



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA



CARRERA DE CIRUJANO DENTISTA

*“NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA APLICADAS EN
ODONTOLOGÍA, 2019”.*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
CIRUJANO DENTISTA

Presenta:

Adriana Estephany Espejel Pineda

Directora: Mtra. en S.P. Josefina Morales Vázquez

Asesora: Dra. en C. Ana Lilia Higuera Olivo

Asesor: Mtro. en C.O. Edgar Esquivel Fabián

Ciudad de México, Octubre 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
CARRERA DE CIRUJANO DENTISTA

SEMINARIO DE ELABORACIÓN DE TESIS EN LÍNEA



TESIS

*ELABORADA EN EL MARCO DE LAS ACTIVIDADES DEL:
SEMINARIO DE ELABORACIÓN DE TESIS EN LÍNEA*

*“NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA APLICADAS EN ODONTOLOGÍA,
2019”.*



COORDINADORES:
JOSEFINA MORALES VÁZQUEZ
J. JESÚS REGALADO AYALA

Agradecimientos

A mi padre Manuel Espejel:

Gracias por tu apoyo incondicional en cada una de mis decisiones, gracias por todo el amor y esfuerzo, te estaré eternamente agradecida.

A mi madre Leticia Pineda:

Gracias por regalarme el don preciado de la vida. Gracias por enseñarme a no darme por vencida a pesar de todas las adversidades, tú eres un claro ejemplo de ello. Gracias por darnos las primeras armas a mí y a mis hermanos para afrontar la vida.

A mis inigualables abuelitos que en todo momento me han cuidado, gracias por apoyarme y alentarme siempre, sin ustedes nada de esto sería posible, gracias por todo su amor y comprensión. Mi agradecimiento hacia ustedes es infinito.

Gracias a mi familia por su apoyo, comprensión y por todos los momentos compartidos, siempre los llevo en mi corazón.

A mis hermosas sobrinitas:

Jimena Valentina y Eileen Samantha, gracias por llegar a cambiarme la vida, las amo inmensamente.

A todas las personas increíbles que he conocido a lo largo de mi existencia, me han brindado su más sincero cariño y me han proporcionado apoyo en los momentos más arduos, de alguna u otra manera saben que les estoy muy agradecida.

A todos mis profesores por sus enseñanzas, por ser guía e inspiración.

*A mi directora y asesores de tesis por su calidad humana y por aceptar ser parte de este trabajo apoyándome y guiándome incondicionalmente durante la realización del mismo.
Gracias.*

A los miembros del sínodo por sus aportaciones, el tema de este trabajo fue inspirado en clases que ustedes me impartieron.

Gracias a mi amada Universidad y Facultad por ser mi segunda casa y abrirme las puertas para poder formarme profesionalmente.

“Por mi raza hablará el espíritu”

A mi pasado, mi presente y mi futuro... ¡Gracias!

Nanociencia y nanotecnología aplicadas en odontología, 2019.

A ti que eres luz en el camino... eres mi refugio y mi sostén.

Gracias por ser morada de mi espíritu...

Por afirmar las vigas que me sostienen y perpetuar mi amor por ti.

Seguiré cumpliendo sueños y tú estarás en algún sitio, asintiendo.

¡GRACIAS INFINITAS!

"Plantear nuevas preguntas, nuevas posibilidades, considerar viejos problemas desde un nuevo ángulo, requiere imaginación creativa y marca un verdadero avance en la ciencia".

Albert Einstein

"Quizás la ciencia no sea más que el arte al servicio del conocimiento en pos de la evolución humana".

José María Oliva Montero

Hay dos formas de ver la vida: una es creer que no existen milagros, la otra es creer que todo es un milagro.

Albert Einstein

ÍNDICE	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	11
MARCO TEÓRICO	
CAPÍTULO I	13
Antecedentes históricos de la nanociencia y nanotecnología	
CAPÍTULO II	19
Generalidades sobre nanociencia y nanotecnología	
II.1 ¿Qué es nanociencia y nanotecnología?	
II.2 Técnicas para la síntesis de nanomateriales y nanoestructuras	
CAPÍTULO III	23
La bioética en la aplicación de nanociencia y nanotecnología	
III.1 El impacto de la nanociencia y la nanotecnología en el ser humano desde el punto de vista bioético	
III.2 El impacto de la nanociencia y nanotecnología en el tratamiento de los pacientes odontológicos	
III.3 Aspectos jurídico-legales sobre la nanociencia y la nanotecnología	
CAPÍTULO IV	32
La aplicación de nanociencia y nanotecnología en diversas áreas de estudio	
IV.1 Electrónica	
IV.2 Energía y medio ambiente	
IV.3 Industria alimentaria y nutrición	
IV.4 Área de la salud	
CAPÍTULO V	38
La aplicación de nanociencia y nanotecnología en odontología	
V.1 Equipo e instrumental	
V.2 Esterilización	
V.3 Dentífricos y enjuagues bucales	
V.4 Anestésicos dentales	
V.5 Odontología restauradora y preventiva	
V.6 Endodoncia	
V.7 Periodoncia e Implantología	
V.8 Ortodoncia	

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	59
OBJETIVO	60
MATERIAL Y MÉTODO	61
Tipo de Estudio	
Técnica	
Recursos	
CONCLUSIÓN	63
PROPUESTAS	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

RESUMEN

Introducción. La nanociencia estudia los fenómenos que ocurren a escala nanométrica y la nanotecnología se ocupa del estudio, diseño, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a escala nanométrica. El avance ineludible de la nanociencia y nanotecnología en las diferentes áreas de estudio, así como en odontología ha promovido el desarrollo de biomateriales dentales que al ser manipulados a nanoescala, incrementan sus propiedades mecánicas, físicas y químicas cuando se comparan con los materiales convencionales. **Objetivo.** Realizar un revisión bibliográfica, hemerográfica y electrónica sobre las aplicaciones de la nanociencia y nanotecnología en odontología, 2019. **Material y método.** Se realizó es un estudio descriptivo y de revisión bibliográfica. La recopilación de la información fue de tipo heurística; se hizo un análisis hermenéutico para determinar la importancia y relevancia de la bibliografía consultada. **Conclusión.** La nanociencia y nanotecnología se han aplicado en diversas áreas de la odontología para mejorar la eficiencia y eficiencia de los procedimientos, tratamientos y prácticas más comunes; se ha utilizado en odontología restauradora y preventiva, ortodoncia, endodoncia, implantología y periodoncia.

Palabras Clave: Nanociencia, nanotecnología, nanopartículas, tecnociencia, nanorelleno.

ABSTRACT

Introduction. Nanoscience studies the phenomena that occur at the nano-scale and nanotechnology deals with the study, design, manipulation and application of materials, devices and functional systems at the nano-scale. The unavoidable advance of nanotechnology in different areas of study, as well as in dentistry, has promoted the development of dental biomaterials that, when manipulated at the nanoscale, increase their mechanical, physical and chemical properties when compared to conventional materials. **Objective.** Carry out a bibliographic, hemerographic and electronic review on the applications of nanoscience and nanotechnology in dentistry, 2019. **Material and method.** It was carried out in a descriptive study and a bibliographic review. The compilation of the information was heuristic; a hermeneutical analysis was carried out to determine the importance and relevance of the consulted bibliography. **Conclusion.** Nanoscience and nanotechnology have been applied in various areas of dentistry to improve the efficiency and efficiency of the most common procedures, treatments and practices; It has been used in restorative and preventive dentistry, orthodontics, endodontics, implantology, and periodontics.

Key Words: Nanoscience, nanotechnology, nanoparticles, technoscience, nanofiller.

INTRODUCCIÓN

Los términos nanociencia y nanotecnología emergieron en los últimos años del siglo pasado, pero irrumpen con fuerza en el presente; su avance es inexorable, provocando grandes impactos a nivel mundial, invitando a la observación de los avances efectistas de esta tecnología.

La nanociencia estudia los fenómenos que ocurren a escala nanométrica y la nanotecnología se ocupa de la manipulación, diseño, caracterización y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas funcionales a nanoescala, que al encontrarse en dimensiones entre 1 y 100 nanómetros intensifican sus propiedades.

Las novedosas y sorprendentes propiedades que se pueden obtener al manipular la materia a escala nanométrica hacen posible pensar que en un futuro enfermedades como cáncer, Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH), diabetes mellitus, enfermedades neurológicas, entre otras, tengan cura.

La evolución de la nanociencia y la nanotecnología sin lugar a dudas favorecerá de manera significativa la vida de las futuras generaciones al intervenir en muchos de los problemas que afectan a la humanidad; favoreciendo el desarrollo de sectores como: agricultura y alimentación, medio ambiente, electrónica, energía, salud, entre otros. En el sector salud, por ejemplo, el desarrollo de nuevas técnicas precisas y sofisticadas para establecer un mejor diagnóstico, tratamientos terapéuticos más efectivos dirigidos específicamente a tejidos y órganos dañados, es posible gracias a estas áreas de la ciencia y la tecnología.

En odontología la nanociencia y la nanotecnología han tenido un gran impacto al permitir el desarrollo de nuevas resinas con nanorelleno, selladores endodónticos con múltiples nanopartículas bioactivas, en el empleo de nanoinductores en técnicas de oseointegración, entre otros; de ahí la importancia de realizar el presente estudio.

El trabajo que se presenta a continuación consiste en una revisión bibliográfica, hemerográfica y electrónica, de los avances científicos y tecnológicos de la nanociencia y nanotecnología aplicados en odontología con la finalidad de dar a conocer dichos avances.

Esta revisión consta de cinco capítulos que servirán para poner en contexto la validez, eficiencia y pertinencia sobre el uso y manejo de dichas innovaciones en el campo odontológico.

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I

Antecedentes históricos de la nanociencia y nanotecnología

Desde la antigüedad, la nanotecnología ha estado presente en las civilizaciones, un ejemplo de esto es el azul maya, un pigmento híbrido formado por partículas de índigo y arcilla, que se ha hecho resistente a los ataques ambientales. Los mayas al extraer el índigo de las hojas de *indigófera suffruticosa* lo maceraban en agua de arcilla paligorskita, la cual, tenía que ser calentada a una temperatura de 100 a 110°C, durante este proceso el índigo se filtraba y oxigenaba en huecos de tamaño nanométrico de la red de arcilla y el resultado de esto era un color azul turquesa. (1-3)

Este pigmento se encuentra presente en diversos murales, códices y cerámicas; por ejemplo, en el código Florentino, en murales del sitio arqueológico Bonampak y en murales de Cacaxtla. (Ver figura No 1) (1,2)

Figura No 1. Mural de Cacaxtla “La batalla por el poder”



Fuente: https://www.flickr.com/photos/luisenrique_gs/4254528330

Otro ejemplo de que en la antigüedad aplicaban conocimientos básicos de nanociencia y nanotecnología sin saberlo es “La Copa de Licurgo”, (Ver figura No 2) una reliquia actualmente expuesta en el museo británico de Londres. La microscopía electrónica de transmisión reveló la existencia de nanopartículas de oro (AuNPs) y nanopartículas de plata (AgNPs) de entre 50 y 100 nanómetros en el vidrio de la copa, lo que le confiere propiedades dicroicas; se observa verde al ser iluminada con luz reflejada y roja al iluminarse con luz transmitida. (2,4)

Figura No 2. Copa de Licurgo



Fuente: file:///C:/Users/adria/Downloads/TFG-G3006.pdf

Las primeras menciones acerca de nanociencia y nanotecnología fueron expresadas en 1959 por el físico Richard Feynman ganador del Premio Nobel de Física en 1965 por sus contribuciones al campo de la electrodinámica cuántica.

El 29 de Diciembre de 1959 en el congreso de la Sociedad Americana de Física realizado en el Instituto Tecnológico de California, Feynman dio un célebre discurso titulado “*En el fondo hay espacio de sobra*”. En esta conferencia alerta a la comunidad científica exponiendo que es posible manipular átomos y moléculas de manera individual a través de instrumentos de gran precisión; al no violar ninguna

ley de la física, la manipulación de la materia átomo por átomo es posible. Ese día Feynman anuncio los primeros conceptos distintivos sobre una de las disciplinas científico-tecnológicas más proclamadas en los últimos tiempos. ⁽⁵⁻⁷⁾

En 1974 el científico japonés Norio Taniguchi de la Universidad de Ciencias de Tokio definió por primera vez "Nanotecnología" en su artículo: *"Nanotecnología consiste en el procedimiento de separación, consolidación y deformación de materiales átomo por átomo o molécula por molécula"*. Este acontecimiento impulso a más científicos a investigar este tema, aportando valiosas atribuciones a esta ciencia prometedora. ^(1,8)

Fue hasta 1981 que hubo avances en las técnicas experimentales cuando Gerd Binnig y Heinrich Rohrer (ganadores del Premio Nobel de Física en 1986) inventaron en el laboratorio de IBM Zürich en Rüschlikon, Suiza, el Microscopio de Efecto Túnel, (STM, por sus siglas en inglés). Gracias a este artefacto innovador es posible analizar y conocer las propiedades a nanoescala de diversos materiales, permitiendo la nanomanipulación de átomos y moléculas sobre superficies sólidas de manera controlada y reproducible con el objetivo de conformar sistemas funcionales nanométricos. ^(9,10)

Uno de los inconvenientes del STM es que las muestras a estudiar deben ser conductoras para que se lleve a cabo el efecto túnel, las muestras biológicas no pueden ser visualizadas, pero gracias al Microscopio de Fuerza Atómica (AFM, por sus siglas en inglés) del que hablaremos más adelante, se resolvió este problema. ^(9,10)

El STM se ha considerado como una herramienta de gran utilidad e importancia, conceptuándose como los “ojos” de la nanociencia y los “dedos” que manipulan las estructuras observadas. (2,10)

En 1985, Robert Curl, Harold Kroto y Richard Smalley descubrieron los fullerenos; tan solo once años después de este descubrimiento, los tres científicos recibieron el Premio Nobel de Química del año 1996 por este descubrimiento. (2,8) El fullereno (C_{60}) también llamado “buckyball”, es una lámina de carbono cerrada por sí misma que forma una esfera con simetría icosaédrica, contiene 60 átomos de carbono; también existen fullerenos de mayor peso molecular como C_{70} , C_{76} , C_{80} y C_{84} . (2,11)

Los fullerenos cuentan con excelentes características físicas, químicas y matemáticas; este descubrimiento ha dado lugar a un nuevo campo de estudio en diferentes ámbitos y se están aplicando en diferentes áreas como en electrónica y medicina, en esta última podría apoyar en la detección de cáncer a través de resonancia magnética. (2,12)

Las técnicas microscópicas mejoraron gracias a que G. Benning desarrolló en 1986 el AFM, este aparato ha permitido el estudio de materiales no conductores como, biológicos, cerámicos, vidrios y polímeros; el AFM mide las fuerzas de interacción entre los átomos de la punta sensora y la superficie de la muestra. (2,10)

La era dorada de la nanotecnología comenzó en 1986 cuando Eric Drexler escribe su libro titulado: *"Motores de la creación: la era venidera de la nanotecnología"*, en este libro anunció las promesas de la nanotecnología y advirtió sobre los peligros de la manipulación molecular y atómica. Drexler propuso la idea de un "*nanorobot ensamblador*" capaz de crear y duplicar cualquier máquina deseada, pero esto aún

no ha sido posible; la visión de Drexler de la nanotecnología a menudo se denomina "nanotecnología molecular". (13,14)

Eric Drexler fundó el Foresight Institute, el cual promueve el desarrollo de la nanotecnología pero también fomenta su uso responsable a fin de evitar la "Plaga Gris", esta plaga anularía la vida como consecuencia de un incontrolable uso de los ensambladores auto replicables, ya que terminarían con toda la materia existente. (15)

En 1991, Sumio Iijima descubrió accidentalmente los Nanotubos de Carbono, (NTC's, por sus siglas en inglés) que son cilindros huecos enrollados sobre si mismos de pared simple o pared múltiple. (16)

Los NTC's actúan como biosensores, como transportadores de fármacos y son agentes con propiedades antibacterianas; las tecnologías basadas en estos nanotubos son la mayor esperanza para miniaturizar microchips hasta sus límites más bajos. (2,11)

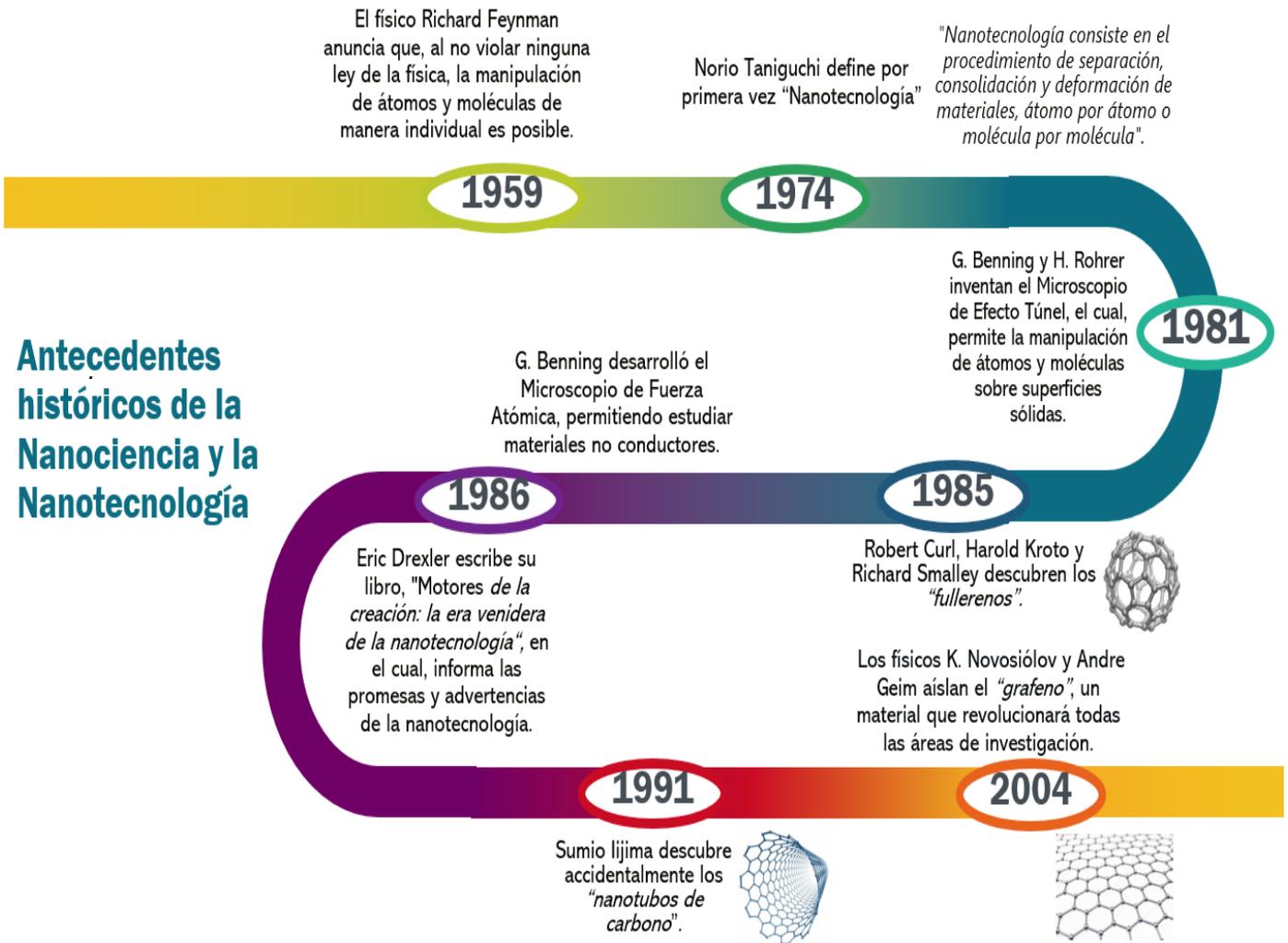
En el año 2004 los físicos Konstantin Novoselov y Andre Geim aislaron a temperatura ambiente el grafeno (forma alotrópica del carbono); este descubrimiento les permitió obtener el Premio Nobel de física en 2010.

El grafeno es un material bidimensional que se conforma exclusivamente de un átomo de grosor (monocapa) y posee infinidad de usos gracias a que presenta características térmicas, electrónicas, ópticas y mecánicas que le permitirán en un futuro tener aplicaciones importantes en terrenos de la electrónica, energía y medicina; en esta última, debido a su composición molecular y biocompatibilidad

podrá ser utilizado en el proceso de regeneración de tejidos, en el tratamiento de cáncer y como un excelente antiséptico. (17,18)

Los antecedentes históricos de nanociencia y nanotecnología se ilustran en la siguiente figura:

Figura No 3. Línea del tiempo de la nanociencia y nanotecnología



Fuente: Espejel PAE, 2020. A partir de la interpretación propia del texto:
<file:///C:/Users/adria/Downloads/udnano.pdf>

CAPÍTULO II

Generalidades sobre nanociencia y nanotecnología

II.1 ¿Qué es nanociencia y nanotecnología?

La nanociencia se describe como una disciplina de conocimiento que se ocupa del estudio de las propiedades de los materiales a escala nanométrica y ha permitido la fundamentación teórica y el desarrollo de la nanotecnología. ^(5,6,19)

La nanotecnología es la fabricación, caracterización, diseño y aplicación de materiales, dispositivos y sistemas funcionales a través de la manipulación de la materia a escala nanométrica, en donde fenómenos únicos y novedosos permiten nuevas aplicaciones y la oportunidad de explotar propiedades físicas, químicas, biológicas, ópticas, mecánicas, eléctricas, entre otras, en esa escala. ⁽⁵⁻⁷⁾

La nanociencia y la nanotecnología requieren el apoyo de múltiples ciencias como la química, física, biología, ingeniería, entre otras, sin dejar de lado las ciencias sociales, que indudablemente juegan un papel importante, ya que es fundamental identificar y analizar los impactos sociales de la nanotecnología. ^(2,13)

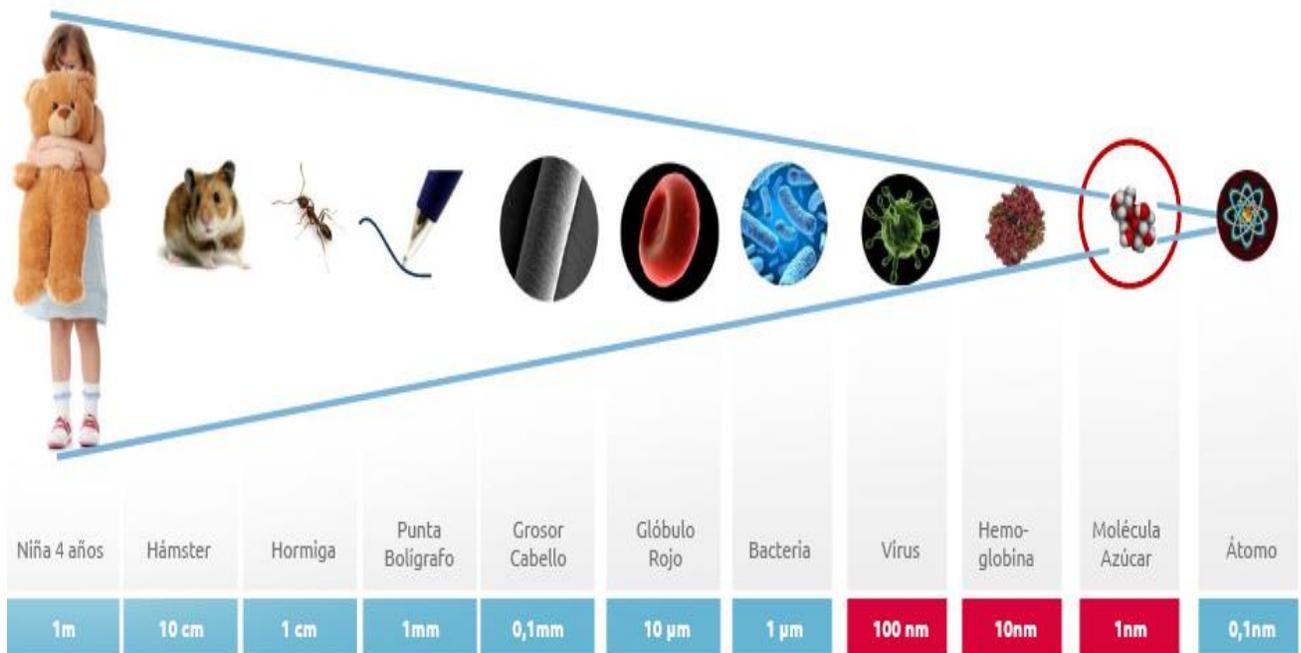
En la actualidad es posible señalar que la ciencia y la tecnología se relacionan estrechamente, la mutua dependencia entre ambas propicia el desarrollo de proyectos de investigación, innovaciones y aplicaciones. Así pues, debe comprenderse que la tecnología no puede seguir entendiéndose únicamente como la aplicación de la ciencia, ambas requieren de un sinergismo para que se generen nuevos conocimientos, surgiendo así la “*tecnociencia*”, que induce a que las

tecnologías habituales se transformen en tecnociencias al requerir de otras ramas técnicas y científicas, y cuyos objetivos sean innovaciones tecnológicas que instrumentalicen el conocimiento científico. ⁽²⁰⁾

Algunas de las preguntas que nos hacemos cuando leemos o escuchamos los términos nanociencia y nanotecnología son: ¿Qué es un nanómetro?, ¿Qué pasa cuando los objetos se manipulan a dicha escala?

La nanoescala, está basada en el nanómetro (nm). Un nanómetro es la milmillonésima parte de un metro ($10^{-9} = 0.000, 000, 001$), la millonésima parte de un milímetro, es decir, un millón de nanómetros forman un milímetro; para darnos una idea, una longitud 80,000 veces más pequeña que el diámetro de un cabello humano; el nanómetro se usa para medir objetos que son imposibles de observar a simple vista. ^(2,5,6)

Figura No 4. Escala comparativa



Fuente: <http://www.econanosolutions.com/es/nanotech/?PHPSESSID=rf6m9iriv5n0eqdl9aqb11pm77>

La respuesta a la segunda pregunta es que cuando los objetos se reducen a escala nanométrica se comportan de manera diferente, por ejemplo, algunos de los materiales tienen un color diferente cuando son de tamaño nanométrico. En estos materiales se observa una alta relación superficie/volumen que es mucho mayor que la que existe en materiales de macro y microescala. ^(1,2)

Una nanopartícula es una agrupación de átomos o moléculas que dan lugar a una partícula con dimensiones nanométricas, es decir, que su tamaño está comprendido entre 0,1 y 100 nm, son conocidas también como los bloques de la construcción de la nanotecnología. ^(2,16)

II.2 Técnicas para la síntesis de nanomateriales y nanoestructuras

II.2.1 Técnica Top-Down

Existen dos métodos para la síntesis de los nanomateriales: de arriba hacia abajo (top-down) y de abajo hacia arriba (bottom-up); en los procesos de fabricación de arriba hacia abajo, las técnicas litográficas son el método más común para la manufactura de nanomateriales y nanoestructuras. ^(1,2,11)

Un ejemplo claro de la técnica top-down lo anunció el ingeniero G. Moore en 1965 al profetizar que el número de transistores dentro de un dispositivo se duplicaría cada año, esto se traduce a que la anchura de los chips será de escasos nanómetros. ^(1,2,16)

II.2.2 Técnica Bottom-Up

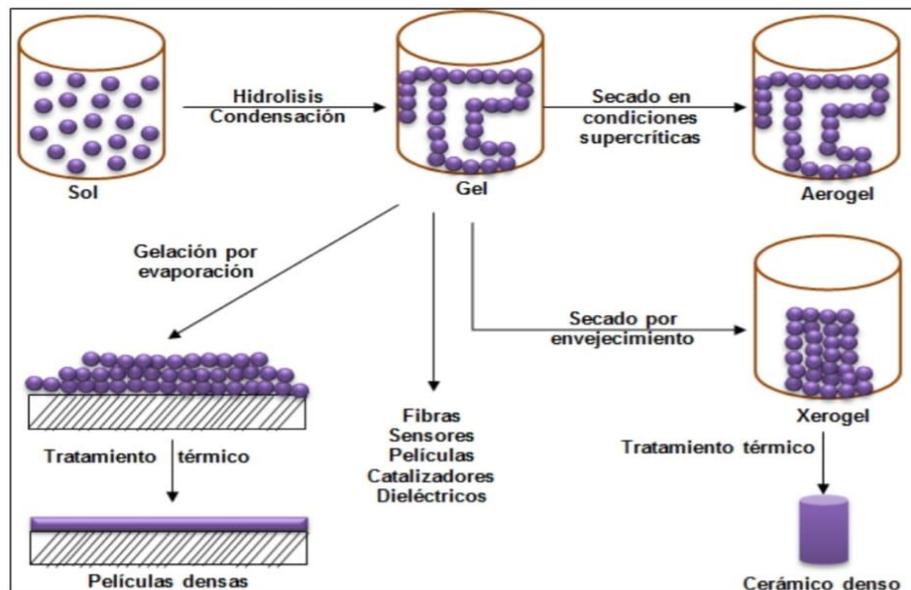
La técnica bottom-up se caracteriza por permitir el ensamblaje átomo por átomo, y como se mencionó anteriormente el STM y AFM son los artefactos indicados para observar y modificar átomos y moléculas. A este principio se refirió Feynman hace 60 años, asegurando que a nivel atómico existen efectos maravillosos y esto abriría un infinito mundo de posibilidades. ^(1,2,16)

II.2.3 Proceso Sol-gel

Este proceso es de gran utilidad en la síntesis de materiales, inicia con la formación de una suspensión coloidal (sol), su posterior gelificación, y termina con el secado del gel para eliminar el solvente, obteniendo así un producto final. (Ver figura No 5)

El proceso sol-gel presenta ventajas sobre las técnicas tradicionales, como la producción de partículas de tamaño nanométrico. ⁽¹⁾

Figura No 5. Proceso sol-gel



Fuente: <http://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/015743/015743.pdf>

CAPÍTULO III

La bioética en la aplicación de nanociencia y nanotecnología

III.1 El impacto de la nanociencia y la nanotecnología en el ser humano desde el punto de vista bioético

El auge del desarrollo tecnológico ha motivado discusiones entre los alcances de la ciencia y el impacto que pueden tener en la vida humana. Para explicar mejor el problema entre las posturas sobre ambos temas, Linares introduce el término *imperativo tecnológico*, el cual plantea la convicción de “*hacer todo lo tecnológicamente posible*”; a éste se le contraponen otro término, *responsabilidad humana*, que analiza los cambios tecnológicos y determina qué tan favorables son para la sociedad, si ponen o no en riesgo la vida y la integridad de las personas y que tan previsibles o imprevisibles son los riesgos producidos. Linares explica que la responsabilidad humana se ha visto rebasada por el desarrollo tecnológico y que en consecuencia, se ha vuelto indispensable repensar este último a pesar de que al hacerlo, no sea posible frenarlo. ⁽²⁰⁾

A partir de este problema, explicado de una forma muy resumida, surgen disciplinas como la bioética, la cual, considera algunas cuestiones básicas, como los valores en las prácticas médicas, la resolución de problemas ambientales en general y sobre todo, la defensa del concepto universal de vida. ⁽²¹⁾

Con el desarrollo de las innovaciones nanotecnológicas en diferentes ámbitos, principalmente en medicina, fue necesario explorar el impacto que tienen en la sociedad; de este modo, las ciencias sociales y las humanidades han formado parte

de las disciplinas que complementan la investigación nanocientífica y nanotecnológica.

Uno de los temas que caracterizan la reflexión desde estas disciplinas es la bioética, gracias a los trabajos del bioquímico estadounidense Van Rensselaer Potter.⁽²²⁾ A principios de los setenta, Potter fue el primero en preguntarse por la aplicación de los preceptos éticos en distintas disciplinas, principalmente en las ciencias médicas, estos preceptos son:

- Autonomía: así se le denomina tanto al consentimiento informado como a la libertad de elección de cada individuo. Esto significa que ningún hecho puede ser impuesto.
- Beneficencia: obligación de hacer el bien.
- Justicia distributiva: procurar el reparto equitativo de cargas y beneficios para preservar el bienestar vital de cada individuo.
- No-maleficencia: respeto a la integridad del ser humano, sin causar daño alguno.

(23)

A pesar de que la inclusión de innovaciones en nanotecnología promete aportar grandes mejoras en la calidad de vida de los pacientes, el que ésta se haga de forma precipitada podría suscitar problemas relacionados con los principios de la bioética y el derecho a la atención de la salud, en tanto los principios de beneficencia y no maleficencia.⁽²⁴⁾

Otra de las aplicaciones de la nanotecnología que han puesto en jaque a los sistemas de salud en términos bioéticos tiene que ver con la propuesta de la

Organización de las Naciones Unidas (ONU) de incluir innovaciones en los sistemas de países con economías emergentes como una solución viable para mejorar sus servicios; aunque esta solución podría ofrecer múltiples beneficios, en la mayoría de los casos es demasiado costosa y por lo tanto, insostenible; en este caso, el principio de justicia distributiva hace evidente que la nanotecnología no es accesible para todos y que su distribución no está siendo equitativa; en este tenor, también influye el problema general de que las innovaciones farmacéuticas sólo son buenas o viables si reeditúan la investigación de las mismas empresas que las producen. ⁽²⁵⁾

III.1.1 La visión humanista frente a la nanociencia y nanotecnología

La visión humanista comparte ideas con la bioética, principalmente cuando se sustenta en la ideología principialista de Beauchamp y Childress, basada en los cuatro principios explicados previamente y las reflexiones que preocupaban a Potter sobre el impacto que las innovaciones tecnológicas tendrían no sólo en el ámbito de la salud, sino en la vida de las personas.

Es importante reflexionar sobre el impacto de la nanotecnología y los nanomateriales en nuestra vida diaria y qué tanto estos últimos pueden traer consecuencias adversas para la salud. Algunos ejemplos son el aluminio de uso cotidiano, y las nanopartículas de fullereno, que han demostrado ser altamente efectivas en el tratamiento del cáncer por medio de las quimioterapias; sobre ellos se sabe que a nivel nanométrico, el primero es altamente reactivo y se utiliza con fines bélicos, y los fullerenos, al ser modificados químicamente para potenciar su

efecto en las quimioterapias, se ha reportado que ocasionan daños en el cerebro y en el hígado de los pacientes. ^(26,27)

Panoramas como el anterior sugieren que debe haber una mayor reflexión sobre el impacto de las innovaciones de la nanociencia y la nanotecnología en la vida cotidiana antes de institucionalizar su uso, pues debe existir una concientización entre los avances científicos y la preservación de la vida partiendo de la idea de que *lo otro* o *el otro* no puede ser visto como una entidad inanimada que únicamente se define por su capacidad de consumo o por su utilidad para los intereses privados. ⁽²⁸⁾

Considerando algunas de las situaciones ya planteadas, también es conveniente reflexionar que así como hay una rápida evolución de las tecnologías, los avances también implican una reeducación continua en la aplicación de los valores, de la conciencia y del humanismo. La evolución de las tecnologías y los valores deben tener como objetivo la coexistencia entre el hombre y la naturaleza, al final las nanotecnologías tienen amplias posibilidades de permitir una vida sustentable, pero sobre todo de que se implementen nuevos métodos inspirados en procesos naturales para mejorar la calidad de vida y la subsistencia de las personas. ⁽²⁷⁾

III.1.2 La concepción de la salud del ser humano en el contexto de la nanociencia y la nanotecnología

Como se ha visto en los puntos anteriores, el auge de la nanotecnología no se ha debido simplemente a que es un descubrimiento novedoso, sino también a que es una disciplina que promete revolucionar el ámbito científico, industrial y médico; de estos ámbitos, es en la medicina donde se percibe un mayor campo para la investigación y aplicación de la nanociencia, pues puede optimizar o acelerar los procesos de diagnóstico y tratamiento de enfermedades a nivel molecular. En general, el desarrollo de la nanociencia plantea la posibilidad de que mediante nanoestructuras pueda mejorar el sistema biológico del ser humano en su totalidad.

(29,30)

Para ejemplificar la pertinencia de la nanociencia y la nanotecnología en la medicina, se puede decir que hoy existen al menos cien productos nanotecnológicos en el mercado que se han utilizado para el tratamiento de enfermedades degenerativas, cardiovasculares, hepáticas o infecciosas. Por otra parte, los nanomateriales son frecuentemente usados para la elaboración de analgésicos más eficientes, para la detección y tratamiento de cáncer o de enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer, en los cuales se ha comprobado la efectividad de las AuNPs y AgNPs, fullerenos y NTC's; los nanomateriales han demostrado su utilidad en la regeneración de tejidos y en el diagnóstico de tumores y otras afecciones cuyos tratamientos suelen ser altamente invasivos. ⁽³¹⁾

Además de la optimización de los procesos y de la innovación médica, los objetivos del uso de la nanotecnología siguen siendo la mejora en la calidad de vida de los

pacientes y lograr métodos más efectivos, eficientes, precisos y menos dolorosos. En este sentido, las perspectivas sobre la nanotecnología en la actualidad se caracterizan por la preocupación de los médicos sobre cómo los procedimientos que la incluyan pueden afectar al paciente a largo plazo tanto a nivel biológico (ante fenómenos como la toxicidad de los nanomateriales) como mental y cognitivo. Lo que nos lleva nuevamente a considerar desde la perspectiva bioética la situación, ya que los pros y contras de su uso y abuso conduce al planteamiento de dilemas bioéticos y a la necesidad de un enfoque consecuencialista, que sirva de referente para la toma de decisiones prudentes, eficaces y pertinentes, en cuanto a su manejo y adecuación. De igual forma, esas perspectivas se caracterizan por la preocupación de que las innovaciones sean puestas a disposición de forma justa, sin algún tipo de barrera derivada de los lugares y entidades que realizan la investigación o desarrollan las aplicaciones. ^(1,29,32)

III.2 El impacto de la nanociencia y nanotecnología en el tratamiento de los pacientes odontológicos

Las investigaciones nanocientíficas y las aplicaciones nanotecnológicas en el área odontológica se han enfocado a diversos procedimientos y tratamientos relacionados con los tejidos que componen el sistema estomatognático.

En el campo de la nanociencia y nanotecnología, las investigaciones han tenido como objetivo el desarrollo de biomateriales dentales que contengan nanopartículas, así como el diseño de implantes inteligentes que identifiquen los tejidos y estimulen el crecimiento de aquellos que se encuentren a su alrededor;

todo lo anterior evidencia las posibilidades terapéuticas de la nanotecnología en odontología. ^(33,34)

En la práctica clínica el uso de biomateriales, cuyos avances en su implementación tienen como fin brindar mayores beneficios para los pacientes en términos de tratamiento y prevención, más que incrementar la eficiencia de los procedimientos, de hecho, se ha planteado su aplicación más allá de la práctica odontológica para desarrollar productos de uso cotidiano; sobre esto último, se habla del desarrollo de dentífricos y enjuagues bucales compuestos por nanopartículas que tengan el potencial de eliminar agentes y bacterias causantes de caries dental e infecciones bucales; así como de emplear nanopartículas inteligentes capaces de viajar por el torrente sanguíneo para acelerar los procedimientos de anestesia e incrementar la precisión en su aplicación. ^(34,35)

III.3 Aspectos jurídico-legales sobre la nanociencia y la nanotecnología

Tanto las reflexiones planteadas por la bioética y el humanismo como los resultados de la innovación en tratamientos médicos y odontológicos, han derivado la necesidad de reflexionar sobre el impacto de la nanotecnología en el bienestar humano y de regular los procesos de investigación y desarrollo tecnológico. ^(1,29)

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) planteó en su texto “La ética y la política de las nanotecnologías”, que la regulación del uso de productos nanotecnológicos debe considerar la susceptibilidad de las personas al consumo de algunos ingredientes; esta recomendación contribuyó a que en Europa el etiquetado de los productos

nanotecnológicos expresara los riesgos que conlleva su consumo, y que esto fuera estipulado también en los códigos de distribución.

Actualmente, las recomendaciones en torno al manejo y la regulación de la nanotecnología se publican en el reporte “The ProSafe White Paper. Towards a more efficient governance and regulation of nanomaterials” (El libro blanco de ProSafe. Hacia una gobernanza y regulación de nanomateriales más efectiva y eficiente). Además, existen estándares voluntarios para la regulación de los procesos en los que se emplea nanotecnología, como los de la Organización Internacional de Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés), y en algunos países como Francia y Bélgica se han promulgado decretos para el desarrollo de la nanotecnología. ⁽³⁶⁾

En materia de regulación, existe un concepto llamado *principio de precaución*, que contempla “la probabilidad de que un evento se produzca y el tipo o importancia de los daños resultantes”. En el mundo existen desde tratados de comercio hasta regulaciones locales a los procesos industriales y mercantiles que regulan el ciclo de vida de los productos; el que en estos no se contemple explícitamente el principio de precaución frente a los nanomateriales abre un margen de especulación de los sucesos que se pudieran presentar al implantarse estas nuevas tecnologías dentro de la sociedad. ⁽⁸⁾

En México, la regulación de las normas sobre los procesos industriales está a cargo del Estado; con el objetivo de ajustarse al ámbito internacional, el Estado ha elegido armonizar las normas nacionales con las regulaciones emitidas a nivel internacional sobre el desarrollo de nanotecnologías y el empleo de nanomateriales, para ello se

organizó el Comité Técnico de Normalización Nacional en Nanotecnologías (CTNNN), el cual se encuentra coordinado por la Secretaría de Economía y el Centro Nacional de Metrología (CENAM), dichas instituciones se encargan de gestionar los proyectos y de supervisarlos de acuerdo con los estándares internacionales que estén vigentes. ⁽³⁷⁾

CAPÍTULO IV

La aplicación de nanociencia y nanotecnología en diversas áreas de estudio

IV.1 Electrónica

Actualmente los dispositivos electrónicos tienden a la miniaturización y sobre todo a intensificar sus funciones y características, como el aumento de velocidad y eficiencia. El descubrimiento de los nanomateriales ha expandido el campo de la electrónica gracias a la posibilidad de elaborar dispositivos que funcionen a micro y nanoescala y generen cambios significativos en el manejo y creación de macroestructuras; a estos dispositivos se les conoce como Nanoelectro Mechanical Systems (NEMS). Algunos de los proyectos que se encuentran en etapa de desarrollo están apostando por la elaboración de circuitos electrónicos flexibles, el incremento de la memoria de los microchips y nanochips, la mejora de la transmisión de datos y la reducción del consumo de energía. ^(7,38,39)

Los usuarios de dispositivos electrónicos también son beneficiados en su vida diaria por el uso de los nanomateriales, especialmente por la creación de procesadores con mayor capacidad de almacenamiento y de transmisión de datos. La nanotecnología ha hecho posible el desarrollo de circuitos y transmisores basados en nanotubos de carbono. ^(16,40)

Como puede verse, la mayoría de los avances de la nanotecnología en los dispositivos electrónicos beneficiarán mayormente a las tecnologías de la información y a la industria de las comunicaciones.

IV.2 Energía y medio ambiente

El desarrollo de materiales manufacturados con el apoyo de la nanociencia ha permitido avances importantes en el mejoramiento de los dispositivos para la creación de energías renovables, un ejemplo son las celdas solares, en las cuales, se ha explorado el uso de nanopartículas que faciliten la absorción de la luz y la conversión en electricidad mediante la manipulación de su forma y su composición.

(6,41)

Se han obtenido materiales compuestos por nanocrisales que hacen más delgadas las placas de las celdas y que facilitan la transmisión de carga entre las nanopartículas. En universidades como en la Autónoma de Nuevo León se han elaborado programas piloto de construcción de celdas empleando estos materiales.

(41)

El uso de la nanotecnología en el tratamiento y aprovechamiento del agua también es uno de los proyectos más ambiciosos; en este sentido, el mejoramiento en la captación y aprovechamiento de este recurso podría garantizar el acceso universal al agua potable. Algunos de los artefactos nanotecnológicos creados para el tratamiento o captación de agua son los siguientes:

- **Nanoesponjas para la recolección de agua de lluvia:** optimizan la absorción de agua gracias a la combinación de polímeros y nanopartículas.
- **Membranas desalinizadoras:** su combinación de nanopartículas y polímeros atrae los iones de agua y repele las sales que están disueltas.
- **Filtro de pesticidas:** este filtro emplea nanopartículas de plata para la degradación de pesticidas específicos; este método se utiliza en el tratamiento

de aguas en India, y se está empezando a desarrollar en países como Estados Unidos, Corea e India. ⁽⁴²⁾

IV.3 Industria alimentaria y nutrición

Al igual que en el ámbito de la salud, la industria alimentaria es uno de los campos potenciales en el desarrollo de la nanotecnología y de la aplicación de nanomateriales. Algunas de sus aplicaciones son las siguientes:

- La creación de embalajes inteligentes que puedan dar información del producto, como su caducidad o la presencia de agentes externos.
- Desarrollo de sensores inteligentes para un control de calidad más exacto y eficiente.
- Construcción de embalajes resistentes a la corrosión y al desgaste. ^(43,44)

Ante las altas exigencias del consumidor, la aplicación de nanotecnología ha permitido preparar alimentos innovadores mejorando su presentación, textura y sabor; por ejemplo, en países como Australia se han fabricado nanocápsulas con aceite omega-3 que se liberan solo en el estómago, evitando los sabores desagradables. ⁽⁴⁵⁾

En Colombia se hizo posible la fabricación de un helado a la temperatura ambiente, tarda aproximadamente media hora en derretirse, su sabor es de vainilla pero en realidad está hecho de nanofibras del tallo de plátano; este alimento tiene la ventaja de que las nanofibras de celulosa reemplaza las grasas que contiene un helado común. ⁽⁴⁶⁾

En el ámbito de la agricultura y la producción alimentaria, la modificación de los materiales ha hecho posible que comiencen a desarrollarse pesticidas y químicos que sólo atacan a los insectos y que no contaminan las plantas; asimismo, hay proyectos más ambiciosos cuyo objetivo es crear sensores o nanodispositivos que detecten la falta de nutrientes en algunas plantas para que les sean suministrados.

(39,47)

IV.4 Área de la salud

Como pudo observarse en el capítulo anterior, el campo de la salud y la medicina es uno en los que más se ha explorado el desarrollo de nanotecnología; las aplicaciones dentro de la nanotecnología médica o también llamada “*nanomedicina*”, se han enfocado en tres ramas: la liberación controlada de fármacos, el nanodiagnóstico y la medicina regenerativa. (1,48,49)

En cuanto a la liberación controlada de fármacos, uno de los avances importantes es el uso de los dispositivos nanocarrier, cuya función es liberar el medicamento en el cuerpo humano de forma selectiva, de tal modo que aumente la precisión y reduzca el daño y los efectos secundarios en quien los consume. (39,49,50)

En el caso del nanodiagnóstico, se están desarrollando “nanobiosensores” capaces de analizar a nivel molecular la composición de las células y tejidos para determinar su daño o repararlos. La creación de estos dispositivos capaces de llevar a cabo tareas de diagnóstico abrirá puertas a técnicas menos invasivas para el diagnóstico de enfermedades o de lesiones de menos de un centímetro. (1,48,50)

En el ámbito de la medicina regenerativa se busca desarrollar productos e instrumental que permita la reconstrucción celular o que, por el contrario, pueda destruir células o agentes infecciosos. En el caso de enfermedades como el cáncer, se ha logrado la eliminación de células cancerosas, respetando la mayoría de las células sanas, con dispositivos láser y con nanotubos de carbono. (48,49)

Por otra parte, la Dra. Tessy María López Goerne de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM Xochimilco), desarrolló una nanopartícula, a partir de la cual sintetizó un NanoGel antiséptico, capaz de regenerar heridas infectadas y de difícil cicatrización, por ejemplo, pie diabético, abscesos, úlceras venosas, prótesis e implantes infectados, tunelizaciones, entre otros. (51)

Figura No 6. NanoGel



Fuente: <https://www.labnanomed.com/>

IV.4.1 Dermocosmética

En la industria cosmética, se ha contemplado el uso de biomateriales para el cuidado y la regeneración de la piel, ya que se ha comprobado que las nanopartículas pueden traspasar el epitelio sin dañarlo y que pueden contener compuestos y activos especiales para la regeneración celular. ⁽⁵²⁾

Las nanopartículas poliméricas que son utilizadas con mayor frecuencia en los tratamientos dermatológicos son las nanoesferas y las nanocápsulas, ambas sirven para el transporte o la aplicación de compuestos o sustancias, ya sean medicamentos o vitaminas.

Además del cuidado y la nutrición de la piel, otro de los beneficios en la adición de nanopartículas en los productos cosméticos es la protección contra la radiación solar, ⁽⁴³⁾ e incluso la prevención del envejecimiento de la piel, así como en el mejoramiento de los tratamientos para problemas dermatológicos como psoriasis, acné, micosis e inflamaciones o irritaciones causada por agentes externos. ⁽⁵²⁾

En la actualidad, hay estudios en los que se reporta el desarrollo de tratamientos especiales que utilizan AuNPs con otras moléculas estabilizantes para la rehidratación de la piel e incluso de otros tejidos y articulaciones; así pues, además de la parte cosmética, el uso de nanotecnología ha contribuido a la innovación en la terapéutica dermatológica y en la dermocosmética. ⁽⁵³⁾

CAPÍTULO V

La aplicación de nanociencia y nanotecnología en odontología

La odontología ha impulsado el desarrollo de nuevos materiales, métodos y técnicas que permiten ofrecer mejores soluciones terapéuticas a los pacientes. El mundo infinito de la nanotecnología, permite que los investigadores exploren y desarrollen avances tecnológicos que podrían iluminar el campo de la odontología. ^(54,55)

El odontólogo de varias partes del mundo ya trabaja con nanomateriales en su práctica profesional, ya que, diversas compañías han empezado a fabricar materiales dentales como resinas nano-híbridas, de nano-relleno, nano-adhesivos y nano-ionómeros, que al ser manipulados a escala “nano”, incrementan sus propiedades mecánicas, físicas y químicas cuando se comparan con los materiales convencionales, así como también se ha tratado de perfeccionar el equipo e instrumental odontológico. ^(54,56)

V.1 Equipo e instrumental

La utilización de nanotubos de carbono ha hecho posible la fabricación de equipos de rayos X más ligeros y pequeños, esto permite un adecuado manejo del dispositivo indicador de posición mejorando la ergonomía. Con el uso de los nanotubos de carbono se podrán desarrollar escáneres con mayor capacidad, los cuales, utilizarán menos energía y su fabricación será más costeable. ^(57,58)

Por otro lado, gracias a la nanotecnología se ha hecho posible la manufacturación de instrumental quirúrgico recubierto o integrado con nanopartículas de plata

(AgNPs); teniendo en cuenta que son partículas promisorias como agentes bactericidas, son usadas como inhibidores efectivos del crecimiento de varios microorganismos, por lo que se han añadido a diversos dispositivos médicos. ⁽⁵⁹⁾

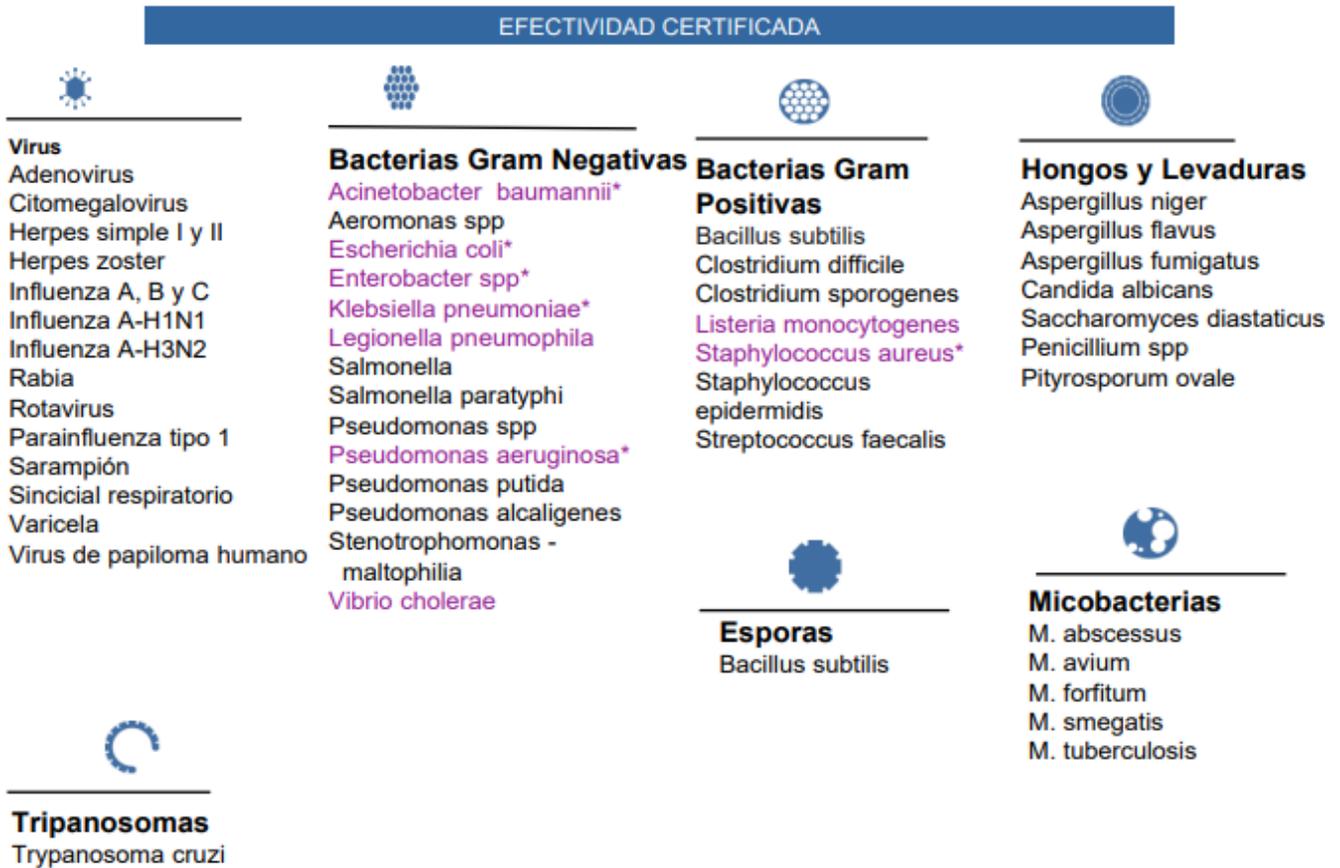
V.2 Esterilización

Por décadas se han utilizado múltiples agentes químicos para desinfectar superficies y esterilizar instrumental en hospitales y consultorios dentales, como: peróxido de hidrógeno, glutaraldehído, alcohol etílico, hipoclorito de sodio, amonio cuaternario, benzaldehído, entre otros, sin embargo no son 100% eficaces.

La nanociencia ha tenido avances significativos en los procesos de desinfección, limpieza y esterilización, ya que se han desarrollado soluciones esterilizantes a base de nanotecnología.

En el 2008 la bioquímica Gabriela León egresada de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM Xochimilco), creó y patentó una nanobiomolécula llamada “*Nbelyax*®”, esta molécula mide 2 nanómetros en sus tres dimensiones, es inocua, bioselectiva y biodegradable, y según el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), es capaz de inactivar 52 tipos de microorganismos como virus, bacterias, hongos, esporas, tripanosomas y micobacterias, mediante la desarticulación de su cadena de ADN o ARN. ⁽⁶⁰⁻⁶²⁾ (Ver figura No 7)

Figura No 7. Microorganismos inhibidos por “Nbelyax®”, según investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias



Fuente: https://ipkey.eu/sites/default/files/ipkey-docs/2019/IPKey-LA_March-2019_Nano-emprendimiento_es.pdf

Bajo la marca Éviter® de grupo Gresmex se han comercializado sanitizantes, esterilizantes para instrumental quirúrgico, jabón líquido, crema antiséptica, toallas húmedas, además de una línea especializada para nebulizar quirófanos. (63)

De acuerdo con Miguel Ángel Margain director del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), este avance nanotecnológico podría ser clave importante para luchar contra las pérdidas multimillonarias causadas por infecciones intrahospitalarias, las cuales, asegura la OMS provocan más muertes

que homicidios o accidentes automovilísticos; también aportará soluciones importantes a los problemas de plagas de cultivos y ganado. ⁽⁶⁴⁾

Su patente, está licenciada en 140 países, incluyendo México, pero en algunas regiones de Europa no se ha logrado su autorización, por tal motivo, la información de esta nanobiomolécula aún es muy restringida. ⁽⁶⁰⁾

Ante este panorama, cabe mencionar que para la Industria Farmacéutica (IF) el éxito de una nueva molécula no depende únicamente de sus propiedades atractivas o de su originalidad, sino también del porcentaje de la población a la que está dirigida, de su constante innovación e incluso de que tan rápida es puesta en el mercado. Para la IF lo útil o pertinente que puede ser una nueva molécula o medicamento dependerá de si las ganancias obtenidas a través de esta son lucrativas, ⁽²⁵⁾ comprobando que “sin crecimiento económico no hay desarrollo tecnológico”. Lo que remite nuevamente a la consideración bioética citada en el capítulo III. 2, por la serie de dilemas que esto genera con base a utilidad, uso y abuso, ya que deben ser prudentemente considerados y manejados. ⁽²⁰⁾

V.3 Dentífricos y enjuagues bucales

Sin duda alguna los dentífricos y enjuagues bucales juegan un papel importante para mantener una adecuada salud bucal. Actualmente existen en el mercado dentífricos que contienen diferentes nanopartículas, por ejemplo, Desensin[®] repair una pasta dental que a través de su tecnología DENTAID[®] technology nanorepair, hace posible incorporar al dentífrico nanopartículas de hidroxiapatita (NpHA) en una

concentración de 0,45% de NpHA; estas nanopartículas tienen la capacidad de depositarse sobre la superficie del esmalte, disminuyendo la permeabilidad dentinaria al sellar los túbulos dentinarios, lo que conlleva a una merma de la hipersensibilidad dental. ⁽⁶⁵⁾

Eion[®] es otra línea de productos cuyo ingrediente activo es la nanobiomolécula Nbelyax[®] mencionada anteriormente, dentro de sus productos existe una pasta dental y un enjuague bucal bio-salud, los cuales, están diseñados para eliminar microorganismos patógenos causantes de caries dental, halitosis, candidiasis, entre otros padecimientos bucodentales, y contribuyen en la curación de lesiones y heridas sin dañar a las células sanas gracias a su capacidad bioselectiva. ^(66,67)

Figura No 8. Dentífrico y enjuague bucal eion[®]



Fuente: https://ipkey.eu/sites/default/files/ipkey-docs/2019/IPKey-LA_March-2019_Nano-emprendimiento_es.pdf

V.4 Anestésicos dentales

La anestesia dental es uno de los procedimientos más comunes en la práctica odontológica; se utilizan principalmente con la finalidad de bloquear los impulsos nociceptivos.

La aplicación de nanotecnología en anestesia podría usarse para inducir los anestésicos a través de la inoculación de suspensiones coloidales con millones de nanobots dentales activos, estos replicarán la información suministrada por el dentista; una vez que lleguen a la pulpa, desactivarán las sensaciones estableciendo un control sobre el tráfico de impulsos nerviosos del órgano dentario que se va a tratar, al término del tratamiento se reestablecerán las sensaciones, de manera que garantice una inigualable comodidad en el paciente. ^(55,56,68)

V.5 Odontología restauradora y preventiva

La odontología restauradora goza de la mezcla de arte y ciencia, las técnicas contemporáneas están encaminadas a involucrar no solo la parte estética, sino también la función óptima de las restauraciones.

Yéndonos un poco a la historia, los cementos de silicato fueron los primeros materiales de restauración que se usaron con fines estéticos en los años 50's, sin embargo, sus propiedades fueron muy reservadas. ⁽⁶⁹⁾

Las resinas acrílicas a base de polimetilmetacrilato (PMM) sustituyeron a los cementos de silicato, sin embargo, presentaban grandes desventajas como baja resistencia al desgaste, inestabilidad de color, alta contracción de polimerización y

por lo tanto filtración marginal. Posteriormente se agregaron a estas resinas partículas de relleno, las cuales, ocupaban mucho espacio y no existía un enlace químico entre estas y la resina matriz. (69,70)

V.5.1 Resinas compuestas

El Dr. R. L. Bowen, un investigador del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), fue una pieza importante para el desarrollo de las resinas compuestas. El objetivo de Bowen era explorar nuevas tecnologías con el fin de encontrar un material que remplazara a los cementos de silicato y a las resinas acrílicas, lo que lo llevo a desarrollar en 1962 una molécula orgánica llamada Bis-GMA (bisfenol A glicidil metacrilato), un monómero de alto peso molecular; a esta molécula se le añadieron partículas de relleno inorgánicas unidas al monómero mediante un agente acoplador bifuncional constituido por un vinil silano. A partir de aquí nace esta nueva generación de materiales: resinas compuestas o “composites” (70-72)

Las resinas compuestas presentan translucidez, opacidad y colores adecuados para imitar el color de los órganos dentarios naturales, han sido utilizadas en el sector anterior como material de elección para restauraciones estéticas y posteriormente debido a la modificación de sus propiedades también fueron indicadas en el sector posterior. (73,74)

Composición de las resinas compuestas

Son materiales bifásicos compuestos por:

- Matriz de resina orgánica (fase continua)
- Matriz inorgánica, material de relleno o partículas de refuerzo (fase dispersa)
- Agente de conexión (silano). ⁽⁶⁹⁻⁷¹⁾ (Ver figura No 9)

Matriz de resina orgánica (fase continua)

Está compuesta por monómeros de dimetacrilato alifáticos o aromáticos como el Bis-GMA, Dimetacrilato de Uretano (UDMA) y el Trietilenglicol Dimetacrilato (TEGMA); el más utilizado como monómero base es el Bis-GMA junto con el UDMA, pero debido a su elevado peso molecular altera la viscosidad del material complicando la manipulación de la resina, por lo que se sugirió añadir el uso de comonomeros diluyentes de menor peso molecular como el TEDGMA y el Bis-EMA6 (Bisfenol A Polietileno glicol dieter dimetacrilato) para proporcionar fluidez y mejorar la manipulación de material. ^(69,71,74)

Matriz inorgánica, material de relleno o partículas de refuerzo (fase dispersa)

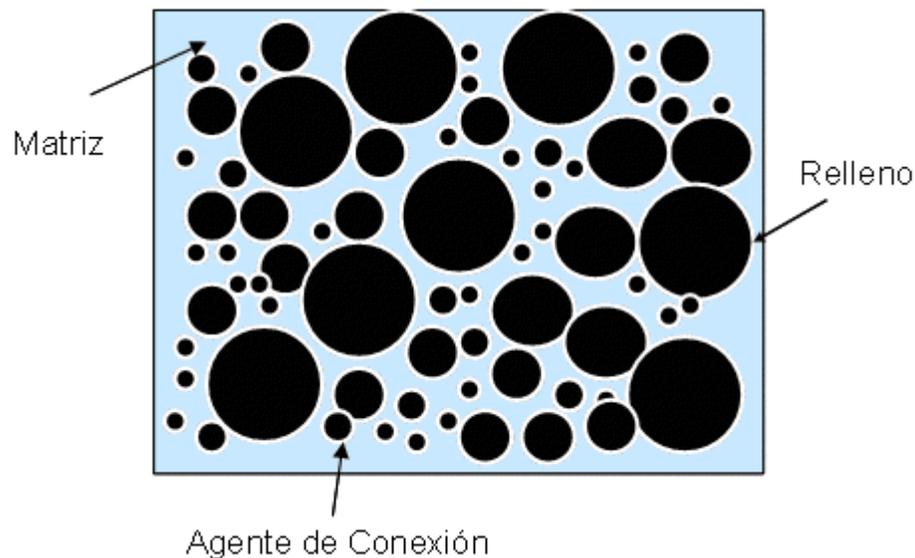
La incorporación de partículas de relleno dentro de la matriz de resina mejora sustancialmente las propiedades del material, su principal propósito es reforzar la resina, mejorando sus propiedades físicas y químicas, como la contracción de polimerización, resistencia al desgaste y a fracturas, hidrofobicidad, resistencia a la compresión y aumento de la radiopacidad; estas propiedades están relacionadas con la distribución del tamaño de las partículas y aumento en la carga del relleno (fracción volumétrica); entre más amplia y gradual es la distribución, menor será la

contracción y mejores serán sus propiedades mecánicas y clínicas. Los avances tecnológicos han permitido obtener resinas compuestas con partículas de relleno cada vez más pequeñas. ^(69,71,75) El nivel de relleno es una de las características más importantes, debido a que este controlara la contracción, determina la resistencia y durabilidad; se sabe que a cuanto mayor sea el nivel de relleno mayor será la fuerza y menor será la contracción. ⁽⁷⁰⁾

Agente de conexión (silano)

El agente de conexión es indispensable, gracias a él es posible que las partículas de relleno y la matriz orgánica se adhieran y las propiedades físicas y mecánicas se optimicen. El agente de acoplamiento más utilizado es el silano debido a que la mayoría de las resinas compuestas disponibles comercialmente contienen un relleno inorgánico basado en sílice. ^(69,71,75)

Figura No 9. Componentes de las resinas compuestas



Fuente: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652008000300026

Propiedades de las resinas compuestas

Contracción de polimerización

El proceso de polimerización interviene negativamente, al provocar que las moléculas de la resina basadas en metacrilatos reduzcan la distancia entre sí. Antes de que el material polimerice se encuentran a 4 nm de distancia, reduciéndose a 1.5 nm después de plastificar suscitando microfiltraciones; a pesar de que todas las resinas compuestas se contraen al polimerizarse en porcentajes mínimos, se siguen haciendo esfuerzos para reducir aún más la contracción de polimerización. ^(73,76)

Se sabe que a mayor peso molecular de los monómeros de la matriz de resina, menor será el porcentaje de contracción, pero como se mencionó anteriormente esto hace que la resina compuesta se vuelva más viscosa provocando dificultades en su manipulación y limitando su adaptación en las paredes de la cavidad sobre todo en clases II. ^(71,73,74)

Rugosidad de superficie

La rugosidad superficial intrínseca de las resinas compuestas debe ser igual o menor que el valor promedio de rugosidad de las áreas de contacto oclusal esmalte-esmalte para evitar que la dimensión vertical se vea afectada, por lo tanto, propiedades como tamaño de partícula, forma, distribución de los tamaños y dureza, desempeñan un papel importante en la resistencia biológica de las restauraciones de resina compuesta. Gracias al tamaño de las partículas del material inorgánico de las resinas de nanorelleno se logra una superficie lisa y altamente pulida que, no solo mejora la apariencia estética, sino reduce el riesgo de adhesión de biofilm,

mantiene una baja afinidad por manchas extrínseca y reduce la fricción y el desgaste de la restauración cuando se encuentre en contacto con el órgano dentario antagonista, esto último se debe a que al deslizarse una superficie dura y rugosa contra otra más blanda se produce un desgaste abrasivo causando una pérdida del material en fragmentos sueltos. (74,77)

El módulo de elasticidad o módulo de Young

El módulo de elasticidad interpreta la rigidez de un material, para las resinas compuestas depende directamente de la cantidad de relleno y del grado de polimerización de la fase matriz, aumentando exponencialmente con el porcentaje de la fracción volumétrica del relleno; un material con bajo módulo de elasticidad se deformará más rápido bajo el estrés masticatorio. (75,77)

Clasificación de las resinas compuestas

En la literatura existen muchas clasificaciones; por el tamaño del relleno, la distribución del relleno, el índice de refracción, la radiopacidad y la dureza del relleno. Nos enfocaremos en la clasificación basada en el tamaño de las partículas de relleno. (72)

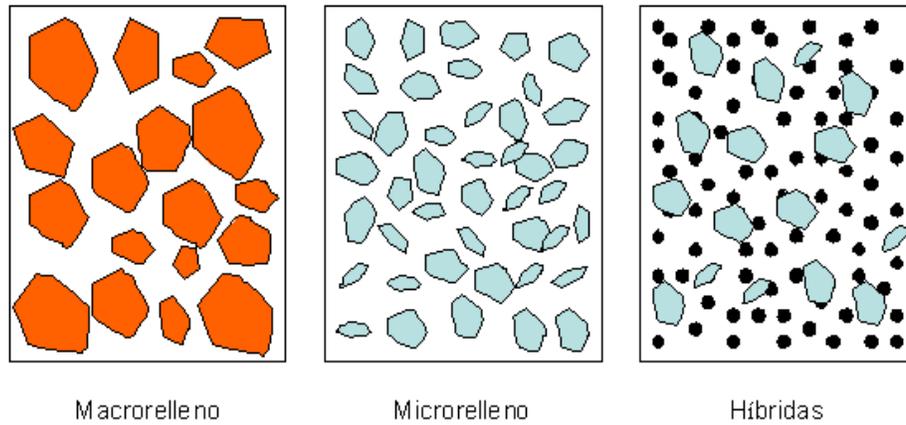
- *Macroparticuladas:* resinas en desuso que se constituían por grandes partículas de relleno, la mayoría de cuarzo y vidrio de estroncio o bario de entre 5 a 100 μm . (69, 71)
- *Microparticuladas:* resinas con tamaño de partícula de material inorgánico entre 0.1 μm y 0.04 μm . La mayoría de los fabricantes de microrelleno adicionan partículas de relleno prepolimerizadas para aumentar la carga de relleno, a pesar de la técnica que se usa para este proceso, las resinas microparticuladas tienen

una carga de relleno menor que las híbridas, lo que las hace más susceptibles al desgaste y a la fractura. (71,73,75)

- *Híbridas*: resinas que contienen diferentes tamaños de partículas de relleno (10-50 μm y con porciones de rellenos de sílice de 40-60 nm), estos tamaños de partícula promedio permiten que las resinas híbridas logren una mayor condensación de sus partículas, siendo uno de los sistemas disponibles con más alto relleno y con estupendas cualidades. (71,73,76) (Ver figura No 10)
- *Microhíbridas*: combinan las características físicas de una resina compuesta híbrida y las características estéticas de las resinas de microrrelleno. El relleno inorgánico de estas resinas está compuesto por partículas cuyo tamaño de grano oscila entre 0,04 μm y 3 μm ; estas resinas compuestas son un intento por incorporar una mayor cantidad de relleno inorgánico, lo cual permite mejorar algunas propiedades de las resinas compuestas. (73,75,76)
- *Nanohíbridas*: resinas con partículas que oscilan entre 1 μm y 40 nm, pero también tienen incorporados de sílice coloidal con tamaño de 40 nm. (71,76)
- *De nanorelleno*: el relleno de estos composites se fabrica usando un proceso de sol-gel, presentan características excelentes y alcanzan niveles altos de condensación, mantienen la resistencia al desgaste de las híbridas, pero son excepcionalmente más lisas. Actualmente un composite con nanopartículas individuales, no se ha logrado elaborar, el relleno inorgánico se forma por partículas individuales y por “nanoclusters”, (Ver figura No 11) estos aglomerados brindan una alta carga de material de relleno haciendo que los composites de nanorelleno sean competitivos con los híbridos, pero con una mejor retención de pulido. (71,73,74)

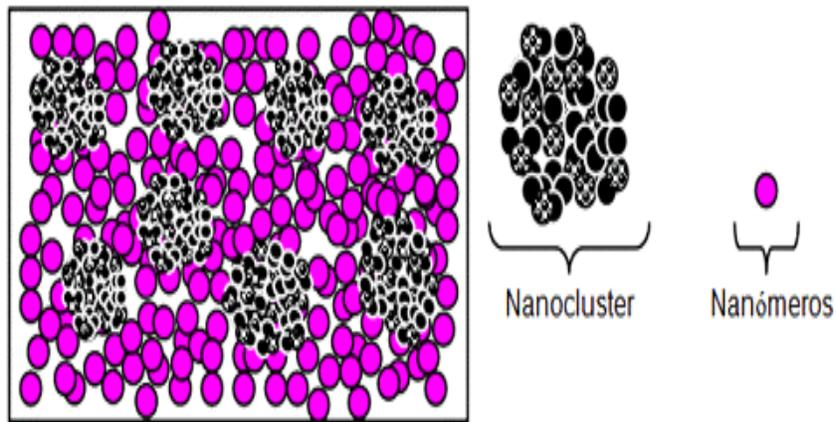
Un ejemplo de estas resinas es 3M® ESPE™ FILTEK™ Z350 XT que se conforma por una combinación de rellenos de sílice no aglomerado/no agregado de 20 nm y nanoclústers de zirconio/sílice (partículas de sílice de 20 nm y de zirconio de 4 a 11 nm); los aglomerados actúan como una sola unidad permitiendo una alta carga de relleno y elevada resistencia. La distribución del relleno (agregados y nanopartículas) ofrecen un alto contenido de carga de hasta el 79.5%. (71,72,74,75)

Figura No 10. Tamaño de partículas de las resinas compuestas



Fuente: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652008000300026

Figura No 11. Disposición de las partículas en una resina de nanorelleno



Fuente: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652008000300026

El excelente pulido en las resinas compuestas se debe gracias al tamaño de partículas del material inorgánico, entre menor es el tamaño mayor será la lisura superficial de la resina perfeccionando sus características estéticas. Una superficie altamente pulida y lisa mejora la apariencia estética de la restauración, reduce el riesgo de adhesión de biofilm, mantiene una baja afinidad por manchas extrínsecas y reduce la fricción y el desgaste de la restauración cuando se encuentre en

contacto con el esmalte antagonista, esto último, se debe a que al deslizarse una superficie dura y rugosa contra otra más blanda se produce un desgaste abrasivo causando una pérdida del material en fragmentos sueltos. (71,74)

Los composites más utilizados actualmente son los nanohíbridos y de nanorelleno, algunos ejemplos de estos son:

- 3M[®] ESPE[™] FILTEK[™] Z250 XT
- 3M[®] ESPE[™] FILTEK[™] Z350 XT
- 3M[®] ESPE[™] FILTEK[™] SUPREME XT
- N`DURANCE[®] (SEPTODONT)
- Tetric[®] N-Ceram (IVOCLAR)
- Herculite[®] Précis (KERR)
- Dentsply TPH3[®]
- Tetric[®] N-Ceram Bulk Fill (IVOCLAR)
- Tetric EvoCeram[®] (IVCOLAR)
- GRANDIO[®] (VOCO)
- Charisma[®] Diamond (KULZER)
- Synergy[®] (COLTENE)

V.5.2 Ionómeros de vidrio

Gracias a sus propiedades, los ionómeros de vidrio son utilizados amplia y eficazmente en odontología.

Ketac™ N100 es un nano-ionómero restaurador fotolopimerizable de 3M ESPE, la compañía ha utilizado la nanotecnología para proporcionar resistencia al desgaste, estética y brillo a este ionómero; se ha podido observar y comprobar a través del AFM superficies lisas de las restauraciones después del pulido de este nano-ionómero. (78)

Figura No 12. Ketac™ N100 Nano Ionómero de vidrio



Fuente: <https://multimedia.3m.com/mws/media/998274P/trial-kit-ketac-n100.jpg>

V.5.3 Selladores de fosetas y fisuras

Las fosetas y fisuras anatómicas de los órganos dentarios son reconocidas como áreas de gran susceptibilidad para que inicie la caries dental; a pesar de que las superficies oclusales constituyen solo el 12% del número total de las superficies dentales, las fosetas y fisuras son aproximadamente ocho veces más vulnerables a la formación de caries que las superficies lisas.

Los selladores de foseetas y fisuras a base de resinas fluidas, son compuestos que se caracterizan por tener en su composición la presencia de nanopartículas llamadas “nanoclusters”, formados por partículas de zirconia/sílica o nanosílica, tratados con silano para lograr entrelazarse con la resina. ⁽⁷⁹⁾

En la búsqueda del material ideal, surgen los selladores de foseetas y fisuras con partículas inorgánicas de nanorelleno, su tamaño provee como principal ventaja, el aumento del porcentaje de relleno, con el fin de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. ⁽⁸⁰⁾

También se ha demostrado que, a mayor concentración de partículas de nanorelleno, mayor dureza, resistencia a la abrasión y resistencia mecánica.

Un estudio realizado por la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, el sellador de foseetas y fisuras con partículas de nanorelleno Grandio[®] Seal fue significativamente mejor que los selladores de foseetas y fisuras sin partículas de nanorelleno como Ultra Seal XT[®] plus y Hesiioseal[®] F. ⁽⁸⁰⁾

Grandio[®] Seal es un sellador de fisuras fotopolimerizable muy fluido, por lo tanto, evita la formación de burbujas de aire de sistemas basados en composite con baja fluidez y rellenos tradicionales, además presenta un contenido de nanorelleno de más del 70% lo que le confiere ser un sellador más resistente a la abrasión. ⁽⁸¹⁾

V.5.4 Adhesivos

La importancia dada a los procedimientos restauradores adhesivos aumenta cada día, una falla en el procedimiento adhesivo afecta brutalmente cualquier restauración; teniendo en cuenta esto, sabemos que no es suficiente realizar una restauración visualmente correcta, si esta no cumple una función adecuada. En los últimos años se han desarrollado sistemas adhesivos biocompatibles que ayudan a contrarrestar los desafíos encontrados en el ambiente bucal y disminuyan las dificultades que impiden lograr una adecuada adhesión a la estructura dental.

Adhesive Dental 3M Adper Single Bond Plus Adhesive® es un adhesivo hecho con nanopartículas de silicio para formar uniones más fuertes entre el remanente dentario y las restauraciones dentales, cerámicas o resinas. El tamaño de las nanopartículas de este adhesivo es de 5 nanómetros de diámetro, son tratadas con silano incorporándose al adhesivo, evitando la aglomeración, lo que significa que no deberá agitarse el adhesivo al momento de usarse. Otro beneficio de la incorporación de nanorelleno en un adhesivo, es que aumenta su viscosidad y disminuye su escurrimiento. ^(82,83)

Sobre los sistemas adhesivos con nanorelleno, existen pocas investigaciones que avalen sus ventajas con respecto a sistemas adhesivos convencionales o sólo existen datos de laboratorio obtenidos por los mismos fabricantes de los sistemas adhesivos.

V.6 Endodoncia

El progreso científico y tecnológico en el área de la endodoncia ha aumentado significativamente la posibilidad de conservar en óptimas condiciones los órganos dentarios en la cavidad bucal por más tiempo.

Como ya se mencionó, las AgNPs poseen la característica de ser bactericidas, fungicidas, antivirales, con gran estabilidad química, actividad catalítica y su aplicación biomédica va en aumento. ⁽⁸⁴⁾

La incorporación de AgNPs a la gutapercha, podría disminuir la cantidad de bacterias que se localizan en los conductos radiculares después de ser obturados, de esta manera, se prevendría la recolonización bacteriana y la recontaminación de los conductos. ⁽⁸⁵⁾

Otro elemento utilizado en endodoncia que alude el término “nano” es el Nano-Brush™, un dispositivo innovador que penetra a fondo en el conducto radicular, esto posibilita la aplicación de los biomateriales con una mayor precisión. Gracias a sus fibras sin pelusa logra una mejor limpieza de las capas de barrillo dentinario del conducto, el material flexible con el que está hecho hace que su eje aplicador pueda doblarse en cualquier ángulo, haciendo que la práctica endodóntica sea más simple y eficiente. ⁽⁸⁶⁾

V.7 Periodoncia e Implantología

La implantología es favorecida con la introducción de nanoinjertos y nanohuesos, con características biomiméticas que simulan la estructura y composición de los tejidos dañados; por ejemplo, NanoBone® un material sintetizado a partir del proceso sol-gel, que ha demostrado tener un gran potencial osteoinductor y osteoconductor. ^(56,87)

En Reino Unido, investigadores han desarrollado un nanorevestimiento de plata, hidroxiapatita y óxido de titanio adherido a los implantes dentales, gracias a este revestimiento puede inhibirse el crecimiento bacteriano, evitando la formación de biofilm sobre la superficie del implante, y reducir la posibilidad de padecer una periimplantitis. ⁽⁸⁸⁾

Una de las ramas de la medicina que actualmente tiene un papel importante en odontología es la ingeniería de tejidos, cuya finalidad, es la reparación y regeneración de tejidos y órganos dañados; se guía principalmente de tres elementos: células madre, inductores o biomoléculas y andamios (scaffolds), estos últimos deben ser biocompatibles y biodegradables. (Ver figura No 13). Las células son sembradas en los andamios tridimensionales, y con ayuda de inductores o factores de crecimiento se promueven la diferenciación y crecimiento celular. ^(33,89,90)

El papel que aquí juega la nanotecnología es en la síntesis de los andamios; estos materiales nanoestructurados se elaboran a partir de las técnicas top-down y bottom-up, así como también se pueden sintetizar con la técnica sol-gel; los scaffolds derivados del proceso sol-gel tienen una arquitectura porosa necesaria

para la difusión de nutrientes y para la remoción de desechos metabólicos como resultado de la actividad celular. (89,91)

Figura No 13. Elementos básicos en la ingeniería de tejidos



Fuente: https://www.sebbm.es/index.php/ES/divulgacion-ciencia-para-todos_10/biomateriales-hacia-la-ingenieria-tisular-premio-nacional-de-investigacion-2008_467

V.8 Ortodoncia

En esta área de la odontología, la nanotecnología aún no logra adentrarse lo suficiente, sin embargo, se han descrito diferentes alternativas para lograr mejores resultados ortodóncicos, por ejemplo, se menciona que el uso de brackets convencionales podría ser remplazado por nanorobots programados para controlar la respuesta biomecánica del hueso y del ligamento periodontal, consiguiendo un movimiento dental más rápido. (54,56)

Entre las complicaciones más importantes del tratamiento de ortodoncia fija, se encuentra la desmineralización del esmalte, puesto que la aparatología fija ortodóncica facilita la acumulación de biofilm aumentando el recuento bacteriano; las AgNPs incorporadas en el adhesivo de uso ortodóncico, reducen esta problemática, mostrando un efecto bactericida, así como una ligera citotoxicidad. ⁽⁹²⁾

Las AgNPs también han sido aplicadas en arcos de ortodoncia de nitinol a través de una inducción corrosiva que permite obtener una superficie metálica porosa para lograr la unión con las AgNPs; esto se ha llevado a cabo con el propósito de inhibir el crecimiento bacteriano durante el tratamiento de ortodoncia, y que generalmente afecta la estética de los órganos dentarios. Sin embargo, se requieren realizar más estudios que permitan observar el daño que los ácidos utilizados en este tratamiento puedan originar, todo esto con la finalidad de generar tecnología eficaz y que pueda ser utilizada en la clínica de manera eficiente. ^(93,94)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como sabemos, la nanociencia estudia los fenómenos que ocurren a escala nanométrica y la nanotecnología se ocupa de la manipulación, diseño, caracterización y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas funcionales a nanoescala, que al encontrarse en dimensiones entre 1 y 100 nanómetros intensifican sus propiedades. La nanotecnología proporciona herramientas, técnicas e infinitas aplicaciones que impactan a la sociedad.

En medicina la nanotecnología se ha enfocado en la fabricación de dispositivos nanométricos para mejorar la salud, apoyando en el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de diversas enfermedades.

En virtud de que la nanociencia y la nanotecnología son la actualidad científico tecnológica y su aplicación es altamente utilizada en el área de la salud, la odontología requiere de su conocimiento y aplicación en sus diversas ramas, con el objetivo de progresar y brindar mejores beneficios a los pacientes.

En este sentido, la pregunta que guía la presente investigación es:

¿Cuál es la aplicación de la nanociencia y la nanotecnología en odontología, 2019?

OBJETIVO

Realizar un revisión bibliográfica, hemerográfica y electrónica sobre las aplicaciones de la nanociencia y nanotecnología en odontología, 2019.

MATERIAL Y MÉTODO

Tipo de Estudio

El presente es un estudio descriptivo y de revisión bibliográfica.

Técnica

- Se realizó la búsqueda de la información científica de manera ordenada y sistematizada en bibliotecas y sitios de internet.
- Se consultaron fuentes primarias y secundarias con datos emitidos en medios públicos y privados.
- La recolección de la información se hizo en la biblioteca de Campus I de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM y en la Biblioteca de Campus Aeropuerto de la Universidad Autónoma de Querétaro.
- La recopilación de la información fue de tipo heurística, referente a la nanociencia y nanotecnología y su aplicación en diversas áreas del conocimiento.
- Se hizo un análisis hermenéutico para determinar la importancia y relevancia de la bibliografía consultada relacionada a la aplicación de la nanociencia y nanotecnología en odontología.
- Los instrumentos para el registro de la información fueron fichas bibliográficas o de identificación y fichas de trabajo o de investigación.

Recursos

Humanos

Tesista: Adriana Estephany Espejel Pineda

Directora de tesis: Mtra. En S.P. Josefina Morales Vázquez

Asesora de tesis: Dra. en C. Ana Lilia Higuera Olivo

Asesor de tesis: Mtro. en C.O. Edgar Esquivel Fabián

Materiales

- LAPTOP LENOVO-106QADIR. Intel® Celeron® CPU N3350 @ 1.10GHz
1.10GHz.
- Libreta de apuntes de 100 hojas marca Scribe
- 1 bolígrafo tinta negra
- 1 bolígrafo tinta azul
- 1 lápiz de 2.0
- 1 goma
- 3 marca textos
- Hojas y fichas de trabajo.

Físicos

- Biblioteca de la Facultad de Estudios Zaragoza Campus I
- Biblioteca de Campus Aeropuerto de la Universidad Autónoma de Querétaro

Financieros

\$10, 000. Solventados por la tesista.

CONCLUSIÓN

Los proyectos tecnológicos que hace algunos años se consideraban imposibles, en la actualidad pueden realizarse gracias a los avances en la nanociencia y la nanotecnología. Aunque el uso de nanomateriales no se ha generalizado por discusiones bioéticas o por falta de recursos, en algunas áreas se han logrado reducir las complicaciones en su uso.

Una de las disciplinas que más ha apostado por la experimentación y el uso de nanomateriales y nanopartículas es la medicina y todos sus campos y ramas asociadas.

Como parte de las ramas médicas, la odontología se ha beneficiado de estos avances y ha podido perfeccionar diversas áreas para mejorar la eficiencia y eficiencia de los procedimientos, tratamientos y prácticas más comunes; se ha utilizado en odontología restauradora y preventiva, ortodoncia, endodoncia, implantología y periodoncia.

Debido a que el tratamiento de caries y de padecimientos dentales, como hipersensibilidad y gingivitis, son una parte prioritaria en el desarrollo de tratamiento de odontología a nivel mundial, se han desarrollado tratamientos más rápidos, duraderos y efectivos a partir de la nanotecnología, por ejemplo, se ha destacado el uso de nanopartículas de hidroxiapatita para el tratamiento de la hipersensibilidad y el uso de nanopartículas de plata para la inhibición de bacterias y agentes externos causantes del desgaste dental. Asimismo, los avances en la manipulación de materiales y sustancias han permitido que se desarrollen anestésicos más efectivos,

que también puedan ser usados con fines terapéuticos para otros padecimientos menos comunes, como el cáncer bucal.

La nanotecnología ha permitido el desarrollo de la medicina en distintos niveles, principalmente en las áreas de diagnóstico, tratamiento, restauración y prevención, que es en lo que la mayor parte de los investigadores coinciden. En estos casos destaca la creación de biomateriales para la confección de implantes y resinas compuestas resistentes al desgaste y a los agentes microbianos, el uso de nanorobots para el transporte de anestésicos o medicamentos a lugares específicos y en la manipulación de tejidos y ligamentos a nanoescala para procedimientos regenerativos, ortodónticos y estéticos.

Sin embargo, cabe destacar que la literatura sobre los avances de la nanotecnología en odontología no ahonda en las innovaciones del instrumental quirúrgico y equipo odontológico.

A pesar del panorama actual, disciplinas como la odontología han logrado avances significativos en el tratamiento de padecimientos comunes con un mínimo de efectos secundarios y ha demostrado que es posible, incluso, dar un uso terapéutico a estos avances al disminuir los riesgos y el dolor de las intervenciones dentales.

En el futuro, se espera que los descubrimientos nanotecnológicos ayuden a garantizar la accesibilidad de los servicios odontológicos a toda la población.

PROPUESTAS

Al ser un tema con escasa bibliografía, propongo realizar una investigación exhausta sobre los usos y aplicaciones de la nanociencia y nanotecnología en odontología con apoyo de expertos en el tema.

Realizar un estudio experimental de los biomateriales dentales en los que se ha aplicado la nanociencia y nanotecnología.

Difundir los conocimientos de nanociencia y nanotecnología en los diferentes módulos de la carrera de Cirujano Dentista para que los alumnos y docentes ahonden en el tema y amplíen sus conocimientos.

Sensibilizar al Cirujano Dentista desde los aspectos bioéticos sobre el uso y aplicación de esta tecnología en los que puede estar involucrado sin tener previo conocimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. López GTM. Nanotecnología y nanomedicina: la ciencia del futuro... hoy. México D.F., México: Arkhé Ediciones; 2011. 12-34,55-66.
2. Briones LIC, Casero JE, Martín GJA, Serena DPA. Nanociencia Y Nanotecnología Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro. FECYT. [Internet]. [27 Agosto 2018]; 20-39,47-65,78-85,96-103,189-198. Disponible en: <file:///C:/Users/adria/Downloads/udnano.pdf>.
3. Chiari G, Giustetto R, Carson D. Azul maya: una maravillosa nanotecnología precolombina. Boletín de Monumentos Históricos. [Internet]. 2008; (12): 40-42; Disponible en: <http://boletin-cnmh.inah.gob.mx/boletin/boletines/3EV12P39.pdf>
4. Oliva MJM. Copa de licurgo: cuando ciencia y arte se dan la mano para hacer historia. [Internet]. [27 Agosto 2018]; 1-2. Disponible en: https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqlla/documentos/JM_Oliva.pdf
5. Agrawal DC. Introduction to Nanocience and Nanomaterials. USA: World Scientific; 2013. 1-8, 273-250, 377-30.
6. Hornyak GL, Moore JJ, Tibbals HF, Dutta J. Fundamentals of Nanotechnology. US: Taylor & Francis Group; 2009. 4-10, 269-270, 617-627.
7. Bhushan B. Nanotechnology. 3rd Edition. USA: Springer; 2010. 1-5.
8. Quintili M. Nanociencia y Nanotecnología... un mundo pequeño .Cuad. Cent. Estud. Diseño Común. [Internet]. 2012. [10 Septiembre 2018]; (42): 126-127. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/ccedce/n42/n42a10.pdf>
9. Bassioux M, Bassioux VA. Microscopía de barrido de efecto túnel: ojos y dedos para nano. Mundo Nano. [Internet]. 2010. [03 Octubre 2018]; 3 (2): 101-108. Disponible en: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/nano/article/viewFile/52225/46522%C3%A7>
10. Salas VE, Schanabel PD. De los micrómetros a los picómetros: evolución de las técnicas de microscopía para el estudio de nanomateriales. Nano Mundo. [Internet]. 2018. [22 Marzo 2019]; 12 (23): 74-77. Disponible en: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/nano/article/view/67334/61246>
11. Cao G, Wang Y. Nanostructures and Nanomaterials. 2nd Edition. USA: World Scientific. 2011. 1-12, 297-300, 333-350, 509-513.
12. Nazario M. Sobre Fullerenos, Nanotubos de Carbono Y Grafenos. ARBOR. [Internet]. 2011. [29 Septiembre 2018]; 115-118. Disponible en: [file:///C:/Users/adria/Downloads/1254-1256-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/adria/Downloads/1254-1256-1-PB%20(1).pdf)

13. Camarillo AE, Blome FR, Castellanos API, Campos DJ. Mitos y realidades de la nanotecnología en México. *Mundo Nano*. [Internet]. 2019. [24 Mayo 2019]; Vol. 12(22):78. Disponible en: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/nano/article/view/65023/59153>
14. Hulla JE, Sahu SC, Hayes AW. *Nanotechnology: History and future*. SAGE. [Internet]. 2015. [08 Septiembre 2018]; 34 (12): 1318–1321. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0960327115603588>
15. La inmensidad de lo mínimo. Grupo ETC. [Internet]. [10 Septiembre 2018]; 34. Disponible en: https://mx.boell.org/sites/default/files/de_los_genomas_a_los_atomos.pdf
16. Foster LE. *Nanotechnology*. US. Pearson Education, Inc; 2006. 141-162, 172-179.
17. Rodríguez VA. *Grafeno: Síntesis, propiedades y aplicaciones biomédicas*. [Internet]. Madrid: Facultad de Farmacia de Universidad Complutense; 2016. [29 Septiembre 2018]. 10-14. Disponible en: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ALBA%20RODRIGUEZ%20VILLALON.pdf>
18. Salvidar LC. *El grafeno. Propiedades y aplicaciones*: [Internet]. 2017 [10 Octubre 2019]. 3-5 Disponible en: <http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/grafeno.pdf>
19. Meinguer LJ. La comunicación de la nanotecnología del carbono como una herramienta para impulsar el pensamiento crítico en la educación química preuniversitaria. *Nano Mundo*. [Internet]. 2019. [22 Abril 2019]; 12 (22): 4. Disponible en: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/nano/article/view/61953/58975>
20. Linares JE. *Ética y mundo tecnológico*. México: Fondo de la Cultura Económica; 2008. 365-448
21. Cantú MP. *Bioética e investigación en Salud*. México: Trillas; 2010. 29-31
22. León CF. *Fundamentos y principios de bioética clínica, institucional y social*. *Acta Bioethica*. [Internet]. 2009. [12 Octubre 2019]; 15 (1): 70-78. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/abioeth/v15n1/art09.pdf>
23. Gómez SI. *Principios básicos de bioética*. *Rev Per Ginecol Obstet*. [Internet]. 2009. [14 Octubre 2019]; 55: 230-233. Disponible en: <http://www.spog.org.pe/web/revista/index.php/RPGO/article/view/297/268>

24. Álvarez DJ. Retos de la bioética en la medicina del siglo XXI. Simposio: ética bioética y medicina. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública. [Internet]. 2011. [14 Octubre 2019]; 28(4): 657-659. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v28n4/a14v28n4.pdf>
25. Páez R. Pautas Bioéticas. La industria farmacéutica entre la ciencia y el mercado. México: Fondo de la Cultura Económica; 2015.
26. Palacios CD. Implicaciones éticas del uso de la técnica y la tecnología en la aplicación de cuidados. Rev. Cubana Enfermer. [Internet]. 2008. [16 Octubre 2019]; 24(1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192008000100007
27. Toma HE. Ética e humanismo em nanotecnologia. Parcerias Estratégicas. [Internet]. 2004. [13 Octubre 2019]. 89-91. Disponible en: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/135/129
28. Pedroza CL. La Bioética como base para construir ciencia, tecnología, humanismo y el cuidado de "Lo Otro". . [Internet]. 2016. [14 Octubre 2019]; 5 (2): 33-37. Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/EN-Clave/article/view/1387/1147>
29. Álvarez DJ. Aspectos éticos de la nanotecnología en la atención a la salud. [Internet]. Ciudad de México. Universidad Autónoma Metropolitana. 2016. [13 Octubre 2019]: 116-120, 148-152. Disponible en: <http://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/nanotecnologia.pdf>
30. Carlo R. La ética frente a las nanociencias y nanotecnologías. Argumentos. [Internet]. 2013. [18 Septiembre 2019]; 26 (74): 201-205. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/595/59531060011.pdf>
31. Pájaro CN, Olivero VJ, Redondo PJ. Nanotecnología aplicada a la medicina. Revista Científica Guillermo de Ockham [Internet]. 2013. [18 Junio 2019]; 11 (1): 125-130. Disponible en: <http://revistas.usbboq.edu.co/index.php/GuillermoOckham/article/view/606/406>
32. Vázquez MR, Huerta S.A. Toxicidad de los nanomateriales de interés biomédico en los sistemas biológicos. Nano mundo. [Internet]. 2018. [04 Febrero 2019]; 11 (20): 65-72. Disponible en: <http://www.mundonano.unam.mx/ojs/index.php/nano/article/view/62715/57397>
33. Morales ND. Ingeniería tisular como puntal de la medicina regenerativa en estomatología. Rev. Cubana Estomatol. [Internet]. 2014. [22 Abril 2019]; 51 (3): 289-

299. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072014000300006
34. Martínez HR, Abdala HM, Treviño E, Garza G, Pozas A, Rivera G. Aplicación de la nanotecnología en odontología: nano-odontología. Revista CES Odontología. [Internet]. 2011. [1 Enero 2019]; 24 (2): 87-89. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ceso/v24n2/v24n2a10.pdf>
35. Cantín LM, Vilos OC, Suazo GI. Nanodentistry: the Future of Dentistry Based on Nanotechnology Systems. Int. J. Odontostomat. [Internet]. 2010. [19 Noviembre 2019]; 4 (2): 127-120. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijodontos/v4n2/art05.pdf>
36. Saldivar TL. Regulando la nanotecnología. Mundo Nano. [Internet]. 2019. [06 Octubre 2019]; 12 (22): 38-50. Disponible en: <http://www.mundonano.unam.mx/ojs/index.php/nano/article/view/63140/59081>
37. Las nanotecnologías en el CENAM. Centro Nacional de Metrología (CENAM). . [Internet]. 2019. [18 Noviembre 2019]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cenam/es/articulos/las-nanotecnologia-en-el-cenam?idiom=es>
38. Herrera MA, Aguilera CL, Manjarrez E, González PM. Sistemas Nanoelectromecánicos: Origen, Aplicaciones y Desafíos. Interciencia. [Internet]. 2010. [06 Noviembre 2018]; 35 (3): 163-166. Disponible en: <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/163-HERRERA-8.pdf>
39. Alonso GB, López MA, Rodríguez LC, Lázaro LD. La nanotecnología a 40 años de su aparición: logros y tendencias. Ingenierías. [Internet]. 2015. [05 Noviembre 2018]; 18 (66): 13-21. Disponible en: http://eprints.uanl.mx/10563/1/66_la_nanotecnologia.pdf
40. Quispe CV. Aplicaciones industriales de la nanotecnología. Revista de Información Tecnológica y Sociedad. [Internet]. [03 Noviembre 2018]; 58-61. Disponible en: <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rits/n5/n5a16.pdf>
41. García GD, Garza NM, Cienfuegos PR, Chávez GL. Aplicaciones de la nanotecnología en fuentes alternas de energía. Ingenierías. [Internet]. 2010. [22 Noviembre 2018]; 13 (49): 53-60. Disponible en: http://eprints.uanl.mx/10439/1/49_Aplicaciones.pdf
42. Castillo LJ. Filtro domiciliario de arena y carbón activado para la pereira parroquia la avanzada cantón Santa Rosa provincia de el oro. [Tesis de Licenciatura]. Ecuador: Universidad Técnica de Machala; 2015. 4-6.

43. Moncada AE. Nanotecnología, aplicaciones en embalajes para alimentos y productos farmacéuticos. VITAE Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. [Internet]. 2007. [12 Abril 2019]; 14 (2): 115-118. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169815389015.pdf>
44. Nanotecnología para el envasado de alimentos. [Internet]. 2018. [03 Abril 2019]. Disponible en: <http://www.packaging.enfasis.com/notas/80820-nanotecnologia-el-ensado-alimentos->
45. Ojeda GA, Arias GA, Sgroppo SC. Nanotecnología y su aplicación en alimentos. Nano mundo. Internet]. 2019. [18 Noviembre 2019]; 12 (23): 1-9. Disponible en: <http://www.mundonano.unam.mx/ojs/index.php/nano/article/view/67747/61416>
46. Isaza GM. El sorprendente efecto de un helado paisa hecho con residuos de banano. [Internet]. 2018. [22 Febrero 2019]. Disponible en: <https://elcolombiano.com/tecnologia/ciencia/helado-con-nanofibras-de-banano-que-se-demora-en-descongelar-JF8755281>
47. Delgado GC. Nanotecnología y producción de alimentos: impactos económicos, sociales y ambientales. Estud. Soc. [Internet]. 2009. [26 Abril 2019]; 17 (34): 189-196. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/estsoc/v17n34/v17n34a7.pdf>
48. Cuadros CM, Llanos MA, Villegas PR. Nanotecnología en Medicina. Informe de síntesis de tecnología emergente. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía. [Internet]. 2007. [11 Febrero 2019]. Disponible en: <http://www.nanoporundia.org/web/wp-content/uploads/2014/03/Nanotecnolog%C3%ADa-en-medicina.pdf>
49. Robles LV. Nanotecnología Farmacéutica. Departamento de Farmacia de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional de México. completa [Internet]. [16 Enero 2018]; 3-17. Disponible en: <http://www.razonypalabra.org.mx/N/n68/9Villafuerte.pdf>
50. Guerrero AH. La Nanotecnología farmacéutica es una realidad. Dom. Cien. [Internet]. 2017. [29 Abril 2019]; 3 (2): 530-536. Disponible en: <file:///C:/Users/adria/Downloads/Dialnet-LaNanotecnologiaFarmaceuticaEsUnaRealidad-6325874.pdf>
51. López GTM, Rodríguez PCE, Álvarez CR. Uso de la nanopartícula de SiO₂-TiO₂ en el tratamiento de úlceras en pie diabético: comunicación preliminar. Novedades en medicina. [Internet]. 2015. [22 Noviembre 2018]; 58 (3): 5-10. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2015/un153b.pdf>

52. Bahamonde ND, Molina PA, Cantin MM, Zepeda K, Vilos C. Polymeric nanoparticles in dermocosmetic. *International Journal of Morphology*. [Internet]. 2015. [03 Junio 2019]; 33 (4): 1553-1566. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v33n4/art61.pdf>
53. Miñana PR. *Nanosistemas avanzados para aplicaciones dermatológicas*. [Internet]. Barcelona, España: Universitat Autònoma de Barcelona; 2017. [03 Junio 2019]; 52-58. Disponible en: <https://ddd.uab.cat/record/187664>
54. De la Fuente HJ, Álvarez PMA, Sifuentes VMC. Uso de nuevas tecnologías en odontología. *Revista Odontológica Mexicana*. [Internet]. 2011. [04 Noviembre 2018]; 15 (3); 157-162. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/odon/uo-2011/uo113d.pdf>
55. Martínez HR, Abdala HM, Treviño E, Garza G, Pozas A, Rivera G. Aplicación de la nanotecnología en odontología: Nano-odontología. *Revista CES Odontología*. [Internet]. 2011. [05 Noviembre 2018]; 24 (2): 87-90. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ceso/v24n2/v24n2a10.pdf>
56. De la Paz ST, García AC, Pérez EY. Logros y perspectivas de las nanotecnologías en estomatología. *Rev. Elec. Dr. E. Marinello Vidaurreta*. [Internet]. 2015. [16 Noviembre 2018]. 41 (1): 1-5. Disponible en: http://revzoilomarinello.sld.cu/index.php/zmv/article/viewFile/354/pdf_235
57. Los rayos X entran en una nueva era con la aplicación de la nanotecnología. . [Internet]. 2019. [19 Agosto 2019]. Disponible en: <https://www.carestream.com/blog/2019/01/22/tecnologia-de-nanotubos-de-carbono-en-imagenes-medicas/>
58. Sistema radiográfico utiliza tecnología con nanotubos de carbono. [Internet]. 2017. [19 Agosto 2019]. Disponible en: <https://www.itsos.com.ar/noticia/12/sistema-radiografico-utiliza-tecnologia-con-nanotubos-de-carbono>
59. Ávalos A, Haza AI, Mateo D, Morales P. Nanopartículas de plata: aplicaciones y riesgos tóxicos para la salud humana y el medio ambiente. *RCCV*. [Internet]2013. [24 Marzo 2019]; 7 (2): 3-16. Disponible en: [file:///C:/Users/adria/Downloads/43408-Texto%20del%20art%C3%ADculo-65510-1-10-20131203%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/adria/Downloads/43408-Texto%20del%20art%C3%ADculo-65510-1-10-20131203%20(3).pdf)
60. Castro BUD, Flores LMG, García HJ, Alavez RSL. Esterilización con nanotecnología en Odontología. *Odontología Vital*. [Internet]. 2016. [17 Enero 2019]; 2 (25): 10-14. Disponible en: <www.scielo.sa.cr/pdf/odov/n25/1659-0775-odov-25-00009.pdf>

61. Cruz BA. Así nació en México una “innovación disruptiva”. [Internet]. 2016. [18 Enero 2019]. Disponible en: <https://www.mipatente.com/asi-nacio-en-mexico-una-innovacion-disruptiva/>
62. León GG, León GS, Arteaga LP. Estudio in vitro para la determinación del tiempo de contacto efectivo para la eliminación de bacterias, hongos y esporas de la nanopartícula Nbelyax cuando es empleada como desinfectante. Revista de Innovación Sistemática. [Internet]. 2017. [24 Mayo 2018]; 1 (4): 51-53 Disponible en: https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Innovacion_Sistemica/vol1num4/Revista_de_Innovacion_Sistem%C3%A1tica_V1_N4_6.pdf
63. García RR. La nano-biomolécula que podría salvar a la humanidad. [Internet]. 2015. [24 Noviembre 2018]. Disponible en: <https://social.shorthand.com/SNOFT/ugZnVagksn/la-nano-biomolecula-que-podria-salvar-a-la-humanidad>
64. Nanopartícula Nbelyax. [Internet]. 2016. [17 Enero 2019]. Disponible en: <espacio.fese.mx/nanoparticulo-nbelyax-podria-ser-la-cura/>
65. Los beneficios de las nanopartículas de hidroxiapatita. DENTAID. [Internet]. 2012. [20 Junio 2019]; 5-9. Disponible en: https://www.dentaid.com/uploads/resources/3_05062013162521_expertise_111.pdf
66. Pasta dental bio salud. Eion®. [Internet]. [16 Enero 2019]. Disponible en: <http://www.sinolab.com.mx/pasta.html>
67. Enjuague bucal. Eion®. [Internet]. [16 Enero 2019]. Disponible en: <http://sinolab.com.mx/enjuague.html>
68. Abiodun-Solanke IMF. La nanotecnología y su aplicación en odontología. Ann Med Health Sci Res. [Internet]. 2014. [03 Noviembre 2018]; 4 (3): 171-177. Disponible en: <https://translate.google.com.mx/translate?hl=es-419&sl=en&u=https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4212373/&prev=search>
69. Anusavice KJ. PHILLIS Ciencia de los materiales dentales. 11ª edición. España: Elsevier; 2004. 399-410, 417-432.
70. Freedman G. Odontología estética contemporánea. USA; AMOLCA: 2012. 33-45.
71. Salazar FA. Odontología estética. El arte de la perfección. Brasil: Camara Brasileira do Livro. 2009. 61-72.
72. Henostroza HG. adhesión en odontología restauradora. 2ª ed. España: Ripano Editorial Medica; 2010. 239-242.

73. Monteza IS. Resistencia flexural de una resina compuesta nanohíbrida sometida a técnicas de termopolimerización adicional. [Tesis de licenciatura] Ecuador: Universidad Nacional de Loja; 2018. 7-19.
74. Filtek™ Z350 XT. Restaurador universal. Perfil técnico del producto. 3M ESPE. [Internet]. [03 Noviembre 2018]. Disponible en: <http://multimedia.3m.com/mws/media/725177O/tpp-filtek-z350-xt.pdf>
75. Santa Cruz HYM. Resistencia Flexural de una resina de nanopartículas utilizando dos técnicas de polimerización con luz emitida por diodos. [Tesis de Licenciatura]. Perú: Universidad de San Martín de Porres; 2011. 12-27.
76. Restrepo LIJ. Influencia del espesor de tres resinas compuestas translúcidas de diferente tonalidad sobre la luminosidad. [Tesis]. España: Universidad Complutense de Madrid; 2014. 3-8.
77. Barateri LN et al. Restauraciones Adhesivas directas en Dientes Anteriores Fracturados. 2ª Edición. Brasil: Livraria Santos Editor Ltda; 2004. 75-96.
78. Ketac™ N100. Nano-ionómero restaurador fotopolimerizable. 3M ESPE. [Internet]. [06 Noviembre 2018]. Disponible en: [file:///C:/Users/adria/Downloads/multimedia%20\(9\).pdf](file:///C:/Users/adria/Downloads/multimedia%20(9).pdf)
79. Arrieta BAN, Zamora ZMY. Comparación del efecto del uso de tres materiales resinosos en la microfiltración marginal de sellantes de fosas y fisuras in vitro. [Tesis de Licenciatura]. Perú; 2018. 10-24.
80. Padilla II, Hernández HI, Maldonado RMA, Padilla CJ, Luna DJH, Oliver PR. Evaluación in vitro de la fuerza de adhesión de selladores de fosetas y fisuras con diferentes partículas de relleno. Rev AMOP. [Internet]. 2018. [30 Enero 2019]; 30 (1): 4-8. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/324900637_Evaluacion_in_vitro_de_la_fuerza_de_adhesion_de_selladores_de_fosetas_y_fisuras_con_diferentes_particulas_de_relleno
81. Las partículas más pequeñas para el mejor resultado. Grandio Seal. VOCO. [29 Enero 2019]. https://www.voco.dental/es/portaldato/1/resources/products/folders/es/grandio-seal_fol_es.pdf
82. Gutiérrez WCE. Las nanopartículas, pequeñas estructuras con gran potencial. Contacto Nuclear. [Internet]. [24 Enero 2019]. Disponible en: <http://inin.gob.mx/publicaciones/documentospdf/39%20NANOPARTICULAS.pdf>

83. Adper™ Single Bond Plus Adhesive. Technical product profile. 3M ESPE. [Internet]. [23 Junio 2019]. Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/2742440/3m-adper-single-bond-plus-adhesive-technical-product-profile.pdf>
84. Cardoso PC. Nanopartículas de plata: obtención, utilización como antimicrobiano e impacto en el área de la salud. Rev. Hosp. Niños . [Internet]. 2016. [24 Mayo 2018]; 58 (260): 19-17. Disponible en: <http://revistapediatria.com.ar/wp-content/uploads/2016/04/260-Nanoparti%CC%81culas-de-plata.pdf>
85. Jardón REA. Biosíntesis de nanopartículas de plata con Syzygium aromaticum sobre gutapercha endodóntica y determinación de efecto antimicrobiano. [Tesis de Maestría]. México: Universidad Autónoma del Estado de México. 2017. 6-12.
86. Nano-Brush™ Disposable Anatomically Sensitive Endo Applicator. Denbur, Inc. [Internet]. [19 Octubre 2019]. Disponible en: http://www.denbur.com/files/NanoBrush_Brochure_120711.pdf
87. NanoBone®. Formación ósea rápida y completa [Internet]. [26 Noviembre 2019]. Disponible en: <https://intra-lock.es/nano-bone/pdf/nanobone.pdf>
88. Nuevo nanorrevestimiento de plata, hidroxiapatita y titanio con capacidad antibacteriana para implantes. MX Maxilaris. [Internet]. [03 Febrero 2019]. Disponible en: <https://odontologiareport.com/disenan-nanoparticulo-con-capacidad-antibacteriana-para-implantes/>
89. Amalvy J. Nanotecnología e ingeniería de tejidos. Ciencia e investigación. [Internet]. 2013. [26 Noviembre 2019]; 63 (3): 37-40. Disponible en: <http://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2018/01/RevistasCel/tomo63-3/4-Nanotecnologia-e-ingenieria-de-tejidos-cei63-3-2013-4.pdf>
90. Rosales IR, Alvarado EK, Ojeda GF. Ingeniería Tisular en Odontología. Revista ADM. [Internet]. 2012. [17 Noviembre 2019]; 69 (4): 164-167. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2012/od124d.pdf>
91. Curiá CA. Vidrios bioactivos para la fabricación de scaffolds en la regeneración del tejido óseo. [Internet]. Madrid: Facultad de Farmacia de Universidad Complutense. [10 Octubre 2019]; 5-10. Disponible en: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ANA%20CURIA%20CHINCOA.pdf>

92. Argueta FL, Arenas AMC, Díaz HAP, García BSV, García CR. Propiedades antimicrobianas y citotóxicas de un adhesivo de uso ortodóncico adicionado con nanopartículas de plata. Nano Mundo. [Internet]. 2019. [14 Marzo 2019]; 12 (22): 60-69. Disponible en: <http://www.mundonano.unam.mx/ojs/index.php/nano/article/view/62550/59087>
93. Fernández AL, López DA. Recubrimiento de arcos odontológicos con nanopartículas de plata para la inhibición bacteriana. Ciartec Lamar. [Internet]. [28 Noviembre 2019]; 1 (1). Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/fd3f/3ad93f0796780eafb6dfb1e46558bfb9f601.pdf>
94. Bazán SA, Monjáras AA, Balderas DC, Molina TE. Uso y aplicación de Nanopartículas de plata en Odontología. Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [Internet]. 2020. [26 Febrero 2020]; 8 (16): 96-100. Disponible en: <file:///C:/Users/adria/Downloads/5800-Manuscrito-30761-1-10-20200529.pdf>