**Anormalidades nucleares en células de la mucosa bucal en individuos**

**expuestos a la radiación electromagnética de teléfonos móviles: un estudio de**

**replicación**

**Nuclear abnormalities in cells of the oral mucosa in individuals exposed to**

**electromagnetic radiation of mobile phones: a replication study**

Daniel Enrique Lerda, Dr 1, Brandon Mac Donald Cranmer,Est. (colaborador) 2,

María Belen Maestre, Od2.

1Laboratorio de Genética Molecular. Clínica Universitaria Reina Fabiola. Facultad de

Ciencias de la Salud. Universidad Católica de Cordoba.

2Carrera de Odontología. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Católica de

Córdoba.

Correspondencia: Daniel Enrique Lerda. 2° Piso. Jacinto Ríos 571. Tel. 4142121 int.

113. B° General Paz. 5004 Córdoba- Clínica Universitaria Reina Fabiola. Facultad de

Ciencias de la Salud. Universidad Católica de Córdoba.

Brandon Mac Donald Cranmer: [bcranmer@hotmail.com](mailto:bcranmer@hotmail.com)

María Belen Maestre: [maestre.mariabelen@gmail.com](mailto:maestre.mariabelen@gmail.com)

**Registro de ensayos clínicos**: Aprobado por el Comité Institucional de Ética en la

Investigación en Salud (CIEIS) de la Clínica Universitaria Reina Fabiola

**Financiación:** No posee

**Conflicto de intereses:** los autores no tienen conflictos de intereses, ni recibieron

incentivos financieros comerciales directos o indirectos asociados con la publicación

del manuscrito

**Patrocinante**: No posee

**Consentimiento Informado (**Aprobado por el CIEIS**)**

Usted está siendo invitado a participar en una investigación que busca determinar si la radiación electromagnética por el uso del teléfono celular puede ocasionar problemas en su salud bucal. Su participación consistirá en una encuesta y una toma de material durante una única visita. Para estudiar el posible efecto de las radiaciones, se le tomarán muestras de mucosa bucal. La misma se realizará con material descartable (espátula de madera), no ocasionando daño, ni molestias, en donde se le recogerán células bucales mediante raspado de la mucosa del lado izquierdo y derecho. Previamente se le realizará un cuestionario para determinar: datos demográficos, estatus social, consumo de alcohol, cigarrillo, utilización del teléfono celular, susceptibilidad individual y otras fuentes de exposición a radiación electromagnética. Todos sus datos personales se mantendrán en reserva y se resguardará su confidencialidad codificando sus datos para que no pueda identificarse su nombre. Su identidad y sus datos serán protegidos de acuerdo con la ley 2536 de protección de datos personales. Todos los procedimientos requeridos en el estudio de acuerdo al protocolo serán cubiertos por la investigación. La decisión de tomar parte en el estudio de investigación es voluntaria y libre y podrá retirarse en cualquier momento

Basándome en esta información que he comprendido, y habiendo tenido oportunidad de aclarar cualquier duda, acepto voluntaria y libremente la participación en esta investigación, comprendiendo que, de no cumplir con las instrucciones del investigador, me puedo retirar de la misma, por lo que firmo el presente consentimiento, reteniendo una copia de éste.

Las personas que participan del estudio estarán permanentemente dispuestas a contestar preguntas y aclarar sus dudas acerca del estudio.

Teléfono de Contacto: Investigador responsable: Dr. Daniel Lerda 155918595

CIEIS: Dr. Julio Bartoli 155299075

**Cosentimiento \* Firma y fecha (Cada persona debe Cada persona debe escribir sus**

**firmar e indicar la fecha de firma) nombres y apellidos completos**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Nombre y Apellido DNI Firma**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**MédicoInvestigador día mes año Matrícula Profesional**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Lugar (Ciudad) del Consentimiento**

**Resumen**

Hasta el momento, los resultados de distintas investigaciones sobre la exposición a

radiofrecuencias y sus consecuencias biológicas, son contradictorios. Teniendo

en cuenta este razonamiento, nuestro estudio nace como un estudio de replicación, en

conjunto con investigadores de la Escuela de Tecnología de la Salud de Lisboa,

Lisboa, Portugal. Adoptamos el mismo diseño de estudio, para verificar si los

resultados de su evaluación de la frecuencia de micronucleos (MN) en los usuarios de

teléfonos móviles eran comparables a los resultados obtenidos en este estudio similar

en Córdoba, Argentina. Para estudiar el daño del ADN por la exposición a

radiofrecuencia asociada con el teléfono móvil se estudiaron los MN (marcadores

celulares de daño genómico) en células bucales exfoliadas, extraídas de frotis de

células de las mejillas internas derecha e izquierda de usuarios de teléfonos móviles

en 83 voluntarios sanos de 18 a 36 años. Las frecuencias de MN fueron analizadas

por la duración y el lado preferencial de uso del teléfono móvil. No se observó relación

entre la frecuencia de MN y la duración del uso como tampoco con el lado preferencial.

Teniendo en cuenta nuestros resultados sobre las anormalidades nucleares medidas

a través de los MN, como biomarcador de genotoxicidad, que pudieran ocasionar las

radiaciones electromagnéticas y que son necesarios más estudios para corroborar

este efecto, concluimos que la exposición a radiofrecuencia en los niveles observados

no induce la formación de MN en células bucales. Estos resultados son similares a los

obtenidos por investigadores de la Escuela de Tecnología de la Salud de Lisboa,

Lisboa, Portugal.

**Palabras claves:** campos electromagnéticos, teléfonos móviles, micronucleos,

genotoxicidad, células bucales, coloración de Feulgen,

**Abstract**

So far, the results of various research on radiofrequency exposure and its biological

onsequences are contradictory. Taking into account this reasoning, our study was born

as a replication study, together with researchers from the School of Health Technology

of Lisbon, Lisbon, Portugal. We adopted the same study design, to verify if the results

of your evaluation of the frequency of micronuclei (MN) in mobile pone users were

comparable to the results obtained in this similar study in Cordoba, Argentina. To study

ADN damage from radiofrequency exposure associated with mobile phones, MN (cell

markers of genomic damage) were studied in exfoliated buccal cells, extracted from

right and left internal cheek cell smears of mobile telephone users in 83 healthy

volunteers from 18 to 36 years. The MN frequencies were analyzed by the duration and

the preferential side of use of the mobile pone. No relationship was observed between

the MN frequency and the duration of use as well as the preferential side. Taking into

account our results on the nuclear abnormalities measured through the MN, as a

biomarkers of genotoxicity, which couls cause electromagnetic radiation and that more

studies are needed to corroborate this effect. We conclude that exposure to

radiofrequency in the observed levels does not induce the formation of MN in buccal

cells. These results are similar to those obtained by researchers from the School of

Health Technology of Lisbon, Lisbon Portugal

**Keywords:** electromagnetic fields, mobile phones, micronuclei, genotoxicity, buccal

cells. Feulgen stain

**Introducción**

Existe un uso masivo de teléfonos móviles, desde niños hasta adultos mayores. La

Agencia Internacional de Estudios sobre Cáncer1 y la Organización Mundial de la

Salud2 han reportado en el mundo unos 500 x 106 usuarios de teléfonos móviles,

por lo que ha generado preocupación por los efectos de la radiación electromagnética

en el rango de micro ondas. Hasta el momento, los resultados de distintas

investigaciones sobre la exposición a radiofrecuencias y sus consecuencias biológicas,

son contradictorios3. Es conocido el calentamiento dieléctrico en los tejidos

biológicos por la radiación electromagnética4. En el caso de la telefonía móvil, la

radiación electromagnética penetra en la cabeza, pudiendo ser absorbida por el

cerebro y transformada en calor, acumular energía en un corto tiempo y si el cerebro

es perturbado por ondas electromagnéticas pueden producirse efectos

fisiológicos5. Otros investigadores6 no han confirmado esos resultados en

estudios de células *in vitro*. Tampoco fue confirmado por otros grupos7 en estudios

sobre ratas. Habría también efectos no térmicos producidos por campos magnéticos

de baja frecuencia provenientes de la batería del teléfono**.** El riesgo de tumores

cerebrales es un tema muy discutido, algunos trabajos han informado relaciones

causales entre la exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia y un

mayor riesgo de neurona acústico8, glioma9, meningioma10 y cambios metabólicos en

el tejido cerebral, pero otros no han logrado reproducir estos resultados10. Ante esta

incertidumbre la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC)

clasificó a campo electromagnético de radiofrecuencia como "posiblemente

cancerígeno"11. El rango de estos oscila entre 100 kHz y 300 GHz y genera campos

electromagnéticos que pueden afectar a las células vivas, aunque solo a niveles muy

altos de exposición12. En la actualidad, generalmente se acepta que el cáncer se

origina, necesariamente, con daño en el ADN, que se inicia con una serie de eventos

celulares críticos, la mayoría de ellos bastante bien caracterizados. El daño en el ADN

puede detectarse por diversos medios, como la secuenciación del genoma completo y

otros métodos a nivel molecular. Sin embargo, el daño en el ADN también puede

detectarse a nivel morfológico, y los cambios morfológicos se consideran marcadores

biológicos o "biomarcadores" (marcadores celulares, bioquímicos o moleculares que

se pueden medir en matrices biológicas, como tejidos, células y fluidos "). Los

micronúcleos (MN) son biomarcadores de genotoxicidad ambiental y riesgo de

cáncer13. Las evaluaciones de MN utilizando la tinción histoquímica de Feulgen14

pueden detectar aumentos de las frecuencias de MN y representan un biomarcador

estandarizado de genotoxicidad y daño cromosómico13,15 y la mucosa oral es una

matriz muy utilizada para las evaluaciones de frecuencia de MN. En el presente

estudio se siguieron los procedimientos de MN en mucosa oral descrito en el “Proyecto

de MN humano sobre células bucales exfoliadas” (HUMNXL) 16. Dado que la

exposición debería ser máxima en el epitelio oral adyacente, probamos las frecuencias

de MN en las mejillas internas derecha e izquierda. Teniendo en cuenta este

razonamiento, nuestro estudio nace como un estudio de replicación, en conjunto con

investigadores de la Escuela de Tecnología de la Salud de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Adoptamos el mismo diseño de estudio, para verificar si los resultados de su

evaluación de la frecuencia de micronucleos en los usuarios de teléfonos móviles17

eran comparables a los resultados obtenidos en este estudio similar en Córdoba,

Argentina.

**Materiales y métodos**

*Población en estudio*

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación (CIEIS) de la Clínica

Universitaria Reina Fabiola. Se estudiaron un total de 83 voluntarios sanos, de 18-36

años, que estudian odontología en la Facultad de Ciencias de la Salud, utilizando un

método de muestreo de conveniencia (no probabilístico). El tamaño de la muestra fue

elegido de acuerdo con Preston y Hoffmann18 que sugieren que "los grupos de

estudio de 20 o más individuos pueden ser un substituto razonable para la

coincidencia exacta porque los factores de confusión tendrán menos influencia en la

alteración o mutación cromosómica". Para permitir una fuerte comparación entre el

estudio que pretendíamos replicar 38 utilizamos un cuestionario similar (Anexo 1), a

todos los participantes. Aceptaron los términos del consentimiento informado, lo que

permitió la recolección de muestras de la mucosa oral y completaron una

encuesta sobre datos demográficos (sexo, edad, lugar de nacimiento), antecedentes

sociales y ambientales (ocupación, duración y cambios recientes de ocupación),

residencia en la proximidad de aeropuertos o helipuertos, consumo de tabaco y

alcohol, carne, pescado, consumo de frutas y verduras, suplementos vitamínicos y no

vitamínicos, antecedentes familiares de cáncer, medicamentos crónicos,

intervenciones odontológicas, radiografías dentales y exposición a los campos

electromagnéticos (años de uso del teléfono móvil, uso diario en minutos, uso

preferente durante los últimos 21 días). También se preguntó a los participantes sobre

el uso de audífonos o altavoces, para permitir la estimación de la duración de la

llamada diaria considerando solo aquellas llamadas en las que el teléfono se colocó

directamente al lado de la cabeza.

*Recolección de muestras*

Se tomaron dos muestras separadas de cada persona, una de la mejilla interna

derecha y otra de la mejilla interna izquierda. La recolección fue realizada por un

operador capacitado utilizando un cepillo citológico estéril por muestra. Cada muestra

se colocó en portaobjetos etiquetados con el número de identificación del sujeto y el

lado de la colección (derecha / izquierda). Las preparaciones se fijaron con

Fixative Biopur (Cellular), se dejaron secar durante un mínimo de 24 h se guardaron

en cajas de almacenamiento, hasta que se tiñeron.

*Análisis de micronucleos*

Los portaobjetos se tiñeron según el método de Feulgen14 y se secaron al aire antes

de montarlos con medio sintético. Se contaron 1000 células epiteliales por

portaobjetos (2000 células por sujeto) por un solo observador entrenado en un

microscopio Leica 2000A, a 1000 X amplificación con aceite de inmersión. Los MN y

otras anormalidades nucleares se clasificaron de acuerdo a importantes trabajos sobre

el tema19-20.

*Análisis estadístico*

El análisis estadístico se realizó utilizando el software R Studio©, versión 2.1. La

prueba de normalidad de Shapiro-Wilk de la variable dependiente (frecuencia de MN

en 2000 células) presentó una distribución no normal y por ello se realizaron las

pruebas no paramétricas de Wilcoxon y Kruskal-Wallis21. Las variables de

estudio se presentaron frente a la frecuencia de MN en 2000 células utilizando la

prueba de Wilcoxon para dos grupos y la prueba de Kruskal-Wallis para tres grupos. El

lado de uso, derecho e izquierdo, se midió por separado frente a la frecuencia de

MN/1000 células. Para el análisis de MN bucal para ambas pruebas Wilcoxon y

Kruskal-Wallis19 se obtuvo un nivel de significancia de p=0,05.

**Resultados**

La edad media de la población estudiada fue de 25,5 años (+/- 2,51, rango 18-36) y la

relación hombre-mujer fue de 1,10: 1. La historia promedio del uso de dispositivos

móviles en años fue 10,5 (+/- 2,11; rango 5-18) con una duración media de llamadas

diarias en minutos de 20,2 (+/- 15,22; rango 2 -90). 1% de los sujetos (n = 69)

informaron el lado derecho como el lado preferencial de uso; aproximadamente el

7,2% (n = 6) informó el lado izquierdo y el 9,6% (n = 8) no especificó un lado preferido.

Nuestra población en estudio fue, por lo tanto, muy similar a la de Oliveira17. Con

respecto al MN, biomarcador en estudio, la media fue de 2,05 (+/- 1,67,

rango 0 - 8) en 2000 células. No hubo diferencias estadísticamente significativas por

sexo, los hombres (n = 30) con una incidencia media de 1,99 MN (+/- 1,33), y las

mujeres (n = 53) con una incidencia media de 2,2 MN (+ / - 1,55) (prueba de Wilcoxon,

p = 0.0998). A los efectos de determinar si los MN y la edad podrían tener alguna

significancia estadística, los individuos se dividieron en tres grupos de edad, para los

cuales las frecuencias medias de MN por 2.000 células fueron: 18-21 años (n = 44),

2.10 (± 2.00); 22-25 (n = 36), 1,55 (± 1,20); 26-30 (n = 3), 1,73 (± 1,33). No se observó

una relación estadísticamente significativa entre los grupos de edad y la frecuencia

media de MN (prueba de Kruskal-Wallis, p = 0.1810). No se encontraron asociaciones

entre la media de MN y las variables evaluadas en el cuestionario: ocupación,

consumo de alcohol, carne, pescado, verduras, frutas, suplementos dietéticos,

residencia cercana a un aeropuerto o helipuerto, antecedentes familiares de cáncer,

medicamentos crónicos, intervenciones odontológicas y radiografías dentales (prueba

de Wilcoxon, p> 0,05; prueba de Kruskal-Wallis, P> 0,05 para todos los parámetros).

El consumo de tabaco (fumadores=30, no fumadores=53), aunque es un factor

asociado significativamente con una mayor incidencia de MN. En este estudio, no se

observaron diferencias significativas al analizar MN entre grupos de fumadores y no

fumadores (p> 0,05). Ningún sujeto informó el consumo de más de 40 cigarrillos / día,

el umbral por encima del cual se ve normalmente un impacto en la frecuencia de NM

en la mucosa bucal16. Ningún sujeto informó exposición regular a sustancias con

propiedades genotoxicas conocidas. No se encontraron diferencias estadísticamente

significativas cuando los sujetos fueron agrupados por intervalos de uso del teléfono

móvil en años y MN. Las frecuencias de MN por 2.000 células fueron las siguientes: 9

años o menos (n = 11), 1,93 (+/- 1, 50); 9-13 años (n = 53), 1,43 (+/- 1,22) y> 13 años

(n = 19), 2,01 (+/- 1,33) (prueba de Kruskal-Wallis, p = 0.6115). L a frecuencia de MN y

el lado de uso del teléfono no mostró asociación (Fig. 1); las frecuencias medias de

MN por 1000 células fueron: lado izquierdo, 1.00 ± 1.08 versus lado derecho, 1.02 ±

0.96 (prueba de Wilcoxon, p = 0.4310).

**Discusión**

En nuestra población estudiada, ni la duración de la exposición electromagnética ni el

lado de uso presentaron correlaciones estadísticamente significativas con la frecuencia

de MN. Por lo tanto, como objetivo primordial, observamos que el diseño de estudio

similar en una población análoga produjo resultados muy similares a los de Oliveira17

Consideramos que estas observaciones son importantes, ya que las

evaluaciones sistemáticas de las anomalías nucleares en los usuarios de teléfonos

móviles pueden proporcionarnos mayores conocimientos sobre las posibles

consecuencias biológicas de la exposición a campos electromagnéticos de

radiofrecuencia. Los estudios *in vitro* utilizando campos electromagnéticos de

radiofrecuencia no presentan correlación con los patrones de emisión de radiación de

los teléfonos móviles y hasta la fecha, no existe un método confiable para cuantificar

los efectos de los teléfonos celulares en las condiciones de uso (*in vivo*) 22, esto se

debe a que como son ondas electromagnéticas, están sujetas a reflexión, dispersión y

transmisores simultáneos que interfieren. Esto resulta en un complejo campo de

propagación múltiple, espacialmente no uniforme y muy difícil de medir23. El

proyecto multinacional INTERPHONE24, referido a 13 países, estudió los casos de

glioma (tumor de células gliales del cerebro o médula espinal) y meningioma (tumor

usualmente benigno de tejido aracnoideo de las meninges que se adhiere a la

duramadre) y determinó que no habría una conexión sólida entre tumores cerebrales y

telefonía móvil, siendo necesarias mayores investigaciones para una conclusión

definitiva. Estos resultados llevaron a los expertos a impugnar la clasificación del

IARC sobre los campos electromagnéticos de rediofrecuencia, debido a la falta de

"evidencia de mecanismos basados en la genotoxicidad"25. Hardell et al26

analizaron el riesgo de tumores cerebrales tras más de diez años de uso de celulares,

encontrando que hubo un incremento en el riesgo de gliomas malignos; hubo una

conexión entre el empleo de celulares y el riesgo de neuromas acústicos; los tumores

comúnmente ocurren en el lado de la cabeza donde se usa el celular y una hora de

uso de celular al día incrementa el riesgo de tumor después de 10 o más años.

Posteriormente Hardell et al27 confirmaron el estudio anterior, estableciendo que el

uso de celulares antes de la edad de 20 años, incrementa el riesgo de tumores en 5,2

veces comparado con 1,4 veces para otras edades, concluyendo que a largo plazo el

empleo normal de celulares no es seguro. Otro estudio sugiere que el uso por más de

una década de celulares se asocia al incremento de riesgo de neuroma acústico

benigno28. Panagopoulos et.al29, hallaron una reducción de la capacidad reproductiva

de la mosca de la fruta, cuando la expusieron a radiofrecuencia de celulares, desde

0,9 a 1,8 GHz, sugiriendo alteraciones en las moléculas de ADN induciendo muerte

celular. Los hallazgos de nuestro trabajo como el de Oliveira17 concuerdan con una

revisión publicada en 2010 por Vershaeve30 y otros miembros del Comité Permanente

de Biología de la Comisión Internacional de Protección de la Radiación No Ionizante,

en donde declararon que la exposición a bajo nivel de radiofrecuencia, los efectos

genotoxicos son muy débiles, tanto *in vivo* como *in vitro*. La utilización del MN,

marcador de rotura de ADN, para evaluar los efectos de los campos

electromagnéticos, son capaces de producir rotura de ADN según lo descripto por

Panagopoulos29 y Ruediger31, aunque otras publicaciones contrarrestan estos

hallazgos32. Las conclusiones contradictorias en la literatura sobre este tema revelan

una brecha seria en la comprensión de la interacción de los campos electromagnético

de radiofrecuencia con las células. Por ejemplo, probablemente no sea sorprendente

que la exposición *in vitro* a la radiación de onda continua de 915 MHz durante 72 h,

muestren un aumento de diez veces las frecuencias de MN, pero es bastante

difícil transpolar este ajuste al uso cotidiano que las personas hacen de los

teléfonos móviles. Respecto a la aplicación de los resultados obtenidos sobre los

efectos de los campos electromagnético de radiofrecuencia correspondiente a la

telefonía móvil hay que tener una enorme precaución. Parece claro que no existe en

la actualidad una gran cantidad de datos que permitan concluir si la exposición a

campos electromagnéticos de radiofrecuencia durante el uso normal de un teléfono

móvil puede producir o no efectos nocivos sobre la salud. Puesto que los parámetros

de estos, tales como frecuencia, intensidad, duración, modulación, forma de onda, son

esenciales para determinar la respuesta biológica, es necesario investigar mucho más

en la interacción de tales parámetros con la respuesta de la señal de un móvil en

condiciones normales. Algunos investigadores dan por científicamente probados los

efectos biológicos no térmicos de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia de

niveles intermedios y bajos. Otros investigadores, sin embargo, no confirman la

opinión anterior asegurando que esos resultados son meramente especulativos,

afirmando que haya o no conexión entre los efectos y la exposición a campos

electromagnéticos de radiofrecuencia, éstos sólo se producen a niveles muchos

mayores de los que se encuentran en aplicaciones de telecomunicaciones.

Finalmente, destacamos algunos aspectos limitantes de nuestro estudio y que tiene

que ver con la autonotificación, relacionada con el lado como la duración del uso

del teléfono móvil. El sesgo del autoinforme33 es un obstáculo en la

investigación epidemiológica, pero a la vez es una manera de evaluar ciertas

variables y debe aceptarse que este sesgo se podría expresar a través de todos los

factores del estudio34. En cuanto al recuento de MN es subjetiva y laboriosa,

pero las correlaciones analizadas mostraron valores de p altos que solo un gran

aumento de del recuento de MN podría alterar las asociaciones a niveles

estadísticamente significativos. Por lo tanto, asumimos que una verdadera relación

entre las variables no fue debido al recuento subjetivo.

**Conclusiones**

Los resultados de los distintos estudios sobre los efectos de la radiación

electromagnética en los seres humanos son contradictorios. Por otro parte, en los

últimos años, ha habido cambios continuos en las frecuencias utilizadas y el rango de

aplicaciones. A pesar del rápido crecimiento de las nuevas tecnologías que utilizan

radiofrecuencias, se sabe poco sobre la exposición de la población a estas y otras

fuentes de radiofrecuencia y aún menos sobre la importancia relativa de las diferentes

fuentes. Teniendo en cuenta nuestros resultados sobre las anormalidades nucleares

medidas a través de los MN, como biomarcador de genotóxicidad, que pudieran

ocasionar las radiaciones electromagnéticas y que son necesarios más estudios para

corroborar este efecto, concluimos que la exposición a radiofrecuencia en los niveles

observados no induce la formación de MN en células bucales. Finalmente, podemos

decir que los efectos de la radiación de RF/MW son sólo una amenaza si la dosis de

radiación es muy alta. En el caso de la mayoría de las fuentes de RF/MW de nuestro

entorno habitual, especialmente las correspondientes a la telefonía móvil, la dosis no

es alta.

**Bibliografía**

1. IARC (2011) IARC Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields as

Possible Carcinogenic to Humans. International Agency for Research in

Cancer.www.iarc.fr/ en/media-centre/pr/2010/pdfs/pr200\_E.pdf (Cons 06/2012).

1. OMS Campos Electromagnéticos y Salud Pública: Teléfonos Móviles.

Nota Descriptiva N° 193, 2011a Junio 2011.

www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/es/ (Cons 12/ 2013).

1. W. Duan, C. Liu, L. Zhang, E.Davies et al., Comparison of the genotoxic

eﬀects induced by 50 Hz extremely low-frequency electromagnetic ﬁelds and

1800 MHz radiofrequency electromagnetic ﬁelds in GC-2 cells, Radiat. Res.

2015; 183 305–314, http://dx. doi.org/10.1667/RR13851.1.

1. Torres H SAR Simulation for chiral waves in head model. Rev FacIng UTA .

2003:11: 3-9.

5. Foster K, Repacholi M Biological effects of radiofrequency fields: does

modulation matter? Rad. Res. 2004.162: 219-225.

6. Franke H, Ringelstein ED, Stoegbauer F Electromagnetic fields (GSM 1800) do

not alter blood-brain barrier permeability to sucrose in models in vitro with high

barrier tightness, Bioelectromagnetics 2005 26: 529-535.

1. Kuribayashi M, Wang J, Fujiwara O, Doi Y, et.al Lack of effects of 1439 MHz

electromagnetic near field exposure on the blood-brain barrier in immature and

young rats. Bioelectromagnetics 2005 26: 578-588

8. R. Baan, Y. Grosse, B. Lauby-Secretan, M Gendraud et al., Carcinogenicity of

radiofrequency electromagnetic ﬁelds, Lancet Oncol. 2011. 12: 624–626,

Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(11)70147-4.

9. Z.O. Merhi, Challenging cell phone impact on reproduction: a Review, J. Assist.

Reprod. Genet. 29 2012 293–297, Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1007/s10815-0129722-1>.

10. M. Kundi, The controversy about a possible relationship between mobile phone

use and cancer, Environ. Health Perspect. 117 2009 316–324, Disponible en:

<http://dx.doi.org/10>. 1289/ehp.11902.

11 World Health Organization, IARC classiﬁes radiofrequency electromagnetic ﬁelds

as possibly carcinogenic to humans, Int. Agency. Res. Cancer 2008. 2011 1–6

Disponible en: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q>=

intitle:IARC+classiﬁes+Radiofrequency+Electromagnetic+Fields+as+possibly

+carcinogenic+to+humans#0.

12. H.J. Cook, N.H. Steneck, A.J. Vander, Early research on the biological effects of

microwave radiation: 1940–1960, Ann. Sci. 1980 37: 1940–1960.

13. A.S. Balajee, A. Bertucci, M. Taveras, D.J. Brenner, Multicolour FISH analysis of

ionising radiation induced micronucleus formation in human lymphocytes,

Mutagenesis 2014.29: 447–455, Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1093/mutage/geu041>.

14. J. Bancroft, S. Suvarna, C. Layton, Bancroft’s Theory and Practice of Histological

Techniques, 7th (Ed)., Elsevier, Churchill Livingstone, 2013.

15. Y. Huang, M. Fenech, Q. Shi, Micronucleus formation detected by live-cell

imaging, Mutagenesis 2011. 26: 133–138, Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1093/mutage/geq062>.

16. S. Bonassi, E. Coskun, M. Ceppi, T Natarajan et al., The Human Micro Nucleus

project on eXfoLiated buccal cells (HUMNXL): the role of life-style, host factors,

occupational exposures, health status, and assay protocol, Mutat. Res.

2011.728: 88–97, Disponible en: http:// dx.doi.org/10.1016/j.mrrev.2011.06.005.

17. Oliveira, FM, Carmona, AM, Ladeira, C. Is mobile phone radiation genotoxic? An

analysis of micronucleus frequency in exfoliated buccal cells.Mutat.Res.GenToxEn

2017. 822:41-46

18. Preston RJ, Hoffmann GR. Genetic toxicology. In Klaassen CD,

(Ed). Cassaret & Doull’s Toxicology: The Basic Science of Poisons. 7th ed. Nueva

York: Mc Graw Hill; 2008 381-413.

19. P. Thomas, N. Holland, C. Bolognesi, L Azizi et al., Buccal micronucleus cytome

assay, Nat. Protoc. 2009.4: 825–837, Disponible en:

http://dx.doi.org/10.1038/nprot.2009.53.

20. C. Bolognesi, S. Knasmueller, A. Nersesyan, P. Thomas, M. Fenech, The

HUMNXL scoring criteria for different cell types and nuclear anomalies in the

buccal micronucleus cytome assay −An update and expanded photo gallery, Mutat.

Res. 2013. 753: 100–113, Disponible en:

http://dx.doi.org/10.1016/j.mrrev.2013.07.002.

21. M. Ceppi, B. Biasotti, M. Fenech, S. Bonassi, Human population studies with the

exfoliated buccal micronucleus assay: statistical and epidemiological issues,

Mutat. Res.2010. 705: 11–19, Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.mrrev.2009.11.001>.

22. European 6th framework program final technical report on occupational EMF

exposure, Effects of the Exposure to Electromagnetic Fields: From Science to

Public Health and Safer Workplace, 2008, pp. 1–46.

23. M.D. Yacoub, Foundations of Mobile Radio Engineering, CRC Press, Boca Raton,

Florida, 1993.

24. IARC. IARC Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields as Possible

Carcinogenic to Humans. International Agency for Research in

Cancer 2011.www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2010/pdfs/pr200\_E.pdf (Cons

06/2012).

25. Schüz J, Böhler E, Berg G, Schlehofer B,Hettinger I, et al.. Cellular Phones,

Cordless Phones, and the Risks of Glioma and Meningioma

(INTERPHONE Study Group, Germany). Am. J. Epidemiol. 2006.163: 512-520.

26. Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Mild KH, et al Long-term use of

Cellular phones and brain tumours: Increased risk associated with use for ≥10

years. Occup.Environ. Med. 2007. 64: 626-632.

27. Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K Epidemiological evidence for an

Association between use of wireless phones and tumor diseases.

Pathophysiology 2009.16: 113-122.

28. Lönn S, Ahlbom A, Hall, Feychting M Mobile phone use and the risk of

Acoustic neuroma. Epidemiology. 2004.15: 653-659.

29. Panagopoulos D, Chavdoula E, Nezis I,Margaritis L Cell death induced by

GSM 900 MHz and DCS 1800 MHz mobile telephony radiation. Mutat. Res.2007.

626: 69-78.

30. L. Verschaeve, J. Juutilainen, I. Lagroye, J Langlais et al., In vitro and in vivo

genotoxicity of radiofrequency fields, Mutat. Res. 2010. 705 252–268,

<http://dx.doi.org/10.1016/j.mrrev.2010.10.001>

31. Ruediger H (2009) Genotoxic effects of radiofrequency electromagnetic fields.

Pathophysiology 16: 67-69.

32. N. Falzone, C. Huyser, D.R. Franken, D. Leszczynski, Mobile phone radiation

Does not induce pro-apoptosis effects in human spermatozoa, Radiat. Res.

2010.174:169–176, Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1667/RR2091.1>.

33. M. Vrijheid, E. Cardis, B.K. Armstrong, G. Garty et al., Validation of short term

recall of mobile phone use for the Interphone study, Occup. Environ. Med 63 (2006)

237–243, Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1136/oem.2004.019281>.

34. A.S. Adams, S.B. Soumerai, J. Lomas, D. Ross-Degnan, Evidence of self-report

bias in assessing adherence to guidelines, Int. J. Qual. Health Care 11 (1999)

187–192, Disponible en:http://dx.doi.org/10.1093/intqhc/11.3.187.

**Anexo 1**

**ENCUESTA PARA LOS PARTICIPANTES EN ESTUDIO DE**

**BIOMARCADORES**

Muestra código\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Sección I – Datos Demográficos**

1.1 Sexo Masculino:  Femenino: 

1.2 Edad\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1.3 Ciudad y país de nacimiento\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Sección II – Background Social**

2.1 Ocupación Esta sección está pensada para estudiantes que también trabajen o hayan trabajado antes de su ciclo actual de estudios

 yo no trabajo y nunca he trabajado (por favor, pasar a la pregunta 2.2)

2.1.1 Ocupación\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2.1.2 Estado Profesional\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 No estoy trabajando en este momento ¿Cuánto tiempo hace que dejó de trabajar?

\_\_\_\_\_ Años

¿Por cuántos años ha mantenido su ocupación anterior? \_\_\_\_\_ años

 Estoy trabajando en este momento

¿Cuánto tiempo llevas trabajando? \_\_\_\_ Años

Si ha cambiado de ocupación en el último año, ¿cuál fue su anterior y por cuánto

tiempo estuviste? Ocupación: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ años

 no cambié mi ocupación en el último año

2.2. Consumo de tabaco

2.2.1 Usted ¿alguna vez fumaste? Sí  No  (por favor, pasar a la pregunta 2.3)

2.2.2 Todavía fumas?

No  ¿Cuándo dejaste de fumar? Hace \_\_\_\_\_ años

Si  ¿Cuántos cigarrillos al día? \_\_\_\_

2.2.3 En caso afirmativo, ¿cuánto tiempo ha estado fumando regularmente (todos los días)? \_\_\_ Años

2.3 Consumo de alcohol

Por favor, proporcione una estimación de su consumo de alcohol durante el día 21 pasado (ejemplo: un vaso de cerveza típica contiene 340 ml).

|  |  |
| --- | --- |
| Contenido de alcohol en la bebida ingerida | Cantidad ingerida en los últimos 21 días (en ml) |
| 4 % a 6 % (ejemplo, sidra) |  |
| 3% a 15% (ejemplo, cerveza) |  |
| 8% a 17% (ejemplo, vino) |  |
| 15% a 22% (ejemplo, vino fortificado) |  |
| 15% a 98% (ejemplo, espirituosa) |  |

 No he consumido alcohol en los últimos 21 días \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2.4 Dieta

Si es significativa, por favor sus respuestas corresponden a su perfil de la dieta en los últimos 21 días.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Fruit | Vegetables | Meat | Fish |
| Never |  |  |  |  |
| Daily |  |  |  |  |
| Weekly |  |  |  |  |
| Monthly |  |  |  |  |

2.4.1. ¿Toma alguna de los siguientes suplementos dietéticos?

 vitamina A

☐ Complejo de vitaminas B

 Ácido fólico

 Hierro

☐ Otros, por favor especifique: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 No tomo suplementos dietéticos

**Sección III Exposición a Radiación Electromagnética**

3.1 Teléfono celular

3.1.1. ¿Cuánto tiempo ha estado usando un teléfono celular? \_\_\_\_ años

3.1.2. ¿Con qué frecuencia se utiliza la función de altavoz de su teléfono?

 Nunca

☐ Al menos de la mitad de mis llamadas telefónicas

☐ Más de la mitad de mis llamadas telefónicas

 Siempre

3.1.3. ¿Qué mano que utiliza para sostener el teléfono durante una llamada?

 Preferentemente la mano izquierda

 Preferentemente la mano derecha

 utilizo ambas manos al azar (por favor seleccione esta opción si realmente no puede identificar una parte preferente de uso)

3.1.4 Teniendo en cuenta las llamadas entrantes y salientes, en que intervalo hace uso de su teléfono? (marcar la opción más relevante)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Día de la semana | Fin de semana |
| < 2 llamada por día |  |  |
| 3 – 5 llamada por día |  |  |
| 6 – 10 llamada por día |  |  |
| 10 – 14 llamada por día |  |  |
| > 15 llamada por día |  |  |

3.1.5. ¿Cuál es la duración media de las llamadas telefónicas? (marcar la opción más relevante)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Día de la semana | Fin de semana |
| < 2 minuto por llamada |  |  |
| 3 – 5 minuto por llamada |  |  |
| 6 – 10 minuto por llamada |  |  |
| 11 – 20 minuto por llamada |  |  |
| > 20 minuto por llamada |  |  |

**Sección IV Otras fuentes de Radiación Electromagnética**

4.1. ¿Vive usted dentro de 10 km de un aeropuerto o helipuerto?

Sí  No 

4.2. Durante los últimos 21 días, ¿ha estado sometido a algún tipo de exámenes y tratamientos médicos que implica la radiación?

Sí  No 

En caso afirmativo, especifique el procedimiento médico \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_; Región del cuerpo (si es

aplicable)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Sección V Susceptibilidad Individual**

5.1. ¿Tiene antecedentes familiares de enfermedad oncológica? Sí  No 

5.1.1. En caso afirmativo, especifique:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

5.2. ¿Toma alguna medicación crónica? Sí  No 

5.2.1. En caso afirmativo, especifique:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Por favor, háganos saber de cualquier información que puede ser relevante para este estudio (ejemplo: hobbies, enfermedad hereditaria, exposición a otras fuentes de radiación electromagnética ...):

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_