

Mobile phone radiation and brain cancer at the dawn of the 5G era

Alicia Schandy y Franco Simini

*Núcleo de Ingeniería Biomédica de las Facultades de Medicina e Ingeniería,
Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.*

Abstract— There is great controversy regarding the long-term health risks associated with radio frequency electromagnetic radiation. A systematic review was conducted in order to assess non-thermal effects of these emissions in the human body. The 0.08W/kg limit on the specific absorption rate over the whole body suggested by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection guarantees that mobile phones will not cause a harmful body temperature increase. Nevertheless, some studies claim that exposure to radio frequency electromagnetic fields may increase the risk of developing a brain tumor. Ongoing research might help to mitigate some of the confusion surrounding this topic. The beginning of the 5G era urges us to question whether the emission limits established more than 20 years ago by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection are still valid.

Keywords— Radio frequency electromagnetic fields, mobile phones, electromagnetic radiation, 5G

Resumen— Existe gran controversia respecto a cuáles son los efectos de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia sobre el cuerpo humano a largo plazo. Se realizó una revisión sistemática para recolectar información acerca del impacto de la exposición a estos campos sobre la salud de las personas. El límite de 0.08W/kg para la tasa de absorción específica media de cuerpo entero propuesto por la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No-Ionizantes garantiza que las emisiones de los teléfonos móviles no provocarán un aumento de temperatura nocivo en las personas. No obstante, hay estudios que afirman que la exposición a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia puede aumentar el riesgo de padecer tumores cerebrales. Investigaciones en marcha reúnen el esfuerzo de varios países para mitigar la confusión que rodea este tema. El comienzo de la era 5G motiva a cuestionarse si los límites de emisión, establecidos hace más de 20 años por la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No-Ionizantes, siguen aún vigentes en la actualidad.

Palabras clave— Campos electromagnéticos de radiofrecuencia, telefonía móvil, celulares, 5G.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han verificado avances vertiginosos en la tecnología de los sistemas de comunicación y un incremento explosivo en el número de usuarios de telefonía móvil. Cada vez son más las personas expuestas a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia (CEM-RF) generados por las radiobases y los teléfonos móviles. Además, el período de exposición a estos campos ha ido aumentando ya que las personas comienzan a usar el teléfono móvil a una edad cada vez más temprana.

Hoy en día, las principales entidades que supervisan y recomiendan los límites de emisión de los CEM-RF son la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No-Ionizantes (ICNIRP) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). Además, existen múltiples instituciones e investigadores independientes que estudian este tema. No obstante, a pesar de la gran cantidad de publicaciones, al presente no hay evidencias sólidas que demuestren con exactitud cuáles son los efectos de los CEM-RF sobre el cuerpo humano a largo plazo. Si bien los organismos previamente mencionados sostienen que no existen pruebas de que los CEM-RF generen daños al tejido

vivo cuando se respetan los umbrales de seguridad [1]–[3], en los últimos años han surgido varios estudios que sugieren efectos nocivos de estos campos sobre la salud.

En 2011, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) clasificó a los CEM-RF como posiblemente cancerígenos (Grupo 2B) por el incremento en el riesgo de glioma asociado al uso del teléfono móvil [4]. Esta declaración fue ampliamente difundida internacionalmente y generó creciente preocupación pública sobre los perjuicios a la salud que puede causar la telefonía móvil. Se realizó una revisión sistemática para evaluar el impacto de los CEM-RF sobre el tejido vivo.

II. PALABRAS CLAVES DE LA BÚSQUEDA

Se utilizó la plataforma bibliográfica TIMBÓ, especificando los *keywords*: “*electromagnetic radiation*”, “*radiofrequency*”, “*mobile phones*”, “*5G*”, “*RF-EMG*”. Se seleccionaron publicaciones arbitradas en inglés y en español en el período 2005-2019. Se descartaron las no relevantes leyendo el resumen de cada una y luego las restantes se ordenaron cronológicamente para organizar la estructura del presente paper. Del total de artículos fueron retenidos y leídos 30.

III. DEFINICIONES Y CONCEPTOS IMPORTANTES.

Un campo electromagnético es una combinación de un campo eléctrico y un campo magnético. Los campos electromagnéticos variables en el tiempo transportan energía de un punto a otro del espacio y se caracterizan por su frecuencia y su intensidad. A las radiaciones que se utilizan para telefonía móvil se les llama campos electromagnéticos de radiofrecuencia (CEM-RF) y son radiaciones no-ionizantes, es decir, que no transportan la energía suficiente como para ionizar y alterar la estructura química de las células [5], [6].

Lejos de la fuente de emisión, los CEM-RF se pueden modelar como una onda plana en el aire. Bajo esta aproximación, la intensidad de campo disminuye con el cuadrado de la distancia. Por esta razón, cuanto más densa sea la red de antenas, menor potencia necesitará el móvil para comunicarse con la radio base y por ende la exposición a los CEM-RF será menor. Se suele utilizar este supuesto para estudiar el efecto de las emisiones de las radio bases sobre las personas. La aproximación de onda plana no se verifica en la proximidad de las fuentes de emisión como es el caso de las personas cuando realizan llamadas en su teléfono móvil [7].

Los límites de exposición a los CEM-RF se fijan sobre los valores de densidad de flujo de potencia y de tasa de absorción específica (TAE). La TAE es la cantidad de energía absorbida por unidad de masa de tejido humano al estar expuesto a un CEM. La densidad de flujo de potencia es el valor de potencia por unidad de superficie del frente de onda y es la única de las medidas mencionadas que puede tomarse sencillamente en el entorno de las personas expuestas. La ICNIRP emitió en 1998 un informe que establece límites de exposición para la población de 0.08W/kg de TAE media de cuerpo entero y de 2 W/kg de TAE media en cabeza y cuello. El límite para la densidad de flujo de potencia es de 10 W/m² [3]. Si bien en 2018 la ICNIRP publicó un borrador de actualización, los valores límites mencionados se mantienen incambiables en la nueva versión [8]. Los teléfonos móviles vendidos en la Unión Europea deben cumplir con un límite de 2W/kg de TAE promediado sobre 15g de tejido, mientras que en Estados Unidos la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) impone un límite de 1,6W/kg medido en un volumen de 1g de tejido. La Fig. 1 muestra los valores de TAE según la FCC para algunos teléfonos móviles.

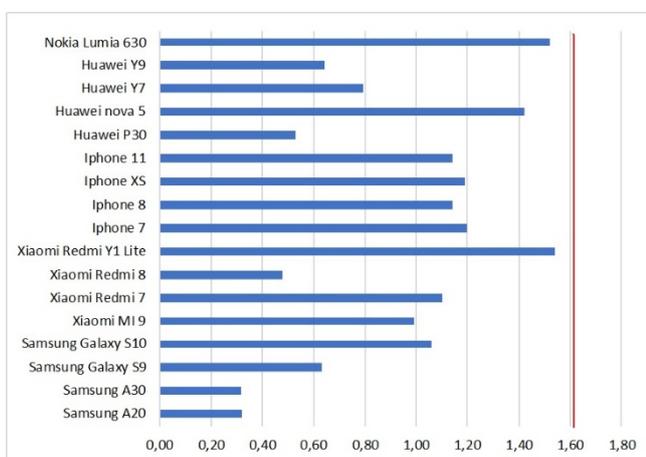


Fig 1: Valores de TAE según la FCC para algunos teléfonos móviles [9]-[12]

Los efectos de los CEM-RF sobre la salud se pueden dividir en dos tipos: efectos térmicos y efectos sobre las estructuras celulares. Los efectos térmicos ocurren porque parte de la energía de los CEM de RF es absorbida por el cuerpo y transformada en calor. Este aumento de temperatura se considera nocivo cuando sobrepasa la capacidad termorreguladora del organismo del individuo. Para una persona en reposo se considera que este límite corresponde a un incremento de más de 1°C durante 6 minutos, lo cual se asocia con una TAE de 4W/kg. Este valor de TAE es el que utiliza el ICNIRP para calcular el límite de seguridad para cuerpo entero de 0.08W/kg, por lo tanto, las emisiones no provocarán un aumento de temperatura nocivo siempre y cuando se respete este umbral [3], [6]. Los efectos térmicos de los CEM-RF se conocen desde hace mucho tiempo y en general hay consenso en la comunidad científica respecto a su inocuidad. No obstante, hay poca evidencia sobre los efectos no térmicos de los CEM-RF.

En general, los estudios epidemiológicos a gran escala deben estimar los niveles de exposición a los CEM-RF a partir de fuentes de información indirecta tales como cuestionarios o datos facilitados por las compañías de teléfono ya que la medición directa de los niveles de exposición solo puede realizarse en un laboratorio. A continuación, se describen algunos de los estudios epidemiológicos más relevantes que se han hecho desde el surgimiento de la telefonía móvil para evaluar la asociación entre la exposición a CEM-RF y el desarrollo de neoplasias en el cerebro.

IV. ESTUDIOS RELEVANTES

A. Estudio de cohorte danés

Este estudio de cohorte realizado en 2001 buscó vincular el uso de teléfonos móviles con la incidencia de cáncer en la población danesa. La información se obtuvo a partir de los registros de cerca de 420.000 usuarios de las compañías de telefonía danesas y del Registro de Cáncer Danés. La investigación no reportó ninguna asociación entre el uso del teléfono móvil y la incidencia de gliomas, meningiomas o neuromas acústicos [13], [14].

B. Cerenat

Cerenat [15] fue un estudio realizado en Francia en el período 2004-2006 con el objetivo de analizar la asociación entre la exposición a los CEM-RF generados por los celulares y la incidencia de gliomas y meningiomas en adultos. Se recogió información mediante encuestas sobre el uso del teléfono móvil en 253 pacientes con gliomas, 194 pacientes con meningiomas y 892 sujetos control. Si bien no se encontró una asociación entre el uso del teléfono móvil y la presencia de tumores cerebrales en la mayoría de los usuarios, sí se halló un aumento estadísticamente significativo en el riesgo de padecer estos tumores en los usuarios que reportaron el mayor tiempo acumulado de llamadas en el transcurso de su vida (≥ 896 hs; OR=2.89, 95% CI 1.41-5.93 para gliomas; OR=2.57, 95% CI 1.02-6.44 para meningiomas) [15], [16].

C. Interphone

Interphone fue un estudio realizado en 2010 por un grupo de 13 países, cuyo objetivo fue determinar la posible

asociación entre el uso de teléfonos móviles y el cáncer de cuello y cabeza en adultos. La información sobre el uso del teléfono móvil y por lo tanto sobre la exposición a los CEM-RF se recogió a través de cuestionarios realizados a 2708 individuos diagnosticados con glioma, 2409 individuos diagnosticados con meningioma e igual cantidad de controles [17]. En líneas generales, los resultados de este estudio no evidenciaron ningún aumento en el riesgo de padecer tumores cerebrales ligado al uso del teléfono móvil. Únicamente se detectó un modesto aumento en el riesgo de padecer glioma en los participantes que declararon mayor tiempo acumulado de llamadas en el transcurso de su vida (≥ 1640 hs, OR=1.40, 95% CI 1.03-1.89). Este aumento no es proporcional a la cantidad de horas de uso. Además, se identificó también una asociación estadísticamente significativa entre la ubicación del tumor en el cerebro y el lado de la cabeza en el que los participantes reportaron usar el teléfono (OR=1.55, 95% CI 1.24–1.99). A pesar de la falta de resultados concluyentes, la asociación hallada en este estudio motivó la declaración de la IARC de los CEM-RF como posiblemente cancerígenos [4].

D. Estudio de carcinogénesis en ratas por radiación de CEM-RF

El U.S. National Toxicology Program (NTP) desarrolló en 2018 una serie de experimentos en ratas para determinar el efecto de las radiaciones utilizadas por la telefonía móvil (CDMA Y GSM) en el cerebro y el corazón. Las ratas fueron expuestas a radiaciones de 900MHz con una TAE media de cuerpo entero de 0, 1.5, 3 o 6 W/kg aplicadas en ciclos intermitentes de 10 minutos, durante 18 horas al día, por 2 años. Los resultados de estos estudios evidenciaron un aumento estadísticamente significativo en la incidencia de gliomas en el cerebro y Schwannomas en el corazón de las ratas macho expuestas a los CEM-RF [18], [19].

E. Estudios en marcha

Existen dos grandes estudios en marcha sobre los posibles efectos de los CEM-RF sobre la salud.

MOBI-KIDS [20] es un estudio que busca determinar la asociación entre el uso de teléfonos móviles y el riesgo de tumores cerebrales en niños y jóvenes. El estudio se llevó a cabo entre 2010 y 2015 en 14 países e involucró 898 individuos con tumores cerebrales y 1922 individuos control de entre 10 y 24 años. Si bien la investigación ya culminó, aún está pendiente la publicación de los resultados. Esta investigación es particularmente relevante porque prácticamente la totalidad de los estudios realizados a la fecha se centran en usuarios adultos y también porque el modelo de laboratorio utilizado por los fabricantes de teléfono y los entes reguladores para tomar las medidas de TAE de los celulares es de un hombre adulto.

COSMOS [21], [22] es un estudio de cohorte internacional iniciado en el año 2010 que busca investigar los posibles efectos a largo plazo del uso de los teléfonos móviles. Se está llevando a cabo por un conjunto de 6 países europeos y hace seguimiento a un grupo de 290.000 usuarios de telefonía móvil durante un período de entre 20 y 30 años. Esta investigación tiene el potencial de esclarecer los efectos a largo plazo de los CEM-RF y mitigar la confusión que

rodea este tema ya que es el estudio de cohorte más largo realizado a la fecha[16].

V. LA TECNOLOGÍA 5G

En 2019, se comenzó a desplegar la red 5G en Uruguay, uno de los países pioneros en el mundo y el primero en América Latina en realizar pruebas piloto con esta nueva tecnología [23]. La red 5G utiliza ondas milimétricas para la transmisión de información que permiten una velocidad de transmisión mucho mayor que la actual tecnología 4G, pero con un alcance mucho menor. Por lo tanto, para garantizar una buena cobertura resulta menester incrementar la densidad de radio bases [24]. Los pilares de la tecnología 5G son mayor velocidad de transmisión, menor tiempo de latencia y mayor cantidad de dispositivos conectados a la red. Dichas características posibilitan un sinfín de aplicaciones en el área del internet de las cosas, la telemedicina, la realidad virtual, las redes de sensores inteligentes, entre otros. No obstante, la escasa información que se dispone acerca de los potenciales efectos de esta nueva tecnología sobre la salud ha despertado gran preocupación en la población y en la comunidad científica. La mayoría de los estudios que se han realizado a la fecha acerca del impacto de los CEM-RF sobre la materia viva no pueden ser extrapolados a las emisiones generadas por la red 5G ya que ésta transmite a frecuencias mucho mayores. Como referencia, se pretende que los sistemas 5G transmitan en el espectro de 24-50 GHz [25]–[27], mientras que en Uruguay la tecnología 4G transmite en el espectro de 0.7-2.1 GHz. Estos factores hacen que resulte urgente investigar más sobre esta nueva tecnología de forma de poder garantizar que los actuales límites de emisión son válidos también para la red 5G antes de generalizar su uso.

VI. DISCUSIÓN

A la vista de la existencia de estudios que vinculan el uso prolongado del teléfono móvil con la incidencia de neoplasias en el cerebro y teniendo en consideración la incertidumbre en torno a los efectos de la tecnología 5G sobre la salud, varios organismos internacionales han brindado sugerencias para disminuir la exposición a los CEM-RF [28], [29].

Cuando los teléfonos móviles reciben una buena señal transmiten a menor potencia, mientras que cuando la cobertura es mala transmiten con una potencia mayor. Este control adaptativo de la potencia implica que cuanto mejor sea la cobertura, menores serán los niveles de exposición a los CEM-RF [30].

Por lo tanto, un primer consejo para reducir la exposición es evitar o minimizar el uso del teléfono móvil en zonas de baja cobertura. Por otra parte, la intensidad de los CEM-RF se reduce con la distancia a la fuente de emisión y por ende utilizar dispositivos manos libres o auriculares para aumentar la distancia entre el teléfono móvil y la cabeza es una forma de disminuir la exposición.

VII. CONCLUSIONES

Los CEM-RF están asociados a posibles aumentos de incidencia de cáncer en el cerebro a exposiciones muy

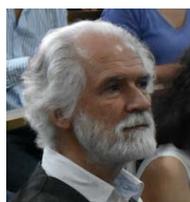
elevadas. Aún falta evidencia para que el metaanálisis de numerosos estudios pueda definir con certeza los riesgos de estas emisiones. Desde la generalización de la telefonía celular, la potencia de emisión de los celulares ha ido disminuyendo, lo que dificulta la obtención de nueva evidencia comparable con los estudios aquí reseñados. Por otra parte, la introducción de la tecnología 5G en las ondas milimétricas abre nuevas interrogantes. Por el momento, las empresas que fabrican teléfonos móviles respetan los criterios definidos por la ICNIRP hace más de 20 años. Resulta por lo tanto fundamental actualizar los estudios a las nuevas tecnologías que avanzan de forma vertiginosa.

REFERENCIAS

- [1] World Health Organization, "Los campos electromagnéticos y la salud pública," *Nota Descr. N°304*, 2006.
- [2] IEEE, "IEEE Approved Draft Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz," *IEEE Stand. Assoc.*, 2019.
- [3] ICNIRP, "ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)," *Heal. Phys.*, vol. 74, no. 4, pp. 494–522, 1998.
- [4] World Health Organization, "IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans," vol. 208, pp. 1–6, 2011.
- [5] Comité científico asesor en radiofrecuencias y salud, "Frequently asked questions." [Online]. Available: <http://ccars.org.es/faq#faq1>. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [6] World Health Organization, "Campos electromagnéticos y salud pública: teléfonos móviles," 2014. [Online]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/electromagnetic-fields-and-public-health-mobile-phones>. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [7] C. Cabal, G. Otero, and J. Acuña, "Informe sobre Campos Electromagnéticos y la Salud Humana," 2005. [Online]. Available: <https://iie.fing.edu.uy/files/rfsalud/emfsalud humana.pdf>. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [8] ICNIRP, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields up to 300 GHz," 2018. [Online]. Available: https://www.icnirp.org/cms/upload/consultation_upload/ICNIRP_RF_Guidelines_PCD_2018_07_11.pdf. [Accessed: 06-Dec-2019].
- [9] Apple Inc., "RF Exposure." [Online]. Available: <https://www.apple.com/legal/rfexposure/>. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [10] Samsung, "SAR Information." [Online]. Available: <https://www.samsung.com/sar/sarMain.do>. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [11] Xiaomi, "SAR Information." [Online]. Available: <https://www.mi.com/global/certification/rfexposure/>. [Accessed: 23-Jul-2019].
- [12] LG, "SAR Information." [Online]. Available: <https://www.lg.com/global/support/sar/sar>. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [13] J. Schüz et al., "Cellular Telephone Use and Cancer Risk : Update of a Nationwide Danish Cohort," *Br. Med. J.*, vol. 98, no. 23, pp. 1707–1713, 2006.
- [14] P. Frei et al., "Use of mobile phones and risk of brain tumours : update," *Br. Med. J.*, pp. 1–9, 2011.
- [15] G. Coureau et al., "Mobile phone use and brain tumours in the CERENAT case-control study," *Occup. Environ. Med.*, vol. 71, no. 7, pp. 514–522, 2014.
- [16] National Cancer Institute, "Cell Phones and Cancer Risk." [Online]. Available: <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/radiation/cell-phones-fact-sheet#r4>. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [17] E. Cardis et al., "The INTERPHONE study : design , epidemiological methods , and description of the study population," *Eur. J. Epidemiol.*, pp. 647–664, 2007.
- [18] National Toxicology Program, "NTP Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies in Hsd : Srague Dawley SD Rats Exposed to Whole-body Radio Frequency Radiation at a Frequency (900 MHz) and Modulations (GSM and CDMA) Used by Cell Phones," 2018. [Online]. Available: https://ntp.niehs.nih.gov/whatwestudy/topics/cellphones/index.html?utm_source=direct&utm_medium=prod&utm_campaign=ntpgolinks&utm_term=cellphone. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [19] National Toxicology Program, "Report of Partial Findings from the National Toxicology Program Carcinogenesis Studies of Cell Phone Radiofrequency Radiation in Hsd : Sprague Dawley SD rats (Whole Body Exposures)," 2016. [Online]. Available: https://ntp.niehs.nih.gov/whatwestudy/topics/cellphones/index.html?utm_source=direct&utm_medium=prod&utm_campaign=ntpgolinks&utm_term=cellphone. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [20] European Commission, "Final Report Summary - MOBI-KIDS (Risk of brain cancer from exposure to radiofrequency fields in childhood and adolescence)," 2017. [Online]. Available: <https://cordis.europa.eu/project/rcn/89894/reporting/en>. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [21] Cosmos Study Group, "About the study." [Online]. Available: <http://www.thecosmosproject.org/about-the-study/>. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [22] J. Schuz et al., "An international prospective cohort study of mobile phone users and health (Cosmos): Design considerations and enrolment," *Int. J. Cancer Epidemiol. Detect. Prev.*, vol. 35, pp. 37–43, 2011.
- [23] Presidencia de la República, "Uruguay es el primer país de América Latina en desarrollar Internet 5G con servicio comercial," 2019. [Online]. Available: <https://www.presidencia.gub.uy/comunicacion/comunicacionnoticias/antel-5g-internet-conectividad-internet>. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [24] A. Di Ciaula, "Towards 5G communication systems : Are there health implications ?," *Int. J. Hyg. Environ. Health*, vol. 221, no. 3, pp. 367–375, 2018.
- [25] GSMA, "5G Spectrum Guide – Everything You Need to Know." [Online]. Available: <https://www.gsma.com/spectrum/5g-spectrum-guide/>. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [26] Ericsson, "5G spectrum: strategies to maximize all bands." [Online]. Available: <https://www.ericsson.com/en/networks/trending/hot-topics/5g-spectrum-strategies-to-maximize-all-bands>. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [27] Huawei, "5G Spectrum: Public Policy Position." [Online]. Available: http://www-file.huawei.com/-/media/CORPORATE/PDF/public-policy/public_policy_position_5g_spectrum.pdf. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [28] National Health Service, "Mobile phone safety," 2019. [Online]. Available: <https://www.nhs.uk/conditions/mobile-phone-safety/>. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [29] U.S Food and Drug Administration, "Reducing Exposure: Hands-free Kits and Other Accessories," 2017. [Online]. Available: <https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/cell-phones/reducing-exposure-hands-free-kits-and-other-accessories>. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [30] S. Wall, Z. Wang, T. Kendig, D. Dobraca, and M. Lipsett, "Real-world cell phone radiofrequency electromagnetic field exposures," *Environ. Res.*, vol. 171, no. July 2018, pp. 581–592, 2019.



Alicia Schandy es estudiante avanzada de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de la República. Sus áreas de interés son la ingeniería biomédica, la neurociencia, el procesamiento de señales y el aprendizaje por computadora. Integra el Núcleo de Ingeniería Biomédica de las Facultades de Medicina e Ingeniería desempeñando tareas de docencia e investigación.



Franco Simini es Profesor de Ingeniería Biomédica e Informática Médica, Universidad de la República, Uruguay. Investigaciones en equipos y programas de computadoras/móviles para uso clínico. Cursos, estudiantes de grado y posgrado, patentes, publicaciones y transferencia tecnológica pautan su dedicación al Núcleo de Ingeniería Biomédica (NIB) en el Hospital de Clínicas.