



EL FUTURO DE LA ANTICONCEPCIÓN: PRESERVATIVOS A BASE DE GRAFENO Y NANOLUBRICADOS

(THE FUTURE OF CONTRACEPTION: GRAPHENE-BASED AND NANO-LUBRICATED CONDOMS)

Luis Felipe Varela Polit ^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-2874-7451>, luisfelipe2708@gmail.com
Alison Tamara Ruiz Chico ⁴ <https://orcid.org/0000-0002-7216-2151>, ali.ruiz020@gmail.com
Cinthya Geovana Coque Chimbo ³ <https://orcid.org/0000-0002-0166-6950>, coquecinthya@gmail.com
Edgar Augusto Bravo Paladines ⁴ <https://orcid.org/0000-0002-2594-0547>, edgar.bp@uta.edu.ec
Anthony Alfonso Naranjo ⁵ <https://orcid.org/0000-0002-2526-1886>, anaranjoc@gmail.com

(1) Terapia Intensiva, Hospital SALUDESA, Brisas del Colorado N°1, código postal EC 230101, Santo Domingo – Ecuador.

(2) Ministerio de Salud Pública del Ecuador, Av. Simón Bolívar y Alfonso Villagómez, código postal 060104, Riobamba -Ecuador.

(3) Ministerio de Salud Pública del Ecuador, código postal 140450, Palora – Ecuador.

(4) Facultad de Medicina, Universidad Técnica de Ambato, Av. Colombia y Chile, código postal, 180101, Ambato-Ecuador.

(5) COLPOMED, Junín 26-18 y García Moreno, código postal EC 060101, Riobamba – Ecuador.

*Correspondencia: Terapia Intensiva, Hospital SALUDESA, Brisas del Colorado N°1, código postal EC 230101, Santo Domingo - Ecuador. Correo electrónico: luisfelipe2708@gmail.com

Recibido: 25-04-2022 Aceptado: 09-05-2022

RESUMEN

Introducción: La anticoncepción se define como la prevención de la concepción mediante el uso de distintos anticonceptivos como el caso del preservativo al cual se ha incorporado el grafeno y la nanolubricación, el primero que corresponde a una capa ultrafina de átomos de carbono que le brindan una mayor resistencia a la vez que permite reducir el grosor del mismo además de brinda mayor resistencia **Objetivo:** Describir las principales características y beneficios que tienen los preservativo de grafeno y nanolubricados como método anti-conceptivo de barrera. **Método:** La búsqueda bibliográfica se realizó usando las palabras clave "preservativo grafeno" y "preservativo nanolubricados". Se usaron las bases de datos: PubMed Central, ResearchGate, BioMed Central, Elsevier, Medigraphic. Se identificaron 42 investigaciones entre artículos originales y revisiones bibliográficas con la información, de los cuales 33 cumplieron con los criterios para ser incluidos en la revisión. **Resultados:** La implementación del grafeno a la confección de los anticonceptivos presenta importantes beneficios con riesgos mínimos por lo que su uso masivo sería de utilidad en el medio de la anticoncepcion **Conclusiones:** El progreso de la tecnología ha hecho posible el desarrollo de condones a base de grafeno y nanolubricados que prometen ser el futuro de los preservativos, brindando mayor protección y sensibilidad.

Palabras clave: Anticoncepción, Preservativo, Grafeno, Nanolubricado.

ABSTRACT

Introduction: Contraception is defined as the prevention of conception using different contraceptives, where today it has been perfected with the most modern technology, thus incorporating graphene, which corresponds to an ultrathin layer of carbon atoms that provide greater resistance while allowing its thickness to be reduced, just like the nanolubricated condom that contains a layer of superhydrophilic nanoparticles. **Objective:** To describe the main characteristics and benefits of graphene and nanolubricated condoms as a barrier contraceptive method. **Method:** The bibliographic search was carried out using the keywords "graphene condom" and "nanolubricated condom". The following databases were used: PubMed Central, ResearchGate, BioMedCentral, Elsevier, Medigraphic. 42 investigations were identified among original articles and bibliographic reviews with the information, of which 33 met the criteria to be included in the review. **Results:** The implementation of graphene in the manufacture of contraceptives presents important benefits with minimal risks, so its massive use would be useful in the field of contraception. **Conclusions:** The progress of technology has made possible the development of graphene-based and nanolubricated condoms that promise to be the future of condoms, providing greater protection and sensitivity.

Keywords: Contraceptive, Condom, Graphene, Nano Lubricated.



1. Introducción

La anticoncepción es definida como la prevención de la concepción mediante el uso de distintos dispositivos, medicamentos, prácticas sexuales o procedimientos quirúrgicos, permitiendo así que la pareja disfrute de una relación sin miedo a embarazos no deseados, garantizando de esta manera mayor libertad para tener hijos cuando lo deseen, otro beneficio que presentan, en este caso particular de manera exclusiva los métodos de barrera, es otorgar protección contra infecciones de transmisión sexual (1). La historia de la anticoncepción es tan antigua, que día tras día se han venido dando aportes significativos con excepción de la forma, función, beneficios o posibles efectos adversos de los preservativos masculinos hasta el salto más grande que se ha obtenido en casi 70 años como es la adaptación del grafeno, una capa ultrafina de átomos de carbono, a los preservativos cuya propuesta nació de un programa de innovación donde el propósito era reinventar un condón, buscando una nueva generación de preservativos, capaces de aumentar el placer y servir como espermicidas, es así que el grafeno es promocionado como un material resistente, delgado, liviano además de una posible capacidad antibiótica que podría brindar resistencias contra infecciones de origen bacteriano (2,3). Es así como pese a no estar implementado del todo para iniciar su comercialización en masa, los beneficios que presentan podrían dar un cambio significativo a como se ha manejado la anticoncepción en los últimos años, el propósito de este trabajo es la búsqueda y revisión bibliográfica de estudios que avalen la eficacia de los preservativos a base de grafeno como una alternativa a los preservativos comunes de látex teniendo en cuenta además posibles efectos secundarios, determinando su seguridad de uso.

2. Metodología

El presente trabajo es una revisión bibliográfica de tipo sistemática. La extracción de la información se realizó usando las palabras clave "condón", "anticonceptivo", "grafeno", "lubricado". Se utilizaron las bases de datos: PubMed Central, ResearchGate, BioMed Central, Elsevier, Medigraphic. Se incluyeron artículos publicados entre el 2017 y 2022, con información de utilidad para el pre-

sente documento de tipo revisión bibliográfica, revisión literaria, metaanálisis y artículos originales. Se excluyeron las publicaciones que no abordaban la información central basada en preservativos de grafeno y nano lubricados, así como aquellos cuyo año de publicación fuera de fechas anteriores al 2017.

3. Resultados

Se encontraron 42 artículos originales y revisiones bibliográficas con fecha entre 2017 y 2022, en inglés, español y otros idiomas. Se realizó una minuciosa lectura de todos los resultados obtenidos, de los cuales se excluyeron 2 porque no se encontraban disponibles en idioma inglés o español, se descartaron 3 porque no se encontraron en el rango de fecha de publicación requerida y finalmente se excluyeron 4 por falta de acceso a textos íntegros. Se procedió a analizar los 33 artículos que cumplían los criterios de búsqueda de los temas de interés, en estos se trataban temas como la manufactura inicial de los preservativos de grafeno y el porqué de su decisión de implementar este material a su desarrollo con los posteriores beneficios que se hallaron después donde se estudió principalmente su resistencia y se encontró que su dureza recibe un importante aumento lo que permitió después disminuir su grosor pese a lo cual mantiene un aumento de resistencia considerable.

4. Discusión

El preservativo se considera un método anticonceptivo de barrera ya que crea una pared entre ambos usuarios, consiste en una funda normalmente de látex o en ciertos tipos de otros materiales sintéticos el cual va a impedir el paso del semen reteniéndolo, además tiene el beneficio añadido de evitar el contagio de infecciones de transmisión sexual sin embargo su uso incorrecto puede disminuir su efectividad en sus propósitos, es por esto que se ha intentado encontrar mejoras a los actuales preservativos con materiales nuevos y tecnologías innovadoras como es el caso de los preservativos a base de grafeno que es una composición de carbono de una única capa ultrafina que además de ser un material delgado, liviano y resistente provee de múltiples beneficios como una mayor fuerza, resistencia y durabilidad (4,5).

El grafeno es una disposición especial de carbonos en forma de una lámina extremadamente delgada con el espesor de un átomo lo cual, acompañado de su fuerza y precio económico, hacen de este un objeto fácil de adquirir, fue descubierta por primera vez en el año 2004 por los científicos Andre Geim y Kostya Novoselov (6).

Otra nueva innovación son los preservativos a base de nanolubricantes los cuales son capaces de absorber agua protegiendo al preservativo y proveyendo resistencia, además (7).

Aplicación

El grafeno tiene varias aplicaciones en una diversidad de industrias que van desde la Química e Ingeniería Biológica hasta usos prometedores en el campo de la Medicina como son en el desarrollo de ingeniería de tejidos, administración de fármacos al interior de una célula y la liberación dirigida de fármacos mediante el grafeno y sus derivados como bioportadores para terapias del cáncer, desarrollo de materiales antibacterianos la cual está relacionada con varios mecanismos donde se incluye el estrés de la membrana, el estrés oxidativo, el atrapamiento y además el efecto fototérmico, del mismo modo tiene bordes afilados que dañan la membrana celular, igualmente sus propiedades antimicrobianas se aplican en varias áreas de la medicina en la que requieran antisepsia (8,9).

La adición de cargas de grafeno da la posibilidad de ajustar las propiedades mecánicas de los materiales nativos, también la posibilidad de añadir sitios de unión para una mayor biofuncionalidad con moléculas biológicas y propiedades adicionales como la conductividad para regular los comportamientos celulares, la proliferación y diferenciación celular, que promueve la regeneración de tejidos específicos como son el tejido óseo, neuronal, cardíaco, cutáneo, cartilaginoso y dental (10,11,12).

De igual manera se puede aplicar en diversas ramas como automotriz, marina, aeroespacial, pilas de combustible, la electroquímica, la catálisis, entre otras (13,14,15).

Es así como en el campo que nos interesa, el grafeno ha demostrado múltiples propiedades tanto mecánicas como químicas que promueven su estandarización para su uso masivo:

Propiedades

El grafeno se ha convertido en el sostén de toda la familia de materiales bidimensionales que constan de una sola capa de átomos formadas a partir de diferentes combinaciones de capas monoatómicas, una encima de la otra, capaces de recombinarse como piezas de lego relacionadas (16). Se dispone de forma hexagonal similar a un panal lo que le brinda propiedades eléctricas, mecánicas, ópticas, fotónicas, térmicas únicas (17,18).

En el ámbito que nos concierne una de las motivaciones para usar este tipo de compuestos en la innovación de nuevos anticonceptivos de barrera es la capacidad de mezclarla con látex brindándole los beneficios de su estructura sin perder su alta flexibilidad haciendo del látex un material mucho más resistente y duradero (19).

Posee un efecto bactericida, pero permite el crecimiento celular por lo que tiene utilidad en la salud al prevenir infecciones de transmisión sexual al ser utilizado en combinación con el látex de los preservativos. Posee además la capacidad de auto refrigeración y autocuración, si por alguna razón una capa de grafeno pierde átomos de carbono, los átomos espaciales restantes cercanos se agruparán y cerrarán el vacío lo que además de prolongar la vida útil del preservativo evita la transmisión de fluidos en caso de que por algún motivo llegue a presentar un corte o perforación sobre su superficie (20).

Mecanismo antimicrobiano de los materiales de grafeno.

Diferentes mecanismos de actividad antibacteriana de los dispositivos con grafeno fueron evaluados en los estudios de revisión, siendo el estrés oxidativo el principal mecanismo antimicrobiano a través de la síntesis y liberación de especies reactivas de oxígeno y la liberación de fosfolípidos de la membrana bacteriana (21).

Se observó además que produce daño oxidativo al activar la descomposición del peróxido de hidrógeno (H₂O₂) ya que los enlaces oxidativos y aromáticos que se encuentran en el anillo de carbono tienen un efecto notable en la barrera de energía de la reacción de descomposición de H₂O₂ (22).

Como método de barrera en anticoncepción

Después de observar todas las posibles aplicaciones del grafeno y de que se estudiaran todas las propiedades tanto inducibles como innatas, no se perdió tiempo en buscar sus aplicaciones en la salud, siendo así que se probaron posibles usos en la rama de la anticoncepción donde se logró exitosamente la combinación con el látex logrando incorporar sus propiedades a las ya mencionadas del grafeno.

Lakshminarayanan Rajupati, investigador de HLL Lifecare Ltd en India fue de los primeros que intentó incorporar el grafeno en preservativos de látex aumentando las propiedades mecánicas y la conductividad térmica del condón, reduciendo su grosor y aumentando su resistencia. Su proyecto también implica agregar medicamentos como espermicidas o biocidas como un mecanismo de protección adicional (23).

Es así como se inició el estudio de la creación de un preservativo ultrafino que tenga una interacción adecuada con el grafeno lo que llevo a verlo como el preservativo del siglo XXI. Aunque la propuesta aún se mantiene en un prototipo, los desarrolladores de este lo han descrito como el preservativo más delgado y fuerte jamás fabricado, capaz de mejorar la sensación durante las relaciones sexuales (24,25) ya que se encuestó cual es el principal motivo por el que la población no hace uso de estos y los resultados que se obtuvieron fueron que es por la disminución de la sensación (26, 27).

Otro de las características que se estudiaron y llevaron a intentar adaptarlo al látex es que es un material biocompatible por lo que el riesgo de alergia o rechazo es menos frecuente que con otros materiales al ser poco tóxico para las células ya que cerca del 4.3% de la población alrededor del mundo sufre de alergia al látex que es el principal compuesto de los preservati-

vos que actualmente se encuentran en el mercado por lo que se lograría una mejor distribución al existir menos contraindicaciones para su uso (28,29).

Dentro de los artículos que se revisaron, se encontraron algunos posibles efectos adversos, todos lejos de ser riesgosos para la salud, sin embargo, el más estudiado fue su posible toxicidad al utilizarlo en cantidades elevadas.

Toxicidad o efectos adversos derivada de la exposición

El grafeno y sus derivados muestran un bajo potencial nivel de toxicidad en sistemas biológicos, sin embargo, esto va a depender de la dosis y así mismo de la funcionalización con varios agentes estabilizantes y reductores. El inconveniente de la toxicidad potencial surge por la capacidad del material en convertirse en óxido cuando es expuesto al aire y a su vez la capacidad de moverse a través del agua (30).

No existen datos específicos acerca de la exposición del grafeno en el uso anticonceptivo o sus derivados sin embargo en concentraciones superiores a 25 µg/ml, se observó la pérdida de velocidad de los espermatozoides (31).

En el resto de los sistemas se encontró que una exposición a concentraciones de entre 10 a 100 µg/ml por más de 48 h induce al desarrollo importante de células apoptóticas por sus efectos citotóxicos (32). En cambio, cuando las células expuestas son los eritrocitos humanos existe actividad hemolítica cuya velocidad va a ser dosis-dependiente (32). Así mismo existen efectos citotóxicos en células de tipo mesenquimal después de 1 hora de exposición (33).

5. Conclusiones

La necesidad de salvaguardar la integridad de los humanos, en apoyo con el progreso de la tecnología ha hecho posible el desarrollo de condones a base de grafeno y nanolubricados que continúan siendo el futuro de la anticoncepción ya que en los estudios revisados se encontró que estos brindan mayor protección y mayor sensibilidad reduciendo además el riesgo de rechazo al material garantizando con esto

que su uso no este condicionado a posibles alergias o al temor a una posible ruptura del mismo, propiedades que mejorarían de manera importante la calidad de los preservativos con el beneficio añadido de ser capaz de producir cierta reacción antibacteriana. Así, pese a que tiene ciertos riesgos como la posibilidad de producir toxicidad en cantidades abundantes, en la confección de los preservativos no llega a cantidades superiores al 1ug/ml por lo que su uso conllevaría riesgo alguno.

Agradecimientos

Se agradece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, institución que permitió el desarrollo del presente trabajo. Un agradecimiento especial al Dr. Iván Naranjo, quien, con su motivación y conocimiento, nos dirigió para ejecutar la investigación y de este modo ampliar el saber y mejorar la preparación profesional.

Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran no haber tenido conflictos de interés en la elaboración de la presente investigación.

Limitación de responsabilidad

Los autores declaramos que las opiniones vertidas en la presente investigación son de nuestra responsabilidad y no del establecimiento al cual pertenecemos.

Fuentes de apoyo

Los recursos utilizados dentro de la elaboración del trabajo fueron propios de los autores.

Referencias Bibliográficas

1. Díaz S, Schiappacasse V. ¿Qué y cuáles son los métodos anticonceptivos? Rev Cigma [Internet]. 2017 Febrero 3 [citado 2021 Oct 28]; 4(1):1-3. Disponible en: https://icmer.org/wpcontent/uploads/2019/Temas_destacados/Anticoncepcion_de_emergencia/Que-y-cuales-son-los-metodos-anticonceptivos-250327.pdf
2. Hernández M. Condonos con nanotecnología cerca de ser una realidad gracias a Gates. Rev Ciencia [Internet] 2018 Enero 14 [citado 2021 Oct 29]; 12(6):2-6. Disponible en: <https://www.fayerwayer.com/2014/01/condones-con-nanotecnologia-cerca-de-ser-una-realidad-gracias-a-gates/>
3. Marfatia YS, Pandya I, Mehta K. Condoms: Past, present, and future. Rev NCBI [Internet]. 2017 Julio 15 [citado 2021 Oct 30];36(2):133-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4660551/>
4. Loh KP, Ho DA, Chiu GNC, Leong DT, Pastorin G, Chow EK-H. Clinical Applications of Carbon Nanomaterials in Diagnostics and Therapy. Adv Mater [Internet]. 2018 agosto [citado 2021 diciembre 10];30(47):1802368. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adma.201802368>
5. Altamirano CP, Méndez AR. El grafeno: propiedades y aplicaciones [Internet]. 2017 julio [citado 2021 diciembre 10];22(12):1180392. Disponible en: <https://www.graphenano.com/wp-content/uploads/2017/11/Que-es-el-grafeno.pdf>
6. Dasari TP, McShan LD, Dasmahapatra AK, Tchounwou PB. A Review on Graphene-Based Nanomaterials in Biomedical Applications and Risks in Environment and Health. Nano-Micro Lett [Internet]. 2018 mayo [citado 2021 diciembre 10];10(3):53. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40820-018-0206-4>
7. Cooper BG, Chin SL, Xiao R, Buch K, Kim D, Grinstaff MW. Friction lowering capabilities and human subject preferences for a hydrophilic surface coating on latex substrates: implications for increasing condom usage. R. Soc. open sci. 2018; 5(10) : 1-14. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.180291>

8. Mishra DK, Balekar N, Mishra PK. Nanoengineered strategies for siRNA delivery: from target assessment to cancer therapeutic efficacy. *Drug Deliv Transl Res* 2017;7:346–58
9. Iliut M, Silva C, Herrick S, McGlothlin M, Vijayaraghavan A. Graphene and water-based elastomers thin-film composites by dip-moulding. *Carbon N Y.* 2016 Sep; 106:228-232. doi: 10.1016/j.carbon.2016.05.032. PMID: 27594706; PMCID: PMC4913555.
10. Yaragalla, S.; Bhavitha, K.B.; Athanassiou, A. A Review on Graphene Based Materials and Their Antimicrobial Properties. *Coatings* 2021, 11(2):1197. <https://doi.org/10.3390/coatings11101197>
11. Al Faruque MA, Syduzzaman M, Sarkar J, Bilisik K, Naebe M. A Review on the Production Methods and Applications of Graphene-Based Materials. *Nanomaterials (Basel)* [Internet]. 2021 septiembre [citado 2021 diciembre 10]; 11(9):2414. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6267346/>
12. Arkowski J, Obremaska M, Kędzierski K, Sławuta A, Wawrzyńska M. Applications for graphene and its derivatives in medical devices: Current knowledge and future applications. *Advances in Clinical and Experimental Medicine* [Internet]. 2018 abril [citado 2021 diciembre 10];29(12): 1497-504. Disponible en: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsfs.2017.0056>
13. Banerjee AN. Graphene and its derivatives as biomedical materials: future prospects and challenges. *Interface Focus*. [Internet]. 2018 junio [citado 2021 diciembre 10];8(3): 20170056. Disponible en: <https://advances.umw.edu.pl/en/article/2020/29/12/1497/>
14. Zare P, Aleemardani M, Seifalian A, Bagher Z, Seifalian AM. Graphene Oxide: Opportunities and Challenges in Biomedicine. *Nanomaterials*. [Internet]. 2021 mayo [citado 2021 diciembre 10]; 11(5):1083. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-4991/11/5/1083/htm>
15. Tadzyszak K, Wychowaniec JK, Litowczenko J. Biomedical Applications of Graphene-Based Structures. *Nanomaterials (Basel)* [Internet]. 2018 noviembre [citado 2021 diciembre 10]; 8(11):944. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8469961/>
16. López N, Pérez F, Hueso LE. De la ciencia al emprendimiento [Internet] 2018. [citado 8 de diciembre de 2021] ;56(3) :70. Disponible en: https://www.biobancovasco.org/upload/CICNETWORK_18_web
17. Barahona A, Pozo J. Aplicaciones del grafeno [Internet]. 2018 [citado 8 de diciembre de 2021]; 05(3):45-96 Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/40780855/grafenodocx/>
18. Sahu D, Sutar H, Senapati P, Murmu R, Roy D. Graphene, Graphene-Derivatives and Composites: Fundamentals, Synthesis Approaches to Applications. *J Compos Sci*. julio de 2021;5(7):181.
19. Gates B, Condonos de grafeno [Internet]. 2017 [citado 8 de diciembre de 2021];24(3): 21-42. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/innovacion/20131121/54393708105/bill-gates-quiere-condones-grafeno.html>
20. Espinosa M, Dias J. Que es el grafeno. [Internet] 2017 [citado 8 de diciembre de 2021];12(4):54-62. Disponible en: <https://www.graphenano.com/wp-content/uploads/2017/11/Que-es-el-grafeno.pdf>

21. Flores MC, Cervantes MA. Preservativos de grafeno [Internet]. 2017 febrero [citado 2021 diciembre 10];18(302):2-26. Disponible en: <https://www.euroresidentes.com/tecnologia/nanotecnologia/preservativos-de-grafeno>
22. Yah CS, Simate GS, Hlangothi P, Somai BM. Nanotechnology and the future of condoms in the prevention of sexually transmitted infections. *Ann Afr Med*. 2018 Apr-Jun;17(2):49-57. doi: 10.4103/aam.aam_32_17. PMID: 29536957; PMCID: PMC5875119.
23. MacDonald J, Lorimer K. Graphene condoms: super thin and tough, but is that enough to make people have safer sex? [Internet]. *The Conversation*. [citado 8 de diciembre de 2021]. Disponible en: <http://theconversation.com/graphene-condoms-super-thin-and-tough-but-is-that-enough-to-make-people-have-safer-sex-22359>
24. George G, Sisupal SB, Tomy T, Kumaran A, Vadivelu P, Suvékbalá V, et al. Facile, environmentally benign and scalable approach to produce pristine few layers graphene suitable for preparing biocompatible polymer nanocomposites. *Sci Rep*. diciembre de 2018;8(1):11228.
25. Chermanie L. Los múltiples esfuerzos por encontrar el condón perfecto. *BBC News Mundo* [Internet]. [citado 3 de diciembre de 2021]; Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-57087164>
26. Marta P. El condón del futuro se hace esperar [Internet]. *Agencia SINC*. [citado 9 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.agenciasinc.es/Reportajes/El-condon-del-futuro-se-hace-esperar>
27. Christian C. Condones con nanotecnología cerca de ser una realidad gracias a Gates [Internet]. *FayerWayer*. [citado 8 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.fayerwayer.com/2014/01/condones-con-nanotecnologia-cerca-de-ser-una-realidad-gracias-a-gates/>
28. Sukumar T., Jeslin V., Sawera K., Suja B., Parvathy J., Vemparthan S., Kumaran A., Lakshminarayanan R. Cytotoxicity of Formulated Graphene and Its Natural Rubber Nanocomposite Thin Film in Human Vaginal Epithelial Cells: An Influence of Noncovalent Interaction. *ACS Biomater. Sci. Eng*. 2020, 6, 2007–2019
29. Townsend J, Sitruk-Ware R, RamaRao S, Sailer J. Contraceptive technologies for global health: ethically getting to safe, effective and acceptable options for women and men. *Drug Deliv Transl Res* 2020;10:299–303
30. Alves da Silva C, Pina D, Hernández H, Román M, Alves da Silva C, Pina D, et al. Revisión Sistemática sobre la toxicidad derivada de la exposición al grafeno. [Internet]. 2018 [citado 8 de diciembre de 2021];64(250):75-88. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0465-546X2018000100075&lng=es&nrm=iso&tln g=es
31. Vallabani NVS, Mittal S, Shukla RK, Pandey AK, Dhakate SR, Pasricha R, et al. Toxicity of Graphene in Normal Human Lung Cells. [Internet] 2019. [citado 8 de diciembre de 2021];7(1):106-7.
32. Akhavan O, Ghaderi E, Emamy H, Akhavan F. Genotoxicity of graphene nanoribbons in human mesenchymal stem cells. *Carbon* [Internet]. 2019 [citado 8 de diciembre de 2021];54(3):419-31. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008622312009499>
33. Suarez L, Zambrano B. Effects of graphene oxide on the development of offspring mice in lactation period [Internet]. 2019 [citado 8 de diciembre de 2021];23:47-51 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142961214011740>