

C0r0n@ 2 Inspect

Revisión y análisis de los artículos científicos relativos a las técnicas y métodos experimentales empleados en las vacunas contra el c0r0n@v|rus, evidencias, daños, hipótesis, opiniones y retos.

miércoles, 6 de octubre de 2021

Identificación de patrones en vacunas de c0r0n@v|rus: nanopulpos y nanotubos de carbono-grafeno

La aparición de nuevas imágenes de la microscopía de las vacunas del c0r0n@v|rus, suscita alarma y dudas sobre los nuevos objetos, patrones y elementos no identificados, de los cuales, la Quinta Columna en su programa 147 (Delgado, R.; Sevillano, J.L. 2021) y la doctora [Carrie Madej](#) en el programa de (Peters, S. 2021) se han hecho eco. Desde C0r0n@2Inspect se han analizado las imágenes para encontrar similitudes en la literatura científica, a fin de localizar los patrones ya advertidos y una explicación en el contexto de la investigación que se viene realizando. Las imágenes proporcionadas por la doctora Carrie Madej en el programa de Stew Peters son las siguientes, véanse figuras 1, 2 y 3.

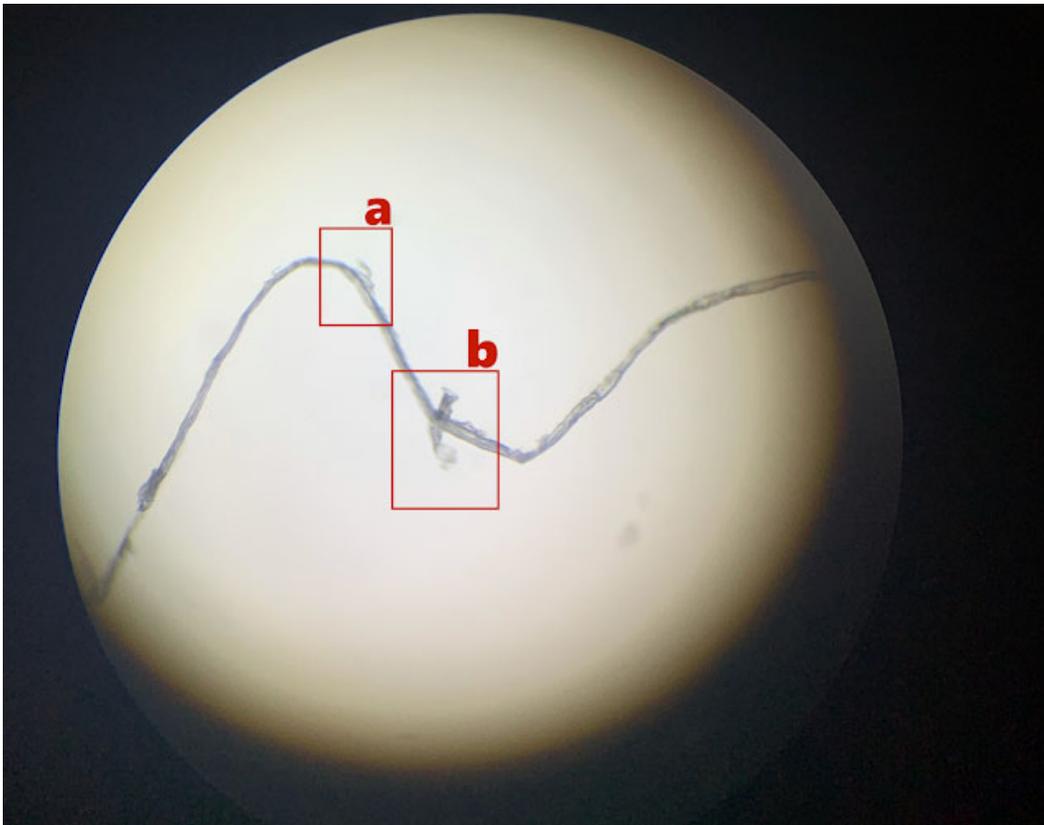


Fig.1. Obsérvese un nanotubo de carbono de pared múltiple, conocido en inglés como "Multi-Walled Carbon Nanotube MWNT" que recorre todo el espectro visual. También se observa en el cuadro a) y b) enlaces para la conexión con otros nanotubos de carbono. Imagen obtenida del programa de (Peters, S. 2021)

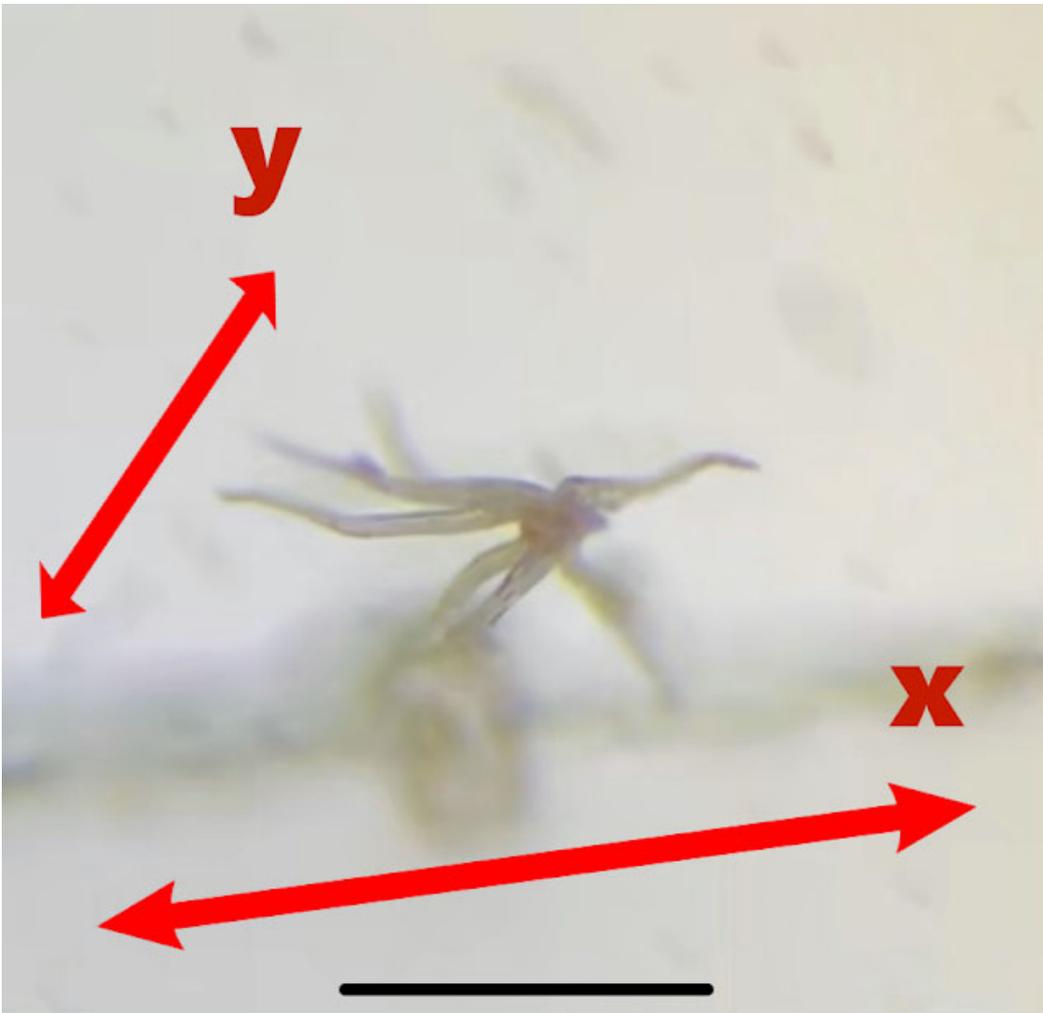


Fig.2. Obsérvese el nanotubo de carbono en el eje x en el que está sujeto una especie de pólipo de nanotúbulos de carbono en el eje y. Imagen obtenida del programa de (Peters, S. 2021)

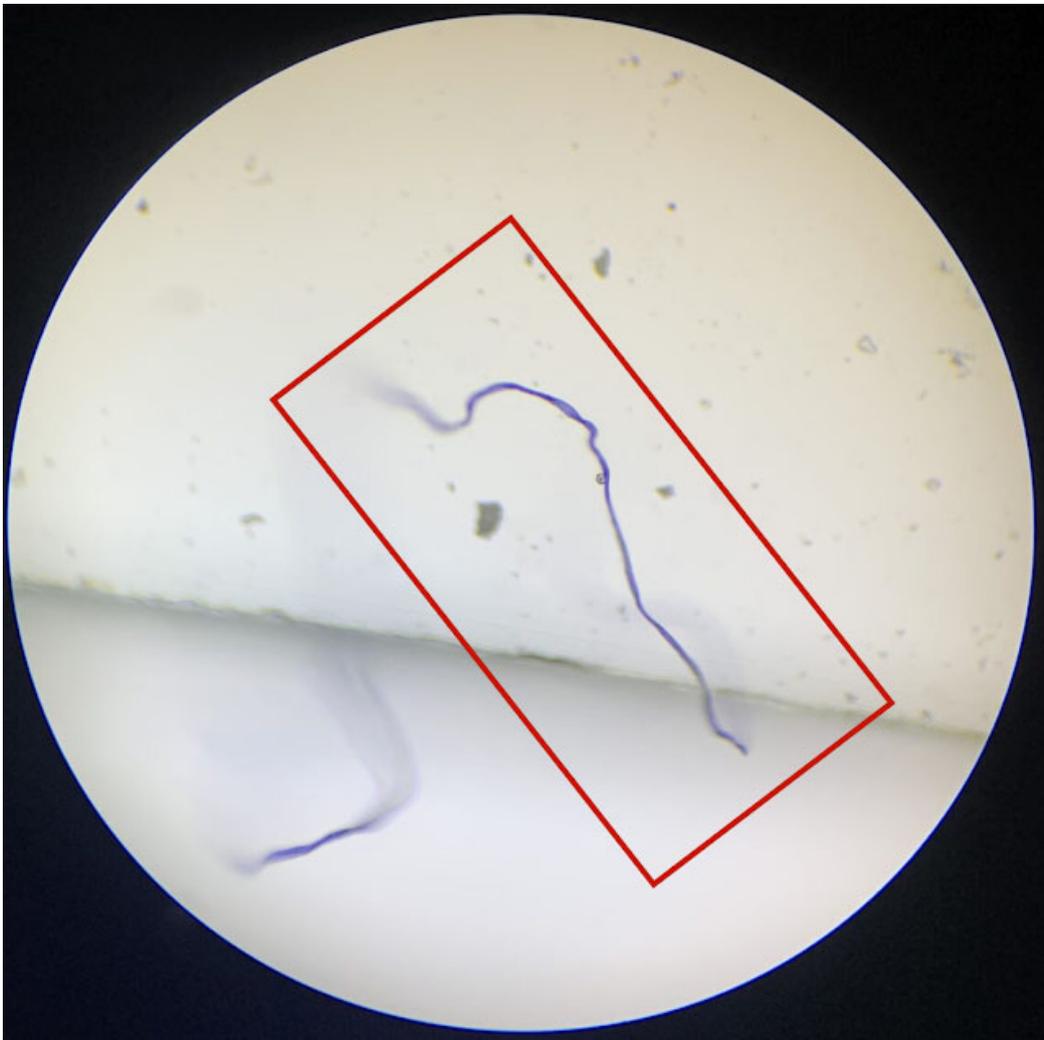


Fig.3. Nanofibras de carbono o bien nanotubos de pared múltiple. Imagen obtenida del programa de (Peters, S. 2021)

Las imágenes proporcionadas en el programa 147 de la Quinta Columna son las siguientes, véanse figuras 4, 5 y 6. Se apreciarán motivos y patrones similares a las expuestas por la doctora Carrie Madej en el programa de Stew Peters.

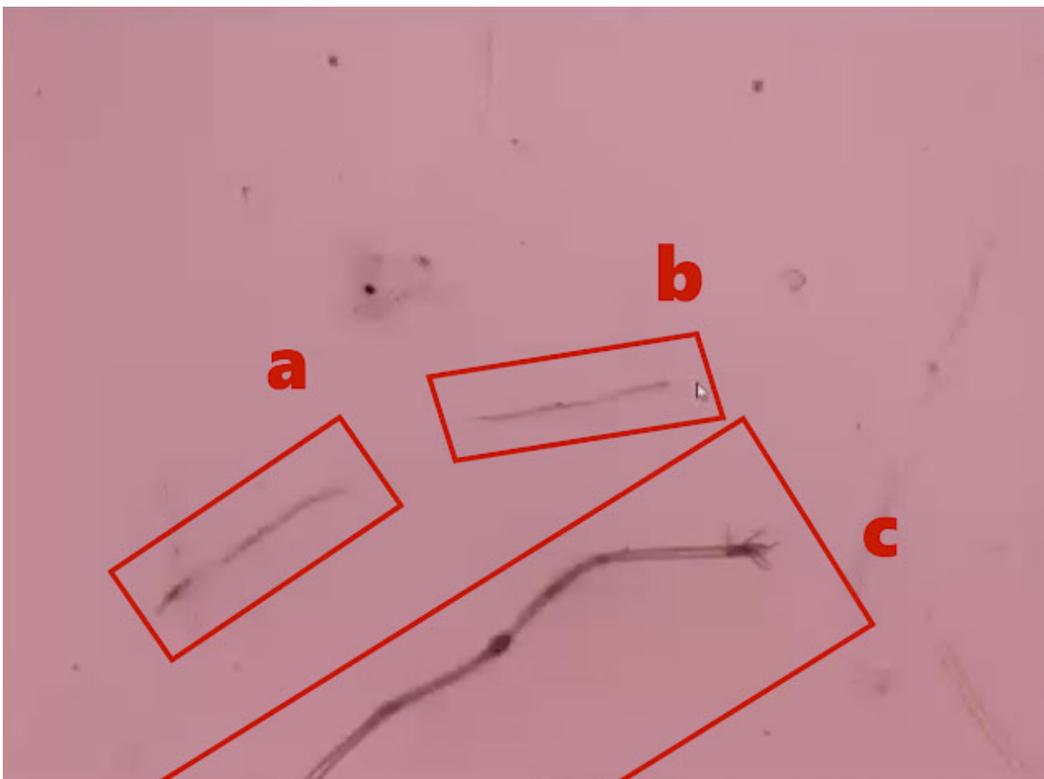


Fig.4. Obsérvense los nanotubos de carbono simples en los cuadros a) y b), también conocidos como (Single-wall carbon nanotubes SWCNTs). Los nanotubos de carbono de pared múltiple (Multi Walled Carbon Nanotubes MWCNTs) se observan en la figura c) en la que también se aprecian ganglios o nanotúbulos en su extremo derecho, coincidentes con los apreciados en la figura 2. Imagen obtenida del programa 147 de la Quinta Columna. (Delgado, R.; Sevillano, J.L. 2021)



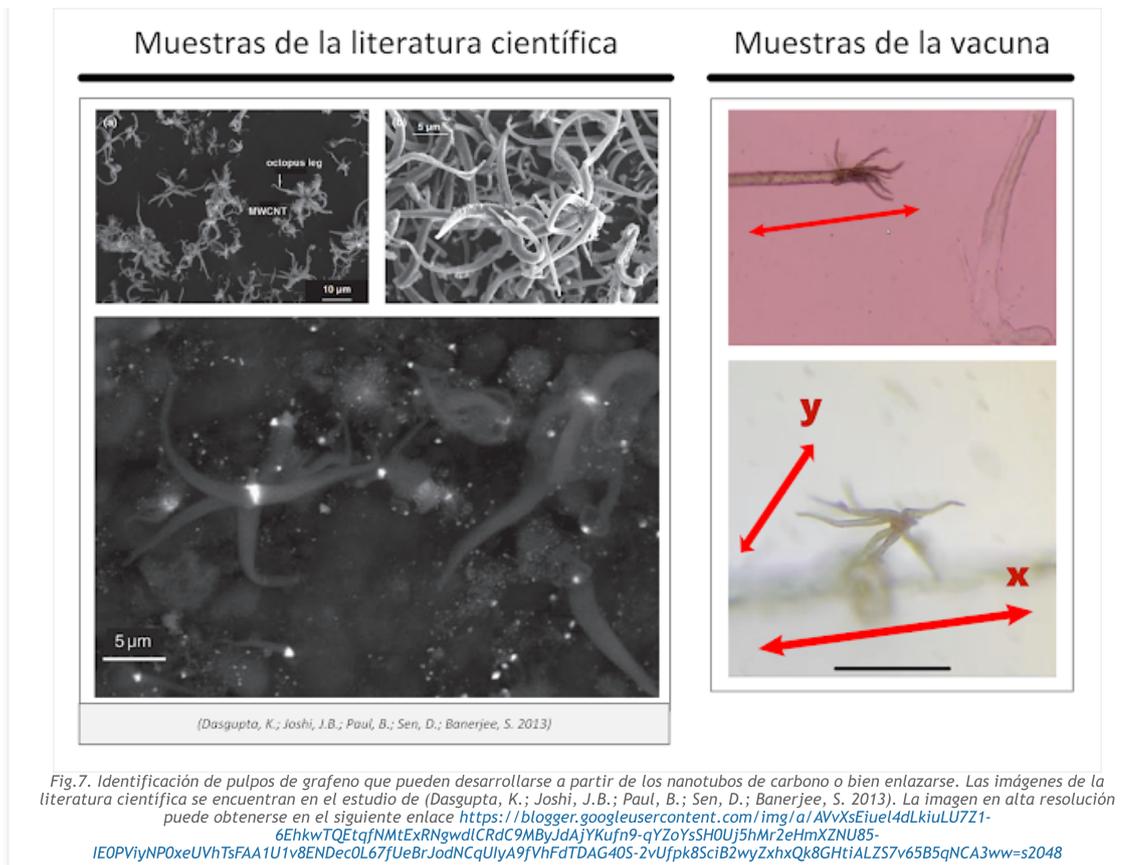
Fig.5. En esta imagen se aprecia con mayor detalle un nanotubo de carbono de pared simple (Single-wall carbon nanotubes SWNTs), cuyo contenido podría ser de naturaleza farmacológica. Esto se aprecia mejor en la figura 6. Imagen obtenida del programa 147 de la Quinta Columna. (Delgado, R.; Sevillano, J.L. 2021)



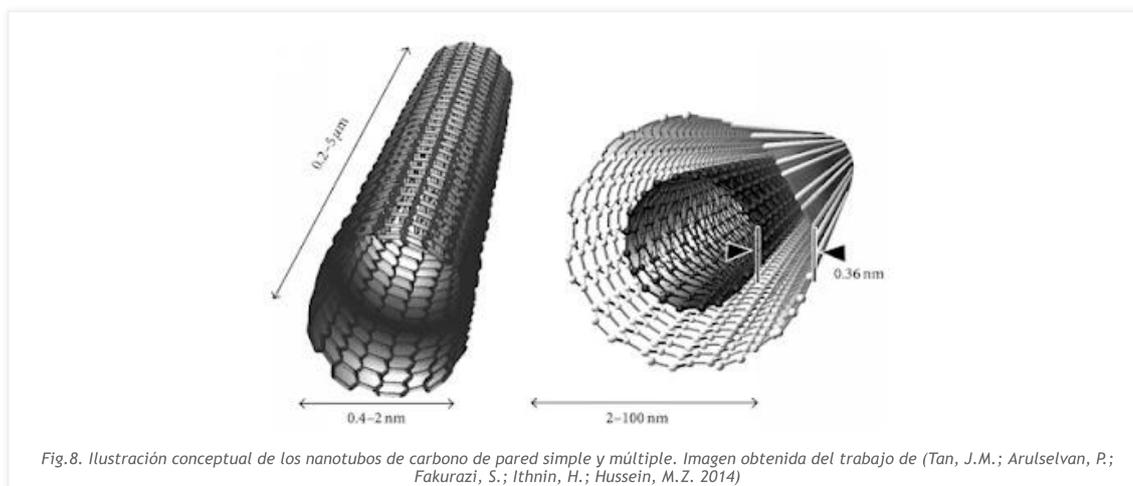
Fig.6. Imagen en detalle del nanotubo de carbono de pared múltiple (más oscuro) en el que se aprecia un núcleo ligeramente verdoso que podría ser un producto farmacológico para su liberación en los órganos diana a los que está destinado. Obsérvese el extremo de ganglios/flagelos en forma de pólipo. A la derecha de la imagen se observa un nanotubo de carbono de pared simple (más claro). Imagen obtenida del programa 147 de la Quinta Columna. (Delgado, R.; Sevillano, J.L. 2021)

Pulpos de grafeno

El objeto más llamativo en las muestras de la vacuna del c0r0n@v|r|us es la que se observa en las figuras 2 y 6, que recuerdan a la forma de un pólipo con sus tentáculos (como por ejemplo la [hydra attenuata](#) o la [hydra vulgaris](#)). En realidad se trata de un pulpo de carbono, tal como se ha comprobado en las referencias de (Dasgupta, K.; Joshi, J.B.; Paul, B.; Sen, D.; Banerjee, S. 2013) y (Sharon, M.; Sharon, M. 2006) en las figuras 7 y 9. La forma de los tentáculos es muy similar y su conformación se deriva de los nanotubos de carbono.



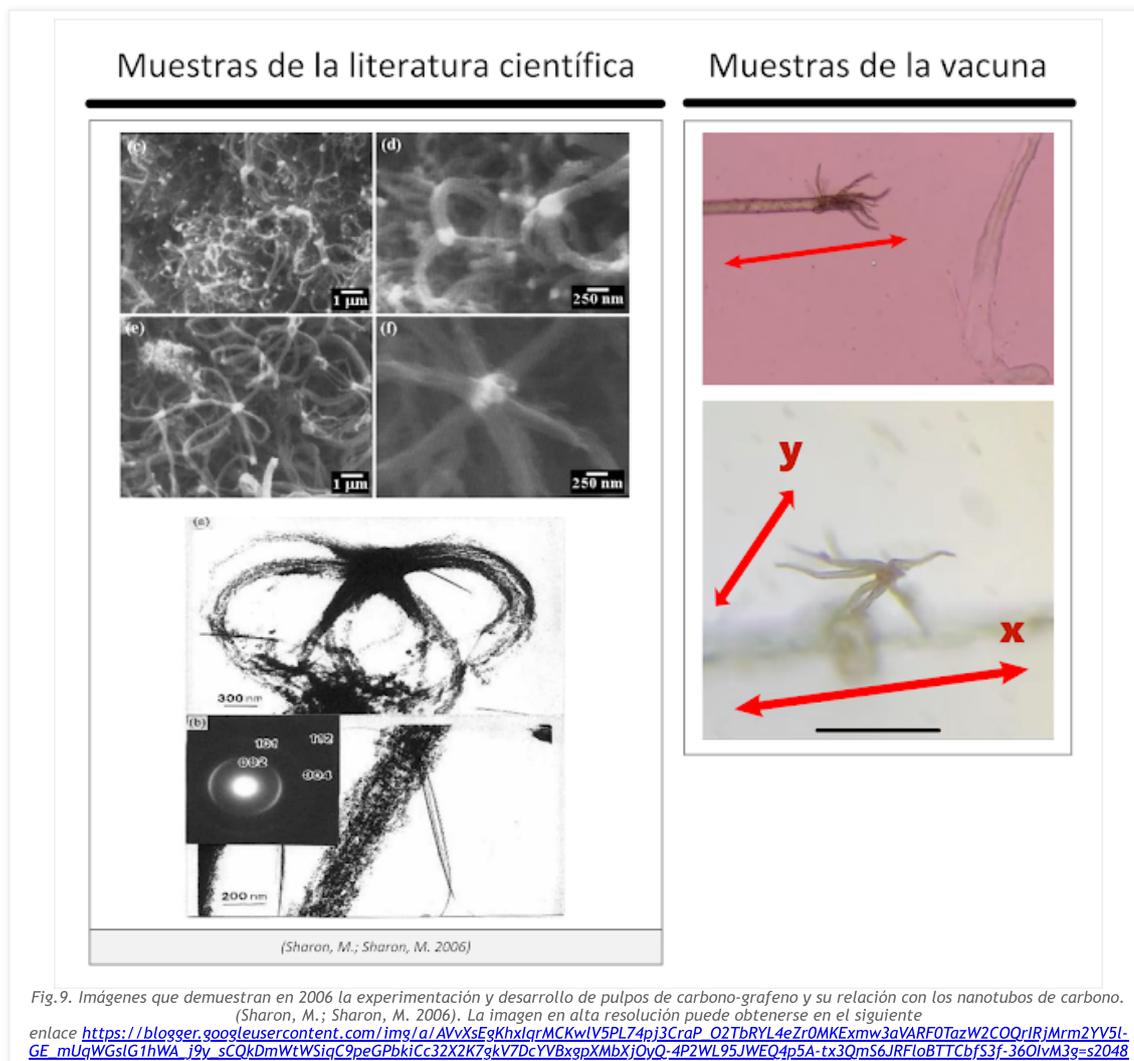
No hay que olvidar que los nanotubos de carbono de pared simple y múltiple son en esencia, cilindros de grafeno u óxido de grafeno, tal como se observa en la figura 8. El nanotubo de carbono de pared simple (single-walled carbon nanotubes SWCNTs) no presenta otros cilindros en su interior, que sería el caso de los nanotubos de carbono de pared múltiple (multiwalled carbon nanotubes MWCNTs). Estos objetos están bien documentados en la literatura científica, tanto en su caracterización, funcionalización, pero sobre todo por su toxicidad y daños, véase (Bottini, M.; Bruckner, S.; Nika, K.; Bottini, N.; Bellucci, S.; Magrini, A.; Mustelin, T. 2006 | Muller, J.; Decordier, I.; Hoet, P.H.; Lombaert, N.; Thomassen, L.; Huaux, F.; Kirsch-Volders, M. 2008 | Pulskamp, K.; Diabaté, S.; Krug, H.F. 2007 | Brown, D.M.; Kinloch, I.A.; Bangert, U.; Windle, A.H.; Walter, D.M.; Walker, G.S.; Stone, V.I.C.K.I. 2007 | Tian, F.; Cui, D.; Schwarz, H.; Estrada, G.G.; Kobayashi, H. 2006 | Shvedova, A.A.; Kisin, E.R.; Mercer, R.; Murray, A.R.; Johnson, V.J.; Potapovich, A.I.; Baron, P. 2005 | Lam, C.W.; James, J.T.; McCluskey, R.; Hunter, R.L. 2004 | Davoren, M.; Herzog, E.; Casey, A.; Cottineau, B.; Chambers, G.; Byrne, H.J.; Lyng, F.M. 2007 | Zhu, L.; Chang, D.W.; Dai, L.; Hong, Y. 2007 | Manna, S.K.; Sarkar, S.; Barr, J.; Wise, K.; Barrera, E.V.; Jejelowo, O.; Ramesh, G.T. 2005 | Jia, G.; Wang, H.; Yan, L.; Wang, X.; Pei, R.; Yan, T.; Guo, X. 2005 | Cui, D.; Tian, F.; Ozkan, C.S.; Wang, M.; Gao, H. 2005 | Warheit, D.B. 2006 | Ghosh, M.; Chakraborty, A.; Bandyopadhyay, M.; Mukherjee, A. 2011).



Retomando el análisis de la figura 7 y su comparativa con el trabajo de (Dasgupta, K.; Joshi, J.B.; Paul, B.; Sen, D.; Banerjee, S. 2013), los autores explican que en el desarrollo de sus investigaciones por conseguir un método económico para la producción de CNT (Nanotubos de carbono) a partir de carbono (citado en el artículo como "black carbon"), observaron que en su síntesis en "lecho fluidizado" (fenómeno de fluidización - proceso de nanoparticulado y mezclado), el grafeno "se convirtió en estructuras similares a pulpos de carbono". Según confirman los investigadores, las nanofibras que forman el pulpo de carbono podrían ser de utilidad para crear conexiones o contactos de supercondensadores. Estos pulpos pueden ser producidos "ya sea por separado o junto con nanotubos

cultivados a partir de un catalizador de Fe (ferroceno compuesto organometálico) y acetileno". Hay que precisar que los nanotubos de carbono referidos en el artículo, para elaborar estos pulpos son de pared múltiple (MWCNT), produciéndose a temperaturas de entre 700 y 1000°C. En los primeros dos cuadros de la izquierda de la figura 7, se observa cómo se desarrolla el pulpo al cabo de 15 minutos, con un diámetro y longitud de patas ligeramente variable y de superficie rugosa. Entre las afirmaciones de los investigadores, destacan las siguientes "las patas del pulpo son nanofibras de carbono que no son estructuras ordenadas... para la transformación del negro de carbono en una estructura similar a un pulpo, fue necesaria la presencia de acetileno junto con ferroceno. Si no hubo suministro de acetileno, no hubo transformación" y de igual manera, en ausencia de ferroceno, tampoco se produjo transformación alguna. En opinión de los autores, los pulpos se forman cuando se produce una rotura del nanotubo de carbono, a partir de la que se aglomeran nanopartículas primarias de acetileno y ferroceno, donde se depositan o precipitan las moléculas de carbono, conformando de esta forma los tentáculos del pulpo. La forma del pulpo "depende del tamaño del catalizador. Cuando el tamaño de partícula de Fe es inferior a 50 nm, cataliza MWCNT. Cuando las nanopartículas de Fe se fusionan en un tamaño más grande dentro del lecho fluidizado, múltiples nucleaciones de un solo catalizador conducen a una estructura similar a un pulpo". Esto significa que los pulpos de grafeno son parte inherente a la fabricación de nanotubos de carbono de pared múltiple, tal como demuestran los investigadores. Además, reflejan las posibilidades que brinda esta estructura superconductor, desde el punto de vista comercial y de técnica aplicada, según reflejan en sus conclusiones.

Continuando con la revisión, la figura 9 muestra otro ejemplo de pulpo de carbono, esta vez presentado por (Sharon, M.; Sharon, M. 2006). Si bien el artículo tiene por objeto el desarrollo de un método para producir nanomateriales de carbono, tomando como base el carbono del material orgánico de las plantas, a fin de evitar el uso de combustibles fósiles y favorecer la producción en masa, cabe destacar las imágenes obtenidas en la experimentación pirolítica del carbono a 750°C, donde se obtienen las ramificaciones de carbono, calificadas por (Dasgupta, K.; Joshi, J.B.; Paul, B.; Sen, D.; Banerjee, S. 2013) como un pulpo de carbono, también caracterizado en la tesis doctoral de (Saavedra, M. S. 2014). Este tipo de pulpo fue obtenido en la "pirólisis de alcanfor usando cobre chapado con níquel", lo que permite inferir que existen muchas formas y posibles combinaciones para obtener los pulpos de carbono observados en las muestras de la vacuna.

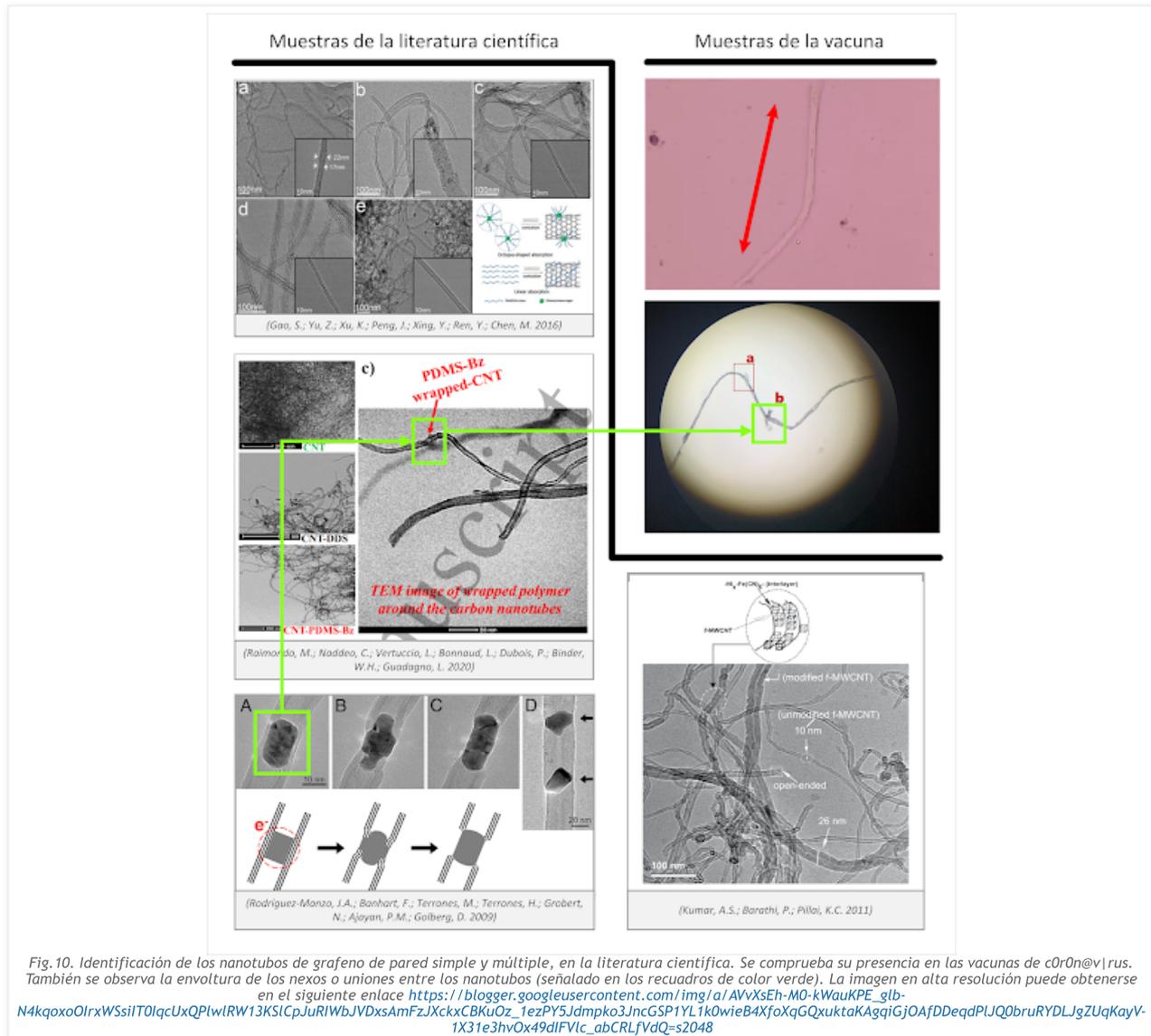


Otra referencia que aborda la formación de pulpos de carbono es la de (Lobo, L.S. 2016) que confirma el avance científico en la producción de nanotubos de carbono y con ello la fabricación de los nano-pulpos, ya que "ahora hay una buena base usando cinética, termodinámica, química de estado sólido y geometría juntas, lo que permite comprender mejor las rutas alternativas para el crecimiento del carbono que conducen a diversas geometrías y estructuras. La comprensión del crecimiento del carbono del pulpo ofrece una base excelente para un análisis detallado del papel de la nano-geometría en la cinética". En concreto, se refiere a la catálisis de formación del

pulpo de carbono, en la que la geometría del catalizador se convierte en una de las piezas clave para su configuración, de hecho se afirma que "la superficie nanoplana superior de una partícula de catalizador esferoide tiene la misma orientación cristalina que la base (contacto metal-sustrato). El tamaño de esa nano superficie superior es la base del diámetro del nanotubo que crece desde el grafeno plano inicial después de girar 90 grados debido a la formación de 6 pentágonos de carbono. El crecimiento del carbono del pulpo es una excelente demostración de un proceso de crecimiento y de los roles de la cinética y la geometría combinados para obtener una ruta fácil para la nucleación y el crecimiento de CNT a bajas temperaturas (por debajo de los 1000°C)".

Nanofibras y nanotubos de carbono-grafeno de pared simple y múltiple

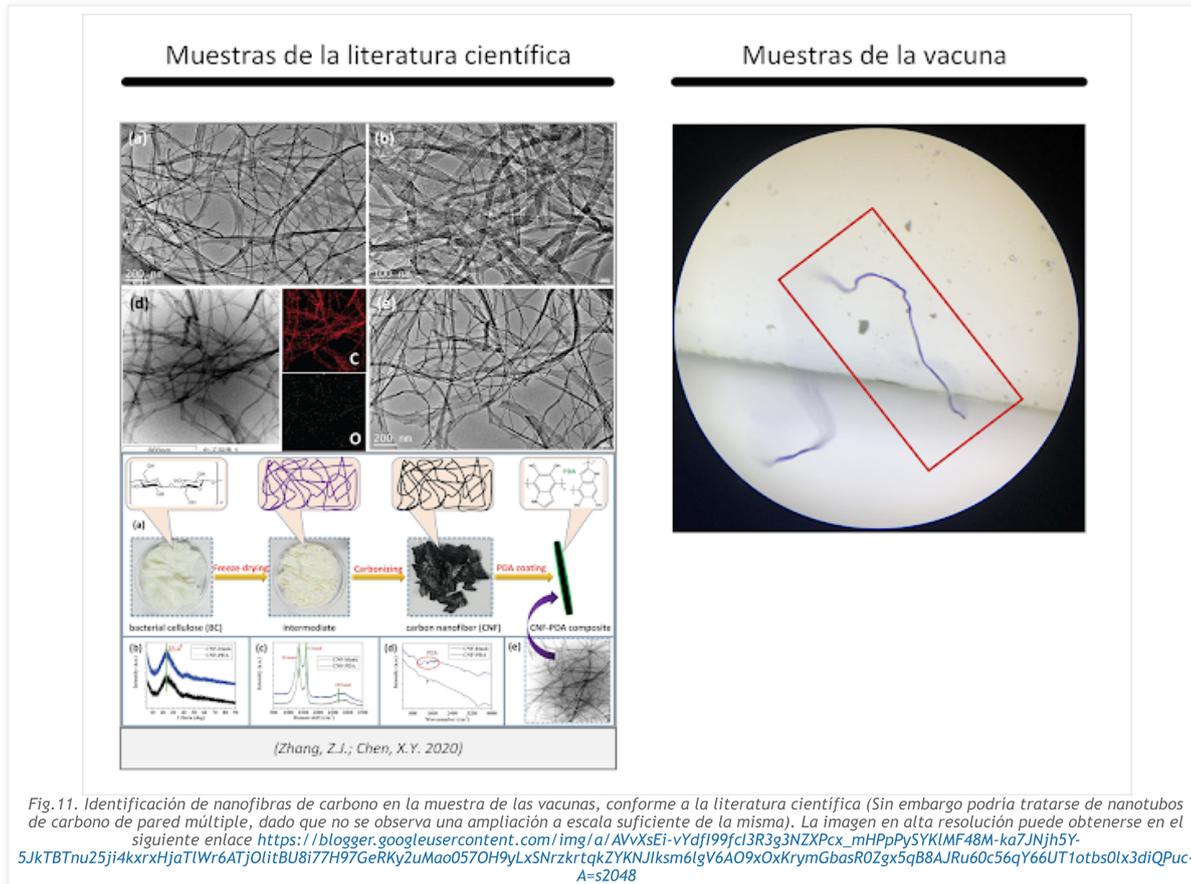
Otro objeto recurrente en las imágenes tomadas a las muestras de las vacunas del c0r0n@v|r|us son unos filamentos de longitud, espesor, densidad y color variable, con una cierta flexibilidad en sus formas. Tal como se aprecia en las figuras 1, 4 y 5. Estos objetos han sido identificados como nanotubos de carbono, lo que significa que en realidad son tubos de grafeno, tal como se ha señalado en la figura 8. Los nanotubos de carbono pueden ser de pared simple (single-walled carbon nanotubes SWCNTs) o bien de pared múltiple (multiwalled carbon nanotubes MWCNTs). En las imágenes de la figura 10 se observa la diferencia y se contrasta con la literatura científica.



Puede apreciarse que los nanotubos de carbono de pared simple, presentan una mayor transparencia que los nanotubos de carbono de pared múltiple, debido a que éstos últimos contienen otros nanotubos concéntricos, insertos en su interior, lo que explica un diámetro de sección mayor y un color ligeramente más oscuro. Si se dispusiera de mayor capacidad de ampliación, las imágenes denotarían las distintas líneas tubulares, con las que podrían incluso distinguirse el número de nanotubos de los que está compuesto. En el primer cuadro de la muestra de la vacuna de la figura 10 (fondo rosa), se aprecia un nanotubo de carbono de pared simple. En el siguiente recuadro de la muestra, en la misma figura 10, se observa un nanotubo de carbono de pared múltiple, también caracterizado por presentar un nexo o punto de unión (distinguido por un recuadro verde). Este atributo puede corresponderse con una envoltura de otro nanotubo de carbono, conforme a (Raimondo, M.; Nadddeo, C.; Vertuccio, L.; Bonnaud, L.; Dubois, P.; Binder, W.H.; Guadagno, L. 2020), a partir de lo que se conoce como "heterouniones entre metales y nanotubos de carbono como nanocontactos definitivos" de acuerdo al trabajo de (Rodríguez-Manzo, J.A.; Banhart, F.; Terrones, M.; Terrones, H.; Grobert, N.; Ajayan, P.M.; Golberg, D. 2009). Las heterouniones actúan como un nexo para unir a la estructura del nanotubo, otros nanotubos o bien funcionalizarlos con otros elementos, que quedan unidos. Aunque en la imagen de la muestra no se observa con claridad, tampoco es un elemento

imprescindible para el enlazamiento de los nanotubos de carbono, dado que basta con rodear el nanotubo con otro más corto, o bien utilizar los nanopulpos de carbono para servir de enlace.

Otra de las imágenes identificadas es la que se muestra en la figura 11, en lo que parece ser un nanotubo de carbono-grafeno de pared múltiple. Sin embargo, en este caso aparece totalmente opaco, aspecto que puede ser debido a varios factores de ajuste del microscopio, incidencia de la luz, e incluso la escala de la fotografía (que se desconoce). Esto abre la posibilidad a la especulación de que, en caso de no tratarse de un nanotubo de carbono de pared múltiple, se trate en realidad de una nanofibra de carbono, conforme a las imágenes de la literatura científica (Zhang, Z.J.; Chen, X.Y. 2020), debido a que el nanotubo observado no se encuentra hueco. Las nanofibras de carbono se caracterizan por ser cilindros sólidos de carbono o grafeno, lo que podría explicar la opacidad del filamento. En concreto, el artículo de (Zhang, Z.J.; Chen, X.Y. 2020) se presenta un método para crear fibras de carbono superconductoras, funcionalizadas con una superficie de polidopamina, aptas para aumentar el rendimiento de supercondensadores, en un contexto de aplicación en bioelectrónica y biomedicina. Esto se consigue a partir de "celulosa bacteriana comercial como materia prima", lo que permite su producción en masa.



También cabe reseñar que la coloración azul oscuro del filamento coincide con la del esquema de transformación de la fibra en el artículo de (Zhang, Z.J.; Chen, X.Y. 2020), véase cuadro inferior derecho de la figura 11. También, se puede afirmar que la nanofibra presenta propiedades superconductoras, muy similares a los nanotubos de carbono, dada su caracterización.

Crecimiento de los nanotubos

Como se puede apreciar en el análisis de las muestras de la vacuna y de su comparativa con la literatura científica, puede llegar a afirmarse que con alta probabilidad, los objetos observados en las imágenes reseñadas son nanotubos de carbono de pared simple, de pared múltiple y pulpos de carbono. Sin embargo, también resulta relevante el proceso de crecimiento de estos objetos, en especial de los nanotubos de carbono. A fin de comprender mejor este proceso, se recomienda la revisión del trabajo de (Lobo, L.S. 2017) que lo esquematiza de forma ejemplar. En primer lugar, la investigadora aclara que existen tres métodos para iniciar la producción de nanotubos de carbono (CNT). "las rutas de formación de nanotubos de carbono (CNT) pueden iniciarse pirolíticamente o catalíticamente" y además mediante un proceso híbrido en la "fase gaseosa de la pirolisis, que incide en la superficie de un catalizador, que disuelven átomos de carbono, nucleando y haciendo crecer el grafito en otras partes de la superficie de dicho catalizador". En la figura 12a se puede apreciar el proceso de "catálisis formadora del pentágono", necesario para la nucleación del nanotubo de carbono. Esto produce un la base de un pentágono a partir del cual se inicia el crecimiento por capas del nanotubo (tal como se muestra en la figura 12b). A esto se le denomina la regla del pentágono, y se desarrolla en las 12 moléculas de carbono que se observan en la geometría del núcleo de carburo de níquel (como refleja la figura 12c).

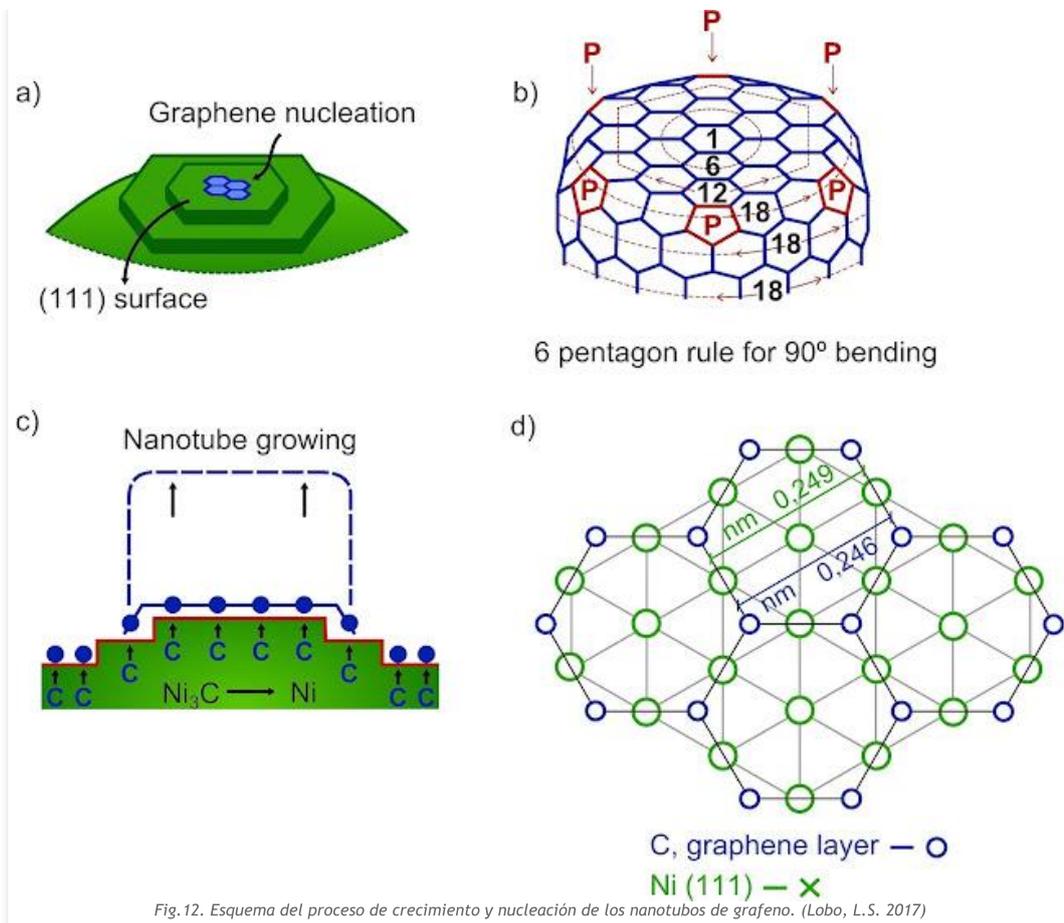


Fig. 12. Esquema del proceso de crecimiento y nucleación de los nanotubos de grafeno. (Lobo, L.S. 2017)

La investigadora también aborda en un epígrafe independiente la formación del pulpo de carbono indicando que el método más adecuado para su producción es híbrida (catalítica y pirolítica), explicando que "cuando las condiciones experimentales son tales que la nucleación del grafeno ocurre solo en (111) caras, se explica una tendencia a hacer crecer nanotubos en aproximadamente 8 zonas con simetría octaédrica... Aquí elegimos relacionar la forma del esferoide con una referencia a un cubo imaginario para ayudar a comprender el número de sus facetas y geometría. Con esta geometría en mente, cuando la nucleación y el crecimiento tienen lugar en un conjunto particular de facetas, el comportamiento observado puede entenderse mejor. ¿Existe un crecimiento preferencial en 6, 8 o 12 patas? Esta será una clave para confirmar la orientación de cristal favorecida que prevalece para la nucleación". Este fenómeno puede ser observado en la siguiente figura 13, donde se aprecia el catalizador de carburo de níquel en forma de partícula esferoide, que puede ser contenido o envuelto en grafeno (por ejemplo en un fullereno). Su nucleación y proceso pirolítico, provoca la reacción del catalizador sobre el carbono y esto propicia el crecimiento por deposición de los brazos del pulpo de grafeno.

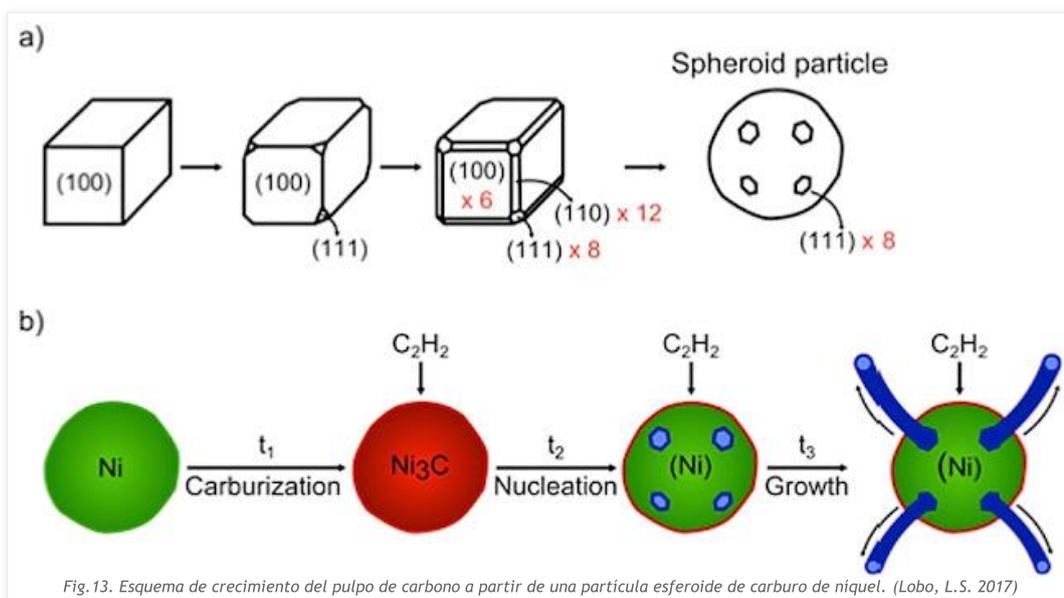
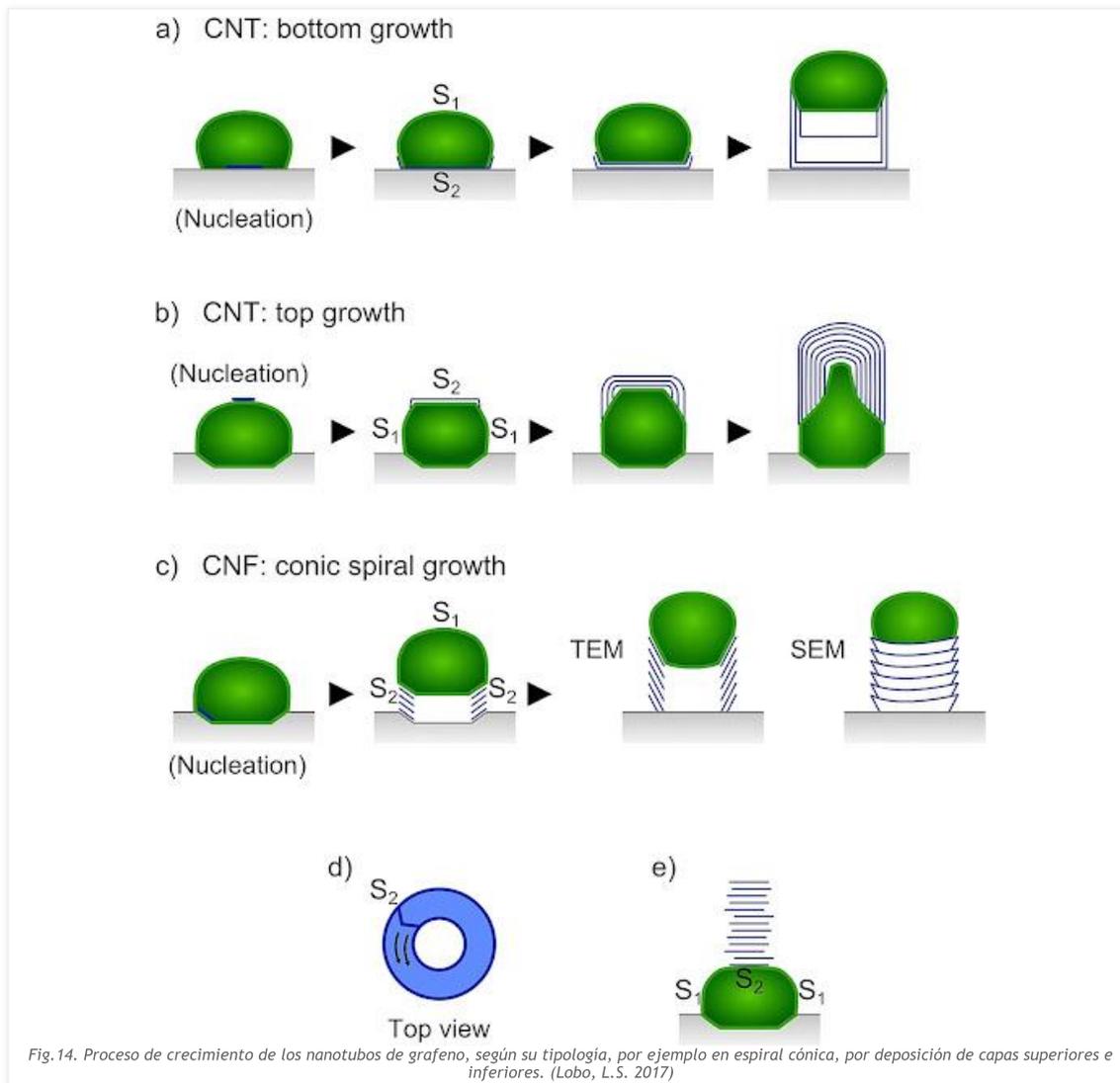


Fig. 13. Esquema de crecimiento del pulpo de carbono a partir de una partícula esferoide de carburo de níquel. (Lobo, L.S. 2017)

En el caso de los nanotubos de carbono (CNT) la nucleación puede determinar la forma de deposición y crecimiento del material. La autora (Lobo, L.S. 2017) describe el método de "contacto basal plano" (figura 14a) que se produce cuando la superficie de contacto entre la nanopartícula del catalizador y el sustrato es plana. Esto hace que la partícula de nucleación se levante y su crecimiento continúe en sucesivas capas. El método de crecimiento "sobre la

cara exterior cristalina" (figura 14b) se considera el más sencillo, al permanecer la nanopartícula de nucleación sujeta a la superficie, lo que implica que la deposición de las subsiguientes capas se realiza por superposición. El método de "*contacto interior cónico incrustado*" (figura 14c) se emplea para crear nanofibras de carbono (CNF nanocarbon fibers), su crecimiento ocurre cuando la nanopartícula de nucleación se encuentra incrustada sobre la base, generando una espiral cónica (CNF conic nanofiber), siendo casi imperceptible bajo microscopía TEM, excepto desde una vista cenital (superior).



El interfaz neuronal y la neuromodulación: el papel de los nanotubos

Una de las ideas más recurrentes en la literatura científica sobre nanotubos de carbono es la creación de un interfaz neuronal que favorezca los **propósitos de neuromodulación**, **comunicación inalámbrica de nanorredes** de neuronas, biosensores, **puntos cuánticos de grafeno GQD**, y (subsidiariamente) para diseñar terapias para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas e inclusive la reparación de los tejidos cerebrales que pudieran estar dañados (Fabbro, A.; Prato, M.; Ballerini, L. 2013 | Gaillard, C.; Cellot, G.; Li, S.; Toma, F.M.; Dumortier, H.; Spalluto, G.; Bianco, A. 2009 | Roman, J.A.; Niedzielko, T.L.; Haddon, R.C.; Parpura, V.; Floyd, C.L. 2011 | Cellot, G.; Cilia, E.; Cipollone, S.; Rancic, V.; Sucapane, A.; Giordani, S.; Ballerini, L. 2009). Para conseguir estos propósitos, los nanotubos de grafeno se utilizan para conectar el tejido neuronal, en concreto las células gliales (neuroglia) y las neuronas que ocupan el cerebro y el sistema nervioso central. Esto es posible a través de la inoculación de los nanotubos de carbono en el torrente sanguíneo, debido a su capacidad para atravesar la barrera hematoencefálica (BBB), compartida con el óxido de grafeno y las nanolaminas de grafeno 2D, tal como refleja la literatura científica (Abbott, N.J. 2013 | Shityakov, S.; Salvador, E.; Pastorin, G.; Förster, C. 2015 | Kafa, H.; Wang, J.T.W.; Rubio, N.; Venner, K.; Anderson, G.; Pach, E.; Al-Jamal, K.T. 2015).

Una de las primeras experiencias del enlazamiento neuronal con nanotubos de carbono-grafeno es el trabajo de (Gabay, T.; Jakobs, E.; Ben-Jacob, E.; Hanein, Y. 2005) en el que desarrolló un nuevo enfoque de geometría de grupos de redes neuronales utilizando grupos de nanotubos de carbono. En este modelo, las neuronas migran de un sustrato de baja afinidad a un sustrato de alta afinidad en una plantilla de nanotubos de carbono definida litográficamente. Al llegar a los sustratos de alta afinidad, las neuronas formarán redes interconectadas enviando mensajes de neuritas. En la figura 15 se observan las imágenes del experimento in-vivo con neuronas, su enlazamiento autónomo con nanotubos de carbono (señalados con flechas) y su completa interconexión en una macro-red neuronal.

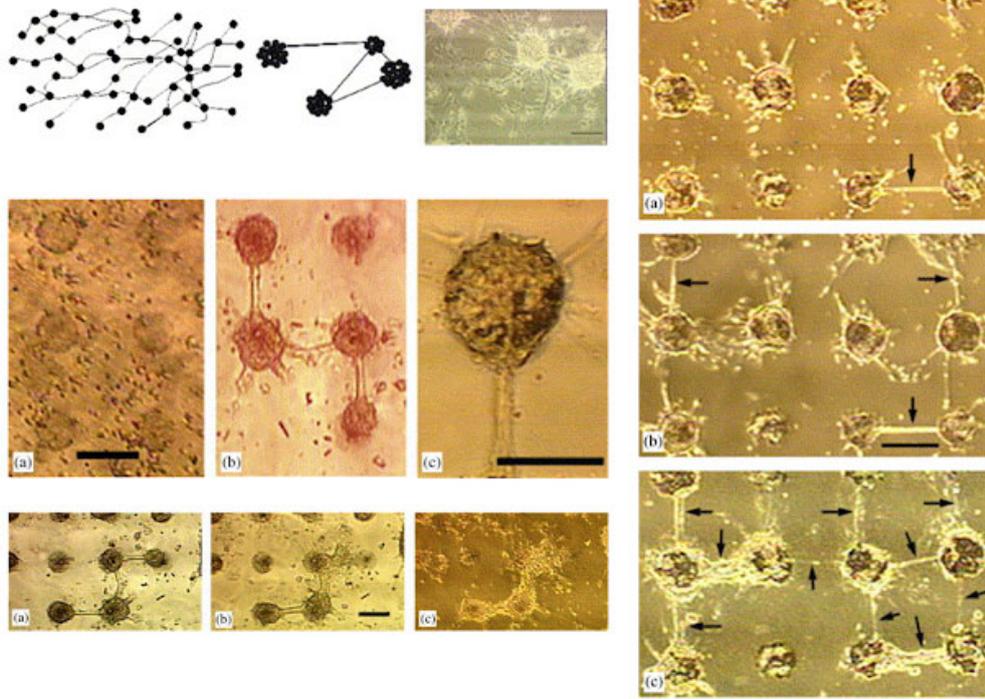


Fig. 15. Una de las primeras experiencias en la interconexión de neuronas con nanotubos de carbono, señalados con flechas en las imágenes (Gabay, T.; Jakobs, E.; Ben-Jacob, E.; Hanein, Y. 2005)

Según el trabajo de (Voge, C.M.; Stegemann, J.P. 2011) los nanotubos de carbono presentan propiedades mecánicas, físicas y eléctricas que los hacen adecuados para "estudiar y controlar las células del sistema nervioso. Esto incluye el uso de CNT (nanotubos de carbono) como sustratos de cultivos celulares, para crear superficies con patrones y para estudiar las interacciones entre la célula y la matriz... con respecto a las aplicaciones neuronales, quizás la propiedad CNT (nanotubos de carbono) más prometedora es la alta conductividad eléctrica, que ofrece el potencial de interactuar directamente con neuronas funcionales para detectar y transmitir señales. Por lo tanto, CNT puede actuar como sustratos pasivos y activos para su uso en ingeniería neuronal". Esto permite inferir que el objetivo final de una parte importante de las investigaciones sobre nanotubos de carbono y sus derivados es la neuroestimulación/neuromodulación, tal como se explica en el trabajo de (Ménard-Moyon, C. 2018). En la figura 16 se observa, de nuevo, cómo los nanotubos de carbono conectan los extremos de las células neuronales, con otras neuronas y tejidos del cerebro, lo que permite conducir la electricidad y señales en una red neuronal más interconectada. Esta configuración se la denomina "interfaz neuronal" y es posible debido a las propiedades de los nanotubos de carbono para superar la barrera hematoencefálica y depositarse en los órganos con actividad eléctrica, entre ellos, el cerebro y el sistema nervioso central. Parece obvio que una forma de asentar, conectar y sujetar los nanotubos de carbono a los extremos de las neuronas y las glías son los pulpos de carbono anteriormente mencionados. Los tentáculos de los pulpos de carbono presentan flexibilidad, longitud y capacidades superconductoras, ideales para establecer el enlace con las células neuronales, mejorando con ello su integración. Esta visión es compartida por otros autores como (Won, S.M.; Song, E.; Reeder, J.T.; Rogers, J.A. 2020) en donde el enfoque de neuroestimulación electromagnética mediante microondas, se realiza mediante fibras de grafeno poroso y otras formas de carbono a nanoescala, como los nanotubos de carbono, debido a su estabilidad química, resistencia mecánica y superficie conductora.

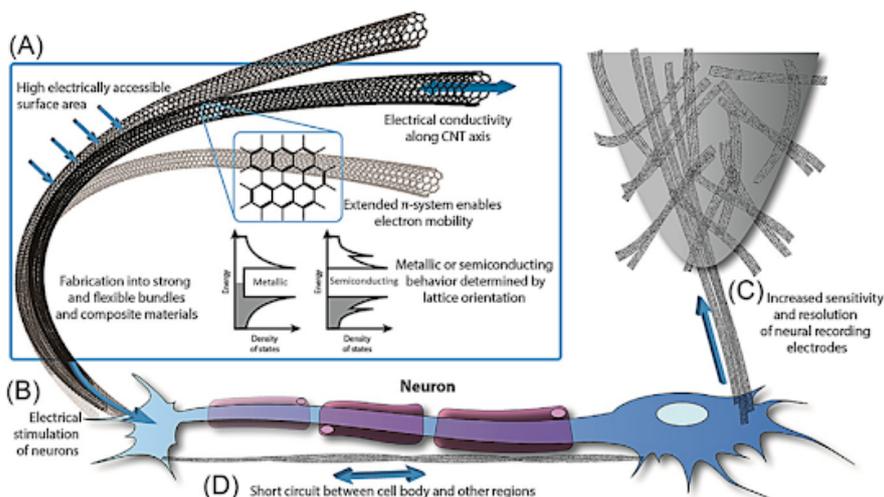
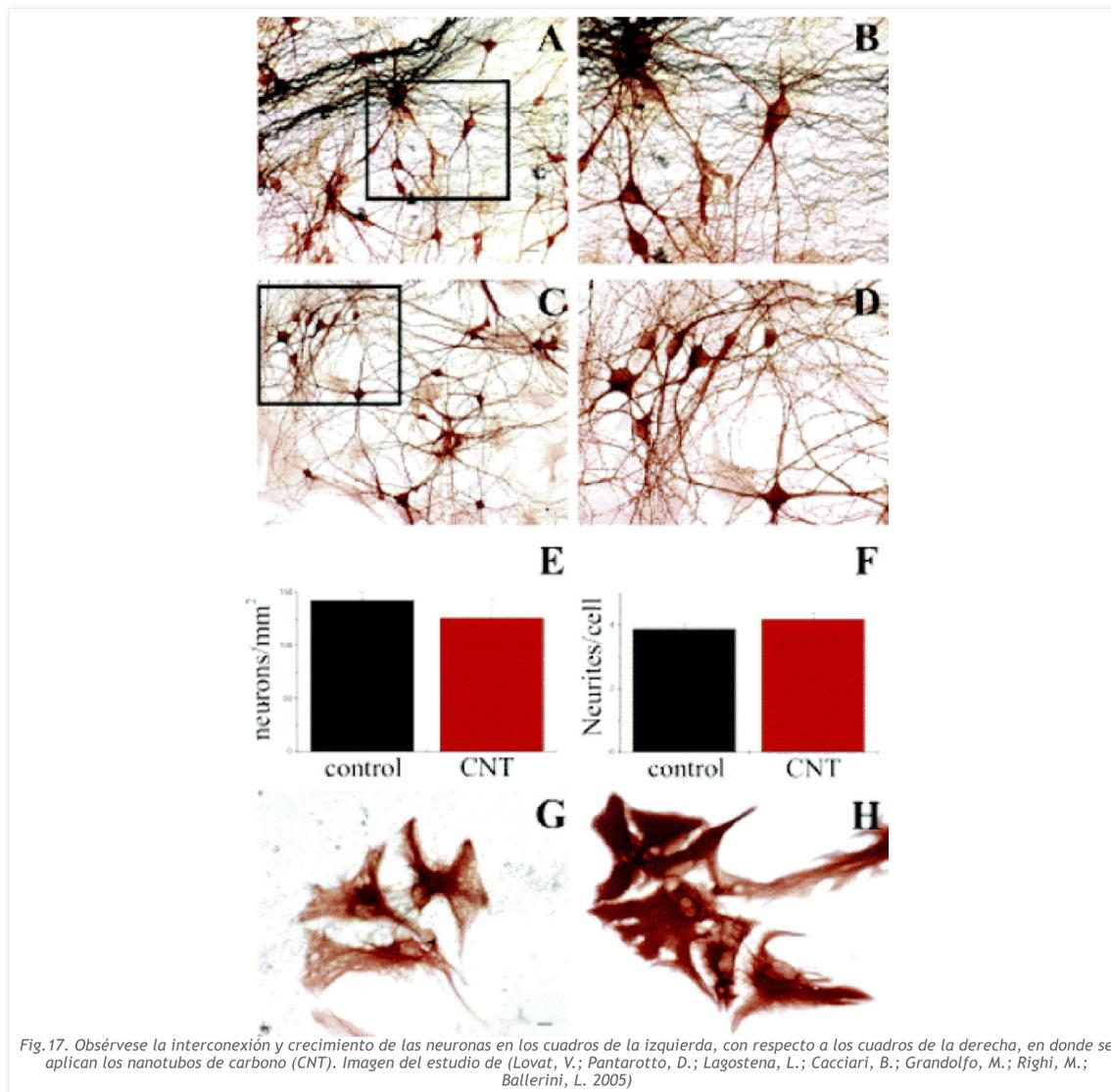


Fig. 16. Esquema del interfaz neuronal con nanotubos de carbono. (Ménard-Moyon, C. 2018)

También se apunta que los nanotubos de carbono pueden contribuir al desarrollo y crecimiento del tejido neuronal (Oprych, K.M.; Whitby, R.L.; Mihalovsky, S.V.; Tomlins, P.; Adu, J. 2016), dado que "actúan como andamios para la ingeniería de tejidos neurológicos".

La carrera por la comprensión de los circuitos neuronales y su sistema de señalización electroquímica ha sido una constante desde que se lograron producir los nanotubos de carbono, tal como refleja el artículo de (Mazzatenta, A.; Giugliano, M.; Campidelli, S.; Gambazzi, L.; Businaro, L.; Markram, H.; Ballerini, L. 2007) en el que se experimenta la introducción de nanotubos de carbono de pared simple (SWCNT) para la estimulación de células cerebrales, proponiendo un modelo de acoplamiento neuronal, que logra estimular las vías sinápticas únicas y múltiples de la red. Los autores afirmaron que "Los circuitos cerebrales cultivados proporcionan un modelo simple in-vitro de una red neuronal. Las neuronas del hipocampo crecieron y desarrollaron circuitos funcionales en las superficies de SWCNT, lo que indica, como se detalló anteriormente, la biocompatibilidad general de SWCNT purificada (Hu, H.; Ni, Y.; Mandal, S.K.; Montana, V.; Zhao, B.; Haddon, R.C.; Parpura, V. 2005). En comparación con las superficies abióticas de control, SWNT impulsó la actividad de la red neuronal en condiciones de crecimiento crónico (Lovat, V.; Pantarotto, D.; Lagostena, L.; Cacciari, B.; Grandolfo, M.; Righi, M.; Ballerini, L. 2005). Este efecto se ha descrito anteriormente y no es atribuible a diferencias en la supervivencia neuronal, morfología o propiedades de la membrana pasiva, pero posiblemente representa una consecuencia de las propiedades del sustrato SWNT". De hecho pueden comprobarse las evidencias de crecimiento a partir de nanotubos de carbono en la figura 17.



De hecho, puede considerarse que los nanotubos de carbono funcionalizado con polímeros, pueden promover el crecimiento de las dendritas de las células neuronales y con ello aumentar su capacidad sináptica (Hu, H.; Ni, Y.; Mandal, S.K.; Montana, V.; Zhao, B.; Haddon, R.C.; Parpura, V. 2005). Como corroboración de todo lo explicado hasta el momento, cabe destacar el trabajo de revisión de (Rauti, R.; Musto, M.; Bosi, S.; Prato, M.; Ballerini, L. 2019) en el que se resumen algunos de los avances más importantes en materia de nanotubos de carbono "debido a sus características peculiares, parecen ser adecuados para la interacción con tejidos eléctricamente activos, como los tejidos neuronales y cardíacos... Además, los CNT son atractivos como electrodos neuronales tanto in-vitro como in-vivo debido a la alta relación área superficial electroquímica inherente a la geometría de los nanotubos, lo que da lugar a una gran capacidad de carga eléctrica. En el contexto de la estimulación neural, se han encontrado capacidades de inyección de carga de 1-1,6 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ con electrodos de nanotubos alineados verticalmente, asumiendo el desarrollo de interfaces neuronales de nanotubos y nanofibras. Estas propiedades permitieron la ingeniería de electrodos basados en CNT (nanotubos de carbono) utilizados en la interconexión de la actividad neuronal in-vitro e in-vivo, que se resumen en los siguientes hitos: a) estimulación de potenciales de

acción/excitabilidad de Ca^{2+} en un pequeño grupo de neuronas en cultivo a través de matrices de electrodos múltiples, b) estimulación y registro de neuronas en cultivos de cortes organotípicos del hipocampo y también en el conjunto de la retina en ratones, c) estimulación y registro de cortezas cerebrales en ratas y monos, d) registro de electroencefalograma humano (EEG)". Esta revisión recoge abundantes pruebas documentales de la experimentación de los nanotubos de carbono en el tejido cerebral, con especial énfasis a su implementación en el cerebro humano. Por ello, se analizan las más relevantes a continuación:

- El trabajo de (Lee, W.; Parpura, V. 2010) demuestra como los nanotubos "se pueden utilizar como interfaces/electrodos neuronales por sus propiedades superconductoras con el cerebro, en particular con las neuronas... ofrecen ventajas sobre los electrodos metálicos estándar en términos de monitorización y estimulación de la actividad neuronal... Uno de los desafíos para la interconexión del cerebro y la máquina es la biocompatibilidad de los materiales utilizados para la construcción de electrodos. Si bien los CNT parecen biocompatibles, los límites de exposición no se han establecido hasta ahora. Es necesario establecer normas/reglas internacionales apropiadas para el uso de CNT antes de que los electrodos/dispositivos basados en CNT puedan usarse en seres humanos".
- La "estimulación neuronal con una matriz de microelectrodos de nanotubos de carbono" propuesta por (Wang, K.; Fishman, H.A.; Dai, H.; Harris, J.S. 2006) presenta un interfaz neuronal de carácter experimental orientado al desarrollo de prótesis neuronales, donde se estudia la "interconexión neuronal" basada en nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNT), alineados verticalmente a modo de microelectrodos, lo que confirma que pueden ser empleados con esa finalidad. Su trabajo es relevante por ser la primera demostración de "estimulación eléctrica de neuronas primarias" correspondientes al hipocampo, a lo que añaden que "las neuronas pueden crecer y diferenciarse en el dispositivo de nanotubos (que actúa como electrodos) y pueden excitarse repetidamente incluso con protocolos de estimulación de carga desequilibrada. También mostramos que los microelectrodos de CNT tienen propiedades electroquímicas superiores, que pueden mejorarse aún más mediante la modificación de la superficie. Los electrodos CNT funcionan predominantemente con corriente capacitiva (ideal para la estimulación neural), mientras que ofrecen una alta capacidad de inyección de carga. Por lo tanto, se pueden utilizar pequeños electrodos sin riesgos electroquímicos".
- La estimulación de células neuronales a través de corrientes eléctricas laterales ha sido estudiado por (Gheith, M.K.; Pappas, T.C.; Liopo, A.V.; Sinani, V.A.; Shim, B.S.; Motamedi, M.; Kotov, N. A. 2006). Se experimentó con una capa/película de nanotubos de carbono de pared simple (SWCNT) a la que se incorporó un cultivo de células neuronales. Posteriormente se aplicó una corriente eléctrica que recorría los extremos de la película de nanotubos de carbono. Esto "no alteró las características electrofisiológicas clave de las células NG108-15, lo que confirma las observaciones previas con un material de nanotubos diferente... La corriente pasa a través del recubrimiento celular, que es idéntico a los medios tradicionales de excitación neuronal y puede asociarse con la apertura de canales de cationes activados por voltaje. Fundamentalmente, esta es una evidencia importante de acoplamiento eléctrico entre películas del cultivo neuronal basadas en nanotubos de carbono de pared simple (SWCNT) y células neuronales de tipo NG108-15 en la configuración eléctrica lateral".
- La investigación de (Vitale, F.; Summerson, S.R.; Aazhang, B.; Kemere, C.; Pasquali, M. 2015) es relevante por aplicar nanotubos de carbono in-vivo en el cerebro de ratas, para experimentar las capacidades de neuromodulación. Entre sus conclusiones, se citará textualmente la siguiente: "presentamos la fabricación, caracterización y la primera evaluación de in-vivo del rendimiento y biocompatibilidad de microelectrodos de fibra CNT (nanotubos de carbono) para estimulación y registro neuronales. Descubrimos que las fibras CNT son el material candidato ideal para el desarrollo de microelectrodos pequeños, seguros, de alta densidad de carga, baja impedancia y flexibles capaces de establecer interfaces estables para manipular la actividad de los conjuntos neuronales, sin la necesidad de ninguna modificación adicional de la superficie. Por lo tanto, en un solo dispositivo, estos electrodos combinan perfectamente las propiedades de los electrodos tradicionales de formas y materiales muy diferentes optimizados para la estimulación o la grabación, mientras que también se benefician de la ventaja de la suavidad de los materiales CNT. El potencial de las fibras CNT como interfaces capaces de establecer interacciones bidireccionales con la actividad neuronal puede tener un impacto significativo en la investigación neurocientífica futura... Además, la tecnología de los microelectrodos de fibra CNT se puede traducir fácilmente a otras aplicaciones, como el diseño de interfaces flexibles y duraderas para monitorear y acondicionar los nervios periféricos y la actividad cardíaca".

Redes de nanocomunicación inalámbrica en los nanotubos de carbono

Si bien los nanotubos de carbono, en principio, podrían contribuir a mejorar la sinapsis y el crecimiento de células neuronales, así como tejer mejor su red de interconexión, presenta riesgos muy importantes que no han sido suficientemente ponderados por la comunidad científica, además de los toxicológicos (que se abordarán en el siguiente epígrafe). Dado que es posible la neuromodulación y neuroestimulación a través de los nanotubos de carbono (que en realidad es grafeno con forma tubular), debido a que actúan como electrodos activando regiones concretas del cerebro, también suponen de facto un interfaz neuronal capaz de enlazar con las [redes de nanocomunicación inalámbrica inoculadas en el cuerpo humano](#), en las que los [puntos cuánticos de grafeno GQD](#), [nanoantenas de grafeno](#) y [otros objetos identificados](#), forman parte del hardware de dicha red. Una red para la que existe [software de simulación](#), [protocolos de enrutamiento](#) y [MAC](#), y una compleja y [extensa bibliografía especializada que documenta su implementación en el cuerpo humano](#).

Con estos precedentes, no resulta sorprendente encontrar trabajos de investigación que aborden la comunicación molecular integrada con nanotubos de carbono con capacidad de interacción en nanorredes de sensores neuronales, administrados inalámbricamente, tal como reflejan (Abd-El-atty, S.M.; Lizos, K.A.; Gharseldien, Z.M.; Tolba, A.;

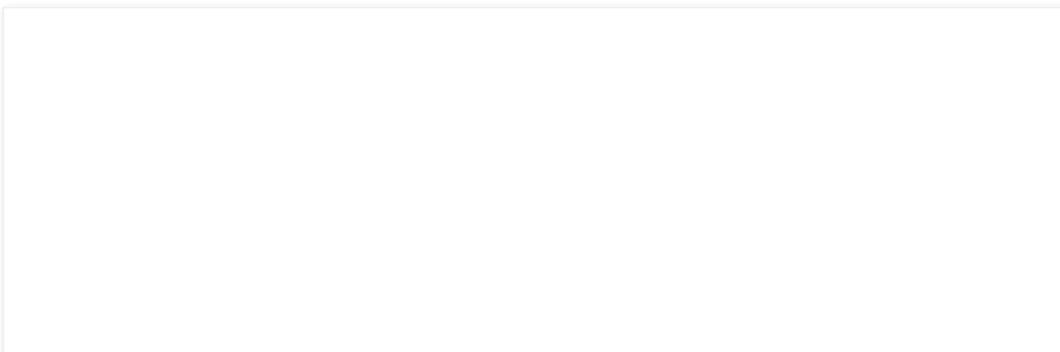
Makhadmeh, Z.A. 2018). Esto queda confirmado en su introducción al indicar que *"la comunicación molecular (MC) se considera un enfoque prometedor para transmitir información en la nanorred intracorporal. En este contexto, el uso de nanomáquinas en la nanorred facilita las operaciones de procesamiento, actuación, lógica y detección. Además, las nanomáquinas tienen la capacidad de intercambiar información cuando están interconectadas mediante la nanorred. Se puede lograr una nanorred intracorporal sencilla conectando un grupo de nanomáquinas artificiales/sintéticas o biológicas para realizar tareas y funciones complejas en el cuerpo humano, como el diagnóstico y el tratamiento biomédicos, o la transducción de señales neurales y el control neural... los nanotubos de carbono (CNT) facilitan la interacción molecular entre las células vivas, incluidas las neuronas, por medio de una interconexión basada en conmutadores estables para las moléculas de acoplamiento... Los nanotubos de carbono (CNT) tienen la capacidad de reconocer la liberación de moléculas de neurotransmisores en el sistema nervioso de la nanorred"*. Todo lo referido es posible debido a que las neuronas emiten picos de tensión (eléctricos) que son los potenciales de acción que liberan las moléculas neurotransmisoras que se propagan a través del axón. Por tanto, al estimular las neuronas, se consigue un efecto sobre la segregación de neurotransmisores y con ello la neuromodulación. Esto tiene consecuencias en la plasticidad, sinapsis y correlación neuronal del cerebro. También permite la medición de los neurotransmisores, la dopamina, las respuestas electrofisiológicas, las actividades sinápticas, el procesamiento de la información en la red neuronal (procedente del sistema nervioso). Además, los investigadores constatan la existencia de *"protocolos de programación de transmisión y una interfaz entre la bio-nanomáquina y las neuronas para facilitar el inicio de la señalización y reducir la posibilidad de interferencia en las señales eléctricas que generan"*. Es decir, un método para diferenciar con claridad las señales emitidas y propagarlas a la nanorred de comunicación (Suzuki, J.; Budiman, H.; Carr, T.A.; DeBlois, J.H. 2013 | Balasubramaniam, S.; Boyle, N.T.; Della-Chiesa, A.; Walsh, F.; Mardinoglu, A.; Botvich, D.; Prina-Mello, A. 2011)

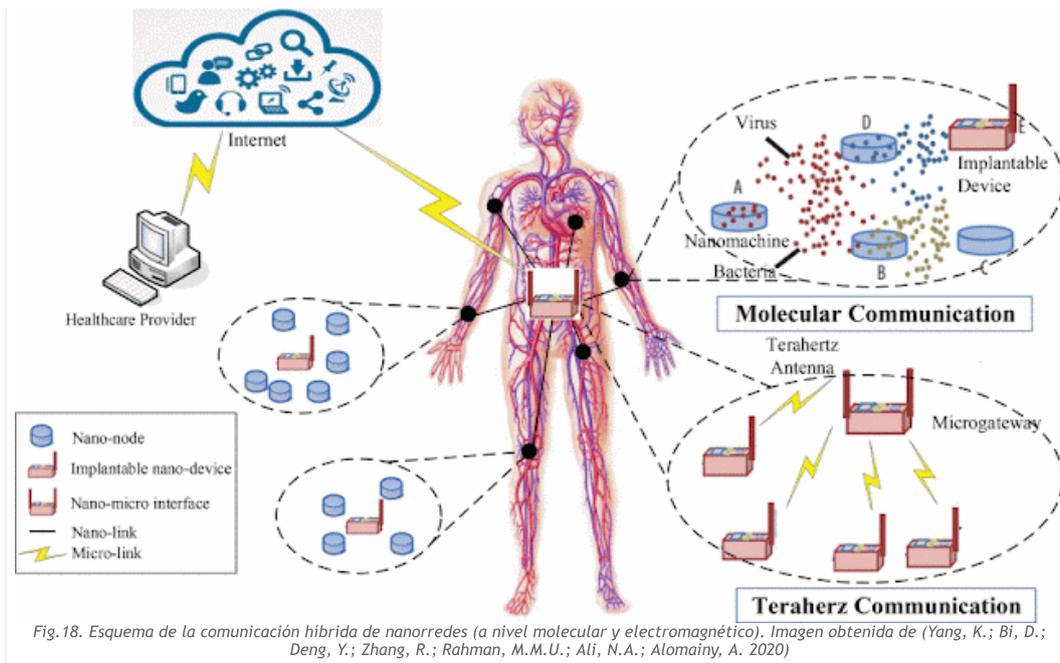
Si bien está demostrado que los nanotubos de carbono (CNT) son susceptibles de ser enlazados a la nanorred de comunicación inalámbrica, de acuerdo a las aclaraciones de (Akyildiz, I.F.; Jornet, J.M. 2010), su aplicación neuronal, implica protocolos de comunicación neuronal, que son diferentes a la comunicación electromagnética. También es cierto que *"no es necesario insertar nanotubos de carbono en las neuronas para que las nanomáquinas puedan activar la señalización. Las nanomáquinas pueden utilizar una neurointerfaz basada en agentes químicos"* según (Suzuki, J.; Budiman, H.; Carr, T.A.; DeBlois, J.H. 2013), sin embargo, ello representa dificultades operativas y de toxicidad, que redundan en mayores inconvenientes. A fin de salvar esta problemática, la comunidad científica propuso la *"nanocomunicación híbrida"* que permite la interacción electromagnética y molecular, uniendo el control de ambas nanorredes, tal como se refleja en el trabajo de revisión de (Yang, K.; Bi, D.; Deng, Y.; Zhang, R.; Rahman, M.M.U.; Ali, N.A.; Alomainy, A. 2020), del que se resumen los puntos más importantes:

- En primer lugar cabe señalar que ya existe un protocolo marco para las comunicaciones de nanorredes intra-extra cuerpo, bajo la denominación [IEEE P1906.1](#) que supone una parte importante de la implementación de las aplicaciones nanotecnológicas en el cuerpo humano. Sin embargo, la comunicación de datos y parámetros entre nanorredes electromagnéticas y basadas en la comunicación molecular, ha sido un reto fundamental, para las aplicaciones biomédicas, tal como se refieren en el siguiente párrafo *"Sin embargo, el objetivo del estándar IEEE P1906.1 es resaltar los componentes mínimos requeridos y sus correspondientes funciones necesarias para desplegar una nanorred. Esto requiere de un paradigma de comunicación híbrida que se adopta dentro del cuerpo humano y fuera de las personas, que sirve de interfaz para transmitir parámetros"*.
- Los autores son conscientes de las limitaciones de la comunicación electromagnética para la monitorización del sistema nervioso central y especialmente del tejido neuronal, para lo que es necesario enlazar la comunicación molecular y electromagnética con un enfoque híbrido, si se desea la transmisión inalámbrica de parámetros, peticiones, respuestas y operativas en la arquitectura de la nanorred. Dicho de otra forma, la monitorización del cerebro y sus regiones depende de la presencia de las nanorredes basadas en la comunicación electromagnética, dado que disponen de las nanoantenas con las que se propagan las señales, órdenes, peticiones y datos que se obtienen a través de los nanosensores y nanodispositivos habilitados en todo el cuerpo, incluyendo los nanotubos de carbono que se sitúan en el tejido neuronal. Sin embargo, obtener el registro de información sensada a través de los nanotubos, requiere un método de comunicación molecular, lo que obliga a desarrollar modelos de comunicación híbridos. Esta percepción queda recogida en el siguiente párrafo: *"Aparentemente, todos los esquemas anteriores pueden permitir la conexión entre la Red intra-corporal y la Red de área-corporal usando paradigmas electromagnéticos o paradigmas moleculares, pero hay algunos factores que los hacen menos prácticos. En primer lugar, los nanonodos (como los puntos cuánticos de grafeno GQD, entre otros) y los nanodispositivos, no son biológicos y pueden intervenir en otras actividades fisiológicas, ya que los nanonodos deben inyectarse en los vasos sanguíneos o ingresar al cuerpo humano al beber una solución que los contenga... Además, es posible que el público no acepte la inyección o la inserción de numerosos nanonodos en el cuerpo humano, y algunos países han publicado leyes nacionales para regular estrictamente la producción y comercialización de tales dispositivos"*. De esta explicación se desprende y da por hecho la premeditación de la vacunación, e inoculación masiva a toda la población, con la nanotecnología o hardware de nanorredes, para lo que los investigadores advierten algunos inconvenientes. También se incide en un detalle relevante, y es que los nanonodos de la red pueden ser introducidos en el cuerpo humano, no sólo por medio de la inyección en los vasos sanguíneos, también a través de soluciones acuosas que pueden ser bebidas. Esto es especialmente grave, dado que abre un nuevo abanico de posibilidades para la contaminación e intoxicación de las personas, lo que ayudaría a explicar el fenómeno del c0r0n@v|r|rus, con otro enfoque complementario a los ya conocidos.
- Los investigadores (Yang, K.; Bi, D.; Deng, Y.; Zhang, R.; Rahman, M.M.U.; Ali, N.A.; Alomainy, A. 2020) conceden especial relevancia al papel de los nanotubos de carbono en la interpretación de las señales neuronales, en forma de neurotransmisores segregados para su registro e interpretación con los

protocolos de comunicación molecular. De hecho se explica que "un proceso fisiológico que ocurre de forma natural es la transmisión de neurotransmisores entre la parte presináptica y la terminal postsináptica. En respuesta a una excitación de una fibra nerviosa, el potencial de acción generado se mueve a lo largo de la parte presináptica y desencadena la liberación de neurotransmisores (partículas de señalización) contenidos en las vesículas. Las moléculas de información liberadas se difunden en el medio ambiente y pueden unirse al canal iónico ubicado en la membrana de la terminal postsináptica. Entonces, el canal iónico enlazado se vuelve permeable a algunos iones, cuyo influjo finalmente conduce a una despolarización de la membrana celular que se propaga posteriormente como un nuevo potencial de acción a lo largo de la célula. Sin duda, la entrega de neurotransmisores establece un enlace de comunicación molecular (MC) y es mucho más biológica, biocompatible y menos invasiva que los sistemas de nanorredes basados en nanonodos (que utilizan el paradigma electromagnético), ya que los paradigmas moleculares que existen espontáneamente eliminan el riesgo de inyección o ingesta de nanodispositivos". A pesar de las ventajas que representa el modelo de comunicación molecular, los autores obvian que no es posible interactuar, modular o estimular las regiones cerebrales, sin la presencia de nanonodos basados en nanotubos de carbono que, como ya se ha demostrado, actúan como sensores, uniones y electrodos de las neuronas, glías y dendritas. Es un hecho que el contenido observado en las vacunas está siendo inoculado y claramente presenta este objetivo, lo que nuevamente conduce a la necesidad de un enfoque híbrido de comunicación bidireccional.

- Además, la transferencia de información controlada a través de un sistema nervioso in-vivo (Abbasi, N.A.; Lafci, D.; Akan, O.B. 2018) "demuestra aún más la viabilidad de que algunos procesos fisiológicos puedan interpretarse como sistemas de comunicación molecular (MC). En este tipo de modelos de comunicación, la información generalmente se modula por la concentración de moléculas, mientras que la información generalmente se transmite fuera del cuerpo humano a través de ondas electromagnéticas, por lo que se necesita un convertidor o interfaz de concentración química / onda electromagnética. Afortunadamente, algunos nanonodos con nanosensores químicos integrados en los CNT o GNR pueden asumir esta responsabilidad", corroborado por los siguientes estudios y trabajos científicos:
 - (Roman, C.; Ciontu, F.; Courtois, B. 2004) bajo el título "Detección de una sola molécula y ponderación macromolecular mediante un sensor nanoelectromecánico de nanotubos de carbono". Obsérvese en este caso, la implicación necesaria-fundamental de los nanotubos de carbono. Tal como indican sus autores "proponemos y simulamos un sensor de nanotubos de carbono de alta sensibilidad, capaz de transducir la unión proteína-ligando, o más generalmente, el reconocimiento macromolecular en una variación de frecuencia de una corriente eléctrica". Esto es la pieza fundamental sobre la que se construye el modelo híbrido de comunicación molecular-electromagnética, demostrando que es posible su interacción, transducción o si se prefiere, traducción de las señales moleculares en frecuencias e impulsos de corriente eléctrica.
 - (Georgakilas, V.; Otyepka, M.; Bourlinos, A.B.; Chandra, V.; Kim, N.; Kemp, K.C.; Kim, K.S. 2012), con el trabajo titulado "Funcionalización del grafeno: enfoques, derivados y aplicaciones covalentes y no covalentes" en el que se demuestra que las nanoplaquetas de grafeno tienen capacidad para actuar como biosensores, incluyendo para ello los dopajes con otros materiales (polímeros, metales...). Por tanto, los biosensores de grafeno actúan como inputs de datos que son potencialmente transmitidos a través de la nanorred.
 - (Lazar, P.; Karlicky, F.; Jurecka, P.; Kocman, M.; Otyepková, E.; Šafářová, K.; Otyepka, M. 2013), cuya investigación titulada "Adsorción de pequeñas moléculas orgánicas en grafeno" explicita con claridad el propósito de utilizar éste nanomaterial a efectos de interpretar la comunicación molecular. En concreto, se aborda "la cuantificación combinada experimental y teórica de las entalpías de adsorción de siete moléculas orgánicas (acetona, acetonitrilo, diclorometano, etanol, acetato de etilo, hexano y tolueno) en grafeno", lo que demuestra fuera de toda duda la capacidad del grafeno para ser empleado para los fines de comunicación molecular y por ende comunicación electromagnética, dado que es el material con el que se conforman los nanonodos de la nanorred intra-corporal.
- A todo lo ya expuesto, hay que añadir que (Yang, K.; Bi, D.; Deng, Y.; Zhang, R.; Rahman, M.M.U.; Ali, N.A.; Alomainy, A. 2020) también proponen un modelo de comunicación híbrido que combina paradigma molecular y paradigma electromagnético para sistemas de nanorredes que se muestra en la figura 18, que aclara el fin último de las operaciones de vacunación, esto es la inoculación del hardware de nanonodos, nanorouters, nanosensores y nanotubos de grafeno, para poder monitorizar toda la actividad biológica, vital y neuronal de las personas, de cada individuo.





Los autores de esta propuesta explican que "la comunicación molecular se utiliza en el cuerpo humano porque muestra una superioridad sobre otros esquemas de comunicación en términos de biocompatibilidad y no invasividad... Las nanorredes moleculares se componen de múltiples transmisores y receptores MC o de un transmisor MC, receptor MC y múltiples transceptores que desempeñan la función de retransmisión. Un transmisor biológico primero recopila parámetros de salud y luego modula y transmite la información recopilada entre las nanorredes moleculares. Para enviar con éxito la información al exterior del cuerpo humano, se implanta un nanodispositivo basado en grafeno en el cuerpo humano. Este dispositivo está compuesto principalmente por un nanosensor químico, un transceptor y la batería. El nanosensor químico incorporado es capaz de detectar la información de concentración proveniente de las nanorredes moleculares, y lo convierte en una señal eléctrica. La señal electromagnética THz se transmite además a una interfaz nano-micro. Esta interfaz puede ser un dispositivo de visualización dérmica o una puerta de enlace para conectarse a Internet. La interfaz nano-micro generalmente está equipada con dos tipos de antenas: antena THz y antena micro / macro. La arquitectura de comunicación híbrida propuesta no solo hace todo lo posible para evitar el uso de nanonodos no biológicos dentro del cuerpo, sino que también hace que los parámetros sanos del cuerpo se detecten fácilmente en el exterior". Si bien el objetivo de los investigadores es reducir el efecto invasivo de la nanorred, la infortunada praxis de la vacunación del c0r0n@v|rus, demuestra su equivocación. Queda demostrado que en las muestras de las vacunas y la sangre de personas vacunadas, no sólo hay nanonodos de grafeno en forma de puntos cuánticos GQD, también se han detectado fibras, nanotubos de carbono de pared simple y múltiple, nanohojas de grafeno, cintas de grafeno, nanoantenas fractales de grafeno, nadadores de hidrogel de grafeno, pulpos de carbono, y otros elementos que quedan por identificar. Por tanto, no puede albergarse duda de que la comunicación híbrida, electromagnética y molecular, es clave en este modelo, tal como se desprende de la bibliografía especializada en este particular (Ahmadzadeh, A.; Noel, A.; Schober, R. 2015 | Ahmadzadeh, A.; Noel, A.; Burkovski, A.; Schober, R. 2015 | Wang, X.; Higgins, M.D.; Leeson, M.S. 2015 | Nakano, T.; Moore, M.J.; Wei, F.; Vasilakos, A.V.; Shuai, J. 2012 | Abbasi, Q.H.; El-Sallabi, H.; Chopra, N.; Yang, K.; Qaraqe, K.A.; Alomainy, A. 2016 | Zhang, R.; Yang, K.; Abbasi, Q.H.; Qaraqe, K.A.; Alomainy, A. 2017).

Bibliografía

1. Abbasi, N.A.; Lafci, D.; Akan, O.B. (2018). Transferencia de información controlada a través de un sistema nervioso in vivo = Controlled information transfer through an in vivo nervous system. Scientific reports, 8(1), pp. 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20725-2>
2. Abbasi, Q.H.; El-Sallabi, H.; Chopra, N.; Yang, K.; Qaraqe, K.A.; Alomainy, A. (2016). Caracterización del canal de terahercios dentro de la piel humana para redes centradas en el cuerpo a nanoescala = Terahertz channel characterization inside the human skin for nano-scale body-centric networks. IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, 6(3), pp. 427-434. <https://doi.org/10.1109/TTHZ.2016.2542213>
3. Abd-El-atty, S.M.; Lizos, K.A.; Gharseldien, Z.M.; Tolba, A.; Makhadmeh, Z.A. (2018). Ingeniería de comunicaciones moleculares integradas con nanotubos de carbono en nanorredes de sensores neuronales = Engineering molecular communications integrated with carbon nanotubes in neural sensor nanonetworks. IET Nanobiotechnology, 12(2), pp. 201-210. <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1049/iet-nbt.2016.0150>
4. Abbott, N.J. (2013). Estructura y función de la barrera hematoencefálica y desafíos para la administración de fármacos al SNC = Blood-brain barrier structure and function and the challenges for CNS drug delivery. Journal of inherited metabolic disease, 36(3), pp. 437-449. <https://doi.org/10.1007/s10545-013-9608-0>
5. Ahmadzadeh, A.; Noel, A.; Schober, R. (2015). Análisis y diseño de redes de comunicación molecular basadas en difusión de múltiples saltos = Analysis and design of multi-hop diffusion-based molecular communication

- networks. *IEEE Transactions on Molecular, Biological and Multi-Scale Communications*, 1(2), pp. 144-157. <https://doi.org/10.1109/TMBMC.2015.2501741>
6. Ahmadzadeh, A.; Noel, A.; Burkovski, A.; Schober, R. (2015). Retransmisión de amplificación y reenvío en redes de comunicación molecular basadas en difusión de dos saltos = Amplify-and-forward relaying in two-hop diffusion-based molecular communication networks. En: 2015 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM) (pp. 1-7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/GLOCOM.2015.7417069>
 7. Akyildiz, I.F.; Jornet, J.M. (2010). Redes de nanosensores inalámbricos electromagnéticos = Electromagnetic wireless nanosensor networks. *Nano Communication Networks*, 1(1), pp. 3-19. <https://doi.org/10.1016/j.nancom.2010.04.001>
 8. Balasubramaniam, S.; Boyle, N.T.; Della-Chiesa, A.; Walsh, F.; Mardinoglu, A.; Botvich, D.; Prina-Mello, A. (2011). Desarrollo de redes neuronales artificiales para la comunicación molecular = Development of artificial neuronal networks for molecular communication. *Nano Communication Networks*, 2(2-3), pp. 150-160. <https://doi.org/10.1016/j.nancom.2011.05.004>
 9. Bottini, M.; Bruckner, S.; Nika, K.; Bottini, N.; Bellucci, S.; Magrini, A.; Mustelin, T. (2006). Los nanotubos de carbono de paredes múltiples inducen la apoptosis de los linfocitos T = Multi-walled carbon nanotubes induce T lymphocyte apoptosis. *Toxicology letters*, 160(2), pp. 121-126. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2005.06.020>
 10. Brown, D.M.; Kinloch, I.A.; Bangert, U.; Windle, A.H.; Walter, D.M.; Walker, G.S.; Stone, V.I.C.K.I. (2007). Un estudio in vitro del potencial de los nanotubos y nanofibras de carbono para inducir mediadores inflamatorios y fagocitosis frustrada = An in vitro study of the potential of carbon nanotubes and nanofibres to induce inflammatory mediators and frustrated phagocytosis. *Carbon*, 45(9), pp. 1743-1756. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2007.05.011>
 11. Burlibies, N.; Schulze, J.; Schwarz, H.C.; Kranz, K.; Motz, D.; Vogt, C.; Behrens, P. (2016). Recubrimientos de diferentes nanotubos de carbono en electrodos de platino para dispositivos neuronales: preparación, citocompatibilidad e interacción con células ganglionares espirales = Coatings of different carbon nanotubes on platinum electrodes for neuronal devices: Preparation, cytocompatibility and interaction with spiral ganglion cells. *PloS one*, 11(7), e0158571. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158571.g002>
 12. Cellot, G.; Cilia, E.; Cipollone, S.; Rancic, V.; Sucupane, A.; Giordani, S.; Ballerini, L. (2009). Los nanotubos de carbono podrían mejorar el rendimiento neuronal al favorecer los atajos eléctricos = Carbon nanotubes might improve neuronal performance by favouring electrical shortcuts. *Nature nanotechnology*, 4(2), pp. 126-133. <https://doi.org/10.1038/nnano.2008.374>
 13. Cui, D.; Tian, F.; Ozkan, C.S.; Wang, M.; Gao, H. (2005). Efecto de los nanotubos de carbono de pared simple en células HEK293 humanas = Effect of single wall carbon nanotubes on human HEK293 cells. *Toxicology letters*, 155(1), pp. 73-85. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2004.08.015>
 14. Dasgupta, K.; Joshi, J.B.; Paul, B.; Sen, D.; Banerjee, S. (2013). Crecimiento de estructuras similares a pulpos de carbón a partir de negro de carbón en un lecho fluidizado = Growth of carbon octopus-like structures from carbon black in a fluidized bed. *Materials Express*, 3(1), pp. 51-60. <https://doi.org/10.1166/mex.2013.1093> | <https://www.ingentaconnect.com/contentone/asp/me/2013/00000003/00000001/art00007>
 15. Davoren, M.; Herzog, E.; Casey, A.; Cottineau, B.; Chambers, G.; Byrne, H.J.; Lyng, F.M. (2007). Evaluación de la toxicidad in vitro de nanotubos de carbono de pared simple en células pulmonares A549 humanas = In vitro toxicity evaluation of single walled carbon nanotubes on human A549 lung cells. *Toxicology in vitro*, 21(3), pp. 438-448. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2006.10.007>
 16. Delgado, R.; Sevillano, J.L. (2021). Programa 147: Contenido de otro de los viales al microscopio. *La Quinta Columna*. [publicado en 2021/10/02] <https://odysee.com/@laquintacolumna:8/DIRECTONOCURNODELAQUINTACOLUMNA-PROGRAMA147-:6>
 17. Fabbro, A.; Prato, M.; Ballerini, L. (2013). Nanotubos de carbono en neuroregeneración y reparación = Carbon nanotubes in neuroregeneration and repair. *Advanced drug delivery reviews*, 65(15), pp. 2034-2044. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2013.07.002>
 18. Gabay, T.; Jakobs, E.; Ben-Jacob, E.; Hanein, Y. (2005). Autoorganización diseñada de redes neuronales utilizando grupos de nanotubos de carbono = Engineered self-organization of neural networks using carbon nanotube clusters. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 350(2-4), pp. 611-621. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2004.11.007>
 19. Gaillard, C.; Cellot, G.; Li, S.; Toma, F.M.; Dumortier, H.; Spalluto, G.; Bianco, A. (2009). Los nanotubos de carbono que llevan péptidos de adhesión celular no interfieren con la funcionalidad neuronal = Carbon nanotubes carrying cell-adhesion peptides do not interfere with neuronal functionality. *Advanced Materials*, 21(28), pp. 2903-2908. <https://doi.org/10.1002/adma.200900050>
 20. Gao, S.; Yu, Z.; Xu, K.; Peng, J.; Xing, Y.; Ren, Y.; Chen, M. (2016). Polímero anfífilico en estrella con núcleo de silsesquioxano como dispersante eficiente para nanotubos de carbono de paredes múltiples = Silsesquioxane-cored star amphiphilic polymer as an efficient dispersant for multi-walled carbon nanotubes. *RSC advances*, 6(36), pp. 30401-30404. <https://doi.org/10.1039/C6RA00130K>
 21. Georgakilas, V.; Otyepka, M.; Bourlino, A.B.; Chandra, V.; Kim, N.; Kemp, K.C.; Kim, K.S. (2012). Funcionalización del grafeno: enfoques, derivados y aplicaciones covalentes y no covalentes = Functionalization of graphene: covalent and non-covalent approaches, derivatives and applications. *Chemical reviews*, 112(11), pp. 6156-6214. <https://doi.org/10.1021/cr3000412>
 22. Gheith, M.K.; Pappas, T.C.; Liopo, A.V.; Sinani, V.A.; Shim, B.S.; Motamedi, M.; Kotov, N. A. (2006). Estimulación de células neurales por corrientes laterales en películas conductoras capa por capa de nanotubos de carbono de pared simple = Stimulation of neural cells by lateral currents in conductive layer-by-

- layer films of single-walled carbon nanotubes. *Advanced Materials*, 18(22), pp. 2975-2979. <https://doi.org/10.1002/adma.200600878>
23. Ghosh, M.; Chakraborty, A.; Bandyopadhyay, M.; Mukherjee, A. (2011). Nanotubos de carbono de paredes múltiples (MWCNT): inducción del daño del ADN en células de plantas y mamíferos = Multi-walled carbon nanotubes (MWCNT): induction of DNA damage in plant and mammalian cells. *Journal of hazardous materials*, 197, pp. 327-336. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.09.090>
 24. Hu, H.; Ni, Y.; Mandal, S.K.; Montana, V.; Zhao, B.; Haddon, R.C.; Parpura, V. (2005). Nanotubos de carbono de pared simple funcionalizados con polietilenimina como sustrato para el crecimiento neuronal = Polyethyleneimine functionalized single-walled carbon nanotubes as a substrate for neuronal growth. *The Journal of Physical Chemistry B*, 109(10), pp. 4285-4289. <https://doi.org/10.1021/jp0441137>
 25. Jia, G.; Wang, H.; Yan, L.; Wang, X.; Pei, R.; Yan, T.; Guo, X. (2005). Citotoxicidad de los nanomateriales de carbono: nanotubos de pared simple, nanotubos de paredes múltiples y fullereno = Cytotoxicity of carbon nanomaterials: single-wall nanotube, multi-wall nanotube, and fullerene. *Environmental science & technology*, 39(5), pp. 1378-1383. <https://doi.org/10.1021/es048729l>
 26. Kafa, H.; Wang, J.T.W.; Rubio, N.; Venner, K.; Anderson, G.; Pach, E.; Al-Jamal, K.T. (2015). La interacción de nanotubos de carbono con un modelo de barrera hematoencefálica in vitro y cerebro de ratón in vivo = The interaction of carbon nanotubes with an in vitro blood-brain barrier model and mouse brain in vivo. *Biomaterials*, 53, pp. 437-452. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2015.02.083>
 27. Kumar, A.S.; Barathi, P.; Pillai, K.C. (2011). Precipitación in situ de hexacianoferrato de níquel dentro de un electrodo modificado con nanotubos de carbono de paredes múltiples y su electrocatálisis selectiva de hidracina en pH fisiológico = In situ precipitation of Nickel-hexacyanoferrate within multi-walled carbon nanotube modified electrode and its selective hydrazine electrocatalysis in physiological pH. *Journal of electroanalytical chemistry*, 654(1-2), pp. 85-95. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2011.01.022>
 28. Lam, C.W.; James, J.T.; McCluskey, R.; Hunter, R.L. (2004). Toxicidad pulmonar de los nanotubos de carbono de pared simple en ratones 7 y 90 días después de la instilación intratraqueal = Pulmonary toxicity of single-wall carbon nanotubes in mice 7 and 90 days after intratracheal instillation. *Toxicological sciences*, 77(1), pp. 126-134. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfg243>
 29. Lazar, P.; Karlicky, F.; Jurecka, P.; Kocman, M.; Otyepková, E.; Šafářová, K.; Otyepka, M. (2013). Adsorción de pequeñas moléculas orgánicas en grafeno = Adsorption of small organic molecules on graphene. *Journal of the American Chemical Society*, 135(16), pp. 6372-6377. <https://doi.org/10.1021/ja403162r>
 30. Lee, W.; Parpura, V. (2010). Nanotubos de carbono como interfaces eléctricas con neuronas = Carbon nanotubes as electrical interfaces with neurons. En: *Brain Protection in Schizophrenia, Mood and Cognitive Disorders* (pp. 325-340). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8553-5_11
 31. Lobo, L.S. (2016). Formación de carbono catalítico: aclarando las rutas cinéticas alternativas y definiendo una linealidad cinética para el concepto de crecimiento sostenido = Catalytic carbon formation: Clarifying the alternative kinetic routes and defining a kinetic linearity for sustained growth concept. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, 118(2), pp. 393-414. <https://doi.org/10.1007/s11144-016-0993-x>
 32. Lobo, L.S. (2017). Nucleación y crecimiento de nanotubos y nanofibras de carbono: Mecanismo y control de la geometría catalítica = Nucleation and growth of carbon nanotubes and nanofibers: Mechanism and catalytic geometry control. *Carbon*, 114, pp. 411-417. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2016.12.005>
 33. Lovat, V.; Pantarotto, D.; Lagostena, L.; Cacciari, B.; Grandolfo, M.; Righi, M.; Ballerini, L. (2005). Los sustratos de nanotubos de carbono aumentan la señalización eléctrica neuronal = Carbon nanotube substrates boost neuronal electrical signaling. *Nano letters*, 5(6), pp. 1107-1110. <https://doi.org/10.1021/nl050637m>
 34. Maiolo, L.; Guarino, V.; Saracino, E.; Convertino, A.; Melucci, M.; Muccini, M.; Benfenati, V. (2021). Interfaces gliales: materiales y dispositivos avanzados para descubrir el papel de las células astrogliales en la función y disfunción del cerebro = Glial interfaces: advanced materials and devices to uncover the role of astroglial cells in brain function and dysfunction. *Advanced Healthcare Materials*, 10(1), 2001268. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/adhm.202001268>
 35. Manna, S.K.; Sarkar, S.; Barr, J.; Wise, K.; Barrera, E.V.; Jejelowo, O.; Ramesh, G.T. (2005). El nanotubo de carbono de pared simple induce estrés oxidativo y activa el factor de transcripción nuclear κ B en queratinocitos humanos = Single-walled carbon nanotube induces oxidative stress and activates nuclear transcription factor- κ B in human keratinocytes. *Nano letters*, 5(9), pp. 1676-1684. <https://doi.org/10.1021/nl0507966>
 36. Mattson, M.P.; Haddon, R.C.; Rao, A.M. (2000). Funcionalización molecular de nanotubos de carbono y uso como sustratos para el crecimiento neuronal = Molecular functionalization of carbon nanotubes and use as substrates for neuronal growth. *Journal of Molecular Neuroscience*, 14(3), pp. 175-182. <https://doi.org/10.1385/JMN:14:3:175>
 37. Mazzatenta, A.; Giugliano, M.; Campidelli, S.; Gambazzi, L.; Businaro, L.; Markram, H.; Ballerini, L. (2007). Interfaz de neuronas con nanotubos de carbono: transferencia de señales eléctricas y estimulación sináptica en circuitos cerebrales cultivados = Interfacing neurons with carbon nanotubes: electrical signal transfer and synaptic stimulation in cultured brain circuits. *Journal of Neuroscience*, 27(26), pp. 6931-6936. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1051-07.2007>
 38. Ménard-Moyon, C. (2018). Aplicaciones de los nanotubos de carbono en el campo biomédico = Applications of carbon nanotubes in the biomedical field. En: *Smart nanoparticles for biomedicine* (pp. 83-101). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814156-4.00006-9>
 39. Muller, J.; Decordier, I.; Hoet, P.H.; Lombaert, N.; Thomassen, L.; Huaux, F.; Kirsch-Volders, M. (2008). Efectos clastogénicos y aneugénicos de los nanotubos de carbono de paredes múltiples en las células

- epiteliales = Clastogenic and aneugenic effects of multi-wall carbon nanotubes in epithelial cells. *Carcinogenesis*, 29(2), pp. 427-433. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgm243>
40. Nakano, T.; Moore, M.J.; Wei, F.; Vasilakos, A.V.; Shuai, J. (2012). Comunicación molecular y redes: oportunidades y desafíos = Molecular communication and networking: Opportunities and challenges. *IEEE transactions on nanobioscience*, 11(2), pp. 135-148. <https://doi.org/10.1109/TNB.2012.2191570>
 41. Oprych, K.M.; Whitby, R.L.; Mikhlovsky, S.V.; Tomlins, P.; Adu, J. (2016). Reparación de nervios periféricos: ¿tienen algún papel los nanotubos de carbono? = Repairing peripheral nerves: is there a role for carbon nanotubes?. *Advanced healthcare materials*, 5(11), pp. 1253-1271. <https://doi.org/10.1002/adhm.201500864>
 42. Peters, S. (2021). [Programa de televisión]. Dr. Carrie Madej: El primer laboratorio de EE. UU. Examina los viales de "vacuna", se revelan hallazgos HORRIFICOS = Dr. Carrie Madej: First U.S. Lab Examines "Vaccine" Vials, HORRIFIC Findings Revealed. *Stew Peters Show*. [publicado en 2021/09/29] <https://www.redvoicemedia.com/2021/09/dr-carrie-madej-first-u-s-lab-examines-vaccine-vials-horrific-findings-revealed/>
 43. Pulskamp, K.; Diabaté, S.; Krug, H.F. (2007). Los nanotubos de carbono no muestran signos de toxicidad aguda pero inducen especies de oxígeno reactivas intracelulares en dependencia de contaminantes = Carbon nanotubes show no sign of acute toxicity but induce intracellular reactive oxygen species in dependence on contaminants. *Toxicology letters*, 168(1), pp. 58-74. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2006.11.001>
 44. Raimondo, M.; Naddeo, C.; Vertuccio, L.; Bonnaud, L.; Dubois, P.; Binder, W.H.; Guadagno, L. (2020). Multifuncionalidad de los nanohíbridos estructurales: el papel crucial de la funcionalización covalente y no covalente de los nanotubos de carbono para permitir un alto rendimiento térmico, mecánico y de autocuración = Multifunctionality of structural nanohybrids: The crucial role of carbon nanotube covalent and non-covalent functionalization in enabling high thermal, mechanical and self-healing performance. *Nanotechnology*, 31(22), 225708. <https://doi.org/10.1088/1361-6528/ab7678>
 45. Rauti, R.; Musto, M.; Bosi, S.; Prato, M., & Ballerini, L. (2019). Propiedades y comportamiento de los nanomateriales de carbono al interactuar con las células neuronales: ¿Hasta dónde hemos llegado? = Properties and behavior of carbon nanomaterials when interfacing neuronal cells: How far have we come?. *Carbon*, 143, 430-446. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2018.11.026>
 46. Rodríguez-Manzo, J.A.; Banhart, F.; Terrones, M.; Terrones, H.; Grobert, N.; Ajayan, P.M.; Golberg, D. (2009). Heterouniones entre metales y nanotubos de carbono como nanocontactos definitivos = Heterojunctions between metals and carbon nanotubes as ultimate nanocontacts. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(12), pp. 4591-4595. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900960106>
 47. Roman, C.; Ciontu, F.; Courtois, B. (2004). Detección de una sola molécula y ponderación macromolecular mediante un sensor nanoelectromecánico de nanotubos de carbono = Single molecule detection and macromolecular weighting using an all-carbon-nanotube nanoelectromechanical sensor. En: 4th IEEE Conference on Nanotechnology, 2004. (pp. 263-266). IEEE. <https://doi.org/10.1109/NANO.2004.1392318>
 48. Roman, J.A.; Niedzielko, T.L.; Haddon, R.C.; Parpura, V.; Floyd, C.L. (2011). Nanotubos de carbono de pared simple funcionalizados químicamente con polietilenglicol promueven la reparación de tejidos en un modelo de rata de lesión de la médula espinal = Single-walled carbon nanotubes chemically functionalized with polyethylene glycol promote tissue repair in a rat model of spinal cord injury. *Journal of neurotrauma*, 28(11), pp. 2349-2362. <https://doi.org/10.1089/neu.2010.1409>
 49. Sessler, C.D.; Huang, Z.; Wang, X.; Liu, J. (2021). Biología sintética funcional con nanomateriales = Functional Nanomaterial-Enabled Synthetic Biology. *Nano Futures*. <https://doi.org/10.1088/2399-1984/abfd97>
 50. Sharon, M.; Sharon, M. (2006). Nanomateriales de carbono y su síntesis a partir de precursores derivados de plantas = Carbon nanomaterials and their synthesis from plant-derived precursors. *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic and Nano-Metal Chemistry*, 36(3), pp. 265-279. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15533170600596048>
 51. Saavedra, M. S. (2014). [Tesis doctoral]. Nano-pulpos de carbono: crecimiento y caracterización = Carbon Nano-Octopi: Growth and Characterisation. University of Surrey (United Kingdom). <https://www.proquest.com/openview/fd52e404bd09604147ca46b3a6e50f60/1>
 52. Shityakov, S.; Salvador, E.; Pastorin, G.; Förster, C. (2015). Estudios de transporte de la barrera hematoencefálica, agregación y simulación de dinámica molecular de nanotubos de carbono de paredes múltiples funcionalizados con isotiocianato de fluoresceína = Blood-brain barrier transport studies, aggregation, and molecular dynamics simulation of multiwalled carbon nanotube functionalized with fluorescein isothiocyanate. *International journal of nanomedicine*, 10, 1703. <https://dx.doi.org/10.2147%2FIJN.S68429>
 53. Shvedova, A.A.; Kisin, E.R.; Mercer, R.; Murray, A.R.; Johnson, V.J.; Potapovich, A.I.; Baron, P. (2005). Respuestas pulmonares inflamatorias y fibrogénicas inusuales a los nanotubos de carbono de pared simple en ratones = Unusual inflammatory and fibrogenic pulmonary responses to single-walled carbon nanotubes in mice. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*, 289(5), L698-L708. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00084.2005>
 54. Suzuki, J.; Budiman, H.; Carr, T.A.; DeBlois, J.H. (2013). Un marco de simulación para la comunicación molecular basada en neuronas = A simulation framework for neuron-based molecular communication. *Procedia Computer Science*, 24, pp. 103-113. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.10.032>
 55. Tan, J.M.; Arulselvan, P.; Fakurazi, S.; Ithnin, H.; Hussein, M.Z. (2014). Una revisión sobre caracterizaciones y biocompatibilidad de nanotubos de carbono funcionalizados en el diseño de administración de fármacos = A review on characterizations and biocompatibility of functionalized carbon nanotubes in drug delivery design. *Journal of Nanomaterials*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/917024>

56. Tian, F.; Cui, D.; Schwarz, H.; Estrada, G.G.; Kobayashi, H. (2006). Citotoxicidad de nanotubos de carbono de pared simple en fibroblastos humanos = Cytotoxicity of single-wall carbon nanotubes on human fibroblasts. *Toxicology in vitro*, 20(7), pp. 1202-1212. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2006.03.008>
57. Vitale, F.; Summerson, S.R.; Aazhang, B.; Kemere, C.; Pasquali, M. (2015). Estimulación neuronal y grabación con microelectrodos bidireccionales de fibra de nanotubos de carbono blando = Neural stimulation and recording with bidirectional, soft carbon nanotube fiber microelectrodes. *ACS nano*, 9(4), pp. 4465-4474. <https://doi.org/10.1021/acs.nano.5b01060>
58. Voge, C.M.; Stegemann, J.P. (2011). Nanotubos de carbono en aplicaciones de interfaz neuronal = Carbon nanotubes in neural interfacing applications. *Journal of neural engineering*, 8(1), 011001. <https://doi.org/10.1088/1741-2560/8/1/011001>
59. Wang, K.; Fishman, H.A.; Dai, H.; Harris, J.S. (2006). Estimulación neuronal con una matriz de microelectrodos de nanotubos de carbono = Neural stimulation with a carbon nanotube microelectrode array. *Nano letters*, 6(9), pp. 2043-2048. <https://doi.org/10.1021/nl061241t>
60. Wang, X.; Higgins, M.D.; Leeson, M.S. (2015). Análisis de relés en comunicaciones moleculares con concentración dependiente del tiempo = Relay analysis in molecular communications with time-dependent concentration. *IEEE Communications Letters*, 19(11), pp. 1977-1980. <https://doi.org/10.1109/LCOMM.2015.2478780>
61. Warheit, D.B. (2006). ¿Qué se sabe actualmente sobre los riesgos para la salud relacionados con la exposición a los nanotubos de carbono? = What is currently known about the health risks related to carbon nanotube exposures?. *Carbon*, 44(6), pp. 1064-1069. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2005.10.013>
62. Won, S.M.; Song, E.; Reeder, J.T.; Rogers, J.A. (2020). Modalidades emergentes y tecnologías implantables para la neuromodulación = Emerging modalities and implantable technologies for neuromodulation. *Cell*, 181(1), pp. 115-135. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.02.054>
63. Xiang, C., Zhang, Y., Guo, W., & Liang, X. J. (2020). Nanotubos de carbono biomiméticos para la terapéutica de enfermedades neurológicas como medicación inherente = Biomimetic carbon nanotubes for neurological disease therapeutics as inherent medication. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 10(2), pp. 239-248. <https://doi.org/10.1016/j.apsb.2019.11.003>
64. Yang, K.; Bi, D.; Deng, Y.; Zhang, R.; Rahman, M.M.U.; Ali, N.A.; Alomainy, A. (2020). Una revisión completa sobre la comunicación híbrida en el contexto de la comunicación molecular y la comunicación de terahercios para nanorredes centradas en el cuerpo = A comprehensive survey on hybrid communication in context of molecular communication and terahertz communication for body-centric nanonetworks. *IEEE Transactions on Molecular, Biological and Multi-Scale Communications*, 6(2), pp. 107-133. <https://doi.org/10.1109/TMBMC.2020.3017146>
65. Zhang, R.; Yang, K.; Abbasi, Q.H.; Qaraqe, K.A.; Alomainy, A. (2017). Caracterización analítica de la nanored In-Vivo de Terahercios en presencia de interferencia basada en el esquema de comunicación TS-OOK = Analytical characterisation of the terahertz in-vivo nano-network in the presence of interference based on TS-OOK communication scheme. *IEEE Access*, 5, pp. 10172-10181. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2713459>
66. Zhang, Z.J.; Chen, X.Y. (2020). Nanofibras de carbono derivadas de celulosa bacteriana: modificación de la superficie por polidopamina y el uso de iones ferrosos como aditivo electrolítico para aumentar de forma colaborativa el rendimiento del supercondensador = Carbon nanofibers derived from bacterial cellulose: Surface modification by polydopamine and the use of ferrous ion as electrolyte additive for collaboratively increasing the supercapacitor performance. *Applied Surface Science*, 519, 146252. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.146252>
67. Zhu, L.; Chang, D.W.; Dai, L.; Hong, Y. (2007). Daño al ADN inducido por nanotubos de carbono de paredes múltiples en células madre embrionarias de ratón = DNA damage induced by multiwalled carbon nanotubes in mouse embryonic stem cells. *Nano letters*, 7(12), pp. 3592-3597. <https://doi.org/10.1021/nl071303v>