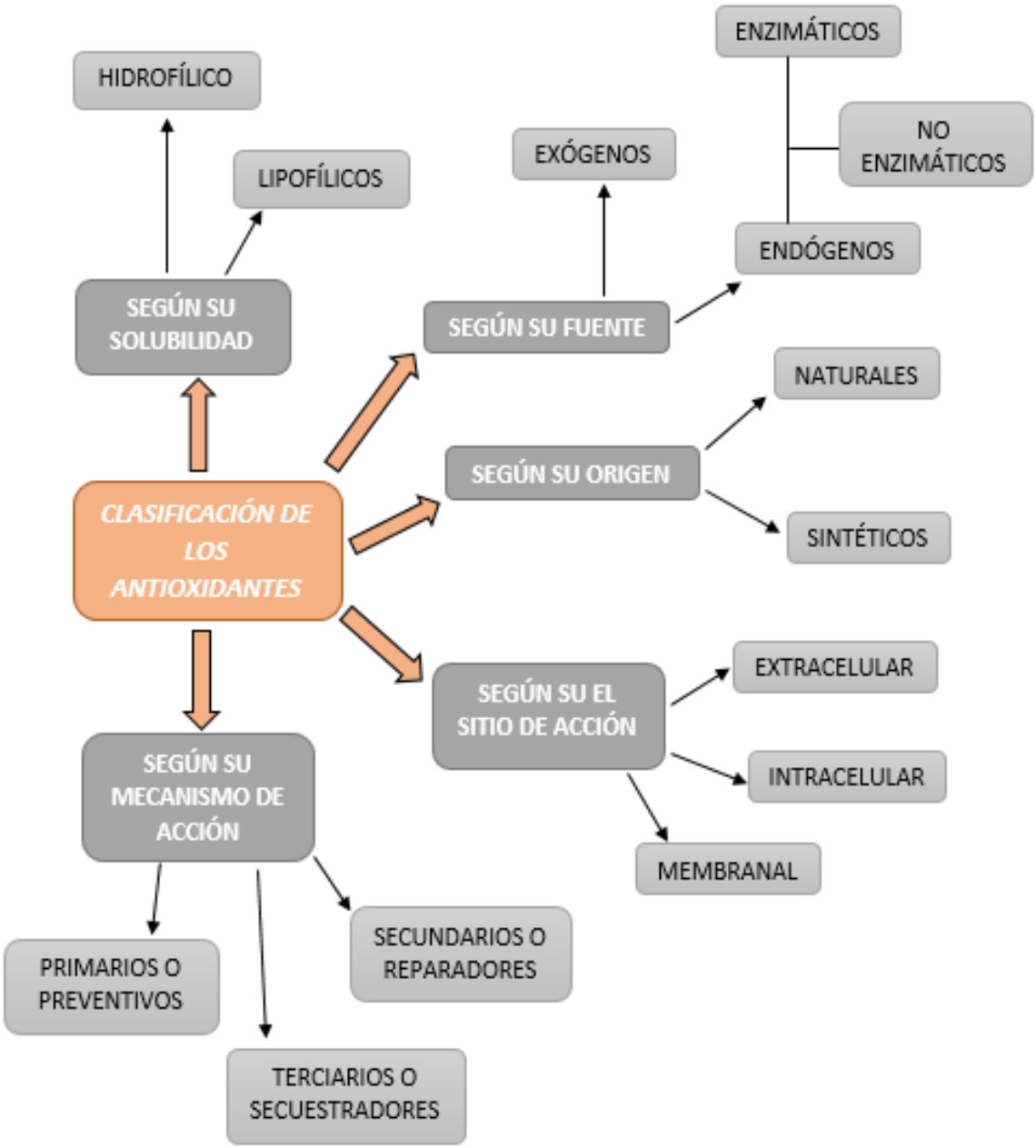
ANTIOXIDANTES NO ENZIMATICOS	
Antioxidante	**Función fisiológica**
Vitamina E	Capta los radicales libres en membrana evitando la lipoperoxidacion
Vitamina C	Efecto eliminador de radicales libres y recicla la vitamina E. Ambas vitaminas C y E actúan como antioxidantes
Glutatión	Varios efectos en la defensa antioxidante celular
Ácido lipoico	Antioxidante eficaz y sustituye el glutatión
Carotenoides	Antioxidantes de lípidos
Ubiquinonas CoQ10	Efectos de gran utilidad como antioxidantes

Otros antioxidantes:

- Vitaminas: nicotinamida, niacinamida y riboflavina.
- Ácidos grasos: omega 3 y 6.
- Aminoácidos: arginina, histidina y glicina.
- Proteínas: albúmina, lactoferrina, transferrina, bilirrubina y ceruloplasmina.
- Minerales: cinc, hierro, cobre, selenio y cromo
- Metabolitos: ácido úrico.

Otra clasificación consiste en tomar en cuenta el origen (natural y sintético). Los *antioxidantes naturales* se encuentran contenidos de manera natural en frutas, legumbres, vegetales y en plantas, por su parte *los sintéticos* son elaborados y sintetizados industrialmente en fábricas por el hombre.

Y por último podemos dividir a los antioxidantes según su mecanismo de acción en: *primarios o preventivos*, son aquellos que previenen la formación de radicales libres, por encima de los niveles normales para el organismo. Por su parte, los *secundarios o reparadores* comprenden una serie de enzimas que reparan o eliminan las biomoléculas que han sido dañadas por el ataque de los radicales libres. Por último, los antioxidantes *terciarios o secuestradores* son aquellos que eliminan el exceso de radicales libres, bien sea, estimulando a las enzimas (como a la superóxido dismutasa o a la glutatión peróxidasa) o mediante la presencia de moléculas que poseen la capacidad secuestradora de radicales libres.



Esquema 1. Clasificación de los antioxidantes.

Antioxidantes dietéticos:

Actualmente, se está empezando a depender de los "súper alimentos" y suplementos dietéticos, que ofrecen todo tipo de antioxidantes, para evitar los daños provocados por radicales libres.

El concepto de “súper alimentos” implica que estos están densamente compuestos de todos los nutrientes beneficiosos incluyendo antioxidantes. La lista varía mucho y usualmente incluye alimentos exóticos como gojiberries, espirulina, maca, mangostán,

alga marina, entre otros. Dentro de alimentos de mayor conocimiento y consumo encontramos yogur, huevos, nueces, kiwis, quínoa, frijoles, salmón, brócoli, camote, y los arándanos, así como también aguacate, mango, papaya, granada y guayaba. Básicamente, la idea es consumir una variedad de alimentos que contienen antioxidantes y las vitaminas, minerales, proteínas y ácidos grasos esenciales.

5.5.2 SISTEMA DE DEFENSA ANTIOXIDANTE:

El sistema de defensa antioxidante está constituido por un grupo de sustancias que al estar presente en concentraciones bajas con respecto al sustrato oxidable, retrasan o previenen significativamente la oxidación de este. Como sustrato oxidable se consideran casi todas las moléculas orgánicas o inorgánicas que se encuentran en las células vivas, como proteínas, lípidos, hidratos de carbono y las moléculas de ADN.

Los antioxidantes impiden que otras moléculas se unan al oxígeno, al reaccionar-interactuar más rápido con los radicales libres del oxígeno y las especies reactivas del oxígeno que con el resto de las moléculas presentes, en un determinado microambiente (membrana plasmática, citosol, núcleo o líquido extracelular).

La acción del antioxidante es de sacrificio de su propia integridad molecular para evitar alteraciones de lípidos, proteínas, ADN, etc, funcionalmente vital o más importante.

El antioxidante al colisionar con el radical libre, le cede un electrón oxidándose y transformándose en éste en uno débil no tóxico. Pero no todos los antioxidantes actúan de esta manera, los llamados enzimáticos catalizan o aceleran reacciones químicas que utilizan sustratos que reaccionan con los radicales libres directamente.

5.5.3 EFECTOS DE LOS ANTIOXIDANTES EN LA SALUD:

La función y efecto que tienen los antioxidantes en la salud, primordialmente, es evitar la oxidación de sustancias que puedan provocar alteraciones fisiológicas.

Estudios recientes demuestran que la expresión antioxidante enzimática y su actividad se ven drásticamente reducidas en la mayoría de las enfermedades cutáneas. Sin embargo, los antioxidantes endógenos pueden ser inducidos por fuentes exógenas, dando como resultado un efecto protector contra el daño oxidativo.

A lo largo de estas últimas dos décadas, los antioxidantes han pasado a ser considerados desde “simples captadores de radicales libres” a “moléculas cuyo consumo sería sinónimo

de salud", en lo cual, tres aspectos han incidido mayormente en dicha transición conceptual:

- Primeramente, el reconocimiento de que el estrés oxidativo, entendido como "desbalance entre la velocidad de producción y la velocidad de remoción de radicales libres", constituye un denominador común y factor causal de algunas de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) que actualmente afectan a la población mundial.
- Un segundo aspecto que ha contribuido a construir la conceptualización anteriormente mencionada en torno a los antioxidantes, lo constituye el reconocimiento experimental de que -en modelos animales de patologías asociadas al estrés oxidativo- la administración de estos no sólo inhibe la aparición de estrés oxidativo, sino también, retarda y/o previene el desarrollo de algunas de las ECNT asociadas a dicha condición.
- Finalmente, un tercer tipo de observación que ha impulsado el supuesto de que "el consumo de antioxidantes es sinónimo de salud", lo constituye la acumulación de evidencia –mayormente del tipo epidemiológica- de que el riesgo relativo de desarrollo y/o muerte por ECNT se correlaciona en forma inversa con la ingesta de alimentos ricos en antioxidantes (como frutas y verduras) por parte de la población.

5.5.4 ANTIOXIDANTES Y EL CÁNCER:

Los antioxidantes también juegan un papel sobresaliente en relación a la prevención de diferentes tipos de cáncer.

Con respecto a ésta enfermedad, que es una de las más temidas y principales causas de muerte en los países desarrollados, se logró describir la posible relación fisiopatológica que posee y las alteraciones encontradas en el metabolismo de los lípidos y la peroxidación lipídica.

El estrés oxidativo mitocondrial está implicado en los procesos normales de envejecimiento, en la diabetes, en desórdenes neurodegenerativos y enfermedades como el cáncer. La función mitocondrial está en relación con el incremento de radicales libres, cambiando significativamente con la edad, por lo que se ha convertido este órgano celular en el blanco farmacológico para la investigación al buscar entender las interacciones mitocondria - radicales libres – antioxidantes.

Los antioxidantes juegan un papel predominante en la prevención de diferentes tipos de cánceres. Se ha descrito su posible relación fisiopatológica entre las alteraciones a nivel de lípidos y peroxidación lipídica.

Una revisión rápida al sistema PubMed muestra que cerca de 9.000 artículos se han publicado en relación al estrés oxidativo y patogénesis del cáncer, por lo que el uso de las terapias antioxidantes en esta patología se encuentra en continua investigación. Algunos de estos antioxidantes se han estudiado en varios trabajos y presentan evidencia que la administración local o sistémica de las proteínas purificadas como catalasa o la SOD es suficiente para bloquear el tumor en múltiples modelos de cáncer.

5.6. ALIMENTOS FUNCIONALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS:

5.6.1 INTRODUCCIÓN:

En la actualidad la sociedad manifiesta una notable inquietud y compromiso por la salud y por estilos de vida sanos, y en los últimos tiempos ha existido un creciente reconocimiento del papel fundamental de los alimentos funcionales, ya sea por sus componentes bioactivos tanto en la prevención y tratamiento de enfermedades, como en los beneficios para la salud.

Estos alimentos adoptan el nombre de "nutracéutico", que es un término formado por las palabras "nutrición" y "farmacéutico", y define a aquel alimento funcional de origen natural que ayuda a prevenir y/o tratar enfermedades o desórdenes alimenticios, utilizados en pacientes con enfermedades cardiovasculares, crónico-degenerativas, alzheimer, cáncer, entre otras.

Es importante no confundir las terminologías nutracéuticos, alimentos funcionales, suplementos dietéticos y fitoquímicos. Entonces, se puede decir que los productos farmacéuticos son aquellos que se utilizan principalmente para el tratamiento mientras que los nutracéuticos son los que están destinados a favorecer la prevención de enfermedades.

Por lo tanto, un alimento funcional es aquel que contiene componentes biológicamente activos y nutracéuticos que ofrecen beneficios para la salud y reducen el riesgo de sufrir enfermedades, siendo capaces de mejorar una o varias funciones del organismo.

Pueden ser beneficiosos para el crecimiento y desarrollo, el sistema digestivo, el cardiovascular, el metabolismo o puede ejercer defensa antioxidante y antitumoral.

5.6.2 HISTORIA:

El término nutracéutico fue acuñado por la combinación de los términos "nutrients" y "pharmaceuticals" en el año 1989 por el doctor Stephen De Felice.

Pero si nos remontamos tres mil años atrás, con Hipócrates (460-377 a.C.), este concepto se manifiesta con la afirmación realizada por éste para describir la relación alimento-salud: *"Que la comida sea tu medicina y la medicina sea tu alimento"*.

Por otro lado, el término "alimento funcional" se utilizó por primera vez en Japón en 1980 para referirse a productos alimenticios complementados con compuestos bioactivos que

poseen efectos saludables, cuando se estudió científicamente la relación entre nutrición, satisfacción sensorial y modulación de sistemas fisiológicos.

En 1991, el Ministerio de Salud publicó reglas para la aprobación de una categoría de alimentos específica relacionada con la salud llamada FOSHU "Food for Specified Health Uses" (Alimentos para Usos Específicos en la Salud).

A principios de 1900 la manufactura de alimentos en Estados Unidos comenzó añadiendo Yodo a la sal en un esfuerzo por prevenir el bocio, representando uno de los primeros casos en la adición de un componente funcional. Los rápidos avances en ciencia y tecnología, los incrementos en los costos del cuidado de la salud y los cambios en las leyes alimentarias, que afectan las demandas de información en las etiquetas y la producción y el envejecimiento de la población son algunos de los factores del interés en nutracéuticos.

Los componentes bioactivos de los alimentos funcionales han cambiado el papel de la dieta en la salud, considerándola ya no sólo como aporte energético y de componentes estructurales, sino que los alimentos son evaluados también en términos de macronutrientes, micro-nutrientes y de su contenido nutracéuticos.

5.6.3 ASPECTOS BIOQUÍMICOS:

Los aspectos bioquímicos y aquello que ocurre dentro del organismo con la ingesta de algunos alimentos funcionales se describirán a continuación, ya que son de suma importancia en la vida cotidiana:

- Probióticos:

Estos tipos de alimentos funcionales, basan su efectividad en el hecho de que la ingesta de bacterias vivas pasará el tracto digestivo y se insertarán en el intestino delgado junto con la flora intestinal normal, restituyendo algún déficit de la misma y ayudando en la absorción de nutrientes.

La proliferación de las bacterias normales del intestino, impiden que nuevos microorganismos puedan establecerse, y es así que de este modo las bacterias (beneficiosas o no) que se ingieren a través de los alimentos tienen pocas posibilidades de llegar a reproducirse.

Otro de los beneficios de los probióticos recae sobre el sistema inmunológico, permitiendo mantener la respuesta de ciertas células inmunitarias y fortaleciéndolas.

- Omega 3 y Omega 6:

Los omega-3 son ácidos grasos poliinsaturados (abundantes en el pescado) y los omega-6 (abundantes en aceites vegetales).

Un aporte suficiente de omega-3 tiene efecto sobre los vasos sanguíneos provocando un ensanchamiento mejorando la fluidez de la sangre, evitando la formación de coágulos que minimiza el riesgo de enfermedades cardiovasculares, además de otros efectos como inhibir procesos inflamatorios.

Para que los omega-3 tengan efecto en el organismo es necesario un equilibrio con el omega-6 ya que un exceso de éste último, bloquearía las funciones del primero.

- Antioxidantes:

El sistema de acción de los antioxidantes consiste básicamente en impedir la formación de las ERO, inhibir la acción de las mismas y en el de reparación y la reconstitución de las estructuras biológicas dañadas.

Pueden actuar de distintas maneras, como se mencionó, disminuyendo la concentración de oxígeno, previniendo la formación de reacciones de oxidación en cadena, uniéndose a iones metálicos catalizadores de la reacción de oxidación, hasta el hecho de fortalecer las defensas antioxidantes endógenas, ya que algunos compuestos son capaces de regular la expresión de genes que codifican para enzimas antioxidantes para la eliminación de proteínas, lípidos, polisacáridos y ácidos nucleicos dañados, y también regulan que el ADN no sea reparado excesivamente con el fin de minimizar las mutaciones.

5.6.4 TIPOS DE ALIMENTOS FUNCIONALES:

La clasificación de los alimentos funcionales se puede generalizar en dos grandes grupos, la cual dependerá del origen de los mismos, encontrándose aquellos de origen vegetal y los de origen animal.

A continuación se presenta una tabla resumida con los principales alimentos funcionales pertenecientes a cada grupo y sus ejemplificaciones.

Tabla 7. Tipos de alimentos funcionales según su origen.

ORIGEN	TIPOS	EJEMPLOS
Vegetal	• Polifenoles • Fito esteroles • Fito estrógenos • Carotenoides • Ácidos grasos • Polisacáridos • Compuestos azufrados	Legumbres, avena, brócoli, manzanas, arándanos, tomate, maíz, zanahoria, cítricos, cereales integrales, etc.
Animal	• Ácidos grasos • Probióticos • Prebióticos • Cárnicos	Yogurt, lácteos, pescados, huevo, margarinas, leches fermentadas, carnes de ternera, etc.

5.6.5 PROBIÓTICOS Y PREBIÓTICOS:

La definición inicial de los **probióticos** fue propuesta en el año 1965, la cual se refería a sustancias secretadas por los microorganismos que estimulan el crecimiento de otros (opuesto a "antibióticos").

Actualmente el término probiótico hace referencia a un preparado o producto que contiene cepas de microorganismos viables en cantidad suficiente como para alterar la microflora de algún compartimento del huésped (ya sea por implantación o colonización) y que produce efectos beneficiosos.

Según la OMS la definición que presentan es más simple y hace hincapié a *"microorganismos vivos que cuando son administrados en una cantidad adecuada confieren un efecto beneficioso sobre la salud del huésped."*

En cambio el término **prebiótico** se refiere a los ingredientes de los alimentos no digeribles que producen efectos beneficiosos sobre el huésped estimulando selectivamente el crecimiento y/o actividad de un tipo o de un número limitado de bacterias en el colon.

Mecanismos de acción de los probióticos y prebióticos:

Los prebióticos afectan a las bacterias intestinales aumentando el número de bacterias beneficiosas y disminuyendo la población de microorganismos potencialmente patógenos. Por otro lado, los probióticos afectan los mecanismos inmunológicos de la mucosa del intestino, interactuando con microorganismos comensales o potencialmente

patógenos, generando productos metabólicos finales, como ácidos grasos de cadena corta, y comunicándose con las células del huésped utilizando señales químicas.

Tabla 8. Efectos y beneficios de los prebióticos/probióticos

Prebióticos
• **Efectos metabólicos:** producción de ácidos grasos de cadena corta, absorción de iones (Ca, Fe, Mg)
• Mejoran la inmunidad del huésped (producción de IgA, modulación de las citoquinas, etc.)

Probióticos	
Beneficios inmunológicos	• Activan a los macrófagos locales para que aumenten la presentación de antígenos a los linfocitos B y que aumenten la secreción de inmunoglobulina A (IgA) tanto a nivel local como sistémico. • Modulan el perfil de citoquinas • Inducen tolerancia a antígenos alimentarios
Beneficios no inmunológicos	• Digieren el alimento y compiten con los patógenos por nutrientes • Alteran el pH local para crear un ambiente local desfavorable para los patógenos • Producen bacteriocinas que inhiben los patógenos • Eliminan los radicales libres superóxidos • Estimulan la producción de mucina por parte del epitelio • Mejoran la función de la barrera intestinal • Compiten por la adherencia de los patógenos • Modifican las toxinas de los patógenos

5.6.6 BENEFICIOS PARA LA SALUD:

El poder funcional de los alimentos sobre la salud es de origen milenario, principalmente a lo largo de la historia de la cultura oriental, donde los alimentos y la medicina son considerados igualmente importantes en la prevención y curación de enfermedades. Muchos productos desde la antigüedad han sido utilizados como alimentos y como medicamentos. Esta filosofía del "alimento como medicina" es la que soporta el paradigma de los alimentos funcionales.

La base de la nutrición, es una alimentación completa y variada, que nos aporte los nutrientes necesarios para el buen y correcto funcionamiento del organismo.

Así bien, la dieta es el factor más importante en la manifestación de las principales causas de mortalidad y enfermedades, como son el cáncer y las enfermedades cardiovasculares –ECV- (infarto, arteriosclerosis, derrame cerebral) principalmente, y otras enfermedades como la diabetes, la hipertensión y la osteoporosis.

El auge de los mismos en los últimos años ha ido en aumento y mucho se relaciona con los beneficios para la salud que se han comprobado por medio de investigaciones científicas. Tales beneficios van desde complementar la función nutritiva del organismo, el tratamiento de las enfermedades crónico no transmisibles (ECNT) y hasta la prevención y tratamiento de patologías gastrointestinales como las ocasionadas por la *Helicobacter pylori* (bacteria gramnegativo).

El ser humano, está expuesto constantemente a múltiples factores que conducen a procesos fisiopatológicos, entre ellos agentes exógenos como radiaciones, bacteriológicos y diversos microorganismos patógenos, así como a desórdenes en las diferentes vías metabólicas y procesos de oxidación que afectan la función celular ocasionados por desequilibrios nutricionales. Si se relacionan estos aspectos con el consumo de una dieta habitual inadecuada por tiempo prolongado, así como actividad física limitada, se potencializa la posibilidad de incidir negativamente en el estado de salud.

Por ejemplo, en la infancia y adolescencia, pueden contribuir a modular funciones relacionadas con el crecimiento y desarrollo. Desde el desarrollo esquelético (calcio, vitamina C, vitamina D), desarrollo del tubo neural (ácido fólico), crecimiento y composición corporal (factores de crecimiento, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados), actividad inmunitaria (vitamina A, D, antioxidantes, ácidos grasos omega-3 y omega-6, arginina, nucleótidos, probióticos, etc) o desarrollo cognitivo o psicomotor (ácidos grasos omega-3 y omega-6, hierro, zinc, yodo).

Estos mismos elementos serán siendo útiles en la edad adulta en relación a los procesos de envejecimiento celular y funcional.

5.7 KÉFIR:

5.7.1 INTRODUCCIÓN:

El kéfir es una bebida láctea similar al yogurt, producida por la fermentación del grano de kéfir (masa que combina bacterias probióticas, levaduras, lípidos y proteínas, envuelta en una matriz polisacárida, denominada kefiran) en la leche. Este contiene probióticos y prebiótico, los cuales contribuyen al bienestar y a la salud humana asociados con su consumo.

Esta bebida láctea fermentada artesanal, viscosa, de sabor ácido, levemente efervescente y con un aroma característico, es producida por fermentación de leche con gránulos de kéfir, estructuras macroscópicas, irregulares, color blanco o ligeramente amarillento y consistencia viscoelástica de tamaño variable, el cual oscila desde pocos milímetros a 2 o 3 centímetros de diámetro y su forma semejante a las flores de coliflor, donde se encuentran en asociación simbiótica bacterias ácido lácticas (108 -109 UFC/g de gránulo), levaduras (107 -108 UFC/g de gránulo) y bacterias ácido acéticas (105 UFC/g de gránulo) responsables de una doble fermentación: ácido-láctica y alcohólica.

Como principales subproductos se obtiene: CO_2 y alcohol (gracias a la acción de las levaduras) y ácido láctico (gracias a la acción de las bacterias). Éste último es el responsable del característico sabor ácido del kéfir.

5.7.2 ORIGEN:

El kéfir es uno de los productos lácteos más antiguos que se conocen. Empezó a consumirse hace miles de años, en la zona del Cáucaso. Su origen se encuentra entre las montañas del Cáucaso, donde su consumo es algo usual y se ha mantenido por millones de años, también es conocido como “los granos del Profeta Mahoma”. En tiempos antiguos se consumía como una bebida que era elaborada por los campesinos de las montañas del Norte de la mencionada región, y su preparación consistía en dejar reposar la leche de sus animales en odres fabricados de la piel de las cabras, los cuales tenían muy poca higiene y los colgaban de la puerta de la casa fuera o dentro, de acuerdo a la estación del tiempo por la que transitaban. Según iba fermentando se le añadía leche fresca para reemplazar el ayrag que se consumía. Pasado un tiempo observaron que la corteza esponjosa y blanquecina de la pared interior de la piel, si le añadían leche, podía dar una bebida similar, o mejor que el ayarg; por lo que a esta bebida la denominaron Kéfir, Képhir, Képhyr, Kéfir (bendición).

La palabra probiótico significa “a favor de la vida” y actualmente este término se utiliza para designar las bacterias que tienen efectos benéficos para los seres humanos y los animales.

A inicios del siglo XX, en 1907, este concepto fue propuesto por Elie Metchnikoff (microbiólogo Ruso-Ucraniano) quien atribuyó la inusual alta longevidad de algunos residentes de Europa del Este a su consumo de grandes cantidades de un producto lácteo fermentado (parecido al yogurt) que contenía “bacterias benéficas” que al impactar en la microbiota intestinal contribuían al estado de salud y longevidad de los mismos.

5.7.3 TIPOS DE KÉFIR:

Los nódulos de kéfir pueden cultivarse en distintos medios, tales como: leche de animales, leche de semillas, agua, infusiones de hierbas, jugo de uvas u otras frutas azucaradas.

Se pueden diferenciar dos grandes grupos de tipos de kéfir: de leche y de agua.

El de agua está compuesto por un agua azucarada fermentada, mientras que el de leche es una bebida proveniente de la leche fermentada. Ambos son el mismo kéfir, con la misma microflora, pero adaptados a medios distintos, por tantos los beneficios que nos aportan son similares.

Si bien el kéfir de leche vacuna es el más conocido, el kéfir de agua tiene notables ventajas comparativas, dado que presenta mayor capacidad probiótica.

La diferencia que existe entre el kéfir de leche con el de agua, es que en el segundo, no se hace necesario que esté presente la lactosa para su posterior fermentación, y a su vez no posee contenido graso ni proteico.

Por tratarse de un proceso de fermentación muy similar, pero con diferentes materias primas, el resultado del kéfir de leche es mucho más sabroso que el de agua, por lo que ha logrado un mejor posicionamiento en el mercado y mayor fama. Aunque el contenido en microorganismos es el mismo para ambos, el valor energético es mucho mayor en el kéfir de leche, con cantidades de grasa y carbohidratos (azúcares) que superan en más del doble a las del kéfir de agua.



Gránulos de kéfir de leche



Gránulos de kéfir de agua

Tabla 9. Diferencias nutrimentales en 100g de kéfir de agua vs kéfir de leche

	Valor energético (kcal)	**Carbohidratos (g)**	**Proteínas (g)**	**Grasa (g)**	**Contenido en microorganismos (g/ml)**
Kéfir de agua	8	2	0	0	10^8 UFC*
Kéfir de leche	70	4.3	3.4	3.7	10^8 UFC*

*UFC: Unidades formadoras de colonia

5.7.4 GRANOS DE KÉFIR:

Los granos de kéfir se asemejan a una pequeña flor de coliflor. Éstos miden aproximadamente alrededor de 1-3 cm de largo, lobulados y de forma irregular.

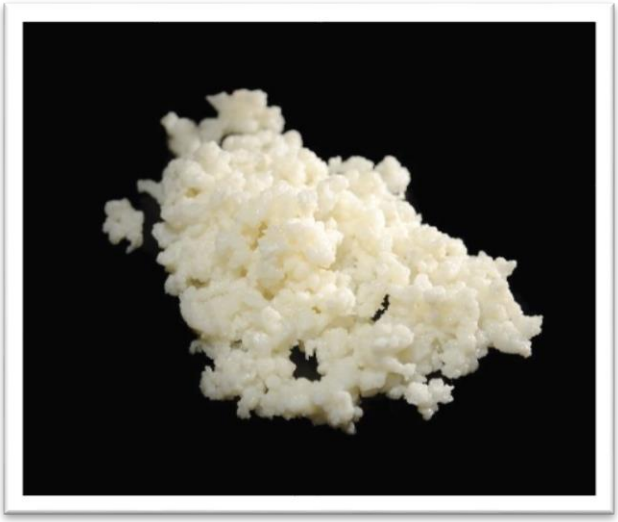
Presentan un color entre el blanco y amarillo, y tienen una textura viscosa pero firme.

Como se mencionó en estos gránulos se encuentran las bacterias ácido lácticas (108 -109 UFC/g de gránulo), levaduras (107 -108 UFC/g de gránulo) y bacterias ácido acéticas (105 UFC/g de gránulo) responsables de la fermentación, que coexisten en asociaciones simbióticas, rodeadas e inmovilizadas por una matriz de polisacáridos solubles, lípidos y proteína que cuando entra en contacto con el medio líquido utilizado forma un producto gelatinoso conocido como kefiran.

Estos se mantienen viables transfiriéndolos diariamente a leche fresca o agua con azúcar, y dejándolos crecer durante aproximadamente 20 horas.

Durante este tiempo incrementarán su masa un 25%. Deberán replicarse de esta manera para conservar su viabilidad, ya que si no, de modo contrario morirán.

Además, cuando los gránulos de kéfir son adicionados a la leche, parte de los microorganismos pasan a ella donde se multiplican y producen metabolitos que otorgarán a la leche fermentada sus características químicas y físicas particulares. La composición, así como sus características organolépticas que presentan están sujetas a variaciones regionales, las cuales pueden deberse a factores tales como el origen y almacenamiento de los gránulos de kéfir, el tipo de leche utilizada, así como a las condiciones de elaboración del producto siendo relevantes la relación gránulo/leche y la temperatura de fermentación.



Gránulos de kéfir

5.7.5 MICROBIOTA DE LOS GRANOS DE KÉFIR:

La elaboración del kéfir está basada en la actividad fermentativa de la microbiota de los granos de kéfir sobre los componentes químicos de la leche. Estos pequeños gránulos irregulares, semiduros y de color blanco-amarillento están constituidos por un consorcio de microorganismos, embebidos en una matriz de exopolisacáridos, proteínas y lípidos que cuando entra en contacto con la leche forma un producto gelatinoso conocido como kefiran.

Estos microorganismos simbióticos están formados principalmente por bifidobacterias, bacterias ácido lácticas (BAL) y bacterias ácido acéticas (BAA), y también levaduras. Además, liberan péptidos con gran potencial bioactivo.

Las secuencias peptídicas resultantes pueden presentar estructuras químicas similares a las de los péptidos endógenos que actúan en el organismo como hormonas, neurotransmisores o reguladores.

Estudios recientes *in vitro* e *in vivo* han demostrado que el kéfir posee múltiples bioactividades como: antioxidante, antihipertensiva, hipocolesterolémica, antimicrobiana, antiinflamatoria hipoglucemiante y antitumoral.

En general, los géneros bacterianos presentes en los granos de kéfir incluyen Lactobacillus (L.), Leuconostoc, Lactococcus y Acetobacter, mientras que los géneros de levadura incluyen Kluyveromyces, Candida, Saccharomyces, Torulaspora, Kazachstania, Lachancea y Yarrowia.

La composición de kéfir depende en gran medida de qué tipo de leche se fermenta. Sin embargo, durante la fermentación, se han mostrado cambios en la composición de nutrientes y otros ingredientes que se produzcan.

El ácido láctico es el ácido orgánico en concentraciones más altas después de la fermentación y se deriva de aproximadamente el 25 % de la lactosa original en la leche de arranque. Los aminoácidos valina, leucina, lisina y serina se forman durante la fermentación mientras que las cantidades de alanina y ácido aspártico aumentan en comparación a la leche cruda.

5.7.6 COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DEL KÉFIR DE LECHE:

El Kéfir contiene vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales que ayudan al organismo con funciones curativas y mantenimiento de la salud. Es rico en vitaminas B1, B5, B7, B8, B9, B12, A, D y K, minerales como calcio, fósforo, magnesio y entre los aminoácidos que más se destacan se encuentra el triptófano, así como proteínas de fácil digestión.

En suma, la composición del mismo, es variable pero es muy importante mantener regulado el pH (entre 4 - 4,5), el contenido de CO_2 y las proporciones de proteínas, grasa, etanol, lactosa y ácido láctico.

El CO_2 es un subproducto de la fermentación producida por las levaduras y su proporción aumenta a medida que disminuye el pH. Además, la presencia del mismo es clave de un correcto proceso de fermentación.

En cuanto al contenido de etanol, producido tanto por las bacterias como por las levaduras, oscila entre 0.5% - 1.5%, aunque en las bebidas fermentadas comercializadas alrededor de 0.25%.

La lactosa (azúcar de la leche) se degrada en parte durante la fermentación acidificándose y convirtiéndose en ácido láctico.

Tabla 10. Composición físico-química del kéfir de leche

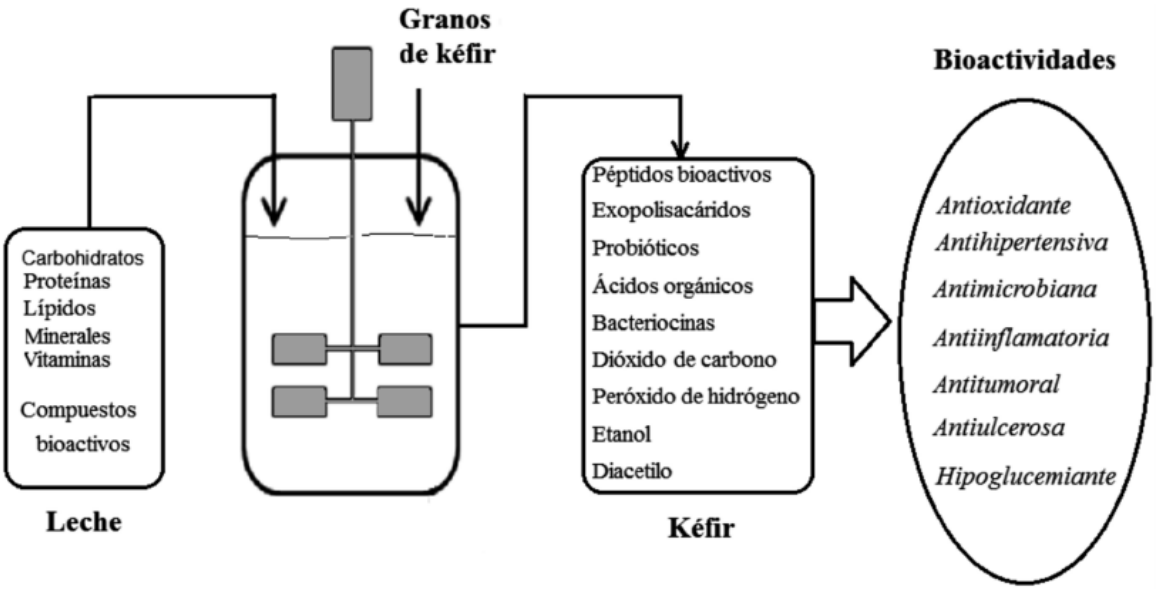
Compuesto	***Cantidad***
Valor de pH	4.0 - 4.5
Materia grasa	Depende de la fuente de la leche (cabra, vaca, yegua) 3.5g/ 100g
Proteína	3-3.4 g / 100g
Lactosa	2 a 3.5 g / 100g
Ácido láctico	0.6 a 1 %
Ácidos orgánicos	Los principales ácidos que contiene son el acético, fórmico, succínico, caproíco, caprílico, laúrico.
Etanol	0.5 a 2 %
CO_2	0.08-0.2 %p/p
Vitaminas	Tiamina, piridoxina, ácido fólico, biotina
Compuestos aromáticos	Acetaldehído, diacetilo, acetona
Minerales	Magnesio, calcio, fósforo
Aminoácidos	Triptófano, cisteína, arginina

5.7.7 EL KÉFIR COMO BEBIDA MULTIFUNCIONAL:

Como se ha mencionado con anterioridad, diversos estudios *in vitro* e *in vivo* han demostrado la capacidad que tiene el kéfir para promover la salud a través de la presencia de péptidos bioactivos. Múltiples bioactividades de esta bebida tales como antihipertensiva, antitumoral, antimicrobiana, inmunomodulatoria, transportadora de minerales, antitrombótica, opioide y antioxidante han sido de las más reportadas.

Estas características del kéfir, asociadas a las mencionadas anteriormente propiedades pre y probiótica, hipocolesterolémica, a la biodisponibilidad de los componentes de la leche con actividad biológica y a la presencia de metabolitos tales como ácidos orgánicos y bacteriocinas, lo sitúan de manera destacada como un **alimento funcional**.

Se conoce como alimento funcional a aquel alimento que más allá del aporte nutricional de sus componentes, ha demostrado beneficiar una o más funciones fisiológicas del organismo, mejorando el estado de salud, bienestar y/o reducir el riesgo a padecer enfermedades.



Esquema 2. Producción y bioactividad multifuncional del kéfir.

5.7.8 PROPIEDADES Y BENEFICIOS:

Bioactividad antioxidante:

La bioactividad antioxidante está relacionada con numerosas funciones orgánicas que favorecen la buena salud. Las proteínas de origen lácteo han demostrado poseer fracciones peptídicas capaces de atenuar el estrés oxidativo.

Diversos estudios han demostrado que la microbiota de los granos de kéfir inoculados en la leche libera péptidos con propiedades antioxidantes y antimutagénicas, donde la capacidad antioxidante del Kéfir fue evaluada con diferentes marcadores de poder antioxidante (1,1-difenil2-picrilhidracilo (DPPH), actividad captadora de radicales, actividad de inhibición de la peroxidación de lípidos, capacidad quelante del ion ferroso y la actividad enzimática antioxidante del glutatión). Los resultados apuntan a que el Kéfir puede ser considerado como uno de los alimentos más prometedores en términos de la prevención del daño oxidativo y antimutagénico.

Por otro lado, en los últimos años se han aislado BAL de los granos de kéfir productoras de exopolisacáridos con potencial antioxidante. El exopolisacárido producido por el

metabolismo de esta microbiota que tiene como sustrato a la leche se le denomina comúnmente kefiran, el cual está constituido por glucosa y galactosa

Recientemente se encontró que la cepa Lactobacillus plantarum YW32, previamente aislada de granos de kéfir tibetano, produjo un exopolisacárido formado por manosa, fructosa, galactosa y glucosa. Este último mostró capacidad para minimizar la presencia de radicales hidroxilo y superóxido in vitro. En condiciones in vivo, el deterioro causado por las especies reactivas de oxígeno (ERO) es modulado por diversos mecanismos de defensa integrados por la actividad enzimática de la glutatión peróxidasa (GSH-Px o GPX), la glutatión S-transferasa (GST) y la catalasa (CAT).

Bioactividad antitumoral:

Se ha demostrado la capacidad inmuno-moduladora de las BAL aisladas de los granos de kéfir.

Se evaluó la producción de citocinas pro-inflamatorias en células RAW 264.7 inducidas tanto por la leche fermentada con Lactobacillus kefiranofaciens M1, como por el sobrenadante. Ambos produjeron factor de necrosis tumoral (TNF)-α, IL1β, IL- 6 e IL-12. Asimismo, Ghoneum y Gimzewski (2014) reportaron que las cepas Lactobacillus kefiri P-IF, Lb. kefiri P-B1, Kazachstania turicensis, K. unispora and Kluyveromyces marxianus indujeron apoptosis en células HL60/AR. Este efecto fue asociado a la dosis.

El kéfir ha demostrado tener actividad antitumoral contra múltiples tipos de células cancerosas. La viabilidad del kéfir para ejercer efecto antitumoral ha sido experimentada in vivo. De hecho, la ingesta de kéfir retrasó el crecimiento de tumores de cáncer de mama en el modelo murino (ratones de estudio).

Estos hallazgos demuestran la capacidad modulatoria del kéfir sobre la respuesta inmune en las glándulas mamarias y tumores.

Es posible que cepas presentes en los granos de kéfir modifiquen el entorno a través del *quorum sensing* -mecanismo de regulación de la expresión genética en respuesta a la densidad de población celular- y con ello estimulen al sistema inmune. No obstante, los compuestos químicos del kéfir así como la interacción de éstos con los modelos animales aún no han explicado con precisión los mecanismos de acción que inciden en esta bioactividad.

Bioactividad antihipertensiva:

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), las enfermedades cardiovasculares representan la mayor causa de muerte a nivel global. Asimismo, la aterosclerosis e hipertensión son patologías consideradas como factores de riesgo para el desarrollo de estas enfermedades. En este sentido, la bioactividad antihipertensiva ejercida por péptidos liberados a partir de los sistemas enzimáticos microbianos ha motivado el interés de la comunidad científica en los últimos años.

Recientemente, Dallas et al. (2016) encontraron más de 1500 péptidos, productos de la actividad proteolítica de la microbiota de los granos de kéfir sobre las proteínas de la leche de vaca. Asimismo, estudios previos identificaron 257 péptidos; 12 de ellos fueron caracterizados previamente como antihipertensivos en otras fuentes e identificados por primera vez en el kéfir. Quirós et al. (2005) encontraron 16 péptidos antihipertensivos en kéfir comercial elaborado con leche de cabra. Aunque la bioactividad antihipertensiva ha sido escasamente investigada in vivo.

Bioactividad hipocolesterolémica:

La hipercolesterolemia es un factor de riesgo que está asociado con aterosclerosis y enfermedades coronarias. Estudios previos han demostrado que las BAL podrían actuar como mediadores en la homeostasis del colesterol. Sin embargo, aún no se ha dilucidado del todo la relación que podría existir entre el metabolismo del colesterol de las BAL y la consecuente disminución de colesterol sérico en individuos hipercolesterolémicos.

La bioactividad hipocolesterolémica de las BAL presentes en los granos de kéfir ha sido poco estudiada en modelos in vivo.

Bioactividad antimicrobiana:

Ha sido demostrado que durante la elaboración de los alimentos fermentados, las BAL ejercen actividad antagonista contra microorganismos patógenos que se encuentran asociados al deterioro.

La actividad antimicrobiana de estas bacterias radica en la generación de metabolitos que establecen factores tales como aumento de la acidez del medio, biogeneración rápida de ácidos orgánicos, bacteriocinas, péptidos antimicrobianos, peróxido de hidrógeno, kefiran, etanol y diacetilo, además de bajo potencial rédox y disminución del contenido de nutrientes.

El kéfir ha demostrado favorecer la actividad antimicrobiana en estudios in vivo.

Bioactividad antiinflamatoria:

Los microorganismos presentes en la microbiota de los granos de kéfir han sido asociados con la bioactividad antiinflamatoria. Por ejemplo, Lactobacillus fue caracterizado como un potencial probiótico con efectos inmuno moduladores. Asimismo, los efectos farmacológicos del kéfir han sido evaluados utilizando modelos animales, pudiendo demostrar que el kéfir puede presentar efectos tanto antiinflamatorios como anti alergénicos.

Bioactividades novedosas del kéfir:

El consumo de kéfir está vinculado a numerosos beneficios que inciden en la salud. Fahmy e Ismail (2015) reportaron que la ingesta de kéfir por ratas Wistar previamente expuestos a rayos γ o a la inducción de úlceras gástricas con etanol, generó efectos comparables a los observados en las ratas Wistar que recibieron el fármaco anti ulceroso, ranitidina.

El kéfir también está considerado como un probiótico por la presencia de múltiples microorganismos benéficos para el hospedero. El Lactobacillus kefiranofaciens M1 proveniente de granos de kéfir redujo el sangrado y el acotamiento del colon en ratones C57 BL/6 con colitis inducida. Además, se observaron cambios en la producción de citocinas; las pro-inflamatorias decrecieron mientras que las anti-inflamatorias incrementaron.

6. METODOLOGÍA:

La investigación que se llevó a cabo, es un tipo de estudio no experimental, transversal y descriptivo. En el cual se optó por un diseño metodológico cuali-cuantitativo.

6.1 Universo, muestra, unidades de análisis:

- Universo:

Respecto al universo de la investigación, el mismo está dado por licenciados y técnicos en producción de Bioimagenes de la República Argentina.

- Población:

Licenciados y técnicos en producción de Bioimagenes de la República Argentina según disponibilidad.

- Informantes claves:

Aquellos profesionales que aportaron información necesaria para validar el estudio han sido nutricionistas de la ciudad de Leones, provincia de Córdoba.

6.2 Variables:

Las variables y sucesos a analizar en esta investigación son:

- Propiedades y beneficios del kéfir.
- Nivel de conocimiento sobre el kéfir y sus propiedades.
- Nivel de conocimientos sobre los antioxidantes y sus efectos como radioprotectores celular.
- Nivel de interés sobre el consumo de antioxidantes y su efecto radioprotector celular.

6.3 Técnicas de recolección de datos:

En esta investigación, para la obtención de los datos, se procura realizar un **cuestionario** a través de *Google Forms*, el cual está dirigido a productores de Bioimagenes (tanto técnicos como licenciados) de la República Argentina, con la finalidad de conocer y poder así cuantificar de manera porcentual el nivel de interés sobre el consumo de antioxidantes y su efecto como radioprotector celular, los conocimientos respecto al uso de éstos como medida de radioprotección celular, y además el conocimiento que poseen acerca del kéfir y aquellos productos con poder antioxidante.

A su vez, realizar **entrevistas** semi-estructuradas a nutricionistas de la ciudad de Leones, provincia de Córdoba, con el propósito de indagar y conocer sobre las propiedades y los beneficios del kéfir, y su relación con los efectos de las radiaciones ionizantes, además de las características nutricionales del mismo, para poder determinar si el consumo de éste es un posible mecanismo de radioprotección celular como medida preventiva frente a la acción de la radiación ionizante en aquellos profesionales de la salud expuestos a las mismas.

RESULTADOS:

ANÁLISIS DE LOS DATOS:

Para la realización del corriente trabajo de investigación, se generó una base de datos a partir de la recolección de los mismos, los cuales fueron tomados de la encuesta online realizada a técnicos y licenciados en producción de Bioimagenes de la República Argentina.

La misma se construyó en Google Forms, y se envió mediante diversas plataformas y redes sociales a personas pertenecientes al grupo destinatario anteriormente mencionado.

Consistía de diez (10) preguntas, de las cuales nueve (9) de ellas eran de carácter obligatorio, las que reseñaban desde el título que poseían, hasta el conocimiento y consumo de alimentos con poder antioxidante, y utilización de elementos de radioprotección personal.

El grupo encuestado quedó conformado por 255 personas en total, las cuales resultaron sumamente empáticas a la hora de efectuar la encuesta, dado que la misma se publicó en una plataforma online sin carácter obligatorio de respuesta y las mismas han demostrado interés en su realización, respondiendo sin ningún inconveniente y con buena predisposición.

En correspondencia a las entrevistas realizadas a tres nutricionistas de la ciudad de Leones, constaron de una serie de preguntas (desestructuradas) que fueron realizadas personalmente a cada profesional y han sido de relevancia para conocer y consolidar conocimientos sobre las propiedades y beneficios del kéfir, si éste sirve como antioxidante, y así su consumo un posible mecanismo de radioprotección celular frente a las radiaciones ionizantes.

EVALUACIÓN DE LAS PREGUNTAS A LOS ENTREVISTADOS:

Si bien la mayoría de los profesionales entrevistados coincidieron que el kéfir es un buen antioxidante, remarcaron que existen otros alimentos con mayor poder antioxidante que el mismo. A su vez, sostuvieron que los principales beneficios de este se encuentran a nivel gastrointestinal.

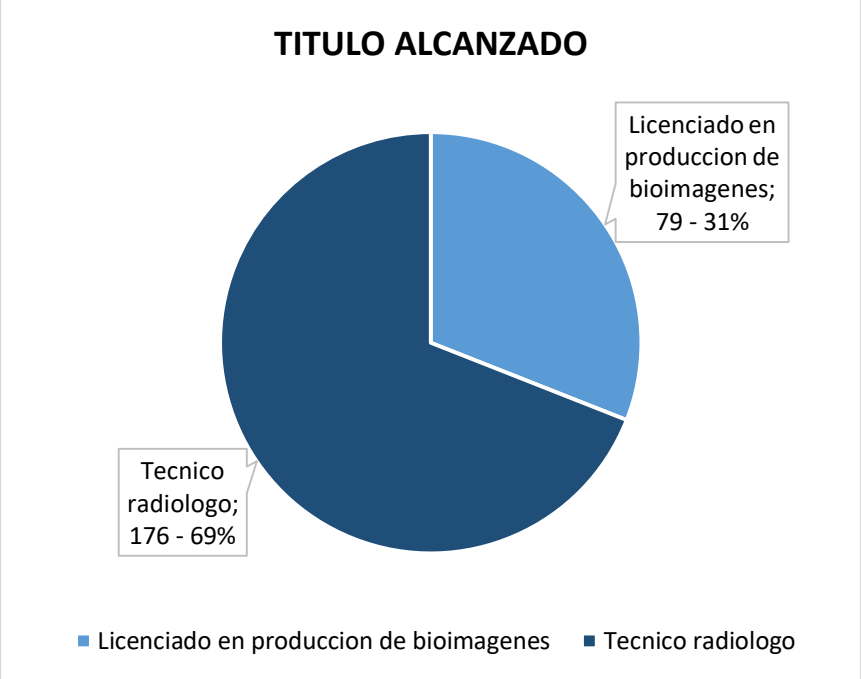
A raíz de lo contestado, se pudo conocer que si bien el kéfir es una bebida caracterizada fundamentalmente por sus propiedades beneficiosas en el tracto gastrointestinal, también

posee infinidades de beneficios por sus componentes nutrimentales, de los cuales uno de ellos es el de antioxidante, hecho que acentúa su consumo para evitar reacciones en cadena producto de radicales libres.

Por otro lado, en base a la acción de los antioxidantes en el organismo y las características propias del kéfir pusieron en manifiesto que las mencionadas propiedades apuntan al objetivo de la investigación.

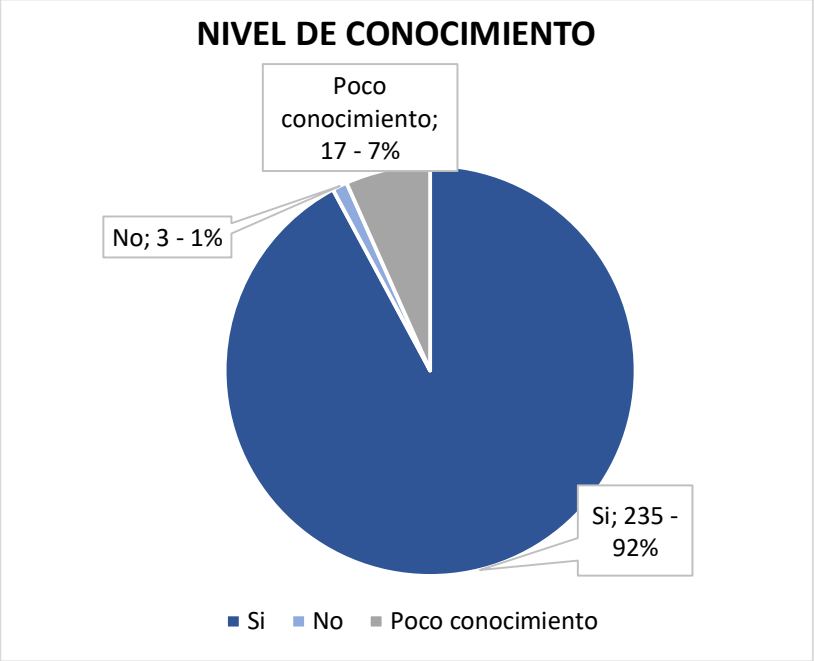
CUANTIFICACIÓN PORCENTUAL DE LOS DATOS DE LA ENCUESTA:

Del total de las personas (100%) que respondieron la encuesta, podemos apreciar en el siguiente gráfico, que el 31% corresponde a Licenciados en producción de Bioimagenes, mientras que el 69% a técnicos radiólogos*.



* La terminología técnicos radiólogos abarca a aquellos profesionales con título homólogo y además a técnicos en tecnología médica, entre otros.

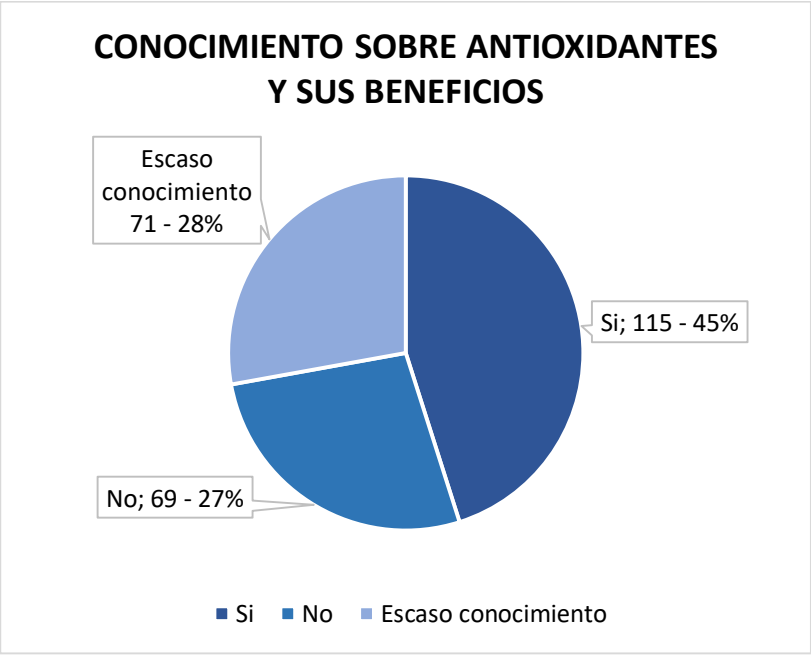
En cuanto al conocimiento que poseen los encuestados sobre los efectos de las radiaciones ionizantes en los tejidos biológicos o el organismo, podemos observar que la mayoría conoce sobre el tema, ya que 235 de los 255 respondieron que sí, mientras que 17 del total poseía poco conocimiento y solo 3 no conocían acerca sobre la temática.



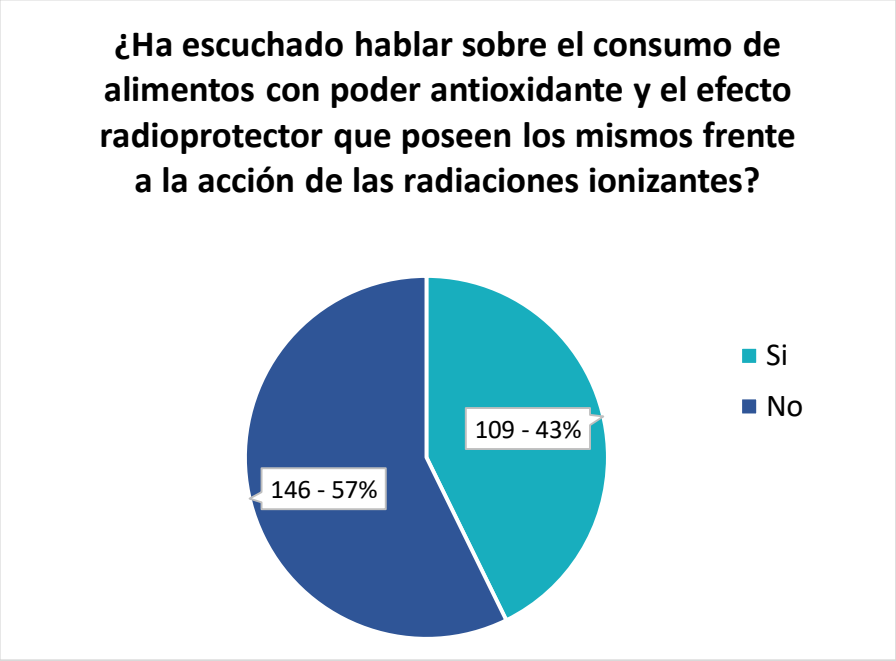
En el tercer gráfico circular, se ilustran los porcentajes generados en base a las 255 respuestas obtenidas sobre el conocimiento en relación a los antioxidantes y los beneficios que poseen los mismos en el organismo.

Quedando conformado de la siguiente manera:

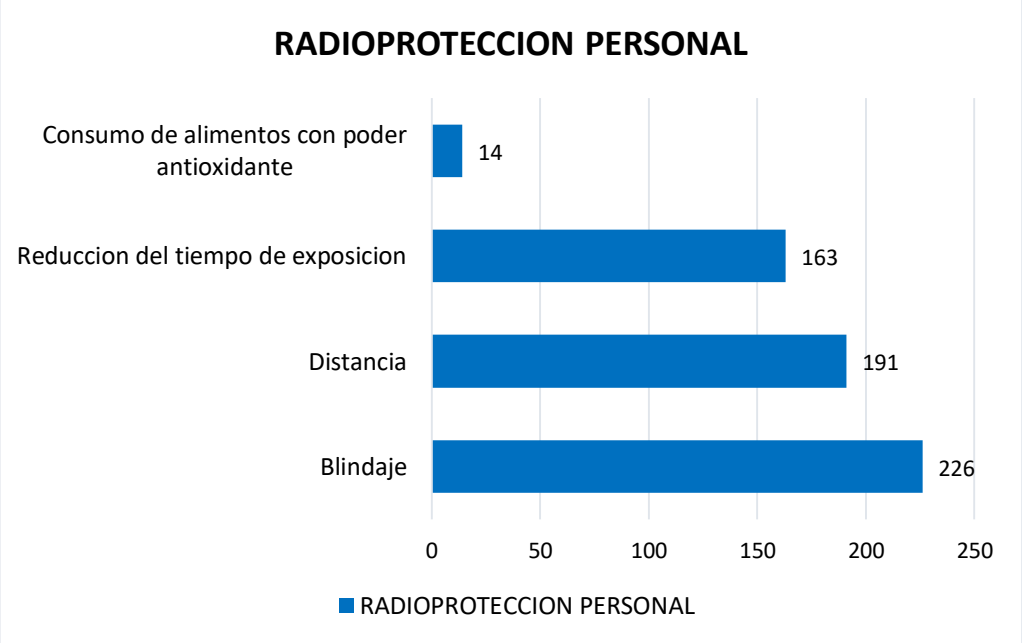
Del 100% de las respuestas, el 45% (115 respuestas) pertenecen a SÍ. El 28% (71 respuestas) a ESCASO CONOCIMIENTO, y por último el 27% (69 respuestas) refieren a NO.



Por otro lado, el 57% del total NO ha escuchado hablar sobre el consumo de alimentos con poder antioxidante y el efecto radioprotector que poseen los mismos frente a la acción de las radiaciones ionizantes, mientras que el 43% SI.



De acuerdo a las medidas de radioprotección personal que utilizan durante el desempeño de su trabajo, 226 personas del total utilizan blindaje, 191 de ellas aplican la distancia adecuada, 163 reducen el tiempo de exposición y solo 14 consumen algún alimento con poder antioxidante como medida de radioprotección.

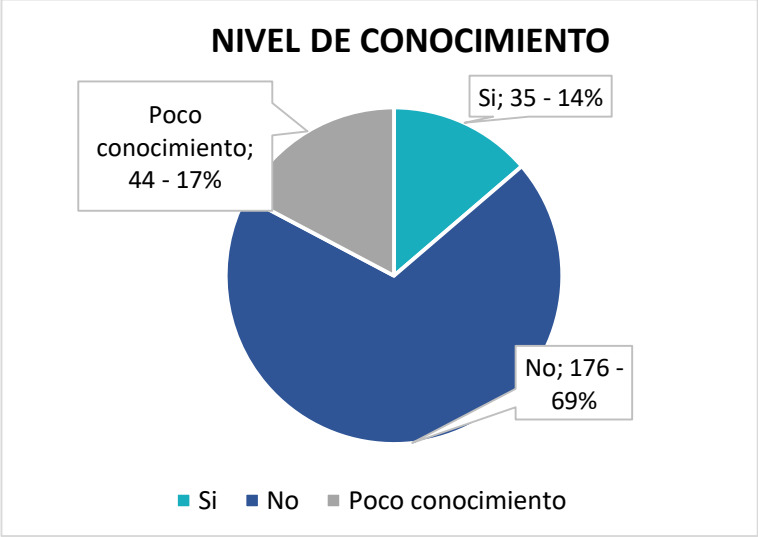


La siguiente pregunta refería a que en el caso de que consuman algún tipo de alimento con poder antioxidante como medida preventiva, mencionen de cual se trataba. La misma no era de carácter obligatorio, dado que no todos los profesionales conseguían tener conocimientos acerca del tema, ni tampoco utilizarlo como método de radioprotección.

Para esto, a raíz de la diversidad en las respuestas obtenidas, se construyó una tabla en la cual se agruparon el total (44) de respuestas en subconjuntos, ya que algunas presentaban varias categorías juntas. La misma quedó conformada de la siguiente manera, arrojando un total de 64 respuestas según el alimento mencionado.

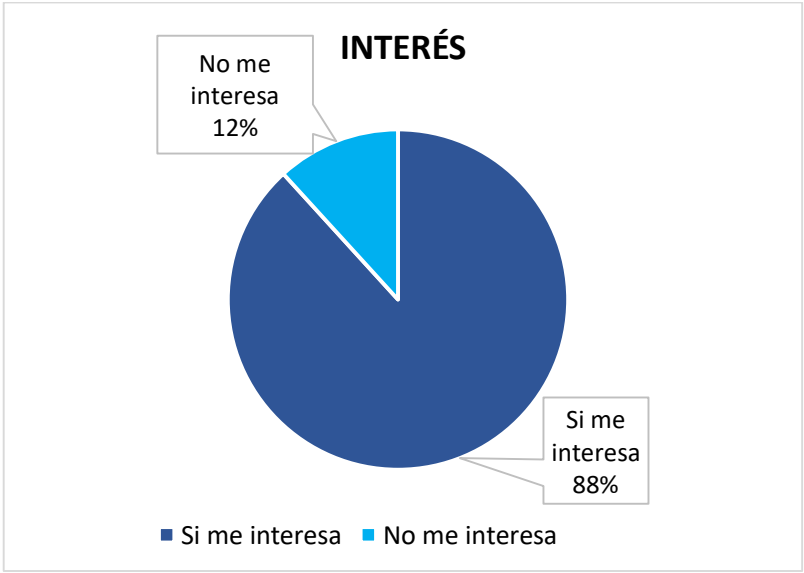
ALIMENTOS	N° RESPUESTAS
Arándanos	3
Leche	9
Frutas y verduras	4
Brócoli	3
Alimentos con vitamina C	3
Chocolate	4
Naranja	2
Kéfir	3
Yogurt y quesos	1
Manzana	3
Mandarina	1
Kiwi	1
Limón	1
Tomate	5
Spirulina	2
Remolacha	1
Ajo	1
Vino tinto	2
Nueces y almendras	1
lentejas	1
Té	3
No se	4
No consumo	6
TOTAL	**64**

En cuanto al conocimiento que poseen sobre el kéfir y sus diversas propiedades benéficas para el organismo, la mayor parte de los encuestados no conoce sobre el mismo, resultando el 69% del total (176 de los 255 encuestados). En cambio, por otra parte, el 17% (44 de los 255 encuestados) posee poco conocimiento, y el 14% (35 de los 255 encuestados) conoce sobre el tema.

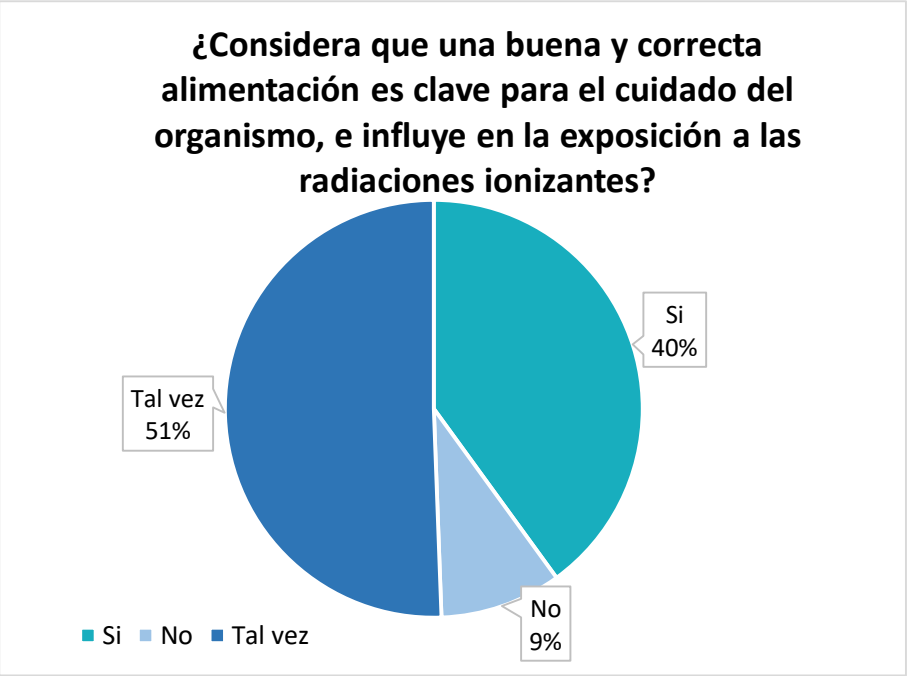


A raíz de las anteriores preguntas, se consultó si era de interés la temática de los antioxidantes, el consumo de los mismos y su efecto radioprotector celular como una posible medida preventiva frente a la acción de la radiación ionizante, obteniéndose como resultados los siguientes:

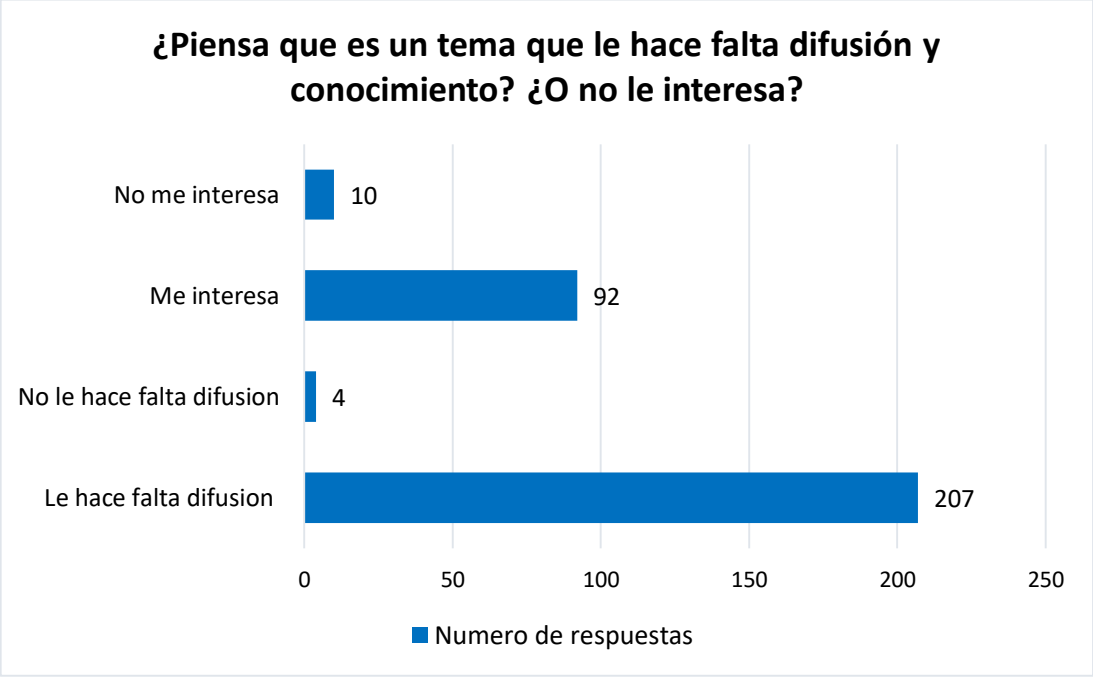
De los 255 encuestados, 225 (88%) respondieron que si estaban interesados, y por otro lado, 30 (12%) no encontraban interés en el tema.



Así mismo, del 100% de las personas que han sido entrevistadas, el 51% considera que TAL VEZ una buena y correcta alimentación es clave para el cuidado del organismo, e influye en la exposición a las radiaciones ionizantes, el 40% SÍ lo considera, y el 9% NO considera que sea importante.



Por último, respecto a la temática, del total (255) de los encuestados, 207 personas respondieron que le hace falta difusión, 4 consideran que no le hace falta difusión, a 92 personas les interesa el tema, y 10 no presentan interés sobre el mismo.



CONCLUSIÓN:

En función del objetivo general de dicha investigación, el cual consistía en analizar las propiedades antioxidantes y antitumorales del kéfir y considerar si este sirve como un mecanismo de radioprotección celular a modo de medida preventiva frente a la acción de la radiación ionizante, se puede aseverar que:

Dicha bebida a base de probióticos (fundamentalmente) posee como beneficios y propiedades principales a aquellas que están relacionadas con los efectos producidos a nivel gastrointestinal. No obstante, en menor proporción, se destacan propiedades antioxidantes, las cuales se dan gracias a su composición nutrimental, que en tiempos y consumos considerados, aparejan propiedades antitumorales leves.

Si se puede afirmar que en cuanto a estas propiedades analizadas, son capaces de impedir el estrés oxidativo causado por agentes externos, por lo que un consumo controlado de kéfir nos ayudará a regular nuestro sistema oxidativo, manteniéndolo en correcto estado, evitando la liberación, propagación y expansión de radicales libres ofensivos para nuestro organismo, en este caso a causa de la exposición diaria a las radiaciones ionizantes.

En cuanto a los objetivos específicos, se puede decir que:

Respecto a los conocimientos que poseen los productores de Bioimagenes encuestados tanto sobre el uso de antioxidantes como medida de radioprotección celular, y el consumo de alimentos con dicha característica, la mayoría no presentaron conocimientos relevantes al tema, pero si han demostrado un notable y marcado interés en dicha temática.

Quedando demostrado así que consumir alimentos con poder antioxidante (en general) como una posible medida de radioprotección personal no tiene acentuado el conocimiento como si los demás métodos populares utilizados con determinado fin.

Es así, que finalmente con dicha investigación se puede concluir por un lado que las propiedades antioxidantes, fundamentalmente, y antitumorales (en menor proporción) que asienta el kéfir son un posible mecanismo de radioprotección sistémica frente a la acción de radiaciones ionizantes. Y además, ratificar la hipótesis planteada: que, los profesionales expuestos a dichas radiaciones, no presentan los conocimientos suficientes acerca del consumo de kéfir y alimentos particularmente antioxidantes como una posible medida de radioprotección personal, dado que la alimentación como método preventivo no se tiene en consideración como tal.

ANEXO:

CUESTIONARIO:

Soy María Comba, estudiante del último año de la carrera Licenciatura en producción de Bioimagenes de la Universidad Abierta Interamericana (UAI) de la ciudad de Rosario, y con la finalidad de poder reunir información necesaria para la realización del trabajo final de investigación de la carrera, realice la siguiente encuesta.

La misma es de carácter anónimo y cuali-cuantitativo con la cual se busca con las respuestas obtenidas poder establecer datos porcentuales de las mismas para llevar a cabo dicha investigación, la cual consiste en evaluar si las propiedades antioxidantes y antitumorales del kéfir son un posible mecanismo de Radioprotección celular frente a la acción de radiaciones ionizantes en los profesionales expuestos.

Desde ya agradezco su participación.

Seleccione la opción que corresponda. En caso de que considere más de una, seleccione las que sean necesarias.

1- Titulo alcanzado:
- Técnico
- Licenciado

2- ¿Tiene conocimientos acerca de los efectos que tienen las radiaciones ionizantes sobre los tejidos biológicos o el organismo?
- Si
- No
- Escaso conocimiento

3- ¿Conoce sobre los antioxidantes y los beneficios que poseen los mismos en el organismo?
- Si
- No
- Escaso conocimiento

4- ¿Ha escuchado hablar sobre el consumo de alimentos con poder antioxidante y el efecto radioprotector que poseen los mismos frente a la acción de las radiaciones ionizantes?
- Si
- No

5- Durante el desempeño de su trabajo, en relación a las medidas de radioprotección personal utiliza:

- Blindaje
- Distancia
- Reducción del tiempo de exposición
- Consumo de algún tipo de alimento con poder antioxidante como una medida preventiva

6- En el caso de que consuma algún tipo de alimento con poder antioxidante, ¿de cuál se trata?: _____.

7- ¿Conoce sobre el kéfir y sus diversas propiedades benéficas para el organismo?

- Si
- No
- Poco conocimiento

8- ¿Le interesa la temática de los antioxidantes, el consumo de los mismos y su efecto radioprotector celular como una posible medida preventiva frente a la acción de la radiación ionizante?

- Si me interesa
- No me interesa

9- ¿Considera que una buena y correcta alimentación es clave para el cuidado del organismo, e influye en la exposición a las radiaciones ionizantes?

- Si
- No
- Tal vez

10- Respecto a la temática, ¿piensa que es un tema que le hace falta difusión y conocimiento? ¿O no le interesa?

- Le hace falta difusión
- No le hace falta difusión
- Me interesa
- No me interesa

ENTREVISTAS A NUTRICIONISTAS:

Entrevista n°: 1

1- ¿Cuáles son fundamentalmente los beneficios y propiedades del kéfir más importantes?

En primer lugar, haré hincapié en el kéfir de leche que es el más conocido en el mercado. Es rico en bacterias, calcio, proteínas y vitaminas. Una de las

propiedades fundamentales es que es bajo en contenido de lactosa. Como algunos beneficios importantes encontramos que: es capaz de regenerar la flora intestinal, y cuida dicha microbiota y defensas, elimina toxinas y depura el organismo, también es un muy buen antioxidante y regula el estreñimiento.

Por otro lado mejora el sistema inmunitario y previene molestias digestivas.

En el kéfir de agua por otra parte varía la composición en base a la lactosa pero la microbiota es similar por lo tanto sus propiedades no variaran.

2- **¿Cuáles son las características nutricionales del mismo? ¿Es decir, como actúa en el organismo?**

Actúa en el organismo aumentando la población de bacterias del tracto gastrointestinal y además sus propiedades antioxidantes evitan la proliferación de radicales libres.

3- **¿Qué tipo de kéfir es "mejor" respecto a sus propiedades y beneficios?**

No podría decirte que uno es mejor que el otro ya que como te mencioné anteriormente las propiedades son similares dado que la microbiota es la misma. Sin mencionarte que en el caso de presentar alguna alergia o intolerancia a la lactosa es conveniente consumir el kéfir de agua ya que no se corre riesgo de que queden restos de esta. Después, ya va por gusto de cada uno. Hay personas que prefieren el de leche ya que se parece más al yogurt y lo digieren más fácilmente.

4- **¿Cuál es la composición nutrimental básica y principal del kéfir?**

Su composición básica son los probióticos (bacterias y levaduras) y glúcidos.

5- **¿En qué casos es recomendable consumirlo? ¿Y en cuales no?**

El kéfir es una bebida sumamente recomendada para toda persona, salvo cierto grupo que te voy a mencionar en breves. Tiene muchísimos beneficios y una persona saludable puede consumirlo con naturalidad. Es muy recomendable en casos de pacientes que tengan la flora intestinal destruida o alterada por una mala alimentación u alguna enfermedad (diarrea o celiaquía), que utilicen antibióticos o estén cursando algún tratamiento agresivo. También en pacientes con problemas cardíacos.

En los casos que están determinantemente prohibido su consumo es en personas con problema de intestino permeable o en tratamientos con inmunosupresores.

6- **En base a su composición nutrimental, ¿actúa como buen antioxidante?**

Sí. Actúa como buen antioxidante ya que posee la propiedad que durante la fermentación se liberan fenoles, los cuales son grandes antioxidantes. También la

composición del kefiran y los polisacáridos que lo conforman, los cuales contienen minerales y aminoácidos con dicha característica.

7- **Respecto a las propiedades que posee el mismo, ¿sirve consumirlo para que cumpla la función de radioprotector celular frente a la exposición a radiaciones ionizantes?**

Sirve pero los efectos se pueden notar o pueden servir en un largo período de consumo. Es decir, consumir antioxidantes es un buen método de prevención contra radiaciones ionizantes y otros agentes externos, siempre y cuando su consumo sea prolongado y llevadero. Capaz pueda consumirse adicionalmente a otros antioxidantes y trabajar en conjunto.

Entrevista n°: 2

1- **¿Cuáles son fundamentalmente los beneficios y propiedades del kéfir más importantes?**

Los beneficios y propiedades más importantes están relacionados con los efectos producidos a nivel intestinal, más precisamente con la microbiota intestinal y todos los beneficios que traen aparejados un buen estado de la misma.

2- **¿Cuáles son las características nutricionales del mismo? ¿Es decir, como actúa en el organismo?**

Se caracteriza nutricionalmente por ser un probiótico que aumenta la población de bacterias saludables de nuestro tracto gastrointestinal.

3- **¿Qué tipo de kéfir es "mejor" respecto a sus propiedades y beneficios?**

No sé. Ambos tienen similares beneficios y propiedades.

4- **¿Cuál es la composición nutrimental básica y principal del kéfir?**

El kéfir está compuesto por microorganismos vivos (probióticos) y azucares simples y también puede contener prebióticos según los otros ingredientes que lo compongan, que pueden ir variando según quien y como se prepare.

5- **¿En qué casos es recomendable consumirlo? ¿Y en cuales no?**

En personas en condiciones sanas sin ninguna patología, en personas con diarrea, constipación, y en más casos de enfermedades gastrointestinales. Igualmente deben evaluarse los casos, porque cada uno es particular.

6- **En base a su composición nutrimental, ¿actúa como buen antioxidante?**

Hay otros productos o alimentos con mayor poder antioxidante. Pero sí, el kéfir actúa como buen antioxidante.

7- **Respecto a las propiedades que posee el mismo, ¿sirve consumirlo para que cumpla la función de radioprotector celular frente a la exposición a radiaciones ionizantes?**

No sé si será un buen radioprotector como tal. Lo que sí es que el organismo al exponerse a radiaciones ionizantes produce radicales libres de oxígeno y estas pueden ser "frenadas" por los antioxidantes y el kéfir se caracteriza además por cumplir rol antioxidante.

Entrevista n°: 3

1- **¿Cuáles son fundamentalmente los beneficios y propiedades del kéfir más importantes?**

El principal beneficio del kéfir es su aporte de microorganismos vivos, que contribuyen a una microflora intestinal más saludable. Si bien he leído estudios que también tiene repercusión en la flora vaginal, como nutricionistas nos interesa sus beneficios a nivel intestinal y cómo repercute en ello.

Cada vez hay más evidencia de grandes beneficios a nivel sistémico, demostrando que todo mejora al tener la flora intestinal saludable y equilibrada

2- **¿Cuáles son las características nutricionales del mismo? ¿Es decir, como actúa en el organismo?**

Más de lo mismo, contribuye principalmente a un balance positivo de los microorganismos que habitan en el intestino, lo que repercute en un tránsito intestinal más saludable, disminuyendo la inflamación intestinal, estimulando el sistema inmune, entre otros.

En cuanto a cómo actúa en el organismo, como en todo, sobre todo en la nutrición y medicina, depende del estilo de vida que lleve la persona, no podemos adjudicarle toda la responsabilidad al kéfir. Par obtener sus beneficios, se debe acompañar de una dieta saludable y equilibrada, de actividad física y de una salud mental y emocional saludable.

3- **¿Qué tipo de kéfir es "mejor" respecto a sus propiedades y beneficios?**

Todo depende con qué fin se recomiende su consumo. Hoy está en auge principalmente por su aporte de microorganismos vivos (me gustaría aclarar, que si bien se conoce como probiótico no es uno como tal, porque debemos considerar que no todos son iguales, ya que su composición va a depender de la temperatura, pH y medio que se utilice para su producción, y al desconocer el nombre y apellido de los microorganismos no podemos llamarlo probiótico). Si mi recomendación

es por el aporte de microorganismos, será el paciente quien lo elija según sus gustos y tolerancia.

4- **¿Cuál es la composición nutrimental básica y principal del kéfir?**

El kéfir contiene microorganismos vivos, alcohol, azucares simples. Si procede de la leche, también vamos a contener proteínas, grasas, calcio, vitamina A y D, mientras que si es de agua no.

5- **¿En qué casos es recomendable consumirlo? ¿Y en cuales no?**

La población en general puede consumirlo, excepto niños, embarazadas, mujeres lactantes, inmunodeprimidos, personas con patologías hepáticas y pancreáticas graves.

6- **En base a su composición nutrimental, ¿actúa como buen antioxidante?**

No sé, al tener tantos otros alimentos y bebidas que aportan antioxidantes, por ahí al kéfir lo valoramos más por su aporte de microorganismos vivos. Es un tema que debería investigar más. Pero es importante destacar que debido a la composición que posee, tiene poder antioxidante.

7- **Respecto a las propiedades que posee el mismo, ¿sirve consumirlo para que cumpla la función de radioprotector celular frente a la exposición a radiaciones ionizantes?**

No tengo información al respecto.

BIBLIOGRAFÍA:

Instituto de Investigación Sanitaria La Fe (IISLAFE); Grupo Biomedicina Molecular Celular y Genómica, IISLAFE; Unidad Mixta de Investigación en Endocrinología, Nutrición y Dietética Clínica. . (2014). Estudio de la radiosensibilidad y estado antioxidante-oxidante en trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes en el ámbito hospitalario. *RADIOPROTECCION*, 21-28.

Arana, M. V., Yanos, J. A., Palma, M. I., & Macías., L. d. (2017). Beneficio del kéfir para la salud. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 296-311.

Avello, M., & Suwalsky, M. (2006). Radicales libres antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea 494*, 161-172. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-04622006000200010

Bushong, S. C. (2010). *MANUAL de RADIOLOGÍA para TÉCNICOS.* Barcelona, España: ELSEVIER.

Carrá, M., De Antoni, G. L., Merino, L., León Pelaéz, A. M., & Sampaolesi, S. (s.f.). *PROYECTO KEFIR, UN ALIMENTO PROBIÓTICO A COSTO CERO.* La plata, Argentina: Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional de La Plata.

Cuerpo Académico de Epidemiología Nutricional y Molecular; Área Académica de Nutrición; Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (2017). Actividad biológica y potencial terapéutico de los probióticos y el kefiran del grano de kéfir. *Iberoamericana de ciencias*, 48-56.

FOOD new LATAM. (16 de Mayo de 2017). Obtenido de https://www.foodnewslatam.com/paises/76-chile/6951-k%C3%A9fir-le-aporta-probi%C3%B3ticos-y-antioxidantes-al-lactosuero.html#:~:text=K%C3%A9fir%20le%20aporta%20probi%C3%B3ticos%20y%20antioxidantes%20al%20lactosuero,-Editor%20Pa%C3%ADses%2016&text=Al%20ferm

Food Science and Technology Bulletin. (2006). *Functional foods (volumen 2).* United Kingdom: Advisory Board.

García, A. E. (2019). *PREVENCION INTEGRAL*. Obtenido de https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp-2019/radiaciones-ionizantes-no-ionizantes-relacionadas-con-aparicion-enfermedades-por-exposicion-laboral

García, I. D. (1993). *Respuesta adaptativa y papel de las enzimas antioxidantes en la protección frente al daño causado por la radiación ionizante en celulas eucariotas.* Sevilla, España: Universidad de Sevilla.

Guillermo, P. M., Wladimir, P. M., & Evelyn, P. M. (s.f.). Estrés Oxidativo. Cuando el equilibrio se pierde. *Revista Nº13 Motricidad y Persona*, 45-60.

Gutiérrez, C. J. (2002). DAÑO OXIDATIVO, RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES. *Rev Cubana Med Militar*, 126-133.

H., M. C., León, S. V., T, R. G., F, M. V., & V, C. R. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Rev Chil Nutr Vol. 42, Nº2*, 206-212.

Hanson, G. P., Borrás, C., & Jiménez, P. (s.f.). *Historia del Programa de Radiología y Radioprotección de la Organización Panamericana de la Salud: 1960–2010.*

Iniesta Pallarés, M. (2016). *Innovación en Producto Alimentario y Plan de Emprendimiento.* Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Escuela Politécnica Superior de Sevilla.

JJ, S.-D., & C., S.-S. (2020). El kéfir: tan desconocido como beneficioso para la salud. *Medicina Naturista. Vol 14*, 15-17.

Lic. Adonis E. Zorrilla García, L. M. (Marzo de 2004). *SciELO*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002004000100008&lng=es&tlng=es

Martinez Cuesta, M. C., Palaéz, C., & Requena, T. (2012). *Probióticos en la salud humana.* Madrid, España: Instituto de investigación en ciencia de la alimentación.

Mirre, J. C. (Octubre de 2012). *DiscoverySalud*. Obtenido de https://www.dsalud.com/reportaje/kefir-el-rey-de-los-probioticos/

MONREAL, À. (21 de Marzo de 2019). *LAVANGUARDIA*. Obtenido de https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20180910/451683697674/kefir-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html

Nuñez, M. (2008). *Efectos biológicos de las radiaciones - Dosimetría.* Montevideo, Uruguay: Universidad de la republica.

Pérez, M. d. (2010). Radiaciones ionizantes y la salud. *Salud Ambiente*, 1-3.

Pérez., M. d. (2017). *Estudio de la comunidad microbiana del kéfir y aislamiento de microorganismos con actividad antimicrobiana.* Jaén, España: Universidad de Jaén.

protección, R. i. (2008). *Calama Rodríguez, Luis* . Ribarroja (Valencia): En Calvo Sánchez, M. D. “Enfermería del trabajo”.

Puerta-Ortiz, J. A., & Morales-Aramburo, J. (2020). Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. *Revista colombiana de cardiolgía*, 61-71.

Reig, A. L., & Blanco Anesto, J. (2002). PREBIÓTICOS Y PROBIÓTICOS, UNA RELACIÓN BENEFICIOSA. *Revista Cubana Aliment. Nutr.*, 63-68.

Ríos, E. M., Sánchez, C. L., Cruz, S. R., León, J. A., & Marín, R. M. (2015). *ALIMENTOS FUNCIONALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS.* México, D. F: Plaza y Valdés, S. A. de C. V.

RODRÍGUEZ-FIGUEROA, J. C., NORIEGA-RODRÍGUEZ, J. A., LUCERO-ACUÑA, A., & TEJEDA-MANSIR, A. (2017). AVANCES EN EL ESTUDIO

DE LA BIOACTIVIDAD MULTIFUNCIONAL DEL KÉFIR. *Interciencia, vol. 42*, 347-354.

S., J. D. (Marzo de 2007). *SciELO*. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182007000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Sebastiá, N., Montoro, A., & Soriano, J. M. (2014). ¿Existen principios activos de los alimentos que puedan ayudar en la radioprotección? . *Revista Española nutrición, humano, dieta*, 8-10.

Soto, D. L. (2006). El balance redox en personas expuestas a las radiaciones electromagnéticas (radiaciones no ionizantes). *Revista Cubana de Medicina Militar*.

Suárez, P. A. (2018). *Alimentación de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes.* Montevideo, Uruguay: Escuela de Nutrición – Universidad de la República.