
Revista de la Facultad de Ciencias Médicas (Quito)

Creada en 1932 - ISSN 2588-0691
Año 2019. Volumen 44- Número 1



Indexada a LILACS, LATINDEX, IMBIOMED Y GOOGLE SCHOLAR

Revista de la Facultad de Ciencias Médicas (Quito)

Creada en 1932 - ISSN 2588-0691
Año 2019.Volumen 44- Número 1

Indexada a LILACS, LATINDEX, IMBIOMED Y GOOGLE SCHOLAR



Autoridades de la Universidad Central del Ecuador (UCE)

Rector: Dr. Fernando Sempértegui Ontaneda.

Vicerrectora Académica y de Posgrado: Dra. María Augusta Espín Estévez.

Vicerrectora Investigación, Doctorados e Innovación: Dra. María Mercedes Gaviláñez Endara.

Vicerrector Administrativo y Financiero: Eco. Marco Arroyo Posso Zumárraga.

Autoridades de la Facultad de Ciencias Médicas (FCM)

Decano: Ramiro Estrella Cahueñas

Subdecana: Jacqueline Bonilla Merizalde

Director de la revista

Hugo Marcelo Aguilar Velasco, Profesor, Facultad de Ciencias Médicas, UCE

Editora ejecutiva de la revista

Bertha Estrella Cahueñas, Profesor, Facultad de Ciencias Médicas, UCE

Co Editor

Juan Carlos Maldonado, Profesor, Facultad de Ciencias Médicas, UCE

Comité Editorial interno

Pamela Martínez López, Profesor, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UCE

Marcia Racines Orbe, Instituto de Investigaciones en Biomedicina, UCE

Ángel Guevara Espinoza, Profesor, Facultad de Ciencias Médicas, UCE

Fernando Salazar Manosalvas, Profesor, Facultad de Ciencias Médicas, UCE

Ramiro López Pulles, Profesor, Facultad de Ciencias Médicas, UCE

Jorge Pérez Galarza, Profesor, Facultad de Ciencias Médicas, UCE

Luis Bossano Rivadeneira, Profesor, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UCE

Guillermo Fuenmayor Flor, Profesor, Facultad de Ciencias Médicas, UCE

Consejo Editorial externo

Fernando Abad-Franch, Universidad de Brasilia.

Bernardo Bertoni Jara, Facultad de Medicina, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

César Cabezas, Instituto Nacional de Salud, Lima Perú.

Ramiro Cevallos, Grupo Hospitalario San Vicente, Estrasburgo, Francia.

María Atilia Gomez, Especialista en Genética, Buenos Aires, Argentina.

Carlos Espinal, Florida International University.

Angela Junqueira, Instituto Oswaldo- Fiocruz, Rio de Janeiro-Brasil.

Doreen Montag, Centre for Primary Care and Global Health, Queen Mary University of London.

Paulo Peiter, Instituto Oswaldo Cruz Instituto Oswaldo-Fiocruz, Rio de Janeiro-Brasil.

John Rosenberg, Médico internista, Especialista en vacunas y vacunación.

Martha Suarez Mutis, Instituto Oswaldo- Fiocruz, Rio de Janeiro-Brasil.

Equipo de Gestión Editorial

Diseño y diagramación: Lic. Erika González Osorio

Plataforma electrónica y manejo de LILACS: Ing. María Belén Pérez

Publicidad y divulgación: Lic. Erika González Osorio

Entidad editora y responsable de la publicación

Facultad de Ciencias Médicas (FCM)©, Universidad Central del Ecuador

Iquique N14-121 y Sodiro -Itchimbía, Sector El Dorado, 170403, Quito, Ecuador

Indexada en LILACS-BIREME, LATINDEX, IMBIOMED, Google Scholar.

Inicio: desde 1932 como Archivos de la FCM, y desde 1950 como Revista de la FCM (Quito)

Ámbito: general en medicina, salud y bienestar, multidisciplinaria.

Contacto: fcm.revista@uce.edu.ec

Tiraje en papel: 1000 ejemplares

Publicación: semestral.

Disponible en: versión impresa y digital.

Impreso en: Editorial Universitaria

Publicado: diciembre 2019

ISSN: 2588-0691

Website: http://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/CIENCIAS_MEDICAS/issue/archive



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Ecuador, y puede reproducirse libremente citando la fuente sin necesidad de autorización escrita, con fines de enseñanza y capacitación no lucrativas, dentro del Sistema Nacional de Salud.

Hecho en Ecuador - Printed in Ecuador

Contenido

Editorial

La Amazonia entre fuegos <i>H. Marcelo Aguilar V.</i>	06
--	----

Artículos originales

Predictores de riesgo cardiometabólico en adolescentes de Quito. <i>Ramiro Estrella, Fernando Salazar, Yolanda Paredes, Marcia Racines,</i>	13
Pasta dental con nanopartículas de hidroxiapatita efectiva para el sellado de túbulos dentinarios: un estudio in-vitro. <i>Carmen Bahamonde Soria, Raúl Bahamonde Soria</i>	26
Efecto del ozono en la disminución de carga bacteriana y en el mantenimiento de las propiedades fisicoquímicas de la leche: una alternativa para el consumo humano. <i>Alex Soque, María Inés Baquero, Pamela Estupiñán, José Luis Medina, Byron Puga, Jorge Mosquera</i>	38
Evaluación de las propiedades funcionales del aislado proteico de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) variedad INIAP-TUNKAHUAN con potencial uso en la nutrición humana. <i>Richy Lozano, Iván L. Tapia C., Verónica J. Taco T</i>	48
Índices neutrófilo/linfocitos y plaquetas/linfocitos como predictores de mortalidad en sepsis. <i>Jorge Luis Vélez Páez, Alexander Paúl Calderón Hidalgo, Pablo Andrés Vélez Páez, Santiago Xavier Aguayo Moscoso</i>	57
Reporte de caso	
Seguridad de la resonancia magnética en pacientes portadores de marcapasos. <i>Fernando Hidalgo Ottolenghi, Liliana Cárdenas, Marco Gaibor, Cristhian Espinoza Romero</i>	68
Educación Médica	
La universidad y los desafíos del futuro inmediato <i>Ramiro Estrella Cahueñas</i>	74

Crónicas de la Facultad de Ciencias Médicas

Génesis de la Universidad Central del Ecuador.
Ramiro López Pulles, Amílcar Tapia Tamayo.....80

Participación de la Universidad Central del Ecuador en la atención médica y humanitaria durante la crisis social de octubre 2019
Gustavo Morales, Juan Carlos Cazar.....86

Normas de publicación

Normas de publicación 2019
Comité editorial de la revista.....89

La Amazonia entre fuegos

H. Marcelo Aguilar V¹.

¹Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Central del Ecuador

Director de la Revista de la Facultad de Ciencias Médicas

Correspondencia: Marcelo Aguilar; haguilar@uce.edu.ec

Recibido: 11 de noviembre 2019 **Aceptado:** 28 de noviembre 2019

The Amazon between fires

La Amazonia, conforme la Red Amazónica de Información Socio Ambiental Georreferenciada (RAISG), es un territorio de altísima diversidad socioambiental en proceso de cambio acelerado. Cubre una extensión de 7.4 millones de km², ocupa 12 macrocuencas y 158 subcuencas, compartidas por 4969 municipios, 68 departamentos/estados/provincias de ocho países: Bolivia (6.2%), Brasil (64.3%), Colombia (6.2%), Ecuador 1.5%, Guyana (2.8), Perú (10.1%), Suriname (2,1%), Venezuela (5.8%), Guyana Francesa (1.1%) [1].

Durante el mes de agosto de 2019 el mundo asistió al horror de la destrucción de enormes extensiones de la Amazonia cuando ardieron 30901 focos de incendio detectados por satélites en el mayor bioma del planeta; esta cifra, aunque superior a los años anteriores, no superó a los 45018 focos de fuego que ocurrieron en el mismo mes del 2010 y menos a los 63764 focos registrados en 2007. Los datos son del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales que monitorean la Amazonia brasileña desde 1998 [2].

Conforme notas de prensa [3] las autoridades investigan que las acciones que desencadenaron los incendios fueron intencionales y coordinadas. La primera noticia fue publicada el 5 de agosto en el diario "Folha do Progresso" de la ciudad paraense de Novo Progresso localizada a 1194 Km de Belén do Pará que indicaba que los productores rurales prometieron iniciar incendios forestales para presionar al presiden-

te por la falta de apoyo a las iniciativas de los agricultores. Los funcionarios ambientales brasileños y los fiscales federales dicen que enviaron una advertencia al Instituto Brasileño de Medio Ambiente (IBAMA) de que los agricultores y los acaparadores de tierras en la Amazonía estaban planeando un día de incendios el 10 de agosto; sin embargo, a pesar de las informaciones denunciadas, no hubo respuesta de la autoridades ni instrucciones frente a las amenazas [4]. Los hechos indican que hubo manos criminales que actuaron y provocaron el desastre ambiental.

La crítica internacional fue severa en contra del Gobierno de Brasil, responsable de la protección de la mayor proporción de amazonia en su territorio, no obstante, la defensa oficial se orientó a mostrar que todo estaba bajo control, "La Amazonia, no se está incendiando" afirmó y culpó a Organizaciones No Gubernamentales (ONG) de estar detrás de los atentados, y rechazó ayuda internacional para el control de los incendios [5]. La Policía Federal de Brasil realiza investigaciones sobre la intencionalidad criminal de los incendios y ha encontrado al menos tres grupos que coordinaron acciones para "el día del fuego" a pesar de lo cual los organismos oficiales ignoraron la alerta [6]. Se usó una mezcla de diesel y gasolina y cientos de motociclistas para iniciar los incendios en zonas de pastizal y áreas que estaban en proceso de deforestación alrededor de la carretera BR-163 en el Estado de Pará [7].

Citación: Aguilar HM. La Amazonia entre fuegos. Rev Fac Cien Med (Quito) 2019; 44 (1): 6 -12



Las voces de los líderes indígenas, mineros de oro, activistas ambientales, organismos internacionales y funcionarios del gobierno coincidieron en afirmar que la eliminación de las protecciones y la retórica crítica a la conservación ambiental y su desconfianza frente al cambio climático de Bolsonaro habían contribuido al incremento de los incendios y pusieron en marcha una nueva era de demolición ambiental de la Amazonia [8].

En Bolivia ocurrieron incendios en la Amazonia en períodos coincidentes y se considera que lo ocurrido en 2019, es el peor desastre ecológico de los últimos diez años. El incendio se localizó en las regiones tropicales del bosque Chiquitano, considerado como un bien público planetario y el Pantanal occidental. En los primeros cinco días de incendios, se habían incinerado 450000 Ha [9]. El Presidente Evo Morales negó la gravedad del desastre y descartó la ayuda externa ofrecida [10]. En el norte del Paraguay, se contaron al menos 600 focos de incendios, lo que llevó al gobierno del presidente Mario Abdo Martínez a declarar la emergencia nacional el pasado 9 de septiembre.

El impacto y significado ecosistémico de estos eventos destructivos en la Amazonia, debe ser dimensionado en el contexto geográfico, ecológico, climático y humano de este inmenso bioma con importancia planetaria. La preocupación y voces de alerta de diversas organizaciones sociales y académicas tiene sentido por la escala de lo que está ocurriendo.

La Amazonia está en la cuenca hidrográfica más grande del mundo que comprende el 44% del Sudamérica. Representa más de la mitad del bosque húmedo tropical del planeta y es la mayor floresta tropical del mundo. Contiene aproximadamente el 20% de toda el agua dulce líquida del planeta, distribuida en más de 300000 km² de ecosistemas acuáticos. El río Amazonas tiene una extensión aproximada de 6270 km y recibe aguas de alrededor de 10000 afluentes altamente heterogéneos. El clima tropical húmedo de la Amazonía varía significativamente en el es-

pacio y el tiempo, con una precipitación media anual de 1200 a 2000 mm en las franjas norte y sur de la región y hasta 6000 mm en las cercanías de los Andes y en los estados brasileños de Pará y Amapá [11].

La vasta red fluvial amazónica irriga el bioma tropical más grande de la Tierra (6.7 millones de km²). Lejos de ser homogéneo, el bioma amazónico toma la forma de un complejo mosaico de ecosistemas muy diversos que incluye más de 25 ecorregiones terrestres que comprenden unos 180 sistemas terrestres distintos. Predominan los bosques húmedos tropicales, pero también están presentes ciertas formaciones semiáridas y campos de suelo arenoso, y una variedad de paisajes antrópicos. Los bosques y sabanas del Amazonas albergan la mayor diversidad biológica en términos absolutos del planeta. Los bosques con su diversidad biológica, las reservas de recursos estratégicos (minerales, agua, energía, genes, productos químicos, madera y tierra) y los pueblos y culturas nativas amenazados por una civilización homogeneizadora se encuentran entre las principales preocupaciones subyacentes al interés geopolítico global actual [11].

Sus 34 millones de habitantes representan el 11% de la población de países amazónicos. Viven 420 diferentes pueblos indígenas que hablan 86 lenguas y 650 dialectos. Al menos 60 pueblos persisten en condición total de aislamiento [1]. Se estima también que 260000 amerindios, que hablan unos 170 idiomas nativos, viven en la región. Los caboclos, ribereños, caucheros y otros colonos tradicionales generalmente se establecen en pequeñas comunidades a lo largo de las orillas de los ríos, dependen de la agricultura de subsistencia, la pesca y el extractivismo forestal [12]. Durante la segunda mitad del siglo XX, las políticas gubernamentales de colonización y desarrollo, vinculadas a grandes proyectos de infraestructura, fomentaron movimientos de inmigración sin precedentes hacia la Amazonia, con poblaciones que procedían de otras regiones generalmente en crisis en los distintos países amazónicos. Se establecieron nuevas poblaciones de agri-

cultores, ganaderos, colonos, mineros, trabajadores del petróleo, personal de servicios en las industrias y el estado, poblaciones también ligadas al narcotráfico, a la guerrilla y movimientos subversivos. Los pueblos originarios son los que más han sufrido ataques a los derechos humanos, su bienestar y la pérdida de territorios vitales.

La deforestación, entendida como la degradación o reemplazo de la cobertura forestal original de la Amazonia, es un proceso que se aceleró en la Amazonia desde los años 70 cuando países como Brasil, Ecuador y Perú establecieron un marco legal que estimuló la colonización y ocupación de tierras. Datos del Instituto Nacional Espacial de Brasil (INPE) revelan que en 1985 el 93.7% de la cobertura amazónica (3841932 km²) era originaria y estaban degradados 258068 Km²; en el 2018, la cobertura originaria se había reducido al 82.7% y se acumularon 709165 Km² de áreas deforestada [13].

De forma global, en la Amazonia las causas de deforestación resultan de un proceso complejo de formas de uso de las tierras que provocan la sustitución del bosque por carreteras, tierras agropecuarias, zonas mineras, construcción de grandes obras de infraestructura y al crecimiento urbano. Afecta de forma negativa al ambiente al generar cambios que modifican o deterioran el clima, la biodiversidad, los sumideros de agua potable, la erosión del suelo, el agotamiento de nutrientes, el detrimento en las funciones de regulación en las ciencias hidrográficas y la emisión de gases invernadero [14].

Las causas de la deforestación varían conforme los países. En Brasil esta ocurre para destinar tierra a la ganadería y plantación de soja; en Ecuador, Brasil y Perú hubo estímulos estatales para la colonización y ocupación de tierras. En Ecuador es importante la explotación petrolera y colonización, en Bolivia y Colombia es significativa la conversión de selvas en tierras agrícolas, en Colombia, Bolivia y Perú son importantes las plantaciones de coca [15].

Las dinámicas demográficas son también muy complejas y hay periodos de intensos

flujos migratorios hacia la Amazonia en todos los países que coinciden con estímulos estatales para la migración, la ejecución de proyectos industriales y grandes obras de infraestructura que requieren de mano de obra. Los procesos de urbanización de la Amazonia determinan también la conversión de bosques en zonas urbanizadas [14].

Los pueblos originarios han jugado un papel importante en la defensa de la Amazonia. El líder indígena del pueblo Kayapo, Raoni Metuktire, es el principal activista en la campaña contra la deforestación en el Amazonas y ha viajado por el mundo durante tres décadas pidiendo la preservación del bosque y su población indígena. El pertenece a la tribu amazónica más grande es la Tikuna, que cuenta con unos 40.000 miembros que viven en Brasil, Perú y Colombia.

La llegada de migrantes, principalmente hacendados y empresarios, presiona por violencia física o por mecanismos de mercados silenciosas a la población indígena provocando la migración rural. Las nuevas generaciones migran, sea por falta de tierras, por búsqueda de empleo, educación y consumo, hacia las ciudades en donde engrosan los segmentos más pobres. Los pueblos indígenas, comunidades tradicionales, colonos y agricultores, sufren el impacto de desarrollo excluyente y degradante y violencia directa con muchas víctimas. También sufren restricciones de políticas ambientales de conservación en cuanto al uso de los recursos [16].

Los indicadores de desarrollo humano, educación y salud de los pueblos amazónicos son los más bajos comparados con otras regiones de sus países. En las poblaciones amazónicas, se pueden destacar los siguientes aspectos demográficos importantes: a) baja densidad; b) alta tasa de crecimiento dependiente de movimientos migratorios, y c) núcleos con alta concentración urbana. Alrededor del 70% de la población amazónica de Brasil, vive en ciudades grandes y pequeñas. Otro rasgo es la aparición rápida, espontánea y desordenada de muchos de estos pequeños asentamientos urbanos y rurales sin la infraestructura sanitaria necesi-

ria, y la presencia de poblaciones tradicionales muy vulnerables como indios, ribereños, recolectores de caucho, entre otros) que subsisten del extractivismo y la pequeña agricultura [17]. Prevalece entre las poblaciones amazónicas el perfil predominante de enfermedades transmisibles (malaria, arbovirosis, tuberculosis, micosis, geohelmintiasis) y más recientemente se aprecia el crecimiento de enfermedades crónicas como hipertensión, diabetes que tendrán impactos en la mortalidad cardiovascular y el cáncer. A pesar del crecimiento de los servicios de salud, estos son deficitarios comparados con otras regiones de los países amazónicos [18].

La deforestación tiene de aceleración de enfermedades transmitidas por vectores. La destrucción y reemplazo de la cobertura forestal genera cambios climáticos locales, altera las dinámicas de transmisión de la zoonosis, las nuevas dinámicas poblacionales introducen patógenos, zoonosis que ocurren en focos selváticos se transforman en antropúrgicos y ocurren en domicilios y sus alrededores [19,20]. Así también se aprecian enormes diferencias en la afectación de enfermedades como malaria, Chagas, leishmaniasis y tuberculosis entre las poblaciones indígenas comparadas con colonos y trabajadores de empresas petroleras [2, 21].

En la región de Porto Velho, capital de Rondônia, el humo de los incendios produjo serios problemas de salud. En un estudio FIOCRUZ analizó datos de 1998 a 2005 y concluyó que el número de muertes de personas mayores de 65 años debido a enfermedades respiratorias aumenta durante los meses de quema del bosque y que hasta el 80% de las muertes están relacionadas con incendios forestales [2].

En el Ecuador la región amazónica posee la tasa más alta de natalidad del país; en 60 años la población se ha multiplicado 16 veces. La ausencia de servicios básicos y educación promueve tasas de natalidad elevadas, especialmente en los indígenas. Existe evidencia de que el crecimiento poblacional (natalidad y migración) promueve la deforestación en la región amazónica ecuatoriana [22].

La selva húmeda más grande y compleja de la tierra con al menos 10000 años de acción antrópica, sufre aceleración en el proceso de extracción y producción de insumos agroindustriales, materias primas no renovables para los mercados nacionales y globales lo cual compromete su desarrollo sostenible y afecta la conservación de espacios vitales. Se evidencian y acentúan arcos de deforestación que se extiende desde Brasil hasta Bolivia, una zona de presión hídrica y explotación petrolera en la Amazonia Andina y un anillo periférico minero amazónico como efecto. En la actual coyuntura las presiones y amenazas que pesan sobre la Amazonia muestran que los paisajes de selva, diversidad socioambiental y agua dulce, están siendo reemplazados por paisajes degradados, zonas más secas y más homogéneas. Las plantaciones industriales de monocultivo cobran presencia importancia con productos de demanda del mercado local y mundial.

Los efectos ambientales que producen los bosques amazónicos incluyen la remoción de los contaminantes del aire, el mantenimiento de nutrientes gracias al ciclo del agua, la conservación del hábitat de la fauna y flora silvestre, la generación de suelos, la fijación de carbono a través de la recaptura del CO₂, la regulación del clima local y global, y como lugar de contemplación de las bellezas paisajísticas [23].

La selva amazónica es fundamental para la regulación hídrica y de la humedad meso climática. La función reguladora del ciclo del agua de los bosques tropicales implica una importancia mundial, ya que son un elemento estabilizador del agua y del clima. La Amazonia cumple un papel vital en el balance energético y acuático global. Es también el principal reservorio global de carbono; sus bosques tienen un importante papel en el ciclo del carbono atmosférico y en mantener el equilibrio del CO₂ en la atmósfera del planeta. Se estima que un bosque maduro mantiene cautivas unas 170 toneladas de carbono por hectárea; si se tala y quema, este carbono es liberado en forma de CO₂ a la atmósfera [23].

Los ecosistemas amazónicos se caracterizan por la fragilidad al encontrarse en su mayoría asentados sobre suelos pobres muy vulnerables a la lluvia y al sol, por lo que una vez talado el bosque la fertilidad de los suelos se agota con rapidez. Así, la gran exuberancia de la selva no se debe a la buena calidad agrológica del suelo, sino al particular funcionamiento de sus ecosistemas, que se basa en un ciclo de alimentación generado por la selva y las condiciones ambientales de alta humedad y calor imperantes. En la última década se ha estudiado la fragilidad del ecosistema amazónico, y la posibilidad de que alcance un punto de no retorno ha sido profundizado. En 2000 se señaló que en 2050 el bosque amazónico habría perdido la capacidad de absorber, lo que desembocaría en una muerte regresiva del bosque y la liberación del carbono almacenado con efectos ambientales a escala global [23].

Los incendios aceleran la destrucción del bioma y aceleran las diversas formas de ocupación espacial de la Amazonía, generan cambio climático local, liberación de ingentes volúmenes de CO₂, reducción de la biodiversidad y en suma contribuyen a la pérdida de funciones ambientales y climáticas de la Amazonia, a la vez que degradan las condiciones de vida de sus poblaciones humanas.

El planeta vive de forma acelerada la cuarta revolución industrial del capitalismo en versión 4.0 que se caracteriza por el uso productivista de la tecnología, del despojo de recursos estratégicos en sus más variadas formas, el aprovechamiento oportunista de condiciones de shock y temor social, la extracción de datos que convierten a la información personal en lucrativa mercancía. La dimensión ético cultural de nuestro tiempo y la expansión frenética de la civilización consumista posmoderna reemplazan las formas violentas por la dominación autoimpuesta de la ideología consumista, un proceso que apunta a la reorganización y la homologación totalitaria del mundo [24]. Estos nuevos eventos de incendios ocurren en un momento en el que contrasta por un lado la capacidad productiva y tecnológica de la

sociedad que tiene elementos que permitirían proteger el planeta, y por otro, procesos internacionales de polarización socioeconómica que determinan la erosión estructural de los distintos espacios sociales, donde se expanden globalmente formas agresivas de deterioro socio ambiental e inequidad social. El Cambio climático debe ser entendido como un efecto dramático de la posmodernidad capitalista de la 4ta revolución industrial que atenta de diversos modos con los procesos vitales de la humanidad [24].

En América Latina en los dos últimos decenios surgieron gobiernos y liderazgos inicialmente entendidos como progresistas que se distanciaron de sus antecesores por su propuesta antisistema, procurando la equidad de clases medias, superando la pobreza, las inequidades y reordenando territorios, renta y accesos a la salud y educación para los más desprotegidos. Con el tiempo se vería que los progresismos se trastocarían en populismos que vendrían a practicar aceleradas formas neo extractivismo que tiene su visión de frontera productiva y extractiva en la Amazonia.

Este contexto se expresa en la Amazonia, en la Pan Amazonia, término acuñado por la OTCA para expresar el alcance inmenso del bioma con todas sus dimensiones, los efectos y expresiones de un proceso de revolución de la cuarta revolución reflejados en una brutal aceleración de su ocupación territorial, proceso productivo de frontera y dramática vulneración de los derechos de las poblaciones allí asentadas.

Brasil y los demás países latinoamericanos son las antiguas periferias del sistema mundial capitalista. Su poblamiento y desarrollo fueron fundados de acuerdo con el paradigma de relación sociedad naturaleza en una economía de frontera, y que significa que el crecimiento económico es visto como lineal e infinito y basado en la continua incorporación de tierra y de recursos naturales, que también se perciben como infinitos. Este paradigma de la economía de frontera caracteriza toda la formación latinoamericana [25].

Los movimientos globales, el del dominio del gran poder dominio del poder de las potencias y otro en la tendencia al internacionalismo de los movimientos sociales. Todos los agentes sociales organizados, corporaciones, organizaciones religiosas, movimientos sociales, etc. tienen sus propias territorialidades, por encima y por debajo de la escala, los Estados, sus propias geopolíticas nacionales se articulan, configurando una situación mundial de mucha complejidad [25]. En la Amazonia se encuentran expresados toda la determinación del actual orden planetario, quizás de los peores modos de agresión para las poblaciones que allí habitan.

En este contexto de inmediatez político socio ambiental y de cultura de espectáculo parece poco importar el inmenso valor de la Amazonia en el equilibrio planetario y el futuro de la humanidad; los procesos acumulados de ocupación y degradación de la Amazonia y a la velocidad que surgen al momento pueden ser una alerta que estamos cerca de un punto de inflexión destructiva.

La presteza de los acontecimientos referentes a los incendios y lo efímero de su presencia en los medios, sumado a la forma de enfrentarlos por los gobiernos con cumbres y declaraciones que apenas cumplen los protocolos, sin que se discutan a profundidad las causas y determinaciones de los eventos de la Amazonia, hacen temer que el proceso de “demolición ambiental” va a continuar al ritmo de las necesidades de materias primas que demandan las grandes potencias industriales.

La ciencia formal no tiene la capacidad de reaccionar con análisis oportunos de los eventos a los que asistimos, por esto creemos que se requiere de una academia más comprometida con eventos de potencial catastrófico para el planeta como el cambio climático. Una academia que apunte a generar iniciativas que, con la tecnología actual, permitan disponer de bases de información suficientes, racionales y objetivas para adquirir conocimiento oportuno que apoye políticas públicas y, evidentemente, a caminos geopolíticos de los gobiernos, fren-

te a los procesos de aceleración económica de la cuarta revolución industrial del capitalismo que, a claras luces causa efectos destructivos sobre distintos lugares del planeta y en particular de la Amazonia.

Referencias

1. Organización del Tratado de Cooperación Amazónica OTCA. Amazonia. Nuestra Amazonia. [Internet]. Brasilia: OTCA; 2015. [citado 2019 noviembre 12]. Disponible en: http://www.otca-oficial.info/amazon/our_amazon
2. Nadia Pontes. Desmatamento e fogo na Amazonia. [Internet] Alemania: DWB; 2019. Disponible en: <https://www.dw.com/pt-br/desmatamento-e-fogo-na-amazonia/g-50290323>
3. Machado L. O que se sabe sobre o ‘Dia do Fogo’, momento-chave das queimadas na Amazônia. [Internet]. Brasil: BBC News; 2019. Disponible en: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-49453037>
4. Brazil officials failed to act after warning of ‘fire day’ in Amazon, prosecutors say. Investigation into why environment agency ignored warnings that farmers and land-grabbers were planning day of coordinated fires. [Internet]. UK: The Guardian; 2019. Disponible en: <https://www.theguardian.com/world/2019/aug/26/brazil-amazon-fire-day-warning>
5. Bolsonaro: “La Amazonia no está en llamas, no hay manera de que se incendie” [Internet]. Moscú: RT En vivo; 2019. Disponible en: <https://actualidad.rt.com/actualidad/332040-bolsonaro-amazonia-llamas-posible-incendio>
6. Polícia Federal intensifica apuração sobre queimadas na Amazônia. [Internet] Alemania: DWB; 2019. Disponible en: <https://www.dw.com/pt-br/pol%C3%ADcia-federal-intensifica-apuracao-sobre-queimadas-na-amazonia/a-50180319>
7. Camargos D. Fazendeiros e empresários organizaram ‘dia do fogo’, apontam investigações. [Internet] Brasil: Folha de S.Paulo; 2019. Disponible en: <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2019/10/fazendeiros-e-empresarios-organizaram-dia-do-fogo-apon-tam-investigacoes.shtml>
8. Phillips T. Chaos, chaos, chaos: a journey through Bolsonaro’s Amazon Inferno. [Internet]. UK: The Guardian; 2019. Disponible en: <https://www.theguardian.com/environment/2019/sep/09/amazon-fires-brazil-rainforest>

9. Mendez C, Mercado I. Desastre ambiental en Bolivia: incendios forestales arrasaron bosques de la Chiquitania. [Internet]. MongabayLatam;2019. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2019/08/incendios-quemas-bolivia-chiquitania/>
10. Colaboradores de Wikipedia. Incendio forestal en Bolivia de 2019. [Internet] Wikipedia, La Enciclopedia libre;2019. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Incendio_forestal_en_Bolivia_de_2019
11. Aguilar HM, Abad-Franch F, Pinto Dias JC, Veríssimo AC, Coura JC. Chagas Disease in Amazon Region. Mem Inst Oswaldo Cruz. 2007; 102 . Suppl 1:47-56.
12. UNFPA População e desenvolvimento humano na Amazonia <http://www.unfpa.org.br/Arquivos/amazonia1.pdf>
13. Butler RA. Calculation deforestation figures for the Amazon [Internet]. MongabayLatam;2019. Disponible en: https://rainforests.mongabay.com/amazon/deforestation_calculations.html
14. Ribeiro RM, Amaral S, Monteiro AMV, Dal'Asta AP. The urbanization and forest conversion processes in the Paraense Amazon – a multiescalar study. Rev bras estud popul. 2018; 35(3): e0068
15. RAISG. Deforestation in the Amazonia (1970-2013) p. 48 www.raisg.socioambiental.org
16. Confalonieri UEC. Saúde na Amazônia: um modelo conceitual para a análise de paisagens e doenças. Estud av. 2005; 19(53):221-236.
17. Maciel FB, Schweickardt JC, Nunes Pereira IC. Política de Desenvolvimento, ambiente e saúde na Amazônia: uma análise da região do Tapajós. Rev Bras Estud Urbanos 2019; 21(1)155-172.
18. Walsh, JF, Molyneux, Birley MH. Deforestation: effects on vector-borne disease. Parasitology 1993;106(S1):55-75
19. Aguilar VHM & Chiriboga MU. La enfermedad de Chagas en el Ecuador Emergencia de la Endemia en la Amazonia. En: FLAP XXI Congreso de Parasitología Dr. Pedro Morera Villalobos. Noviembre 2013, Guayaquil, Ecuador 2013. pp. 27-29.
20. Aguilar M. Cambio climático local y emergencia de enfermedades vectoriales en la Amazonía. p 124-132 En: Falconí Elizabeth et al (Editores) : Memorias del I Seminario Internacional de Cambio Climático y Salud. Una visión desde la Mitad del Mundo, 3 al 5 de octubre del 2012. Quito Universidad Central del Ecuador, Centro de Biomedicina, Quito. 2012, pp.252
21. Aguilar HM, Salas B, Falconí C, Pazmiño J, Soria C. Malaria en la Amazonía Ecuatoriana. Estudio comparativo de la transmisión entre indígenas y colonos en el contexto de la organización espacial. Rev Inst J C García. 1993; 3:22-38
22. Jarrín-V PS, Carrillo LT, Zamora G. Demografía y transformación territorial: medio siglo de cambio en la región amazónica de Ecuador. EUTOPIA. Revista de Desarrollo Económico Territorial 2017; 12:81-100
23. CEPAL y Patrimonio Natural. Amazonia posible y sostenible. Bogotá: Cepal y Patrimonio Natural. 2013. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/amazonia_posible_y_sostenible.pdf
24. Breilh, J. Epidemiología del siglo XXI y ciberespacio: repensar la teoría del poder y la determinación social de la salud. Rev Bras Epidemiol. 2015; 18(4), 965-975.
25. Becker, B. K. Geopolítica de la Amazonia. Geopolítica(s). 2019; 10(1): 135-151.

Predictores de riesgo cardiometabólico en adolescentes de Quito

Ramiro Estrella¹, Fernando Salazar¹, Yolanda Paredes¹, Marcia Racines²

¹ Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Central del Ecuador.

² Instituto de Investigaciones en Biomedicina, Universidad Central del Ecuador (INBIOMED-UCE).

Correspondencia: Ramiro Estrella; crestell@uce.edu.ec

Recibido: 06 marzo 2019; **Aceptado:** 20 mayo 2019

Resumen

Introducción: Obesidad en la adolescencia se asocia con trastornos cardiometabólicos en la edad adulta. Es necesario contar con un índice de obesidad fácilmente aplicable para predecir riesgo cardiometabólico en adolescentes.

Objetivo: Comparar la utilidad de los índices radio Cintura/Talla (r-CT), circunferencia de cintura (CC) y el índice de masa corporal (IMC) para determinar obesidad y predecir riesgos cardiometabólicos en adolescentes.

Métodos: En este estudio trasversal, bajo criterios de la International Diabetes Federation (IDF) se determinó obesidad mediante tres índices, hipertensión arterial, hiperglicemia, hipertrigliceridemia y bajo HDL en 931 adolescentes mestizos ecuatorianos. La asociación de los índices de obesidad (r-CT, IMC y CC) con los factores de riesgo cardiometabólico se determinaron mediante ratios de Odds ajustados y áreas bajo la curva (AUC, siglas en inglés) ROC (Característica Operativa del Receptor, siglas en inglés).

Resultados: El r-CT ≥ 0.5 determinó mayor porcentaje de obesidad (36.6%) respecto a CC (17.4%) e IMC (6.7%). IMC ≥ 95 percentil se asoció significativamente con los cuatro factores de riesgo cardiometabólico, mientras que CC y r-CT se asociaron con tres de los cuatro factores. Los tres índices de obesidad determinan la concurrencia de tres o más factores de riesgo cardiometabólico con alta sensibilidad y especificidad con un AUC mayor de 0.80.

Conclusiones: El IMC \geq al percentil 95 es mejor predictor de riesgo cardiometabólico, pero no determina bien obesidad. El r-CT parece ser el indicador antropométrico más adecuado para detectar obesidad y predecir riesgo cardiometabólico en adolescentes mestizos debido a su fácil determinación y uso.

Palabras clave: Obesidad, síndrome metabólico, predictores, riesgo cardiometabólico

Predictors of cardiometabolic risk in adolescents in Quito

Abstract

Background: Obesity in adolescence is associated with cardiometabolic problems in adulthood. It is necessary to have an easily applicable obesity index to predict cardiometabolic risk in adolescents.

Objective: To compare the usefulness of waist to-height ratio (WHtR), waist circumference (WC), and body mass index (BMI) to determine obesity and predict cardiometabolic risks in adolescents.

Methods: In this cross-sectional study, under the criteria of the International Diabetes Federation (IDF), obesity, hypertension, hyperglycemia, hypertriglyceridemia and low HDL rates were determined in 931 Ecuadorian mestizo adolescents. The association of the three obesity indices with the cardiometabolic risk factors was determined by means of adjusted Odds ratios and area under the Receiver Operating Characteristic curve (AUC-ROC).

Results: WHtR ≥ 0.5 determined the highest percentage of obesity (36.6%) with respect to WC (17.4%) and BMI (6.7%). BMI ≥ 95 percentile was significantly associated with the four cardiometabolic risk factors, while WC and WHtR were associated with three out of four factors. The three obesity indices determine the concurrence of three or more cardiometabolic risk factors with high sensitivity and specificity with an AUC greater than 0.80.

Conclusions: BMI ≥ 95 th percentile is a better predictor of cardiometabolic risk, but it is not a good determinant of obesity. The WHtR seems to be the most suitable anthropometric indicator to detect obesity and predict cardiometabolic risk in mestizo adolescents due to its easy determination and use.

Keywords: Obesity, metabolic syndrome, predictors, cardiometabolic risks

Citación: Estrella R, Salazar F, Paredes Y, Racines M. Predictores de riesgo cardiometabólico en adolescentes de Quito. Rev Fac Cien Med (Quito) 2019; 44 (1): 13-25



Introducción

El Síndrome Metabólico (SM) es un problema prioritario de salud pública por su estrecha asociación con enfermedades cardiovasculares y diabetes que son las principales causas de mortalidad a nivel mundial [1-3]. Este síndrome comprende un conjunto de factores de riesgo cardiovascular que incluye obesidad central, hipertensión arterial, hiperglicemia, hipertrigliceridemia y bajos niveles de lipoproteínas de alta densidad [4,5].

En el afán de lograr un diagnóstico temprano y fidedigno de la obesidad, componente principal del síndrome metabólico y factor determinante de riesgo cardiometabólico, se han propuesto y utilizado diversos indicadores antropométricos como la circunferencia de cintura (CC) [6,7], el índice de masa corporal (IMC) [8,9] y el radio cintura-talla (r-CT) [10-12]. El uso de estos indicadores ha presentado resultados diferentes que posiblemente dependen de las poblaciones estudiadas y de limitaciones inherentes a cada una de estas mediciones.

A pesar de que la CC y el IMC han sido frecuentemente utilizados y con resultados aparentemente favorables, tienen limitaciones para diagnóstico de obesidad que les convierten en indicadores no muy exactos. En relación a CC, existe variabilidad de esta medida por la influencia de factores como sexo, edad o características étnicas, los mismos que deben ser tomados en cuenta al momento de establecer puntos de corte para obesidad [13-15], para evitar falsos resultados especialmente en poblaciones con tallas muy altas o muy bajas [16,17].

La IMC es un buen indicador de obesidad poblacional, pero tiene como limitación la diferenciación no adecuada entre grasa y masa muscular. Como esta última tiende a ser más pesada, IMC puede calificar a una persona musculosa como sobrepeso aún si sus niveles de grasas son bajos [18]. Incluso personas relativamente delgadas que podrían tener altos niveles de grasa visceral, pueden

ser calificadas como saludables según los estándares IMC [19]. Además, su utilidad es menor en individuos con talla alta [17, 20,21].

Aunque existen estudios que refieren que el r-CT no es mejor que el IMC o la CC para detectar riesgo cardiometabólico [22-24], muchos investigadores aceptan que este índice si lo es [10, 25,26]. Un punto de corte ≥ 0.5 en r-CT identifica más niños con riesgos tempranos de salud [27,28], ayuda a discriminar personas con alto riesgo cardiometabólico [12], y a detectar riesgos familiares de obesidad [29]. Es un indicador práctico ya que puede utilizarse con igual validez en ambos sexos, a cualquier intervalo de edad [30,31] y en distinto origen étnico [27]. Además, el r-CT puede ser incluso superior a los otros métodos en poblaciones de talla muy alta o muy pequeñas, en las que la CC podría subestimar el riesgo de enfermedades crónicas [16].

Los estudios de mayor relevancia sobre el r-CT han sido efectuados prioritariamente en personas norteamericanas, europeas o asiáticas, que tienen características étnicas diferentes a las de los latinoamericanos [32-37]. En América Latina, donde la presencia de obesidad y riesgos cardiometabólicos están en incremento, poco se ha investigado sobre la utilidad del r-CT para el diagnóstico de obesidad y riesgos cardiometabólicos, con respecto a otros índices como CC e IMC, y los resultados son heterogéneos [28,38-40]. En Ecuador nuestro grupo encontró diferencia en la determinación de obesidad al utilizar CC y r-CT en adolescentes mestizos (10.7% vs. 27.7%, respectivamente) [41].

Estos hallazgos aún no concluyentes y con resultados variados sobre la utilidad del índice r-CT para el diagnóstico de obesidad y la predicción de riesgo cardiometabólico, determinan la necesidad de estudios más profundos y en poblaciones más amplias de niños y adolescentes particularmente latinoamericanos. En este estudio presentamos una comparación de la utilidad de r-CT, CC e IMC para determinar obesidad y predecir

otros riesgos cardiometabólicos incluidos en el síndrome metabólico, en una población de adolescentes mestizos ecuatorianos.

Métodos

Durante el período febrero-abril del 2017, se realizó un estudio transversal en 931 adolescentes de 11 a 18 años de edad para determinar la prevalencia de Síndrome Metabólico (SM), los factores de riesgo cardiometabólico y la utilidad de tres métodos de valoración de obesidad como predictores de riesgo cardiometabólico. Los adolescentes pertenecían a la Unidad Educativa Santiago de Guayaquil de la ciudad de Quito que es una institución pública que acoge alrededor de 1800 estudiantes mestizos de condición económica media y baja.

Medidas antropométricas

El peso, talla y perímetro de la cintura fueron obtenidos mediante métodos estandarizados [42,43].

El peso se obtuvo en una balanza digital marca SECA (Alemania), con graduación mínima de 100 g y previamente calibrada por el Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN). El registro se hizo en kilogramos y décimas.

La talla se midió en un tallímetro (estadímetro portátil) marca SECA CE 0123 (Alemania), que fue instalado en la pared formando un ángulo de 90 grados. El registro se hizo en centímetros y décimas.

La circunferencia de la cintura se midió directamente sobre la piel pasando una cinta métrica de fibra de vidrio por los bordes antero superior de las crestas ilíacas y el ombligo, sin comprimir la piel. Este procedimiento se realizó por duplicado y cuando existió una diferencia mayor de un cm entre las dos mediciones se obtuvo una tercera. La medida definitiva fue el promedio de las mediciones. El registro se hizo en centímetros y décimas.

Determinación de obesidad

La obesidad central fue determinada por la CC utilizando la definición de la IDF: para niños de 10 a 16 años \geq al percentil 90 y para mayores de 16 años ≥ 90 cm hombres y ≥ 80 cm mujeres [4,44].

Se calculó el IMC dividiendo el peso en kilos para la talla en metros cuadrados (Kg/m^2). La clasificación nutricional se hizo de acuerdo con los valores de referencia del Centro de Control de Enfermedades (CDC) [45,46]. Peso bajo con valores menores al percentil cinco, peso normal valores percentilares de cinco a 84, sobrepeso valores percentilares 85 a 94 y obesidad valores percentilares ≥ 95 .

El r-CT se calculó dividiendo el perímetro de cintura para la talla. Se tomó como punto de corte el valor ≥ 0.5 para determinar adiposidad central visceral [27,39,47].

Determinación de presión arterial

La presión arterial se midió en mm Hg, siguiendo procedimiento estandarizado [48]. Se tomó en el brazo derecho con el estudiante sentado, previo reposo de cinco minutos. Se utilizó un tensiómetro anerode marca Riester (USA) con brazalete de tamaño adecuado para adolescentes y un fonendoscopio de adultos marca Littmann (USA). Se clasificó presión alta con valores de presión sistólica ≥ 130 mm Hg o diastólica ≥ 85 mm Hg para cualquier edad [48]. Esta medición fue realizada por un mismo investigador a todos los estudiantes.

Determinación de glucosa, colesterol y triglicéridos

Previo ayuno se obtuvo ocho mL de sangre venosa en un tubo sin anticoagulante para la obtención de suero, y posterior determinación de pruebas bioquímicas. Las muestras se conservaron congeladas desde su obtención hasta su procesamiento en el laboratorio del Instituto de Biomedicina de la Universidad Central del Ecuador. Lípidos y glucosa fueron

analizados de acuerdo con procedimientos enzimáticos colorimétricos estandarizados [49,50] en un espectrofotómetro PCP 6121 marca Eppendorf (Alemania). Todos los ensayos se realizaron con duplicados al azar, y como control de calidad se usó un suero de origen humano Serodos®.

Síndrome Metabólico y factores de riesgo metabólico

Se utilizó la definición IDF, para niños y adolescentes [4] que considera la presencia de obesidad central determinada por circunferencia de la cintura (≥ 90 cm para hombres y ≥ 80 cm para mujeres mayores de 16 años y \geq del percentil 90 para niños de 10 a 16 años sin distinción de sexo), más dos o más de las siguientes características clínicas: triglicéridos elevados (≥ 150 mg/dL), HDL colesterol bajo (< 40 mg/dL sin distinción de sexo hasta los 16 años y para mayores de 16 años < 40 mg/dL para hombres y < 50 mg/dL para mujeres), glucosa incrementada en ayunas (≥ 100 mg/dL), presión arterial alta (sistólica ≥ 130 / diastólica ≥ 85 mm Hg). Estas cuatro características clínicas fueron consideradas factores de riesgo metabólico.

Análisis estadístico

Los datos registrados en el formulario de estudio fueron ingresados a una base de datos en el programa estadístico IBM SPSS Statistics (versión 22) para su posterior análisis. Se obtuvieron los valores promedio de sexo, edad, medidas antropométricas, presión arterial y de las concentraciones de las variables bioquímicas en la población total y por sexo. Se calculó la prevalencia de síndrome metabólico y los factores de riesgo cardiometabólico, en general y por sexo. La diferencia entre promedios y entre porcentajes se evaluó mediante prueba t de grupos independientes y Chi cuadrado, respectivamente. Se aceptó un nivel de significación de $P \leq 0.05$. Usando modelos de regresión logística múltiple, controlados por sexo y edad se buscó la asociación de los indicadores de obesidad IMC, CC y r-CT (variables independientes numéricas continuas) con

la presencia de cada uno de los factores de riesgo metabólico (hipertensión, hiperglicemia, hipertrigliceridemia y valores bajos de HDL), así como con la concurrencia de tres o más factores de riesgo. En todos los modelos las variables fueron incluidas de una en una.

Para valorar la discriminación que los índices antropométricos tienen sobre los factores de riesgo cardiometabólico individuales y con la concurrencia de tres o más factores, se utilizaron las curvas ROC. Áreas bajo la curva ROC > 0.7 fueron consideradas para indicar buena exactitud y utilidad clínica de los indicadores antropométricos [51].

Consideraciones éticas

El protocolo, los formularios y el consentimiento informado fueron aprobados por el Subcomité de Ética de la Investigación en Seres Humanos (SEISH) de la Universidad Central del Ecuador. El trabajo en la Unidad Educativa fue autorizado por los directivos. Se obtuvo el consentimiento informado firmado por los padres y el asentimiento del estudiante.

Resultados

Se estudiaron 931 sujetos, de los cuales 490 (52.6%) fueron de sexo femenino. El promedio de edad fue 15.2 años, y no hubo diferencia según sexo. Las mujeres presentaron valores significativamente más bajos de peso, talla, presión sistólica y glucosa y valores más altos de r-CT e IMC (**Tabla 1**).

Síndrome metabólico y factores de riesgo cardiometabólico

El SM según criterios IDF se encontró en 3.3% (31/931) de los sujetos, 4.7% (23/490) en mujeres y 1.8% (8/441) en hombres. El 41.8% (390/931) de los adolescentes presentó uno o más componentes de síndrome metabólico siendo mayor en mujeres (47.6% vs 35.4%, $P = 0.04$). La presencia de dos componentes fue significativamente mayor en el sexo femenino (13.3% vs 9.1%, $P = 0.04$), mientras que

Tabla 1. Características basales de adolescentes escolares de Quito.

Características	Total n =931	Femenino n =490	Masculino n = 441	P
Edad	15.2 ± 2.0	15. ± 2.0	15.2 ± 2.0	NS
Peso (kg)	51.6 ± 11.1	50 ± 10.3	52.8 ± 11.8	0.001
Talla (cm)	155.5 ± 9.4	152 ± 6.9	159.1 ± 10.50	<0.0001
Circunferencia de Cintura (cm)	75.1 ± 9.0	75 ± 9.0	74.7 ± 9.0	NS
Radio Cintura Talla	0.48 ± 0.05	0.49 ± 0.05	0.46 ± 0.05	<0.0001
Índice de Masa Corporal	21.1 ± 3.4	21 ± 3.4	20.7 ± 3.4	<0.0001
Presión Sistólica (mmHg)	101.7 ± 12.7	99 ± 11.5	104.1 ± 13.4	<0.0001
Presión Diastólica (mmHg)	63.9 ± 9.6	63.7 ± 9.4	64.0 ± 9.8	NS
Glucosa (mg/dL)	81.3 ± 10.9	78.9 ± 10.0	82.8 ± 11.7	<0.0001
Triglicéridos (mg/dL)	102.1 ± 51.7	104.6 ± 54.0	99.3 ± 49.0	NS
HDL (mg /dL)	53.9 ± 17.5	53.9 ± 16.0	53.9 ± 19.1	NS

Los datos se presentan como media ± desviación estándar; HDL: Lipoproteínas de baja densidad, por sus siglas en inglés; NS: P no significativa

la presencia de tres o más componentes fue similar en los dos sexos.

Las mujeres presentaron significativamente mayor frecuencia de obesidad central y de bajos niveles de HDL. La hipertensión y la hiperglicemia, aunque de frecuencia baja, se presentaron significativamente más en los hombres (**Tabla 2**).

Clasificación de obesidad: El mayor porcentaje de obesidad fue determinado por el r-CT. La CC calificó obesidad con mayor frecuencia que IMC. El IMC ≥ al percentil 95 diagnosticó obesidad en menor proporción. La obesidad en el sexo femenino fue significativamente mayor que en el masculino según CC y r-CT, pero menor por IMC ≥ al percentil 95 (**Tabla 3**).

Tabla 2. Factores de riesgo de síndrome metabólico (IDF) en adolescentes escolares de Quito.

Factores de riesgo	Total n=931 (%)	Femenino n=490 (%)	Masculino n=441 (%)	P
Obesidad central	162 (17.4)	133 (27.1)	29 (6.6)	<0.0001
Hiperglicemia	56 (6.0)	16 (3.3)	40 (9.1)	<0.0001
Hipertrigliceridemia	113 (12.1)	60 (12.2)	53 (12.0)	NS
HDL bajo	189 (20.3)	127 (25.9)	62 (14.1)	<0.0001
Hipertensión arterial	39 (4.2)	11 (2.2)	28 (6.3)	0.002

Obesidad Central: Circunferencia de cintura ≥ percentil 90 para 10 a 16 años, ≥90 cm hombres y ≥80 cm mujeres; **Hipertensión:** Sistólica ≥130 mm Hg o diastólica ≥85 mm Hg; **Hiperglicemia:** Glucosa en ayunas ≥100 mg/dL; **Hipertrigliceridemia:** triglicéridos ≥150 mg/dL; Bajo HDL (lipoproteínas de baja densidad, por sus siglas en inglés): <40 mg/dL sin distinción de sexo hasta 16 años y en > 16 años, <40 mg/dL hombres y <50 mg/dL mujeres; NS: P no estadísticamente significativo.

Tabla 3. Obesidad según diferentes métodos de medición en adolescentes escolares de Quito

Método	Total n =931	Femenino n = 490	Masculino n = 441	P
Circunferencia de cintura (CC)a	162 (17.4)b	133 (27.1)	29 (6.6)	<0.0001
Radio cintura/talla (r-CT) ≥0.5	341 (36.6)c	232 (47.3)	109 (24.7)	<0.0001
Índice masa corporal (IMC)(≥90 P)	62 (6.7)	22 (4.5)	40 (9.1)	0.005

Los datos se expresan en número y porcentaje; aCC: 10 a 16 años ≥ percentil 90 y para > 16 años, ≥90 cm hombres y ≥80 cm mujeres; b diferencia significativa con r-CT e IMC; cdiferencia significativa con CC e IMC.

Predicción de factores de riesgo según índices de obesidad

Los indicadores de obesidad CC y r-CT se asociaron significativamente con tres factores de riesgo cardiometabólico (hipertensión arterial, hipertrigliceridemia y bajo HDL) y los radios de

Odds (OR) de presentar esos factores fueron similares entre los dos métodos. IMC ≥ al percentil 95 e IMC ≥ al percentil 85 se asociaron con los cuatro factores de riesgo, con ORs más altos que los de r-CT y CC, excepto para HDL bajo. Todos los OR fueron ajustados por sexo y edad (**Tabla 4**).

Tabla 4. Modelos de regresión logística predictivos de riesgo cardiometabólico según obesidad determinada por diferentes métodos antropométricos.

Modelo	Hipertensión ORa (IC 95%)	Hiperglicemia ORa (IC 95%)	Hipertrigliceride-mia ORa (IC 95%)	Bajo HDL AOR (IC 95%)
r-CT ≥0.5	3.32 (1.68-6.56)	1.03 (0.56-1.89)	3.82 (2.50-5.83)	2.31 (1.64-3.25)
Edad (años)	1.09 (0.92-1.28)	0.33 (0.18-0.63)	0.33 (0.18-0.63)	1.12 (1.03-1.21)
Sexo (femenino)	0.24 (0.11-0.50)	1.03 (0.56-1.89)	1.03 (0.56-1.89)	1.77 (1.25-2.52)
CC ^a	3.34 (1.50-7.47)	1.28 (0.58-2.85)	3.36 (2.09-5.40)	3.36 (2.09-5.40)
Edad (años)	0.23 (0.10-0.50)	0.32 (0.17-0.60)	0.94 (0.85-1.03)	1.11 (1.02-1.21)
Sexo (femenino)	3.34 (1.50-7.47)	1.28 (0.58-2.85)	0.72 (0.47-1.10)	1.80 (1.26-2.57)
IMC ≥95 percentil	4.74 (2.07-10.87)	3.67 (1.69-7.94)	3.71 (2.05-6.72)	2.24(1.23-4.10)
Edad (años)	1.13 (0.96-1.34)	1.20 (1.04-1.39)	0.99 (0.90-1.10)	1.66 (1.07-1.26)
Sexo (femenino)	0.37 (0.18-0.76)	0.36 (0.19-0.66)	1.11 (0.74-1.67)	2.29 (1.63-3.23)

r-CT: Radio cintura talla; **CC:** Circunferencia de cintura; **IMC:** Índice de masa corporal; **ORa:** Odds Radio ajustado; **95% CI:** Intervalo de Confianza al 95%; **aCC:** 10 a 16 años ≥ percentil 90; mayores de 16 años ≥90 cm hombres y ≥80 cm mujeres; **Hipertensión:** Sistólica ≥130 mm Hg o diastólica ≥85 mm Hg; **Hiperglucemia:** Glucosa en ayunas ≥100 mg/dL; **Hipertrigliceridemia:** Triglicéridos ≥150 mg/dL; **Bajo HDL:** <40 mg/dL sin distinción de sexo hasta 16 años y en mayores de 16 años; <40 mg/dL para hombres y <50 mg/dL para mujeres.

Todos los indicadores de obesidad se asociaron significativamente con la presencia tres o más factores de riesgo cardiometabólico, siendo la CC la que presentó más asociación, seguida de r-CT ≥0.5 e IMC ≥ al percentil 95, aunque con límites de con-

fianza amplios. Todos los OR fueron ajustados por sexo y edad (Tabla 5).

El análisis de áreas bajo la curva indica que únicamente la circunferencia de la cintura es la medida que determina hipertensión

con exactitud de acuerdo con la consideración establecida de 0.7. El resto de asociaciones tiene pobre sensibilidad y especificidad. Sin embargo, todas las medidas determinan la concurrencia de tres o más factores de riesgo cardiometabólico con alta sensibilidad y especificidad con un AUC mayor de 0.80 (**Tabla 6**).

Tabla 5. Modelos de regresión logística múltiple de riesgos cardiometabólicos según obesidad determinada por diferentes métodos antropométricos.

Modelo	Concurrencia de tres o más factores de riesgo ^a ORa (95% CI)
r-CT ≥ 0.5	11.04 (3.73-32.39)
Edad (años)	1.06 (0.88-1.28)
Sexo (femenino)	1.56 (0.66-3.74)
CCb	42.68 (13.78-132.09)
Edad (años)	0.96 (0.79-1.72)
Sexo (femenino)	0.80 (0.32-2.08)
IMC ≥ 95 percentil	9.56 (3.98-7.85)
Edad (años)	1.19 (0.98-1.44)
Sexo (femenino)	3.35 (1.44-7.81)

r-CT: Radio cintura talla; **CC:** Circunferencia de cintura; **IMC:** Índice de masa corporal; **ORa:** Odds Ratio ajustados; **95% CI:** Intervalo de Confianza de 95%; ^a**Tres o más de los siguientes:** hipertensión, hipertrigliceridemia, hiperglicemia, y bajo HDL ^b**CC:** 10 a 16 años \geq percentil 90; mayores de 16 años ≥ 90 cm hombres y ≥ 80 cm mujeres.

Tabla 6. Area bajo la curva ROC para asociación con factores de riesgo cardiometabólico.

Método	Hipertensión AUC (95% CI)	Hiperglicemia AUC (95% CI)	Hipertriglice-ridemia AUC (95% CI)	Bajo HDL AUC (95% CI)	Concurrencia de tres o más factores ^a
r-CT	0.64 (0.54-0.73)	0.66 (0.60-0.72)	0.448 (0.40-0.56)	0.66 (0.61-0.69)	0.83 (0.75-0.91)
IMC (kg/ m ²)	0.69 (0.61-0.78)	0.67 (0.61-0.72)	0.56 (0.48-0.64)	0.65 (0.61-0.69)	0.89 (0.87-0.94)
CC (cm)	0.713 (0.62-0.80)	0.65 (0.59-0.70)	0.57 (0.50-0.65)	0.64 (0.60-0.68)	0.86 (0.78-0.94)

r-CT: Radio cintura talla; **ICM:** Índice de masa corporal; **CC:** Circunferencia de cintura; **AUC:** Area bajo la curva; **ROC:** Característica Operativa del Receptor, siglas en inglés; 95% CI: Intervalo de confianza 95%; ^aTres o más de los siguientes: hipertensión, hipertrigliceridemia, hiperglicemia, y bajo HDL (Lipoproteínas de baja densidad, por sus siglas en inglés).

Discusión

Este estudio en adolescentes mestizos ecuatorianos reveló que el r-CT a un punto de corte ≥ 0.5 es el método que determina el mayor porcentaje de obesidad con respecto a los puntos de corte de CC e IMC. Los puntos de corte de obesidad de r-CT y CC se asociaron con riesgo de hipertensión, hipertrigliceridemia y HDL bajo, aunque no con hiperglice-

mia. Cortes percentilares de IMC ≥ 95 para obesidad o ≥ 85 para sobrepeso más obesidad se asociaron con los cuatro factores de riesgo estudiados.

r-CT, IMC y CC como indicadores de obesidad

En esta investigación, el indicador que mejor detectó obesidad fue el r-CT (36.6%) con punto de corte ≥ 0.5 , comparado con CC (17.4%) e

IMC \geq al percentil 95 (6.7%). Esta evidencia es consistente con diversos estudios que realizan comparaciones entre indicadores antropométricos en población adolescente [30,40,52,53]. Sin embargo, difiere con otros estudios en adolescentes que reportan que el r-CT no es buen indicador de obesidad comparado con IMC [54], o que tiene un poder similar a CC [54,55] y a IMC para identificar obesidad [56]. Estos resultados distintos a los que encontramos podrían explicarse por el uso de diferentes escalas de medición, los métodos de medición especialmente de circunferencia de cintura, o los puntos de corte de obesidad.

Debido a que la obesidad infantil constituye un factor de riesgo de obesidad en adultos [57-59] y de enfermedades metabólicas como hipertensión arterial, dislipidemias y diabetes [60,61], problemas que disminuyen la calidad de vida e incrementan gastos de salud individual y pública, es importante disponer de un indicador para detectar su presencia en forma temprana. Si bien los tres métodos de medición evaluados pueden ser útiles para determinar obesidad, el r-CT parece ser un índice preciso y tiene la ventaja de que no varía con edad, sexo, y estado puberal [62,63]. Además, el r-CT no necesita tablas específicas de edad, sexo o etnia [64], por lo que podría utilizarse para tamizaje de obesidad en poblaciones de diferentes características demográficas.

r-CT, IMC y CC como predictores de riesgo cardiometabólico individuales

En relación a la asociación entre los indicadores de obesidad y riesgos cardiometabólicos, las medidas de r-CT y CC son buenos predictores de la presencia individual de hipertensión, hipertrigliceridemia y bajos niveles de HDL, pero no hiperglucemia; mientras que valores percentilares de IMC ≥ 95 (obesidad) e IMC ≥ 85 (sobrepeso y obesidad) predicen individualmente los cuatro factores de riesgo evaluados.

Comparaciones directas de nuestros hallazgos con estudios que establecen el poder

predictivo de los tres indicadores de obesidad no es completamente posible, ya que los estudios con análisis de regresión logística son limitados y de resultados variados. Sin embargo, nuestros hallazgos significativos, aunque con límites de confianza amplios, soportan los estudios que demuestran que r-CT, CC e IMC en adolescentes son buenos predictores de distintos factores de riesgo individuales. Así, un estudio en adolescentes reportó que los tres índices antropométricos fueron útiles para identificar dislipidemia pero recomiendan el uso de r-CT como indicador de riesgos cardiovasculares [64], mientras que otro no recomienda el uso de ninguno de los tres indicadores como herramientas de tamizaje para hiperglicemia [65]. En Argentina, se demostró asociación significativa entre CC, r-CT e IMC y la presencia de hipertensión [66]. En Colombia un estudio determinó que CC tiene mejor asociación con riesgos cardiometabólicos individuales que r-CT [23], en tanto que otro mostró que r-CT ≥ 0.5 se asocia significativamente con niveles menores de HDL, niveles mayores de triglicéridos, resistencia a la insulina e hipertensión luego de controlar por edad, sexo, condición socio económica y actividad física [67]. Esta variación de los resultados podría estar influida por el tamaño de la muestra, el diseño del estudio, por el manejo de las variables de control y por la validez o fiabilidad de la medición.

No solo los estudios de regresión presentan hallazgos diferentes sino también el análisis de curvas ROC. En nuestro estudio todos los indicadores antropométricos presentaron bajo poder de discriminación para factores de riesgo cardiometabólico individuales; únicamente CC discriminó bien la presencia de hipertensión con una AUC superior a 0.76 (95% IC 0.62 - 0.80). Este resultado fue similar al de un estudio en adolescentes brasileños donde CC tuvo mayor sensibilidad y especificidad para predecir hipertensión arterial, comparado con r-CT e IMC [68]. Otros estudios han reportado resultados variados. Por ejemplo, en niños norteamericanos IMC

percentilar, CC percentilar y r-CT tuvieron un poder de discriminación bajo a regular para identificar alteraciones de glucosa, lípidos, y presión arterial [24]. En adolescentes obesos italianos IMC, zIMC, CC, y r-CT presentaron baja exactitud para discriminar factores metabólicos individuales [69]. Estudios en adolescentes coreanos [25], mexicanos [39], grecochipriotas [70] y brasileños [71] demostraron que r-CT fue significativamente más sensible que otros métodos para discriminar alteraciones de los lípidos.

A pesar que los estudios mencionados, incluido el nuestro, sugieren que IMC, CC o r-CT no son buenos para discriminar individualmente cada uno de los riesgos cardiometabólicos, varios estudios coinciden en que los tres indicadores se relacionan significativamente con la concurrencia de factores de riesgo cardiometabólico. Consistentemente, nosotros encontramos que los tres indicadores de obesidad estudiados se asociaron significativamente a la concurrencia de tres o más factores de riesgo, con ORs superiores a nueve para IMC, a 14 para r-CT y a 40 para CC aunque con límites de confianza amplios, y que el nivel de discriminación fue bueno con áreas bajo la curva ROC superiores a 0.8. Este comportamiento también se observó en otras poblaciones de jóvenes árabes [72], norteamericanos [24,73], y europeos [22,32,74].

Estos hallazgos muestran que r-CT, CC o IMC pueden ser útiles en distinto grado para predecir hipertensión, hiperglicemia, hipertrigliceridemia o bajos niveles de HDL, y que los tres indicadores son buenos para predecir la presencia de más de dos o tres de estos factores de riesgo cardiometabólico. Nuestro estudio en conjunto con otros respalda que la índice cintura talla es un método de fácil uso, de exactitud discriminatoria de riesgos cardiometabólicos y factible de ser utilizado en poblaciones de adolescentes de distintas etnias, sexos o edades.

En este estudio, aunque se aseguró la precisión y la exactitud de las mediciones an-

tropométricas y de los estudios bioquímicos, hay limitaciones que deben ser mencionadas. Primero, la dificultad en asegurar fehacientemente las horas de ayuno previo a la toma de muestras sanguíneas, situación que podría afectar de alguna manera los valores de glucosa sanguínea y, segundo, aunque la población de adolescentes mestizos estudiada puede ser representativa de adolescentes de similares condiciones de otras regiones andinas, más estudios deberían realizarse en poblaciones costeras que soporten la generalización de nuestros hallazgos.

En conclusión, en este estudio se demostró que: 1) el r-CT a un punto de corte ≥ 0.5 es una medida simple y efectiva para detectar obesidad, 2) los valores percentilares de IMC ≥ 85 son mejores predictores de hiperglicemia, hipertensión, hipertrigliceridemia y bajos niveles de HDL, y 3) los tres indicadores de obesidad son buenos predictores de concurrencia de riesgos cardiometabólicos. Considerando que la obesidad se asocia con riesgos cardiometabólicos y que es de crucial importancia poder detectarla tempranamente, el r-CT sería un indicador adecuado para determinar obesidad en estudios epidemiológicos en adolescentes, donde el uso de balanza podría ser un inconveniente.

Conflicto de intereses

No existe conflicto de interés alguno

Contribución de los autores

Las distintas fases de la investigación fueron realizadas por todos los autores, quienes contribuyeron de igual forma en todo el proceso. El autor correspondiente representa al colectivo de autores

Financiamiento

La investigación fue realizada con apoyo financiero de los Proyectos Semilla de la Universidad Central del Ecuador y del Proyecto ARES de la Cooperación Belga.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a los estudiantes y al personal docente de la Unidad Educativa Santiago de Guayaquil.

Disponibilidad de datos

Los datos que sustentan este manuscrito están disponibles bajo pedido al autor de correspondencia.

Referencias

1. O'Neill S, O'Driscoll L. Metabolic syndrome: a closer look at the growing epidemic and its associated pathologies. *Obes Rev*. 2015;16(1):1-12.
2. Hruby A, Manson JAE, Qi L, Malik VS, Rimm EB, Sun Q, et al. Determinants and consequences of obesity. *Am J Public Health* 2016;106(9):1656-62.
3. Misra A, Khurana L. Obesity and the metabolic syndrome in developing countries. *J Clin Endocrinol Metab*. 2008;93 (11 Suppl 1):S9-30.
4. International Diabetes Federation I. The IDF consensus definition of Metabolic Syndrome in children and adolescent. In International Diabetes Federation [internet]. 2007. p. 23. Disponible en: <http://www.idf.org>
5. Srikanthan K, Feyh A, Visweshwar H, Shapiro JL, Sodhi K. Systematic review of metabolic syndrome biomarkers: A panel for early detection, management, and risk stratification in the West Virginian population. *Int J Med Sci*. 2016;13(1):25-38.
6. Janssen I, Katzmarzyk PT, Ross R. Waist circumference and not body mass index explains obesity-related health risk. *Am J Clin Nutr*. 2004;79(3):379-384.
7. Bassali R, Waller JL, Gower B, Allison J, Davis CL. Utility of waist circumference percentile for risk evaluation in obese children. *Int J Pediatr Obes*. 2011;5(1):97-101.
8. Nihiser AJ, Lee SM, Wechsler H, McKenna M, Odom E, Reinold C, et al. BMI measurement in schools: *Pediatrics* . 2009;124(Supplement 1):S89-97.
9. Etchison WC, Bloodgood EA, Minton CP, Thompson NJ, Collins MA, Hunter SC, et al. Body mass index and percentage of body fat as indicators for obesity in an adolescent athletic population. *Sports Health*. 2011;3(3):249-52.
10. Ashwell M. The increasing importance of waist-to-height ratio to assess cardiometabolic risk: A plea for consistent terminology. *Open Obes J*. 2011;3:70-77.
11. Cai L, Liu A, Zhang Y, Wang P. Waist-to-height ratio and cardiovascular risk factors among Chinese adults in Beijing. *PLoS One*. 2013;8(7):3-8.
12. Chung IH, Park S, Park MJ, Yoo EG. Waist-to-height ratio as an index for cardiometabolic risk in adolescents: Results from the 1998-2008 KNHANES. *Yonsei Med J*. 2016;57(3):658-63.
13. Moreno M. Circunferencia de cintura: una medición importante y útil del riesgo cardiometabólico. *Rev Chil Cardiol*. 2010;29:85-87.
14. Moreno GM. Definition and classification of obesity. *Rev Med Clin Condes*. 2012;23(2):124-28.
15. Misra A, Vikram NK, Gupta R, Pandey RM, Wasir JS, Gupta VP. Waist circumference cutoff points and action levels for Asian Indians for identification of abdominal obesity. *Int J Obes*. 2006;30(1):106-11.
16. Aeberli I, Gut-Knabenhans I, Kusche-Ammann RS, Molinari L, Zimmermann MB. Waist circumference and waist-to-height ratio percentiles in a nationally representative sample of 6-13 year old children in Switzerland. *Swiss Med Wkly*. 2011;141: w1322.
17. Stevens J, McClain JE, Truesdale KP. Selection of measures in epidemiologic studies of the consequences of obesity. *Int J Obes*. 2008;32 Suppl 3: S60-6.
18. Cortez M. Diagnóstico de obesidad: métodos, limitaciones e implicaciones. (The diagnosis of obesity: methods, limitations and implications). *Avances Cardiol*. 2010;30(3):248-55.
19. Nuttall FQ. Body mass index: Obesity, BMI, and health: a critical review. *Nutr Today*. 2015;50(3):117-28.
20. Luengo Pérez LM, Urbano Gálvez JM, Pérez Miranda M. Validación de índices antropométricos alternativos como marcadores del riesgo cardiovascular. *Endocrinol Nutr*. 2009;56(9):439-46.
21. Pasco JA, Holloway KL, Dobbins AG, Kotowicz MA, Williams LJ, Brennan SL. Body mass index and measures of body fat for defining obesity and underweight: a cross-sectional, population-based study. *BMC Obes*. 2014;1(1):9.
22. Sardinha LB, Santos DA, Silva AM, Grøntved A, Andersen LB, Ekelund U. A comparison between BMI, waist circumference, and waist-to-height ratio for identifying cardio-metabolic risk in children and adolescents. *PLoS One*. 2016;11(2): e0149351.

23. Agredo-Zúñiga RA, Aguilar-De Plata C, Suárez-Ortegón MF. Waist:height ratio, waist circumference, and metabolic syndrome abnormalities in Colombian schooled adolescents: A multivariate analysis considering located adiposity. *Br J Nutr.* 2015;114(5):700-5.
24. Bauer K, Marsha M, Laure E ghorqli. Cardio-metabolic risk screening among adolescents: Understanding the utility of body mass index, waist circumference, and and waist to height ratio. *Pediatr Obes.* 2015;10(5):329-33.
25. Hernández Rodríguez J, Duchí Jimbo P. Índice cintura/talla y su utilidad para detectar riesgo cardiovascular y metabólico (Waist-to-height ratio and its usefulness in detection of the cardiovascular and metabolic risk). *Rev Cuba Endocrinol.* 2015;26(1):66-76.
26. Campagnolo PDB, Hoffman DJ, Vitolo MR. Waist-to-height ratio as a screening tool for children with risk factors for cardiovascular disease. *Ann Hum Biol.* 2011;38(3):265-70.
27. Ashwell M, Gibson S. Waist-to-height ratio as an indicator of early health risk: Simpler and more predictive than using a matrix based on BMI and waist circumference. *BMJ Open.* 2016;6 e010159.
28. Arnaiz P, Acevedo M, Díaz C, Bancalari R, Barja S, Aglony M, et al. Razón cintura estatura como predictor de riesgo cardiometabólico en niños. *Rev Chil Cardiol.* 2010;29(29):281-8.
29. Khoury M, Manlhiot C, Gibson D, Chahal N, Stearne K, Dobbin S, et al. Universal screening for cardiovascular disease risk factors in adolescents to identify high-risk families: a population-based cross-sectional study. *BMC Pediatr.* 2016;16(1):11.
30. Marrodán MD, Martínez-Álvarez JR, González-Montero De Espinosa M, López-Ejeda N, Cabañas MD, Prado C. Precisión diagnóstica del índice cintura-talla para la identificación del sobrepeso y de la obesidad infantil. *Med Clin (Barc).* 2013;140(7):296-30.
31. Setton D, Sosa P. Guías de práctica clínica para la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de la obesidad. *Arch Argent Pediatr.* 2011;109(3):256-66.
32. Graves L, Garnett SP, Cowell CT, Baur LA, Ness A, Sattar N, et al. Waist-to-height ratio and cardiometabolic risk factors in adolescence: Findings from a prospective birth cohort. *Pediatr Obes.* 2014;9(5):327-38.
33. Santomauro F, Lorini C, Pieralli F, Niccolai G, Picciolli P, Vezzosi S, et al. Waist-to-height ratio and its associations with body mass index in a sample of Tuscan children in primary school. *Ital J Pediatr.* 2017;43(53):1-6.
34. Chua EY, Zalilah MS, Haemamalar K, Norhasmah S, Geeta A. Obesity indices predict hypertension among indigenous adults in Krau Wildlife Reserve, Peninsular Malaysia. *J Heal Popul Nutr.* 2017; 36(1):24.
35. Liu LL, Kahn HS, Pettitt DJ, Fino NF, Morgan T, Maahs DM, et al. Comparing two waist-to-height ratio measurements with cardiometabolic risk factors among youth with diabetes. *Int J Child Heal Nutr.* 2016;5(3):87-94.
36. Choi D-H, Hur Y-I, Kang J-H, Kim K, Cho Y, Hong S-M, et al. Usefulness of the waist circumference-to-height ratio in screening for obesity and metabolic syndrome among Korean children and adolescents: Korea National Health and Nutrition Examination Survey, 2010–2014. *Nutrients* 2017;9(3):256.
37. Bohr AD, Laurson K, McQueen MB. A novel cutoff for the waist-to-height ratio predicting metabolic syndrome in young American adults. *BMC Public Health.* 2016;16:295.
38. González A, Ureña J, Saramago MDPDL, Chassin OA, Argueta SE, Hernández y Hernández H. Comparación de índices antropométricos como predictores de riesgo cardiovascular y metabólico en población aparentemente sana. *Rev Mex Cardiol.* 2011;22(2):59-67.
39. Valle-Leal J, Abundis-Castro L, Hernández-Escareño J, Flores-Rubio S. Índice cintura-estatura como indicador de riesgo metabólico en niños. *Rev Chil Pediatr.* 2016;87(3):180-5.
40. Muñoz-Cano JM, Pérez-Sánchez S, Córdova-Hernández JA. La índice cintura/talla como indicador de riesgo para enfermedades crónicas en una muestra de escolares. *Salud en Tabasco.* 2010;16(2):921-7.
41. Estrella R, Salazar F, Paredes Y, Racines M, Estrella B. Síndrome metabólico y factores de riesgo cardiometabólico en adolescentes de la ciudad de Quito: descubriendo una epidemia oculta. *Rev Fac Cien Med (Quito).* 2016;41(1):9-20.
42. de Onis M, Onyango AW. WHO child growth standards. *Lancet.* 2006;371(9608):204.

43. Kaufer-Horwitz M, Toussaint G. Indicadores antropométricos para evaluar sobrepeso y obesidad en pediatría. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2008;65:502-18.
44. Zimmet P, Alberti G, Kaufman F, Tajima N, Silink M, Arslanian S, et al. The metabolic syndrome in children and adolescents. *Lancet.* 2007;369(9579):2059-61.
45. Centers of Disease Control and Prevention. Body mass index: Considerations for practitioners. CDC Centers for Disease Control and Prevention. [Internet]. 2011. Disponible en: <https://www.cdc.gov/obesity/downloads/bmiforpractitioners.pdf>
46. Centers for Disease Control and Prevention. About Adult BMI | Healthy Weight | CDC. Centers for Disease Control and Prevention. [Internet]. 2014. Disponible en https://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/adult_bmi/index.html
47. Li WC, Chen IC, Chang YC, Loke SS, Wang SH, Hsiao KY. Waist-to-height ratio, waist circumference, and body mass index as indices of cardiometabolic risk among 36,642 Taiwanese adults. *Eur J Nutr.* 2013;52(1):57-65.
48. National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in Children and Adolescents NHLBI. The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents. [Internet]. 2005. Disponible en: https://www.nhlbi.nih.gov/files/docs/resources/heart/hbp_ped.pdf
49. Henry R. Glicemia enzimática AA para la determinación de glucosa en suero, plasma, orina o líquido cefalorraquídeo. [Internet]. Disponible en: https://www.wiener-lab.com.ar/glicemia_enzimatica_aa_liquida_sp
50. Linear Chemicals. Clonacetst Cholesterol MR. [Internet]. Disponible en: <https://www.linear.es/wp-content/uploads/2018/03/CT10140.pdf>
51. Cerda J, Cifuentes L. Uso de curvas ROC en investigación clínica. Aspectos teórico-prácticos
52. (Using ROC curves in clinical investigation. Theoretical and practical issues). *Rev Chil Infect.* 2012;29(2):138-141.
53. Cordero R, Rodríguez A, Hernández CI, Méndez E. Biomarcadores cardiometabólicos e indicadores antropométricos de adiposidad en adolescentes escolares. *Acad Biomédica Digit.* 2015;62:1-10.
54. Yan W, Bingxian H, Hua Y, Jianghong D, Jun C, Dongliang G, et al. Waist-to-height ratio is an accurate and easier index for evaluating obesity in children and adolescents. *Obesity.* 2007;15(3):748-52.
55. Hanieh-Sadat E, Asghari G, Mirmiran P, Hosseinpour-Niazi S, Sherafat-Kazem-Zadeh R, Azizi F. Body mass index as a measure of percentage body fat prediction and excess adiposity diagnosis among Iranian adolescents. *Arch Iran Med.* 2014;17(6):400-5.
56. Saldívar-Cerón H, Vázquez-Martínez A, Barrón-Torres M. Precisión diagnóstica de indicadores antropométricos: perímetro de cintura, índice cintura-talla e índice cintura-cadera para la identificación de sobrepeso y obesidad infantil. *Acta Pediatr Mex.* 2016;37(2):79-87.
57. Martín-Calvo N, Moreno-Galarraga L, Martínez-González MA. Association between body mass index, waist-to-height ratio and adiposity in children: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients.* 2016;8(8):512.
58. Hernández-Arteaga I, Rosero-Galindo CY, Montenegro-Coral FA. Obesidad: una pandemia que afecta a la población infantil del siglo XXI. *Curare* 2015;2(1):29-42.
59. Castro MM, Garcés-Rimón M. La obesidad juvenil y sus consecuencias. *Rev Estud Juv.* 2016;116(6):85-94.
60. Santiago JC, Moreira TM, Florêncio RS. Association between overweight and characteristics of young adult students: support for nursing care. *Rev Lat Am. Enfermagem.* 2015;23(2):250-8.
61. Liria R. Consecuencias de la obesidad en el niño y el adolescente: un problema que requiere atención. *Rev Peru Med Exp Salud Pública.* 2012;29(3):357-61.
62. Lizardo A, Díaz A. Sobrepeso y obesidad infantil. *Rev Med Hondur.* 2011;79(4):208-13.
63. Arnaiz P, Grob F, Cavada G, Domínguez A, Bancalari R, Cerda V, et al. La razón cintura estatura en escolares no varía con el género, la edad ni la maduración puberal. *Rev Med Chil.* 2014;142(5):574-8.
64. Goulding A, Taylor RW, Grant AM, Parnell WR, Wilson NC, Williams SM. Waist-to-height ratios in relation to BMI z-scores in three ethnic groups from a representative sample of New Zealand children aged 5-14 years. *Int J Obes.* 2010;34(7):1188-90.

65. Moser DC, De Carlos Back Giuliano I, Titski ACK, Gaya AR, Coelho-e-Silva MJ, Leite N. Anthropometric measures and blood pressure in school children. *J Pediatr (Rio J)*. 2013;89(3): 243-9.
66. Quadros T, Gordia A, Mota J, Silva L. Utility of body mass index, waist circumference and waist-to-height ratio as screening tools for hyperglycemia in young people. *Arch Endocrinol Metab*. 2016;60(6):526-31.
67. Gotthelf S, Méndez M. Hipertensión arterial y su asociación con variables antropométricas en adolescentes escolarizados de la ciudad de Salta (Argentina). *Rev Fed Arg Cardiol*. 2012;41(2): 96-102.
68. Gamboa-Delgado E, Dominguez-Urrego C, Quinteros-Lesmes D, A. Waist to height ratio and its relation with cardiometabolic risk factors in children from Bucaramanga Colombia. *Nutr Hosp*. 2017;34:1338-44.
69. Beck CC, Lopes ADS, Pitanga FJG. Anthropometric indicators as predictors of high blood pressure in adolescents. *Arq Bras Cardiol*. 2011;96(2):126-33.
70. Morandi A, Miraglia Del Giudice E, Martino F, Martino E, Bozzola M, Maffei C. Anthropometric indices are not satisfactory predictors of metabolic comorbidities in obese children and adolescents. *J Pediatr*. 2014;165(6):1178-1183.
71. Savva SC, Tornaritis M, Savva ME, Kourides Y, Panagi a, Silikiotou N, et al. Waist circumference and waist-to-height ratio are better predictors of cardiovascular disease risk factors in children than body mass index. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2000;24(11):1453-8.
72. Dornelles A, Bueno C, Rotta L. Waist-to-height ratio as an indicator of dyslipidemia in Brazilian school-aged children and adolescents. *J Pediatr & Child Health Care* -2016;1(1):1007.
73. Atabek ME, Pirgon O, Kurtoglu S. Prevalence of metabolic syndrome in obese Turkish children and adolescents. *Diabetes Res Clin Pract*. 2006;72(3):315-21.
74. Zhao M, Bovet P, Ma C, Xi B. Performance of different adiposity measures for predicting cardiovascular risk in adolescents. *Sci Rep*. 2017; 7: 43686.
75. Blüher S, Molz E, Wiegand S, Otto K-P, Sergeyev E, Tuschy S, et al. Body mass index, waist circumference, and waist-to-height ratio as predictors of cardiometabolic risk in childhood obesity depending on pubertal development. *J Clin Endocrinol Metab*. 2013;98(8):3384-93.

Pasta dental con nanopartículas de hidroxiapatita efectiva para el sellado de túbulos dentinarios: un estudio *in vitro*

Carmen Bahamonde Soria¹, Raúl Bahamonde Soria²

¹Universidad Central del Ecuador, Facultad de Odontología

²Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Laboratorio de Energías Renovables.

Correspondencia: Raúl Bahamonde Soria; rabahamonde@uce.edu.ec

Recibido: 06 marzo 2019; **Aceptado:** 14 julio 2019

Resumen

Introducción: La sensibilidad de la dentina afecta al 57% de la población. En Ecuador no existen pastas dentales que empleen nanopartículas de hidroxiapatita (nHAP) como agente que favorece el tratamiento de esta patología.

Objetivo: Evaluar mediante Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) el efecto del sellado de túbulos dentinarios con pasta dental con nHAP.

Métodos: Estudio experimental, *in vitro*, en 24 discos de dentina de un milímetro de espesor que fueron sometidos a grabado ácido con ácido ortofosfórico al 37% para simular dentina sensible. Se conformaron 4 grupos para recibir cepillado por siete días con nHAP a diferentes concentraciones añadidas a una pasta dental comercial: 0%, 1%, 2% and 3%. La síntesis de nHAP se realizó mediante precipitación de hidróxido de calcio y ácido fosfórico. Con ayuda de AFM se determinó el diámetro de los túbulos dentinarios antes y después del cepillado. Las diferencias fueron analizadas mediante ANOVA entre grupos y la diferencia inicial y final de los diámetros de dentina en cada tratamiento se examinaron con prueba t para grupos pareados y prueba LSD de Fisher con intervalo de confianza (IC) 95%.

Resultados: La adición de ácido ortofosfórico tuvo un efecto positivo en el aumento del diámetro del túbulo obteniéndose un promedio de 1.74µm (diámetro normal 0.9µm). Después del cepillado se demostró que las pastas dentales con 1, 2, 3% de nHAP cambiaron significativamente el diámetro del túbulo, mientras que, la pasta dental con 0% de nHAP no lo hizo.

Conclusiones: La adición 3% de nHAP a pasta dental es efectiva para disminuir el diámetro de túbulos dentinarios de dentinas sensibles.

Palabras clave: Nanopartículas, hidroxiapatita, dentina, túbulo dentinario, pasta dental.

Toothpaste with effective hydroxyapatite nanoparticles for sealing dentinal tubules: an *in-vitro* study

Abstract

Background: The sensitivity of dentin affects 57% of the population. In Ecuador there are no toothpastes that use hydroxyapatite nanoparticles (nHAP) as an agent that favors the treatment of this pathology.

Objective: To evaluate the effect of sealing dentinal tubules with toothpaste with nHAP using Atomic Force Microscopy (AFM).

Methods: Experimental *in vitro* study, on 24 1mm thick dentin discs that were exposed to acid etching with 37% orthophosphoric acid to simulate sensitive dentin. Four groups were formed to receive brushing for seven days with nHAP at different concentrations added to commercial toothpaste (0%, 1%, 2% and 3%). The synthesis of nHAP was performed by precipitation of calcium hydroxide and phosphoric acid. The diameter of the dentinal tubules was determined before and after brushing Using AFM, in each group. Differences were analysed by ANOVA between groups and the initial and final difference in dentine diameters in each treatment were examined with a T test for paired groups, and a Fisher LSD test with 95% Confidence Interval (CI).

Results: Addition of orthophosphoric acid had a positive effect on increasing the diameter of the tubule, obtaining an average of 1.74µm (normal diameter 0.9µm). After brushing it was shown that toothpaste with 0% nHAP did not change the diameter of the tubule, while significant differences were observed with toothpastes with 1, 2, 3% of nHAP.

Conclusions: The addition of 3% nHAP to toothpaste is effective in reducing the diameter of dentinal tubules of sensitive dentines.

Keywords: Nanoparticles, hydroxyapatite, dentin, dentin tubule, toothpaste.

Citación: Bahamonde Soria C, Bahamonde Soria R. Estudio *in vitro* del sellado de túbulos dentinarios con una pasta dental con nanopartículas de hidroxiapatita. Rev Fac Cien Med (Quito) 2019; 44 (1): 26-37



Introducción

La sensibilidad de la dentina presenta una prevalencia que varía entre el 8% y 57% en la población general y afecta a una de cada siete personas entre los 18 y 40 años de edad [1]. De acuerdo con la International Association for the Study of Pain (IASP) se define a la sensibilidad de la dentina como el dolor que se presenta por una dentina expuesta provocado por la reacción a estímulos químicos, táctiles, térmicos u osmóticos, el mismo que no puede ser relacionado con alguna patología [2].

Como solución a esta problemática se plantea el uso de la nanotecnología, misma que es utilizada en el desarrollo de nuevos e innovadores materiales dentales [3] que podrían ser aplicados a tratamientos odontológicos en los que se incluye, realineamiento ortodóntico, implantes dentales, regeneración de matriz ósea, renaturalización de dientes y cura permanente a la sensibilidad de la dentina [4].

La aplicación de nanotecnología que utiliza materiales a nivel nanométrico, (en donde un nanómetro equivale a una billonésima parte de una micra) ($1\text{nm} = 1 \times 10^{-9}$), en el caso particular de la sensibilidad de la dentina, tienen la capacidad de ocluir los túbulos dentinarios ofreciendo a los pacientes una cura rápida y permanente, mediante el uso de materiales biológicos nativos [5,6].

Las piezas dentales están formadas por cuatro tipos de tejidos, de los cuales tres son duros (esmalte, dentina y cemento), que se encuentran constituidos en su mayoría por hidroxiapatita (HAP). Este mineral es considerado como un biocristal conformado por átomos de calcio, fósforo e hidrógeno, y es el principal componente del tejido dentario, constituyendo del 95 al 97% del esmalte, 65 - 70% de la dentina y el 50 - 60% del cemento, proporcionándoles la dureza característica de las piezas dentales, por lo tanto, este biocristal es considerado como un reactivo prometedor en la nanotecnología [7]. Aplicar la nanotecnología en la generación de una pasta dental con nanopartículas de hi-

droxiapatita (nHAP) incrementaría la posibilidad de depósito de este biocristal sobre la superficie del esmalte y dentina, aumentando así la probabilidad de sellado de túbulos dentinarios e impidiendo la transmisión de estímulos externos a las terminaciones nerviosas de la pulpa, lo cual desemboca en una disminución del dolor [8,9].

En la actualidad existen varias investigaciones en China y Europa que involucran el uso de pastas dentales desensibilizantes empleando el uso de nanopartículas de hidroxiapatita lo que representa aproximadamente el 10% del mercado mundial [10-14].

El propósito de este proyecto fue evaluar mediante el uso de Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) el efecto del sellado in vitro de túbulos dentinarios por parte de una pasta dental comercial, escogida totalmente al azar, para doparla con nanopartículas de hidroxiapatita con el fin de mitigar la sensibilidad de la dentina en pacientes que padecen de esta patología. Esta investigación presenta un tratamiento de bajo costo, de fácil utilización domiciliar y que, además, tienen como principio el bloqueo de la actividad nerviosa en la pulpa dentaria o impedir el desplazamiento de fluidos por la oclusión de los túbulos dentinarios, y de esta manera contribuir con una alternativa sencilla y de fácil acceso de la población.

Métodos

Diseño

Se realizó un diseño experimental, ex vivo, en especímenes de dentina de terceros molares donados voluntariamente por los respectivos sujetos y el odontólogo. Los especímenes de dentina fueron divididos en cuatro grupos para someterles a cepillado por siete días con pasta dental más nanopartículas de HAP en una concentración de 0, 1, 2, 3% (porcentaje peso de soluto/peso de una solución, p/p), uno para cada grupo, y observar los túbulos de dentina utilizando AFM para determinar el cambio en los diámetros de túbulos dentinarios y la profundidad de estos antes y después del tratamiento.

Obtención de los especímenes dentales

Para el estudio se realizó un muestreo a conveniencia, donde se utilizó 24 terceros molares de pacientes entre 25 – 35 años de edad, de género indistinto, y que fueron extraídos por razones terapéuticas [10]. Los terceros molares fueron donados y recolectados en un centro odontológico ubicado en el Quito - Ecuador, sector el Condado, mediante previa firma del consentimiento informado por parte de los pacientes y del Odontólogo donador. Se procedió a la codificación de cada uno de los especímenes, respetando así la confidencialidad de cada uno de los donantes. Una vez numerados se procedió a retirar todo tipo de tejido que se encontraba adherido a la pieza dentaria con curetas 13-14 Gracey (HuFriedy - USA), y se lavó con agua corriente, para finalmente conservarlos en alcohol etílico al 70%, para mantener las características de permeabilidad de la dentina [15].

Preparación de los discos de dentina

Los ejemplares fueron cortados con disco diamantado de carburo a baja velocidad (NSK) separando previamente la zona oclusal y cortando discos de dentina de un milímetro de espesor. Una vez realizados los cortes, estos fueron colocados en una base de acrílico para dar mayor estabilidad, y finalmente pulidos con discos Sof-Lex™ 3M para formar una superficie homogénea y lisa la cual fue confirmada mediante el AFM. Este procedimiento fue realizado en instalaciones de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE).

Posteriormente, los discos fueron sometidos a un grabado con ácido ortofosfórico al 37% durante 30 segundos, una vez culminado esto se lavó cada disco con agua destilada por 30 segundos para simular una dentina sensible, y se observó al AFM para poder determinar el diámetro de los túbulos dentinarios. Los especímenes se dividieron en cuatro grupos de estudio de seis discos de dentina cada uno, y fueron rotulados como un grupo de control (0% nHAP) y tres

con la pasta dental a concentraciones de (1, 2, y 3% nHAP).

Síntesis y Obtención de nHAP

El procedimiento se llevó a cabo mediante las especificaciones planteadas por Jarcho y Rodríguez [16,17], que consiste en un proceso de precipitación con agitación constante, a temperatura ambiente, filtración, secado y síntesis. La síntesis de nHAP se llevó a cabo mediante la adición con goteo invariable de hidróxido de calcio 0.5M con pureza del 95% sobre una solución de ácido fosfórico 0.3M con pureza del 85% (Siga-Aldrich), a temperatura ambiente bajo agitación constante. Se mantuvo un pH entre 11 y 12 durante todo el proceso, con el uso de hidróxido de amonio concentrado (Siga-Aldrich). Posteriormente, se mantuvo la agitación por 16 horas y el precipitado se conservó en reposo por cinco días. El precipitado se sometió a lavados con etanol y filtrado al vacío, para finalmente llevarlo a una estufa a 120°C por dos horas para su secado.

Determinación de tamaño de nHAP

La determinación del tamaño promedio de las nanopartículas fue realizada por un análisis de dispersión de luz dinámica con el uso del equipo SZ-100 dynamic light scattering (DLS) system.

Preparación de pasta dental con nHAP y cepillado de discos

Se tomó una pasta dental comercial totalmente al azar con un contenido de 1450 ppm de flúor. Se prepararon tres pastas dentales con la adición de las nanopartículas de HAP en una concentración de 1, 2, 3% (p/p) y se reservó una sin nHAP. Con la ayuda de un agitador mecánico de paletas (500 rpm) se agitó cada pasta por un tiempo de dos minutos para lograr la homogeneidad de la pasta dental. A los discos de dentina se les realizó un cepillado con la ayuda de un cepillo eléctrico comercial (Crest Spinbrush Multi-Angle) con 0.2 g de pasta dental extendido en toda

la superficie durante dos minutos, y se lavó con agua corriente por 30 segundos para retirar toda la pasta de la superficie. A continuación, se los mantuvo en 10 mL de saliva artificial que fue sustituida a diario, este procedimiento se llevó a cabo dos veces al día por siete días. Una vez transcurrido ese tiempo, se procedió a la revisión de los túbulos en el AFM para su evaluación.

Determinación de diámetro de túbulos dentinarios por AFM

Para la observación al microscopio se procedió a dividir a cada disco de dentina en tres sectores (sitios de escaneo) en los cuales se analizó la medida del diámetro de los túbulos dentinarios por duplicado. Para la determinación del diámetro de túbulos dentinarios se utilizó un equipo AFM Park Systems NX10, con un área de escaneo de 10 x 10µm. en modo contacto-intermitente (Tapping). La medición se hizo inmediatamente antes de iniciar el cepillado y a los siete días del tratamiento cepillado

Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se midió el diámetro de los túbulos dentinarios evidentes, en cada una de las imágenes escaneadas por el AFM, con área de escaneo de 10 x 10µm. Con la ayuda del programa STATGRAPHICS | Data Analysis Solutions, se realizaron pruebas estadísticas de significancia para evaluar en los 24 discos el diámetro de túbulo dentinario en función de la adición de ácido, de los diferentes discos de dentina y del sitio de escaneo por disco. A partir de estos análisis se determinó la influencia del tratamiento (cepillado de discos con pastas dentales a diferentes porcentajes de adición de nHAP (0, 1, 2 y 3%), en la oclusión de túbulos dentinarios, para este fin se utilizó la ecuación **Ecuación 1**.

Dónde: DTA es el diámetro de túbulos abiertos mediante el uso de ácido ortofosfórico simulando una dentina sensible y DTD es diámetro de túbulo después de siete días de cepillado con pasta dental dopada con nanopartículas de hidroxiapatita con diferentes concentraciones.

$$\% \text{ oclusión de tubulos} = \left(\frac{DTA-DTD}{DTA} \right) \times 100 \quad (1)$$

Las diferencias inicial - final de cada tratamiento fue realizado mediante prueba t para grupos pareados. La diferencia en el diámetro final de los túbulos de los diferentes grupos se evaluó mediante ANOVA y después de esto se realizó una prueba de significancia LSD de Fisher (IC 95%) para determinar la diferencia entre los grupos (0 vs. 1, 2 y 3; 1 vs. 2 y 3; 2 vs. 3). Un valor de $P < 0.05$ se consideró para determinar diferencias con significación estadística.

Consideraciones éticas

La investigación fue aprobada por el Subcomité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Universidad Central del Ecuador SEISH – UCE. Además, se obtuvo la aprobación de participación de los pa-

cientes donadores de las piezas dentarias, mediante la firma del consentimiento informado para la extracción y donación de las piezas dentarias por indicación terapéutica. Los pacientes fueron informados plenamente sobre el propósito y procedimiento del estudio, quienes participaron de forma voluntaria, y se respetó la confidencialidad de cada uno de ellos.

Resultados

Síntesis y Caracterización de nHAP

Una vez sintetizadas las nanopartículas de Hidroxiapatita, se determinó el tamaño de las mismas con la ayuda de DLS, obteniéndose un tamaño promedio de nanopartículas de 407nm como se evidencia en la **Figura 1**.

Análisis de diámetro de túbulos dentinarios

En el diagrama de Pareto (**Figura 2**) se reflejan los factores que afectan a la medida de diámetro de los túbulos dentinarios en 24 discos de dentina. Como se evidencia, la adición de ácido tiene un efecto significativo positivo en el diámetro de túbulo dentinario, es por esta razón, que para estandarizar todas las muestras se simuló una dentina sen-

sible con ataque de ácido ortofosfórico 37% (p/p). Para esto, se partió de un diámetro de túbulo dentinario de $1.21 \pm 0.02 \mu\text{m}$ para posteriormente obtener un diámetro de túbulo dentinario promedio de $1.74 \pm 0.03 \mu\text{m}$ después de la adición de ácido (**Figura 3**). Se observa también que tanto el sitio de escaneo como el número de disco no tienen un efecto significativo en la medida de diámetro de túbulo dentinario.

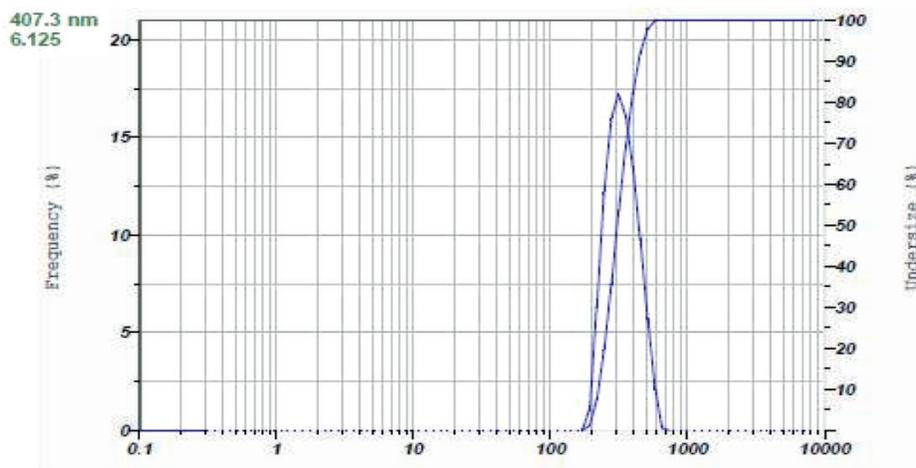


Figura 1. Diagrama del tamaño de nanopartículas sintetizadas, realizado en el equipo DLS (equipo SZ - 100 dynamic light scattering (DLS) system)

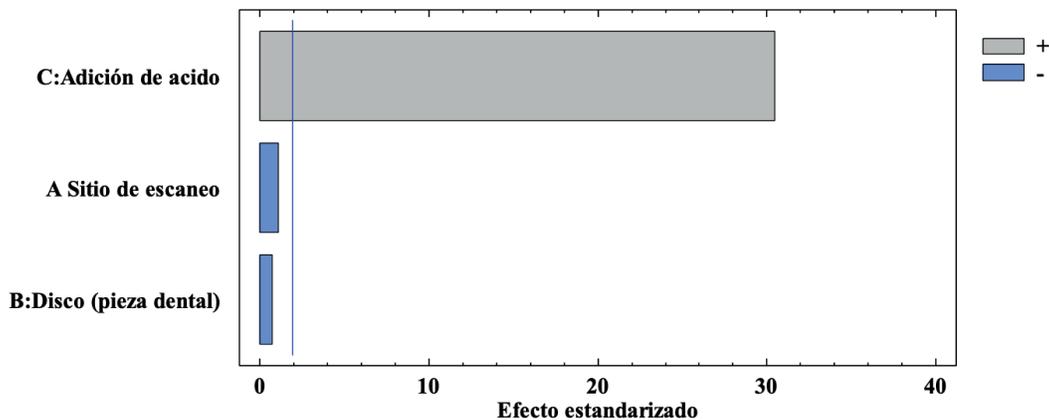


Figura 2. Diagrama de Pareto: Factores sobre limite azul (línea azul) afectan a diámetro de túbulos dentinarios.

La **Figura 3** muestra que existe un efecto positivo con la adición de ácido, es decir, que se ha simulado una dentina hipersensible al au-

mentar el diámetro del túbulo dentinario por la acción de ácido ortofosfórico 37% (p/p) un $31 \pm 1.2\%$.

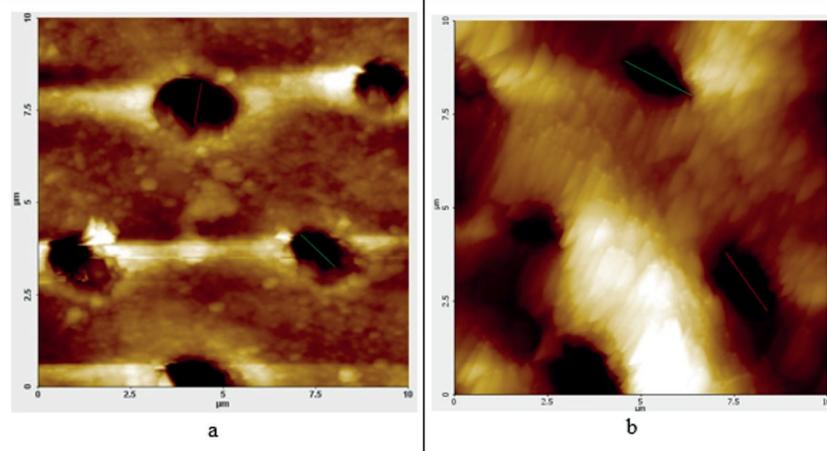


Figura 3. Disco de dentina con o sin adición de ácido, observados en AFM. 3a. Imagen microscópica de disco de dentina donde se observa los túbulos dentinarios sin adición de ácido. **3b.** Imagen microscópica de disco de dentina, donde se observa los túbulos dentinarios con adición de ácido ortofosfórico 37% (simulación de hipersensibilidad dentinaria).

Influencia de porcentaje de hidroxiapatita en sellado de túbulos dentinarios

En la **Tabla 1** se aprecia el resultado de la prueba ANOVA ($P < 0.005$) para los tratamientos finales, y en la **Tabla 2** se aprecian los valores promedio del diámetro inicial y final de túbu-

los dentinarios después de cada tratamiento. No hubo diferencia significativa en el diámetro de los túbulos dentinarios de los discos tratados con pasta al 0% de nHAP, mientras que, para los tratamientos con las pastas dentales de concentraciones de 1, 2, 3% de nHAP si se observó diferencias significativas.

Tabla 1. Prueba ANOVA para diámetros de túbulos dentinarios antes y después del tratamiento para cada concentración de nHAP

Concentración nHAP %	Diámetro Final (μm)	<i>P</i>
0	1.67	0.77
1	1.35	0.001
2	1.28	0.001
3	1.23	0.001

* $P < 0.005$ significancia a través de ANOVA

Tabla 2. Diámetro de los túbulos dentinarios antes y después de tratamiento.

Concentración nHAP %	Diámetro Inicial (μm)	Diámetro Final (μm)	<i>P</i>
0	1.7 \pm 0.05	1.7 \pm 0.05	0.77
1	1.8 \pm 0.06	1.3 \pm 0.06	0.001
2	1.7 \pm 0.06	1.3 \pm 0.04	0.001
3	1.8 \pm 0.06	1.2 \pm 0.04	0.001

En la **Tabla 3** se muestran los resultados de la prueba LSD de Fisher en donde se aprecia una diferencia estadísticamente significativa entre todos los resultados finales para cada tratamiento (múltiples rangos A, B, C y D), por lo

cual se demuestra que el valor máximo de porcentaje de disminución del diámetro de los túbulos es el producido por la pasta dental al 3% nHAP ya que produjo una oclusión de túbulo mayor con respecto a los demás tratamientos.

Tabla 3. Porcentaje de disminución de diámetros de túbulos dentinarios después del tratamiento.

Porcentaje de nHAP	Casos (n)	Media	95% IC	Pruebas de Múltiple Rangos
0	36	3.6	1.5 - 5.6	A
1	36	21.9	19.1 - 23.9	B
2	36	26.0	24.0 - 28.0	C
3	36	30.3	28.3 - 32.3	D

Adicionalmente en la **Figura 4** se confirma que la pasta con nanopartículas de hidroxiapatita al 3% en promedio fue la mejor al momen-

to de disminuir el diámetro de túbulos dentinarios con un porcentaje de disminución del $30.31 \pm 2.03\%$.

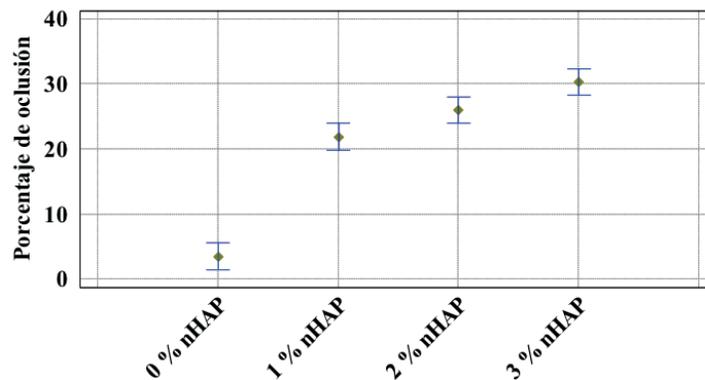


Figura 4. Diagrama de barras de error del porcentaje de oclusión de túbulos dentinarios para cada tratamiento. Se evidencia que la pasta dental con 3% de nHAP tiene mayor efectividad en la oclusión de los túbulos dentinarios.

En la Figura 5 se puede apreciar las imágenes generadas por el AFM de las muestras donde se observa la efectividad de la pasta dental con las diferentes concentraciones de nHAP (0, 1, 2, 3%) después de siete días de cepillado. En la Figura 5a se observa un disco de dentina con sensibilidad dentinaria provocada por ataque con ácido ortofosfórico 37% (p/p) y túbulos con tamaño promedio de $1.74 \mu\text{m}$. En las figuras 5b, 5c, 5d, 5e se observan los túbulos dentinarios tratados con pasta dental 0, 1, 2 y 3% de nHAP y con un diámetro de túbulos

dentinarios promedio de $1.78 \mu\text{m}$, $1.41 \mu\text{m}$, $1.30 \mu\text{m}$, $1.21 \mu\text{m}$, respectivamente.

Análisis de profundidad de túbulos

La **Figura 6a** muestra que la profundidad de los túbulos antes de aplicación de tratamiento es mayor con respecto a la profundidad de los túbulos dentinarios después de siete días de aplicación de la pasta dental dopada con nHAP al 3% (P/P) (**Figura 6b**), esto demuestra que la profundidad de túbulos dentinarios disminuyó un promedio de $0.81 \mu\text{m}$.

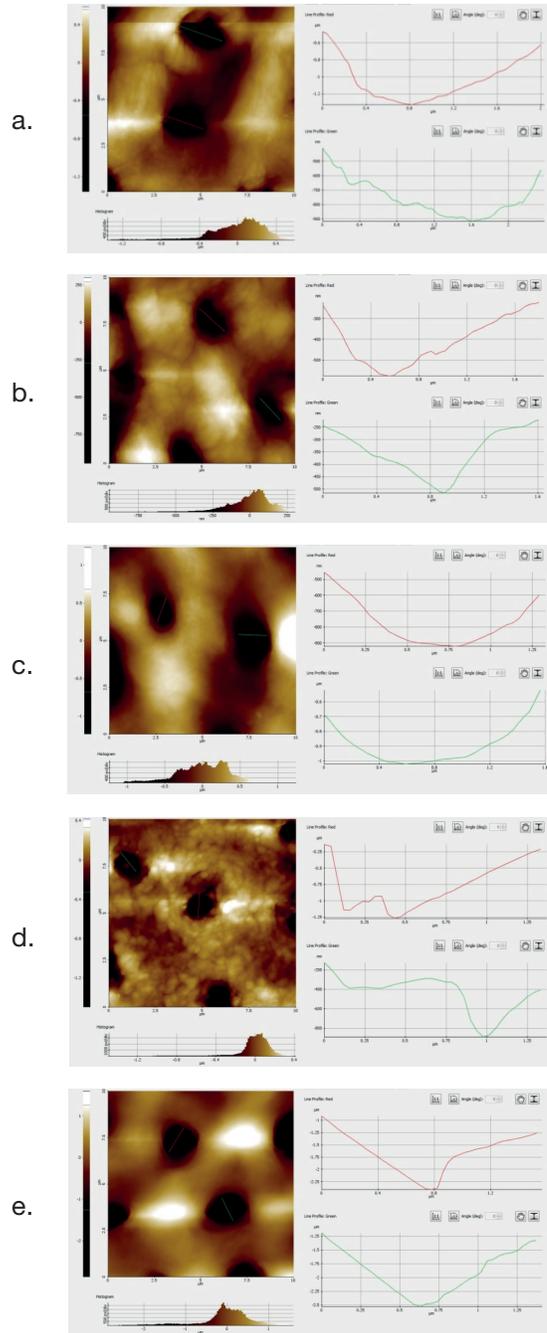


Figura 5. Eficiencia en sellado de túbulos dentinarios Imágenes de AFM modo Tapping $10 \times 10\mu\text{m}$.
a. Túbulos dentinarios con tamaño promedio de $1.74\mu\text{m}$.
b. Disco de dentina tratado con pasta dental 0% de nHAP diámetro de Túbulos dentinarios promedio de $1.78\mu\text{m}$.
c. Disco de dentina tratado con pasta dental 1% de nHAP diámetro de Túbulos dentinarios promedio de $1.41\mu\text{m}$.
d. Disco de dentina tratado con pasta dental 2% de nHAP diámetro de túbulos dentinarios promedio de $1.30\mu\text{m}$.
e. Disco de dentina tratado con pasta dental 3% de nHAP diámetro de túbulos dentinarios promedio de $1.21\mu\text{m}$.

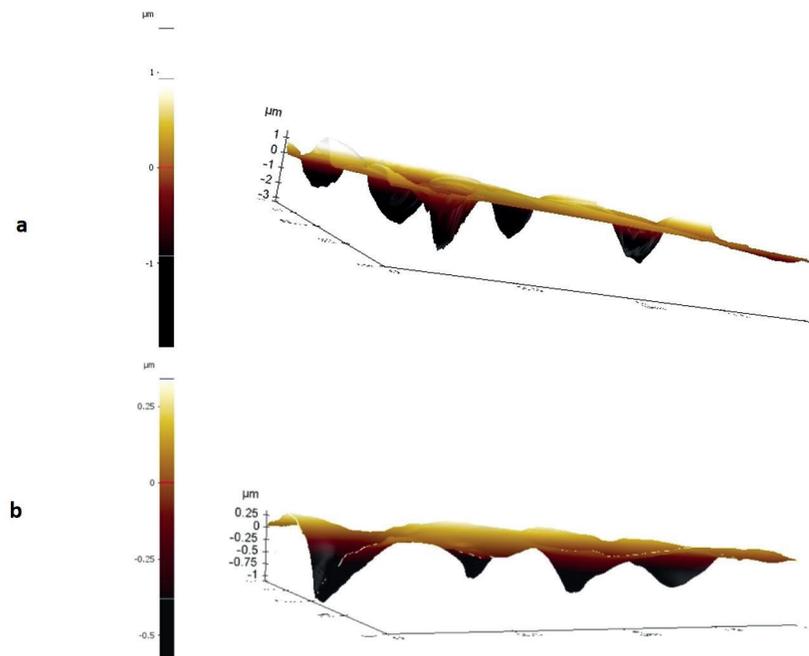


Figura 6. Profundidad de los túbulos dentinario, observación en AFM
a. Profundidad de los túbulos dentinarios antes de la aplicación de la pasta dental con nHAP.
b. Profundidad de los túbulos dentinarios posterior a siete días de aplicación de la pasta dental con 3% nHAP.

Discusión

Síntesis y Caracterización de nHAP

Existen varias fuentes disponibles sobre la síntesis de nanohidroxiapatita, que resulta ser un método bastante completo, no complicado y de bajo costo [18]. Además, demuestra significativas ventajas ya que tiene la capacidad de incorporarse de manera natural a las estructuras dentarias [19]. Actualmente en Ecuador y América Latina son muy pocos los estudios realizados sobre la síntesis y aplicación de la nanohidroxiapatita en el campo de la odontología y específicamente en el uso de este material en el tratamiento de la hipersensibilidad dentinaria. Este estudio evaluó la capacidad de la síntesis de este nanomaterial, siguiendo estudios en los cuales se obtuvo nanopartículas por precipitación química en base a hidróxido de calcio y ácido fosfórico [18,20,21], sometidas a una agitación constante y manteniendo un pH mayor a 10.

Según un estudio realizado por Rivera y colaboradores [19], este protocolo permite que la distribución porosa de las nanopartículas obtenidas sea más estrecha y de esta manera permite una mayor formación de hidroxiapatita en el sitio donde será usada. Adicionalmente, fue sometida a temperatura elevada la cual es una condición que actúa directamente sobre el tamaño de la partícula y la morfología de la misma, de esta manera se obtiene un polvo más cristalino [19, 22, 23].

Se obtuvieron nanopartículas de 407nm que representa un tamaño adecuado del polvo para ser utilizado en la adición a la pasta dental, ya que, debido al tamaño y cristalinidad obtenidos, les confiere una alta osteoconductividad y bioactividad, en comparación con otros materiales usados a micro escalas. Además, la elaboración de nHAP por precipitación, tuvo ventajas entre las cuales se puede mencionar rendimiento, facilidad en su realización y bajos costo, los cuales se consi-

derarían como factores importantes para un posterior uso en la industria [19, 24].

Análisis de diámetro de túbulos dentinarios

La **Figura 2** demuestra que el sitio de escaneo y los diferentes discos de dentina no influye en la toma de medidas del diámetro del túbulo; por lo tanto, el sitio de escaneo no fue un factor que afecte a la toma de datos.

Los molares recolectados fueron almacenados en etanol al 70%, que es uno de los medios que menos altera la permeabilidad de la dentina [15, 25], de forma que permite realizar estudios in vitro sobre el movimiento de los fluidos a través de la dentina. Adicionalmente, existen varios estudios que utilizan discos de dentina para realizar las evaluaciones sobre la sensibilidad de la dentina. Igualmente permite medir los efectos que puedan tener diferentes materiales dentales sobre los discos de dentina para el tratamiento de la sensibilidad. Para el efecto se han utilizado diversos métodos que permiten aplicar dispositivos útiles para la medición de la permeabilidad de la dentina, así como el análisis bajo microscopía para la visualización de la oclusión de los túbulos dentinarios. Este último es importante, ya que los túbulos dentinarios establecen el 86% de la resistencia al flujo de líquido en el interior de los mismos; por lo tanto, si existe una reducción en el diámetro del túbulo se reduce el flujo de líquido, y por ende promueve el alivio a la sensibilidad de la dentina [26-28].

Influencia de porcentaje de hidroxiapatita en sellado de túbulos dentinarios

Estudios in vitro demuestran que la pasta dental con nHAP provoca no solo el sellado de los túbulos dentinarios, sino que también ayuda en la remineralización del esmalte dental y la inhibición de la caries dental [29, 30]; por lo tanto, una pasta que contiene nHAP podrían ser una alternativa eficaz en la remineralización y tratamiento de la hipersensibilidad dentinaria.

A pesar de que la disminución de diámetro de túbulo dentinario fue del 30 % a causa de la

aplicación la pasta dental dopada con el 3% de nHAP en siete días de cepillado, se puede decir que se ha retornado al estado inicial del diámetro de dentina previo al ataque ácido el cual fue en promedio de $1.21 \pm 0.02\mu\text{m}$. Este resultado sugiere que esta pasta dental ha logrado disminuir el tamaño del túbulo dentinario a las condiciones normales y es efectiva al ocluir túbulos dentinarios con la consecuente disminución de la sensibilidad dentinaria.

Por medio de este estudio se logró comprobar que la pasta dental con nHAP tiene una capacidad potencialmente alta como un producto desensibilizante, por lo que, de acuerdo con la teoría hidrodinámica, el fluido a través de la dentina es directamente proporcional al radio que se presente en los túbulos dentinarios. Por tanto, si hay una reducción en este factor tendría un mayor efecto en la disminución del paso del fluido y por ende una disminución del dolor presentado por la hipersensibilidad dentinaria [31,32].

En conclusión, se logró sintetizar a partir de hidróxido de calcio y ácido fosfórico nanopartículas de 407.3 nm de hidroxiapatita (nHAPs), las cuales resultaron óptimas para su aplicación en la pasta dental. La adición de 3% de nHAP a pasta dental presentó mayor efectividad en el sellado de los túbulos dentinarios evidenciado por la disminución del diámetro de los túbulos dentinarios en un 30% luego de siete días de tratamiento, y un aspecto más liso a la superficie dental.

Conflicto de intereses

Los autores no reportan conflicto de interés alguno.

Contribución de los autores

El protocolo de investigación y el diseño de la misma, la recolección de datos, el análisis estadístico, la valoración e interpretación de los datos, el análisis crítico, la discusión, la redacción y la aprobación del manuscrito final fueron realizados por todos los autores quienes con-

tribuyeron de igual forma en todo el proceso. El autor correspondiente representa al colectivo de autores.

Financiamiento

Los autores declaran que los recursos financieros para la elaboración de la presente investigación proceden de autogestión.

Agradecimientos

Nuestro sincero agradecimiento al Dr. Byron Cerda Director Clínico del Centro Odontológico OdontoCondado por facilitar las piezas dentarias útiles para la realización del proyecto de investigación. De la misma manera agradecemos a la Facultad de Ciencias Químicas por el apoyo en el uso de los laboratorios de Energías Renovables, así como al Dr. Pablo Bonilla por permitir el uso del Microscopio de Fuerza Atómica en el laboratorio de Nanoestructuras.

Disponibilidad de datos

Los datos que sustentan este manuscrito están disponibles bajo solicitud al autor de correspondencia.

Referencias

1. Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity. Consensus-based recommendations for the diagnosis and management of dentin hypersensitivity. *J Can Dent Assoc.* 2003;69(4):221-6.
2. Cordero García S, Peña Sisto M. Factores de riesgo de hipersensibilidad dentinaria en pacientes adultos con prótesis dental. *Medisan.* 2012;16(3):349-57.
3. de la Fuente Hernández J, Alvarez Perez MA, Sifuentes Valenzuela MC. Uso de nuevas tecnologías en odontología. *Rev Odontológica Mex.* 2011;15(3):157-62.
4. Patil M, Mehta DS, Guvva S. Future impact of nanotechnology on medicine and dentistry. *J Indian Soc Periodontol.* 2008;12(2):34-40.
5. Freitas RA. Nanodentistry. *J Am Dent Assoc.* 2000;13(11):1559-65.
6. Hieber SE, Müller B. Nanodentistry. En: Logothetidis S, editor. *NanoScience and Technology.* Switzerland: Editorial Springer; 2012. p 97.
7. García Garduño MV, Reyes-Gasga J. La hidroxiapatita, su importancia en los tejidos mineralizados y su aplicación biomédica. *Rev Espec en Ciencias Químico-Biológicas.* 2006; 9(2):90-5.
8. Marco R, Molina J, Gil Loscos F. Estudio *in vitro* para evaluar la capacidad de sellado tubular de un nuevo producto con nanopartículas de hidroxiapatita para el tratamiento de la Sensibilidad Dental [Internet]. Madrid: Universidad de Valencia, Póster SEPA; 2011. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/1852006/>
9. Calvo X. Tecnología y dentaid technology nanopair. *Rev Científica Odontológica.* 2014;2 (1):155-7.
10. Hill RG, Chen X, Gillam DG. *In vitro* ability of a novel nanohydroxyapatite oral rinse to occlude dentine tubules. *Int J Dent.* 2015; 2015:153284.
11. Docimo R, Montesani L, Maturo P, Costacurta M, Bartolino M, Zhang YP, et al. Comparing the efficacy in reducing dentin hypersensitivity of a new toothpaste containing 8.0% arginine, calcium carbonate, and 1450 ppm fluoride to a benchmark commercial desensitizing toothpaste containing 2% potassium ion: An eight-week clinical study. *J Clin Dent.* 2009; 20(4):137-43.
12. Ayad F, Ayad N, Delgado E, Zhang YP, DeVizio W, Cummins D, et al. Comparing the efficacy in providing instant relief of dentin hypersensitivity of a new toothpaste containing 8.0% arginine, calcium carbonate, and 1450 ppm fluoride to a benchmark desensitizing toothpaste containing 2% potassium ion and 1450 ppm fluoride, and to a control toothpaste with 1450 ppm fluoride: a three-day clinical study in Mississauga, Canada. *J Clin Dent.* 2009;20(4):115-22.
13. Yang M, Lin H, Jiang R, Zheng G. Effects of desensitizing toothpastes on the permeability of dentin after different brushing times: An *in vitro* study. *Am J Dent.* 2016; 29(6):345-51.
14. Tschoppe P, Zandim DL, Martus P, Kielbassa AM. Enamel and dentine remineralization by nano-hydroxyapatite toothpastes. *J Dent.* 2011; 39(6):430-7.
15. Goodis HE, Marshall GW, White JM. The effects of storage after extraction of the teeth on human dentine permeability *in vitro*. *Arch Oral Biol.* 1991; 36(8):561-6.
16. Jarcho M, Bolen CH, Thomas MB, Bobick J, Kay JF, Doremus RH. Hydroxylapatite synthesis and characterization in dense polycrystalline form. *J Mater Sci.* 1976; 11(11):2027-35.
17. Rodríguez MD. Síntesis y análisis de hidroxiapatita. *Ing Inv.* 1998; 41:57-63.

18. Martinelli A, Novoa MC, Oldani C, Corominas A. Síntesis y caracterización de hidroxiapatita para implantes biomédicos [Internet]. Argentina: XVI-II Congreso Argentino De Bioingeniería; 2011. p. 1-9. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/212205422/rec-HA>
19. Afshar A, Ghorbani M, Ehsani N, Saeri MR, Sorrell CC. Some important factors in the wet precipitation process of hydroxyapatite. *Mater Desing*. 2003;24(3):197-202.
20. Guerra NB, Hernández ML, Santos RG. Cementos óseos acrílicos modificados con hidroxiapatita/acetato de vinilo: caracterización mecánica, termoanalítica y bioactividad in vitro. *Polímeros*. 2010;20(2):98-106.
21. Bello DG, Hernández ML, Guerra NB. Determinación de propiedades mecánicas y temperatura máxima de polimerización de cementos óseos acrílicos modificados con micro y nanopartículas de hidroxiapatita. *Rev LatinAm Metal Mater*. 2011;31(1):91-8.
22. Landi E, Tampieri A, Celotti G, Vichi L, Sandri M. Influence of synthesis and sintering parameters on the characteristics of carbonate apatite. *Bio-materials*. 2004;25(10):1763-70.
23. Rivera JA, Fetter G, Bosch P. Efecto del pH en la síntesis de hidroxiapatita en presencia de microondas. *Rev Mater*. 2010;15(4):506-15.
24. Saeri MR, Afshar A, Ghorbani M, Ehsani N, Sorrell CC. The wet precipitation process of hydroxyapatite. *Mater Lett*. 2003;57(24-25):4064-9.
25. Goodis HE, Marshall GW, White JM, Gee L, Hornberger B, Marshall SJ. Storage effects on dentin permeability and shear bond strengths. *Dent Mater*. 1993;9(2):79-84.
26. Orchardson R, Gillam DG. Managing dentin hypersensitivity. *J Am Dent Assoc*. 2006;137(7):990-8.
27. Kolker JL, Vargas MA, Armstrong SR, Dawson D V. Effect of desensitizing agents on dentin permeability and dentin tubule occlusion. *J Adhes Dent*. 2002;4(3):211-21.
28. Mello SV, Arvanitidou E, Stranick MA, Santana R, Kutes Y, Huey B. Mode of action studies of a new desensitizing mouthwash containing 0.8% arginine, PVM/MA copolymer, pyrophosphates, and 0.05% sodium fluoride. *J Dent*. 2013;41(Suppl1):S12-9.
29. Xue J, Li W, Swain MV. In vitro demineralization of human enamel natural and abraded surfaces: A micromechanical and SEM investigation. *J Dent*. 2009;37(4):264-72.
30. Daza Pulido LM, Sarmiento Bejarano LR, Güiza Cristancho EH. Determinación del patrón de grabado con láser y ácido ortofosfórico al 37% sobre el esmalte dental. *Univ Odontol*. 2005;25(56):31-40.
31. Romero-Amaro IL, Escalona L, Acevedo AM. Teorías y factores etiológicos involucrados en la hipersensibilidad dentinaria. *Acta Odontológica Venez*. 2009;47(1):1-15.
32. Miglani S, Aggarwal V, Ahuja B. Dentin hypersensitivity: Recent trends in management. *J Conserv Dent*. 2010;13(4):218-24.

Efecto del ozono en la disminución de carga bacteriana y en el mantenimiento de las propiedades fisicoquímicas de la leche: una alternativa para el consumo humano

Soque Alex¹, Baquero María Inés¹, Estupiñán Pamela¹, Medina José Luis¹, Puga Byron¹, Mosquera Jorge¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central del Ecuador

Correspondencia: Alex Soque; awsoque@uce.edu.ec

Recibido: 06 marzo 2019; **Aceptado:** 30 junio 2019

Resumen

Introducción: La pasteurización de leche muy contaminada principalmente con esporas de clostridios, no es muy segura debido a que el calor no destruye a este agente biológico. Una alternativa es el uso de ozono (O₃), un gas altamente oxidativo con amplio espectro antimicrobiano, pero no se conoce la dosis máxima que pueda ser aplicada a los alimentos.

Objetivo: Determinar la dosis y tiempo de exposición de la leche cruda al ozono, a fin de reducir la carga bacteriana, sin afectar las características físico-químicas.

Métodos: Estudio experimental en muestras de leche cruda cultivadas antes y después de la aplicación de O₃ a diferentes dosis (50, 75 y 100 mg/L) y periodos de tiempo (10, 20 y 30 minutos), total nueve grupos (T1-T9) y un grupo control sin O₃. El efecto del ozono fue evaluado a través de la determinación de carga de mesófilos, coliformes y *Escherichia coli* y de parámetros físico químicos en leche, en comparación con leche cruda, leche hervida y ultrapasteurizada.

Resultados: Todos los tratamientos fueron efectivos en reducir la carga bacteriana con respecto a la leche cruda. El T9 (100 mg O₃/L durante 30 minutos), fue el más efectivo al permitir una reducción del 64.87% (2.53 Log₁₀ UFC/mL) del conteo inicial de mesófilos aerobios totales, una reducción del 100% (3.68 Log₁₀ UFC/mL) para coliformes totales y una reducción del 100% (3.67 Log₁₀ UFC/ml) para *Escherichia coli*. No hubo cambios físico-químicos en la leche ozonizada ($P \geq 0.05$), pero si en leche hervida y UHT comparada con la leche cruda.

Conclusiones: La ozonización es efectiva en la disminución de la carga bacteriana de leche cruda, sin alterar sus características físico-químicas.

Palabras clave: Ozono, leche, carga bacteriana, características físico-químicas

Effect of ozone on the reduction of bacterial load and on the maintenance of the physicochemical properties of milk: an alternative for human consumption

Abstract

Background: Pasteurization of heavily contaminated milk, mainly with clostridial spores, is not safe because heat does not destroy this biological agent. An alternative is the use of ozone (O₃), a highly oxidative gas with a broad antimicrobial spectrum, but the maximum dose that can be applied to food is unknown.

Objective: To determine the dose and exposure time of raw milk to ozone, in order to reduce the bacterial load, without affecting the physical-chemical characteristics.

Methods: Experimental study on raw milk samples grown before and after the application of ozone at different doses (50, 75 and 100 mg/L) and time periods (10, 20 and 30 minutes), total 9 groups (T1-T9) and a control group without O₃. The effect of ozone was evaluated through determination of the load of mesophiles, coliforms and *Escherichia coli*, as well as the physical chemical parameters in milk, compared to raw milk, boiled and ultrapasteurized milk.

Results: All treatments were effective in reducing the bacterial load with respect to raw milk. T9 (100 mg O₃/L for 30 minutes) was the most effective, allowing a reduction of 64.87% (2.53 Log₁₀ CFU/mL) of the initial total aerobic mesophil count, a 100% reduction (3.68 Log₁₀ CFU/mL) for total coliforms and a 100% reduction (3.67 Log₁₀ CFU/mL) for *Escherichia coli*. There were no physical-chemical changes in ozonized milk ($P \geq 0.05$), but in boiled milk and UHT compared to raw milk.

Conclusion: Ozonation is effective in reducing the bacterial load of raw milk, without altering its physical-chemical characteristics.

Keywords: Ozono, milk, bacterial load, physical-chemical characteristics

Citación: Soque A, Baquero MI, Estupiñán P, Medina JL, Puga B, Mosquera J. Efecto del ozono en la disminución de carga bacteriana y en el mantenimiento de las propiedades fisicoquímicas de la leche: una alternativa para el consumo humano. Rev Fac Cien Med (Quito) 2019; 44 (1): 38-47



Introducción

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), durante el 2011 Sudamérica alcanzó una producción de leche equivalente a 68 millones de toneladas, correspondiéndole el 9.3% de la producción mundial total [1]. En Ecuador, de acuerdo a datos de la Asociación de Ganaderos de la Sierra y Oriente, la producción láctea para el año 2015 fue 5.5 millones de litros [2]. La última Encuesta Nacional de Salud y Nutrición reveló que a nivel nacional, se consumen 181 mL/día per capita de lácteos y derivados [3], lo que equivale a 66.1 litros /año /per cápita.

La leche es un alimento con alto grado de nutrientes, posee una consistencia líquida y un pH ligeramente ácido [4], características que la convierten en un medio ideal para el crecimiento de microorganismos [5]. La norma técnica ecuatoriana del Instituto Nacional de Normalización (INEN) define a la leche cruda como aquella que no fue sometida a una temperatura superior a 40°C, estableciendo como límite máximo un recuento de microorganismos aerobios mesófilos de 5×10^4 UFC/mL [6]. En leche pasteurizada, los niveles son más exigentes permitiéndose un índice máximo permisible de buena calidad estimado en 3×10^4 UFC/mL [7].

Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), por lo general, son de tipo infeccioso o tóxico, ocasionadas por bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas contaminantes que pueden contener los productos finales o las materias primas, como es la leche cruda [8]. En este sentido y para garantizar el consumo de productos seguros e inocuos, la industria alimenticia ha investigado diversos procesos que contrarresten a estos agentes microbianos, entre ellos el uso de ozono [9].

El ozono es un gas de color azulado a temperatura ambiente cuando es generado a partir de aire seco y es incoloro al generarse de oxígeno puro [10]. Está compuesto por tres átomos de oxígeno [10] altamente oxidativo, con un amplio espectro antimicrobiano, capaz de inactivar cé-

lulas vegetativas y esporuladas, levaduras, mohos, virus e incluso micotoxinas [11].

La acción del ozono se basa en la oxidación que se produce en ácidos grasos polinsaturados que constituyen parte de la pared celular bacteriana, que provoca pérdida de la permeabilidad selectiva y posterior disrupción celular [11]. Esto, sumado a su alta capacidad de difusión en la materia orgánica (hasta 3000 veces más rápida que el cloro), lo convierte en una estrategia a considerar en la obtención de alimentos inocuos [12].

La eficacia del ozono en su forma gaseosa como agente antimicrobiano en el empaque y almacenamiento de alimentos está documentada [13]. Su acción ha sido comprobada contra *Salmonella infatis* y *Pseudomonas aeruginosa* en carcasas de pollo [14]. Además, es eficaz contra residuos de fungicidas en la producción de vino [15] y su acción antimicrobiana en frutas tales como melón [16], arándanos [17], higos secos [18] y uvas [19]. La eficiencia antibacteriana del ozono en solución acuosa fue investigada en productos como el pimienta rojo, berros y fresas [20].

Los tratamientos térmicos utilizados en la leche, generan alteraciones en las características organolépticas del producto final [21]. El calor induce un daño de diferente magnitud sobre el valor biológico [22], más notorio en la industria [23]. La bibliografía señala que la pasteurización de la leche merma la actividad del cuajo, dificultando la separación del queso y el lactosuero [24] además, la precipitación parcial de las albúminas y globulinas dificultan el desuerado [25], originando quesos con excesiva humedad [26]. El queso almacenado con exceso de humedad y un pH bajo se caracteriza por una textura blanda y un sabor amargo [27], efecto más evidente en quesos de pasta hilada [28]. La pasteurización puede tener efectos perjudiciales en leche muy contaminada con esporas de clostridios, debido a que el calor no destruye a este agente biológico y se estimula la fermentación butílica en quesos elaborados con leche pasteurizada [29].

Estudios experimentales previos demuestran la efectividad del ozono aplicado por burbujeo sobre bacterias psicrofilas, enterobacterias y *Staphylococcus* [11,30,31]. No se dispone información sobre la aplicación directa del ozono en tanques de leche transportados al centro de acopio. La Food and Drug Administration (FDA) no estipula una dosis máxima de ozono que pueda ser aplicada a los alimentos; sin embargo, afirma su actividad microbiológica efectiva permitiendo su uso, siempre y cuando no altere la composición del alimento tratado o ponga en riesgo al medio ambiente o al operario [32]. Con estos antecedentes en este estudio se establecieron las dosis y el tiempo de aplicación de ozono adecuado para la reducción bacteriológica conservando las características físico químicas de la leche pasteurizada, acordes a la normativa técnica NTE INEN 10 "Leche Pasteurizada. Requisitos" (INEN, 2012) [7,33].

Métodos

Diseño

Se realizó un estudio experimental en leche cruda para determinar el efecto de tres dosis de ozono en la disminución de carga bacteriana y en el mantenimiento de las propiedades fisicoquímicas de la leche. La leche cruda se obtuvo de una hacienda lechera localizada en la parroquia de Amaguaña, Cantón Quito, provincia de Pichincha. Se colectó una muestra semanal de 10 litros de leche obtenida directamente del tanque de recolección durante tres semanas.

Las muestras se tomaron de ordeños aleatorios e independientes y fueron transportadas a 4°C al laboratorio de Bacteriología y Micología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Central del Ecuador para su procesamiento bacteriológico. Además, tres muestras de leche (una por repetición) fueron sometidas a un tratamiento térmico simulando el proceso doméstico de ebullición realizado en casa. Por último, el análisis físico químico tuvo lugar en el laboratorio de Lácteos de la Facultad de Medicina

Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Central del Ecuador, donde se analizaron la leche procedente de los distintos tratamientos con ozono, la leche esterilizada a alta temperatura después de ser envasada (Ultra High Temperature, UHT) de marca comercial y la leche con tratamiento térmico.

Ozono y tratamientos

Para determinar la concentración efectiva de ozono en miligramos y el tiempo de exposición de la muestra de leche en minutos, se adaptó las recomendaciones de los estudios de Cavalcante [11] y Sung [34], considerándose tres concentraciones -50, 75 y 100 mg/L- y tres periodos de tiempo -10, 20 y 30 minutos-. Los tratamientos realizados constan en la **Tabla 1**.

El ozono fue producido a partir de oxígeno médico a través de un generador marca Bioline® de seis gramos. Durante la aplicación de ozono, cada muestra de leche sometida a un tratamiento fue colocada en una bolsa plástica hermética estéril (una por tratamiento) y luego se aplicó el ozono de manera directa a cada muestra manteniéndose una agitación constante durante la fase de dispersión del elemento químico en función a la concentración y tiempo establecidos para cada tratamiento. Concluida la etapa de aplicación y dispersión del ozono, las muestras fueron transportadas en contenedores herméticos a 4°C hasta el Laboratorio de Bacteriología y Micología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y al Laboratorio de Industrias Lácteas de la Universidad Central del Ecuador.

Análisis microbiológico

La carga bacteriana para aerobios mesófilos totales, coliformes totales y *Escherichia coli* fueron estudiados mediante cuantificación en cada una de las muestras tratadas con ozono, UHT y con tratamiento térmico. Además se evaluó la presencia de *Listeria monocytogenes* y *Salmonella* spp. Para la cuantificación se realizaron diluciones seriadas de 10⁻¹ y 10⁻² en agua peptonada tamponada (Difco

Tabla 1. Tipos de tratamiento a muestras de leche según dosis de ozono y tiempo de exposición al químico.

Tratamientos	Concentración Ozono (mg/L)	Tiempo (minutos)
Testigo o control (Leche cruda)	0	0
T1	50	10
T2	50	20
T3	50	30
T4	75	10
T5	75	20
T6	75	30
T7	100	10
T8	100	20
T9	100	30

BD Sparks®) y se utilizó el sistema Petrifilm® 3M® para mesófilos totales (AOAC 990.12) [35], coliformes totales y *Escherichia coli* (AOAC 991.14) [36] siguiendo las indicaciones de la casa comercial. *Listeria monocytogenes* (AOAC-RI 030601) [37] y *Salmonella* spp (AOAC 2014.01) [38] fueron identificados utilizando el mismo sistema Petrifilm.

Análisis físico-químico

Los análisis de densidad relativa de líquidos [39], porcentaje de grasa [40], acidez titulable [33], sólidos totales [41], y cálculo de agua [41] se realizaron en base a la normativa ecuatoriana.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos tras la cuantificación de microorganismos y pruebas físico-químicas de la leche, fueron analizados a través del programa IBM SPSS Statistics® versión 23. Por la naturaleza de los datos se optó por la aplicación de la prueba de varianza de una vía de Kruskal Wallis y de la prueba de U de Mann Whitney para identificar diferencias significativas entre tratamientos, con un intervalo de confianza del 95%. Además, a fin de establecer relación entre el recuento microbiológico resultante en las distintas muestras con la dosis de ozono y el tiempo de exposición

en cada tratamiento, se realizó un análisis de correlación de Spearman entre tratamientos.

Resultados

Análisis microbiológico

El recuento microbiológico de las muestras control y especímenes tratados con ozono consta en la **Tabla 2**. El mayor recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) correspondió a las muestras control (T0, leche cruda). Los especímenes de leche tratada con ozono presentaron carga microbiana; sin embargo, los recuentos en UFC fueron gradualmente disminuyendo en función a la dosis de ozono y tiempo de administración hasta alcanzar valores bajos a la dosis máxima de O₃ (100 mg/L/30 minutos), la cual evidencia mejores resultados.

En promedio, si se compara con las muestras control, la reducción de microorganismos posteriores al tratamiento T9 de ozono fue de 99.71 %, para mesófilos aerobios totales y 100% para coliformes y *Escherichia coli*. El análisis estadístico del recuento microbiológico para cada muestra tratada con ozono relacionada a dosis y tiempo, evidenció diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) respecto a las muestras control. Se encontró similar recuento de microorganismos (mesófilos aerobios totales, coliformes totales y

Escherichia coli) en los tratamientos T2 (50 mg O₃ / 30 minutos), sin demostrarse diferencias significativas ($P \geq 0.05$). No se reportaron recuentos de *Listeria monocytogenes* y *Salmonella* spp. en los distintos tratamientos.

Tabla 2. Recuentos microbiológicos (Log10 UFC/mL) observados en leche cruda y leche tratada con ozono según dosis y tiempo de exposición.

Recuentos microbiológicos	Testigo	Tratamientos								
		T0	T1 ^a	T2 ^a	T3 ^a	T4 ^a	T5 ^a	T6 ^a	T7 ^a	T8 ^a
Mesófilos aerobios totales	3.9	3.2	3.1	3.1	3.1	2.9	2.7	2.5	1.7	1.4
Coliformes totales	3.7	3.07	2.3	2.3	2.2	2.4	2.3	1.9	1.0	0.0
<i>Escherichia coli</i>	3.7	2.6	2.4	2.5	2.2	2.1	1.8	1.2	0.7	0.0
<i>Listeria monocytogenes</i>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Salmonella</i> spp.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

A= ausencia. T0 = control. T1 a T9 = tratamientos con ozono

^a Control vs cada Tratamiento $P < 0.05$

El recuento microbiano en leche sometida a los diferentes esquemas de tratamiento con ozono mostró una reducción considerable comparado con leche hervida y UHT (no se muestran los datos). La disminución del recuento de mesófilos aerobios totales, coliformes y *Escherichia coli* fue más significativa en el grupo T9 ($P < 0.05$). No se reportó la presencia de *Listeria monocytogenes* o *Salmonella* spp. en los tres tipos de leche (**Tabla 3**).

Tabla 3. Recuentos microbianos (Log10 UFC/mL) observados en leche cruda y leche tratada con ozono (T9), leche hervida y leche UHT.

Recuentos microbiológicos	Tratamientos		
	T9	Leche hervida	Leche UHT
Mesófilos aerobios totales	1.37	3.71 ^a	2.50 ^b
Coliformes totales	0.00	2.77 ^b	0.00
<i>Escherichia coli</i>	0.00	1.44 ^b	0.00
<i>Listeria monocytogenes</i>	A	A	A
<i>Salmonella</i> spp.	A	A	A

A= ausencia.

Comparaciones de cada tipo contra T9: ^a $P = 0.035$; ^b $P < 0.05$

Se observó una correlación positiva entre el mayor tiempo de exposición y dosis de O₃ y menor recuento microbiano. Así la concentración de O₃ demostró muy buena correlación para mesófilos aerobios totales ($r_s = 0.96$), coliformes totales ($r_s = 0.90$) y *Escherichia coli* ($r = 0.96$). En cuanto al tiempo de exposición, se encontró moderada correlación para mesófilos

aerobios totales ($r_s = 0.45$) y *Escherichia coli* ($r_s = 0.44$), mientras coliformes totales presentaron baja correlación ($r_s = 0.39$).

Análisis físico-químico

Los resultados del análisis físico-químico para leche cruda y leche tratada con ozono

constan en la **Tabla 4**. Los valores de densidad relativa, porcentaje de grasa, acidez, sólidos totales, agua y sólidos no grasos fueron similares para todos los esquemas de tratamiento con ozono. Pese a que estos valores

fueron menores que los de la leche cruda, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. El valor de pH fue significativamente menor en todos los tratamientos con relación al testigo.

Tabla 4. Análisis físico químico de leche cruda y de leche con los tratamientos de ozono

Parámetros	Testigo	Tratamientos								
	T0	T1 ^a	T2 ^a	T3 ^a	T4 ^a	T5 ^a	T6 ^a	T7 ^a	T8 ^a	T9 ^a
Densidad de líquidos a 20°C (g/mL)	1029	1029	1029	1029	1029	1029	1030	1029	1029	1029
Porcentaje de Grasa (%)	4.2	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2	3.9	4.0	4.2	4.1
Acidez (°D)	17.9	15.3	16.2	15.6	16.4	15.4	15.9	11.1	16.7	14.3
Sólidos totales (%)	13.1	12.9	12.	12.9	12.9	13.	12.8	12.9	12.9	12.9
Agua (%)	86.9	87.1	87.4	87.1	87.1	86.	87.1	87.1	87.1	87.12
Sólidos no grasos (%)	8.8	8.8	8.5	8.8	8.8	8.	8.9	8.7	8.8	8.8
pH	6.7	6.5 ^a	6.7	6.6	6.68	6.5 ^a	6.5 ^a	6.6 ^a	6.5 ^a	6.56 ^a

°D = grados Dornic. T0 = control. T1 a T9 = tratamientos con ozono.

^aValores con diferencia significativa con relación al control ($P < 0.05$).

El análisis físico-químico de la leche hervida, UHT y leche ozonizada (T9) se describe en la **Tabla 5**. La densidad de líquidos y sólidos totales son significativamente menores en la leche tratada con ozono con respecto a la leche cruda. Contrariamente, el porcentaje de agua

fue significativamente mayor en la leche tratada con ozono. Sin embargo, la leche UHT en relación a la leche ozonizada no exhibió diferencias significativas ($P \geq 0.05$) en la mayoría de parámetros físico-químico.

Tabla 5. Comparación de resultados físico-químicos de la leche cruda, leche hervida y leche UHT comparados con T9.

Parámetros	Leche cruda	Leche hervida	Leche UHT	T9
Densidad de líquidos a 20°C (g/mL)	1029	1035*	1030*	1029
Porcentaje de Grasa (%)	4.2	4.3	3.0	4.1
Acidez (°D)	17.9	18.7	15.2	14.3
Sólidos totales (%)	13.1	14.6*	11.9	12.9
Agua (%)	86.9	85.4*	88.0	87.1
Sólidos no grasos (%)	8.8	10.3	8.9	8.8

* Valores con diferencia significativa ($P < 0.05$ relacionados a T9)

Discusión

El principal hallazgo del estudio fue que el tratamiento de ozono produce reducción de la carga bacteriana de las muestras de leche sin

alterar sus características físico-químicas, respecto a las muestras control. Aunque se detectaron bacterias en las muestras tratadas con O_3 , se evidenció una reducción gradual en el recuento en función a la dosis y tiempo em-

pleados en cada uno de los tratamientos. En el tratamiento T9, el conteo de mesófilos aerobios totales fue $4.69 \text{ Log}^{10} \text{ UFC/mL}$, coliformes totales $1.0 \text{ Log}^{10} \text{ UFC/mL}$, y *Escherichia coli* $0.0 \text{ Log}^{10} \text{ UFC/mL}$, valores aceptados en la normativa ecuatoriana [35] y europea [42]. Los resultados concuerdan con otros estudios realizados en alimentos tratados con O_3 para disminuir la carga microbiana y aumentar la vida útil de los productos por lo que se colige que se detectarán mayores recuentos microbianos en productos no tratados con O_3 [14,20].

El recuento de mesófilos aerobios totales presentó valores más altos en leche cruda ($3.9 \text{ Log}^{10} \text{ UFC/mL}$), observándose disminución de la carga microbiana en las muestras tratadas a medida que se incrementó la concentración y tiempo de aplicación de O_3 , (**Tabla 3**). Los resultados concuerdan con el estudio de Cavalcante y colaboradores que reporta un efecto similar del ozono para reducir la carga de mesófilos aerobios totales (1.5 mg O_3 por litro durante 15 minutos) [11].

El conteo final de coliformes totales en leche cruda fue $3.68 \text{ Log}^{10} \text{ UFC/mL}$, siendo este el valor de recuento más alto. A medida que se trató con ozono las distintas muestras, la carga bacteriana se redujo hasta $0 \text{ Log}^{10} \text{ UFC/mL}$ en la muestra T9. La información disponible no reporta el efecto del tratamiento de la leche cruda con ozono sobre microorganismos coliformes; pero se ha reportado que el efecto del ozono en alimentos frescos (papaya) se traduce en recuentos bajos a una dosis de ozono de $9.2 \pm 2 \mu\text{L/L}$ [43].

El conteo total de *Escherichia coli* en leche cruda fue $3.67 \text{ Log}^{10} \text{ UFC/mL}$, mientras que en las muestras tratadas se demostró una disminución gradual en el recuento bacteriano a medida que se incrementó la dosis de O_3 , registrándose un recuento de $0.0 \text{ Log}^{10} \text{ UFC/mL}$ en T9, resultado que coincide con el reporte de Sung y colaboradores [34], quienes destacan el efecto del ozono en forma gaseosa a dosis de dos a tres gramos $\text{O}_3 / \text{m}^3 / \text{minuto}$ y calor, aplicados a jugo de manzana pasteurizada el

que fue previamente inoculado experimentalmente con *Escherichia coli*.

En leche hervida, se logró las cargas bacterianas iniciales de mesófilos aerobios totales ($3.71 \text{ Log}^{10} \text{ UFC/mL}$), coliformes totales ($2.77 \text{ Log}^{10} \text{ UFC/mL}$) y *Escherichia coli* ($1.44 \text{ Log}^{10} \text{ UFC/mL}$), resultado que concuerda con el reporte de Agarwal [44], donde se señala la reducción del recuento (valor inicial y final) de mesófilos aerobios totales y de coliformes; sin embargo, difieren los valores iniciales y finales del recuento de *Escherichia coli*, donde reportan $0.0 \text{ Log}^{10} \text{ UFC/mL}$, atribuyéndose a que el estudio de Agarwal controló las variables tiempo y temperatura de ebullición de la leche. Con esta aclaración, se destaca la diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) en la reducción del recuento bacteriano al comparar leche hervida y leche tratada con ozono. En la leche UHT en este estudio se demostró mesófilos aerobios totales ($2.50 \text{ Log}^{10} \text{ UFC/mL}$), resultado similar al realizado en Turquía, donde fueron evaluadas muestras de leche UHT obtenidas de supermercados locales [45].

La evaluación de las características fisicoquímicas de la leche permite afirmar que no existe diferencia estadística significativa ($P \geq 0.05$) entre la leche cruda y la tratada con ozono a dosis variables y sus parámetros coinciden con la norma ecuatoriana [6]. Aún en el tratamiento con más concentración de O_3 y mayor tiempo (T9) mostró parámetros similares a los de la leche cruda y pasteurizada, lo que sugiere que el O_3 no altera las propiedades físicas y químicas de la leche, equiparándola en sus propiedades con la de la leche cruda por lo que cumple con la normativa nacional de la leche pasteurizada [7]. Contrariamente, en el caso de la leche hervida, la densidad de líquidos, el porcentaje de sólidos totales y el porcentaje de agua, mostraron diferencia estadística en relación a la leche UHT y a la muestra tratada T9. Posiblemente, las deshidrataciones más prolongadas durante la ebullición contribuyen a los cambios de los parámetros físico-químicos de la leche.

Hay que anotar que el estudio tiene algunas limitaciones: a) debido a restricciones de equipamiento no se probaron dosis más bajas de ozono, b) el estudio no midió la concentración de ozono residual luego de tratar las distintas muestras de leche por lo que, a mediano plazo, deberá complementarse nuevos estudios para determinar valores residuales y dosis menores a 50 mg/L en 10 minutos de exposición, y c) restó estimar el impacto del ozono sobre el medio ambiente y sobre el personal que labora para el sistema de manejo de la producción lechera del país.

La presente investigación permitió demostrar la disminución de la carga bacteriana de la leche cruda a través de la ozonización, proceso que se equipararía a otros tradicionalmente utilizados, sin alterar las propiedades físicas-químicas de la leche. Esta es una técnica innovadora (terapia de ozono en alimentos), y que además de poder ser aplicada sobre todo tipo de alimento, es amigable con el medio ambiente. Sería de gran utilidad futuras investigaciones acerca de los efectos del ozono sobre las propiedades organolépticas de leche, así como la percepción del consumidor ante productos tratados con ozono, y conocer la factibilidad económica del reemplazo de una planta pasteurizadora tradicional por una que utilice ozono en el proceso.

En conclusión, los resultados microbiológicos demostraron que la acción del O_3 aplicado directamente por agitación, fue efectiva para reducir la carga bacteriana inicial de la leche cruda. La dosis de 100 mg O_3 /L durante 30 minutos, permite una reducción del 64,87% (2.53 Log^{10} UFC/mL) del conteo inicial de mesófilos aerobios totales, una reducción del 100% (3.68 Log^{10} UFC/mL) para coliformes totales y una reducción del 100% (3.67 Log^{10} UFC/mL) para *Escherichia coli*. No se observaron cambios en los parámetros físico-químicos de la leche, manteniendo sus características acordes a la normativa nacional.

Conflictos de interés

Ninguno declarado por los autores.

Contribución de los Autores

MIB, PE y JM: diseño del modelo experimental y metodología de la investigación.

AS, MIB, PE, JLM y JM: redacción del manuscrito.

JM y AS: aplicación de tratamientos de ozono a la leche.

AS y MIB: cuantificación microbiológica de las muestras de leche.

BP y AS: análisis físico-químicos de las muestras de leche.

JLM: análisis estadísticos de los datos obtenidos.

Financiamiento

Fondos de Proyectos Semilla, Universidad Central del Ecuador.

Agradecimiento

Al Laboratorio de Bacteriología y Micología y Laboratorio de Industrias Lácteas, pertenecientes a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Central del Ecuador.

Disponibilidad de datos

Los datos de esta investigación están disponibles mediante solicitud al autor de correspondencia.

Referencias

1. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), FEPALE (Federación Panamericana de Lechería). situación de la lechería en América Latina y el Caribe en 2011 [Internet]. Chile: Observatorio de la Cadena Lechera. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, División de Producción y Sanidad Animal. 2012:16-17 p. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Dairy/Documents/Paper_Lechería_AmLatina_2011.pdf
2. AGSO (Asociación de Ganaderos de la Sierra y Oriente). La AGSO firmó convenio para producción de leche [Internet]. El Telégrafo. 2017 [cited 2017 Sep 13]. Disponible en: <http://tinyurl.com/ybubx3og>

3. Freire WB, Ramírez-Luzuriaga MJ, Belmont P, Mendieta MJ, Silva-Jaramillo K, Romero N, et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de la población ecuatoriana de 0 a 59 años [Internet]. Quito: ENSANUT- ECU 2012. Ministerio de Salud Pública/Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2014. 314 p. Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/MSP_ESANUT-ECU_06-10-2014
4. Estrada M, editor. El libro blanco de la leche. 1ed. México: Camara Nacional de Industriales de la Leche (CANILEC); 2011.
5. Dahmer AM, Sauer L, Neto Figueredo L, García Barcaccia A, Avi I, Grosso M. Gestão da qualidade na indústria exportadora de abate Mato Grosso Do Sul. No: XXVI Encontro Nac Eng Produção; 2006 Outubro 9 -11; Fortaleza, Brasil. Brasil: ENEGEP 2007:1-9.
6. Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Leche cruda. Requisitos. NTE INEN 9:2015 [Internet]. Ecuador: INEN; 2015. Disponible en: <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga>
7. Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Leche pasteurizada. Requisitos. NTE INEN 10:2012 [Internet]. Ecuador: INEN; 2012. Disponible en: <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga>
8. World Health Organization WHO. Inocuidad de los alimentos [Internet]. OMS; 2016 Disponible en: http://www.who.int/topics/food_safety/es/
9. Perry JJ, Yousef AE. Decontamination of raw foods using ozone-based sanitization techniques. *Annu Rev Food Sci Technol*. 2011;10:2(1):281-98.
10. Sun DW. Emerging technologies for food processing. Second ed. San Diego: Elsevier; 2014.
11. Cavalcante MA, Leite Júnior BRC, Tribst AAL, Cristianini M. Improvement of the raw milk microbiological quality by ozone treatment. *Int Food Res J*. 2013; 20(4):2017-21.
12. Patil S, Bourke P, Frias JM, Tiwari BK, Cullen PJ. Inactivation of *Escherichia coli* in orange juice using ozone. *Innov Food Sci Emerg*. 2009;10(4):551-7.
13. Ligimol J, Puniya AK, Mishra V, Singh K. Ozone: A potent disinfectant for application in food industry - an overview. *J Sci Ind Res*. 2002;61:504-9.
14. Al-Haddad KSH, Al-Qassem RAS, Robinson RK. The use of gaseous ozone and gas packaging to control populations of *Salmonella infantis* and *Pseudomonas aeruginosa* on the skin of chicken portions. *Food Control*. 2005;16(5):405-10.
15. Karaca H, Walse SS, Smilanick JL. Effect of continuous 0.3µL/L gaseous ozone exposure on fungicide residues on table grape berries. *Postharvest Biol Technol*. 2012;64:154-9.
16. Selma MV, Ibáñez AM, Cantwell M, Suslow T. Reduction by gaseous ozone of *Salmonella* and microbial flora associated with fresh-cut cantaloupe. *Food Microbiol*. 2008;25(4):558-65.
17. Varese C, Márquez L, Pretell C. Ozono gaseoso en la conservación de las características de calidad en arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.). *Pueblo Cont*. 2015;26(2):405-18.
18. Öztekin S, Zorlugenç B, Zorlugenç FK. Effects of ozone treatment on microflora of dried figs. *J Food Eng*. 2006;75:396-9.
19. Valdiviezo B, Pretell C, Márquez L. Efecto de la concentración de ozono gaseoso sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y apariencia general en uva (*Vitis vinifera* L.) variedad red globe. *Agroindustrial Sci*. 2016;6(1):7-15.
20. Alexandre EMC, Santos-Pedro DM, Brandão TRS, Silva CLM. Influence of aqueous ozone, blanching and combined treatments on microbial load of red bell peppers, strawberries and watercress. *J Food Eng*. 2011;105(2):277-82.
21. Sugawara E, Nikaido H. Properties of AdeABC and AdelJK efflux systems of *Acinetobacter baumannii* compared with those of the AcrAB-TolC system of *Escherichia coli*. *Antimicrob Agents Chemother*. 2014;58(12):7250-7.
22. Sarriá Ruiz B. Efectos del tratamiento térmico de fórmulas infantiles y leche de vaca sobre la biodisponibilidad mineral y proteica [Tesis]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 1988.
23. Romero S, Mestres J. Productos lácteos: tecnología [Internet]. Cataluña: Ediciones UPC; 2004. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099.3/36810>
24. Grappin R, Beuquier E. Possible implications of milk pasteurization on the manufacture and sensory quality of ripened cheese. *Int Dairy J*. 1997; 7(12):751-61.
25. Miralles B. Detección de caseinato y suero en leche y productos lácteos mediante técnicas electroforéticas, cromatográficas y espectroscópicas [Tesis]. Universidad Complutense de Madrid; 2001.
26. Ortigosa M, Torre P, Izco JM. Effect of pasteurization of ewe's milk and use of a native starter culture on the volatile components and sensory characteristics of roncal cheese. *J Dairy Sci*. 2001;84(6):1320-30.
27. Fox PF, McSweeney PLH. Proteolysis in cheese during ripening. *Food Rev Int*. 1996;12(4):457-509.
28. Imm JY, Oh EJ, Han KS, Oh S, Park YW, Kim SH. Functionality and physico-chemical characteristics of bovine and caprine mozzarella cheeses during refrigerated storage. *J Dairy Sci*. 2003;86(9):2790-8.

29. Mehta BM, Kamal-Eldin A, Iwanski RZ, editors. Fermentation: effects on food properties. USA: CRC Press; 2012.
30. Brodowska AJ, Nowak A, Śmigielski K. Ozone in the food industry: Principles of ozone treatment, mechanisms of action, and applications: An overview. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2018;58(13):2176-201.
31. Sheelamary M, Muthukumar M. Effectiveness of ozone in inactivating *Listeria monocytogenes* from milk samples. *World J Young Researcher*. 2011;1(3):40-44.
32. Rice RG, Graham DM. US FDA regulatory approval of ozone as an antimicrobial agent – what is allowed and what needs to be understood. *Ozon News* 2001;29(5):22-31. Disponible en: <http://www.technozone.in/img/pdf/FDA-e.pdf>
33. Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Leche: Determinación de la acidez titulable. NTE INEN 13:1984 [Internet]. Ecuador: INEN; 1984. Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.0013.1984>
34. Sung HJ, Song WJ, Kim KP, Ryu S, Kang DH. Combination effect of ozone and heat treatments for the inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes* in apple juice. *Int J Food Microbiol*. 2014;171:147-53.
35. AOAC International. Coliform and *Escherichia coli* counts in foods. In: Latimer G, editor. Official methods of analysis of AOAC International. 6th ed. USA: Official method 991.14; 2002.
36. AOAC International. Aerobic plate count in foods. In: Latimer G, editor. Official methods of analysis of AOAC International. 6th ed. USA: Official Method 990.12; 2002.
37. Lenati R. Environmental non-enrichment rapid *Listeria* test. Canada: 3M (Minnesota Mining and Manufacturing Company); 2009:10. Disponible en <https://www.cmc-cvc.com/sites/default/files/files>
38. Bird P, Flannery J, Crowley E, Agin J, Goins D, Jechorek R. Evaluation of the 3MTM Petrifilm™ *Salmonella* express system for the detection of *Salmonella* species in selected foods: collaborative study. *J AOAC Int*. 2014;97(6):1563-75.
39. Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Leche. Determinación de la densidad relativa NTE INEN 11:1984 [Internet]. Ecuador: INEN; 1984. Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.0011.1984>
40. Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Leche. Determinación del contenido de grasa (IDT) NTE INEN-ISO 2446:2013 [Internet]. Ecuador: INEN; 2013. Disponible en: http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_iso_2446
41. Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Leche. Determinación de sólidos totales y cenizas NTE INEN 14:1984 [Internet]. Ecuador: INEN; 1984. Disponible en: <https://archive.org/details/details/ec.nte.0014.1984>
42. European Commission EC. Microbiological criteria for foodstuffs No 2073/2005 [Internet]. Brussels: Official Journal of the European Union; 2005. Disponible en: https://www.fsai.ie/legislation/food_legislation/hygiene_of_foodstuffs/microbiological_criteria.html
43. Yeoh WK, Ali A, Forney CF. Effects of ozone on major antioxidants and microbial populations of fresh-cut papaya. *Postharvest Biol Technol*. 2014; 89:56–8.
44. Marwaha S, Awasthi V, Ganguly S, Agarwal A, Dua A, Garg V. Microbiological profile of milk: impact of household practices. *Indian J Public Health* 2012;56(1):88-94.
45. Tekinsen KK, Elmali M, Ulukanli Z. Microbiological quality of UHT milk consumed in Turkey. *Internet J Food Safety*. 2007;7:45-8.

Evaluación de las propiedades funcionales del aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) variedad INIAP-TUNKAHUAN con potencial uso en la nutrición humana

Richy Lozano¹, Iván L. Tapia C.¹, Verónica J. Taco. T¹

¹ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador, Quito

Correspondencia: Verónica Taco; vjtaco@uce.edu.ec

Recibido: 6 marzo 2019; **Aceptado:** 31 julio 2019

Resumen

Introducción: La quinua es un alimento libre de gluten con alto potencial en la alimentación humana, ya que tiene alto valor nutricional, una propicia calidad proteica, cuyas propiedades funcionales son ideales para el desarrollo de nuevos productos alimenticios de alto valor agregado; sin embargo, estas pueden perderse durante el procesamiento.

Objetivo: Evaluar el efecto de dos procedimientos de aislamiento de proteínas de la harina integral de quinua ecuatoriana (variedad INIAP Tunkahuan) sobre las propiedades funcionales de los aislados proteicos de esta.

Métodos: El aislamiento proteico se realizó por solubilización / precipitación isoeléctrica, con y sin remoción de compuestos fenólicos, para prevenir efectos indeseables como el oscurecimiento y cambios en la digestibilidad del aislado proteico. A partir de la harina de quinua seca y desengrasada se solubilizó el contenido proteico a pH alcalino (9.0), luego se realizó una precipitación a pH ácido (5.0). La remoción de compuestos fenólicos se efectuó usando tratamiento ácido (pH 4.5) previo a su extracción. El potencial tecnológico en el aislado liofilizado fue evaluado a través de las propiedades funcionales.

Resultados: La remoción de compuestos fenólicos provocó un oscurecimiento del aislado, disminución de la cantidad de proteínas, capacidad de retención de agua y tamaño de gota de la emulsión (propiedad emulsificante). Además, la capacidad espumante fue independiente del procedimiento usado, también el aislado proteico obtenido sin la remoción de compuestos fenólicos presentó mayor viscosidad.

Conclusiones: Las proteínas de quinua pueden ser un ingrediente prometedor en la producción de alimentos funcionales, pero se necesita seguir estudiando las propiedades bioactivas de sus péptidos.

Palabras clave: *Chenopodium Quinoa Willd*, aislado proteico, propiedades funcionales, compuestos fenólicos

Evaluation of the functional properties of the quinoa protein isolate (*Chenopodium quinoa Willd*) INIAP-TUNKAHUAN variety with potential use in human nutrition

Abstract

Background: Quinoa is a gluten-free food has high potential in human nutrition, due to its high nutritional value, high protein quality, whose functional properties are ideal for development of new food products with high added value; however, these properties can be lost during processing.

Objective: To evaluate the effect of two protein extraction procedures (with and without the removal of phenolic compounds) on the functional properties of protein isolates obtained from the quinoa flour INIAP Tunkahuan variety.

Methods: Isolation of quinoa proteins was performed by solubilization at alkaline pH (9.0) / isoelectric precipitation at acidic pH (5.0). The removal of phenolic compounds was carried out with an acid treatment (pH 4.5) prior to the extraction of their proteins. The technological potential in the lyophilized isolate was evaluated through functional properties.

Results: The removal of compounds significantly affected the color of the protein isolate, making it darker, also caused a decrease in the amount of protein extracted, in its water retention capacity and in its emulsifying property, while the foaming capacity was independent of procedure used. Finally, a higher viscosity was observed in the protein isolate obtained without removal of phenolic compounds.

Conclusion: Quinoa proteins can be a promising ingredient in the production of functional foods, but studies need to continue on the bioactive properties of their peptides.

Keywords: *Chenopodium Quinoa Willd*, protein isolate, functional properties, phenolic compounds

Citación: Lozano R, Tapia IL, Taco VJ. Evaluación de las propiedades funcionales del aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) variedad INIAP-TUNKAHUAN con potencial uso en la nutrición humana. Rev Fac Cien Med (Quito) 2019; 44 (1): 48-56



Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un pseudocereal perteneciente a la subfamilia *Chenopodioideae* de las amarantáceas, cultivada en la cordillera de los Andes desde tiempos incaicos [1,2]. La quinua ha sido estudiada como fuente de compuestos bioactivos que promueven la salud tales como flavonoides [1,2], además los fitoecdisteroides encontrados muestran una alta gama de efectos farmacológicos beneficiosos en los mamíferos [3]. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) ha seleccionado a la quinua como uno de los cultivos destinados a ofrecer seguridad alimentaria en el siglo XXI, debido a su tolerancia a la salinidad y al estrés por sequía, a más de su capacidad de crecer en regiones marginales [4].

Las semillas de la quinua tienen un alto valor nutricional [5] principalmente por el contenido de minerales, vitaminas, y su alta calidad proteica con un excelente balance de aminoácidos esenciales y un espectro más amplio en comparación con cereales o leguminosas [4,6,7]. El contenido proteico de las semillas de quinua depende de su variedad, y fluctúa de 10.4% a 17.0% [8]. La quinua ecuatoriana, variedad INIAP Tunkahuan, se caracteriza por tener bajo contenido de saponinas (0.03%) [9], compuestos amargos anti-nutricionales [5], y un contenido de proteínas de 14.15 % [10]. Las proteínas en los alimentos no solo tienen valor nutricional sino también tecnológico, pues poseen propiedades funcionales únicas que facilitan el procesamiento y desarrollo de productos [4]. Las propiedades funcionales de las proteínas como hidratación, combinación agua/aceite, emulsificación, formación de espuma, gelificación y comportamiento reológicos, son importantes y críticas y pueden ser afectadas por factores ambientales o de procesamiento [11].

La presencia de compuestos fenólicos en los aislados proteicos tiene efectos en la desnaturación térmica, solubilidad y digestibi-

lidad de las proteínas [12-14]. Tapia y colaboradores [10] mostraron que un tratamiento ácido previo a la extracción y precipitación de las proteínas de la harina de quinua, removió hasta el 62% del contenido de compuestos fenólicos sin alterar el contenido de proteína total y proteínas solubles, ésta constituye una alternativa tecnológica sencilla y de bajo costo a nivel industrial.

El objetivo del presente estudio fue evaluar las propiedades funcionales de los aislados proteicos de quinua variedad INIAP Tunkahuan obtenidos por dos procedimientos, para mostrar su potencial uso en la elaboración de productos destinados a la alimentación humana de alto valor agregado.

Métodos

Diseño

Se realizó un estudio experimental para aislamiento de proteínas de quinua mediante solubilización / precipitación isoeléctrica con dos variaciones: con remoción de compuestos fenólicos (P1), y sin remoción de compuestos fenólicos (P2), para establecer el procedimiento que no altere las propiedades funcionales. Dichos procedimientos fueron realizados a partir de una única muestra de harina de quinua, con la finalidad de proporcionar las mismas condiciones y evitar el efecto de variables externas que puedan influenciar en la concentración de proteína.

Preparación de la muestra

Para la obtención de la muestra de harina, se procesaron con un molino de mano (marca Corona), cinco kilogramos de semilla de quinua ecuatoriana (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad INIAP Tunkahuan certificada, marca comercial INAGROFA con bajo contenido de saponinas [15]. El producto fue tamizado con un juego de tamices Serie Tyler (números 100 y 250), y se procedió a almacenar la fracción con un diámetro de partícula de 0.250 mm según las normas INEN 0517 y 0154. Finalmente,

fue almacenado en un frasco plástico oscuro alejado de fuentes de luz y calor.

Obtención de la harina desengrasada (HQD) de quinua y almacenamiento

Se tomó como referencia el método oficial AOAC 991.36 de extracción por sumersión con solventes [16]. Para ello se tomaron cinco vasos de extracción, previamente lavados y tarados a 130°C, se colocaron 50 mL de éter dietílico. De forma inmediata se pesó, en cinco dedales de celulosa, aproximadamente 10 gramos de harina de quinua (con precisión de ± 0.0002 g) en una balanza analítica marca Mettler Toledo (Modelo XSE204) y se colocó en el equipo de extracción de grasa marca Velp Scientific, modelo 10 1242. La harina desengrasada (HQD) fue almacenada por separado en fundas herméticas codificadas protegidas de la luz y la humedad.

Extracción de proteína

Siguiendo el esquema propuesto por Tapia y colaboradores [10], a partir de la HQD se realizaron dos procedimientos de extracción de proteína con y sin remoción de compuestos fenólicos (P1 y P2, respectivamente). Ambos aislados proteicos se colocaron en los frascos para liofilización previamente lavados y pesados. Posteriormente, fueron sometidos a enfriamiento en un equipo ultracongelador marca Artika (modelo ULUF 450) por tres horas, para luego ser deshidratados en un liofilizador Telstar (modelo LYOALFA) para calcular el rendimiento de extracción de proteínas (**Ecuación 1**). El contenido proteico se expresó en gramos de proteína por 100 gramos de HQD. Cada muestra fue almacenada en fundas herméticas protegidas de la luz, calor y humedad para su posterior medición de propiedades funcionales.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{(w \text{ frasco} + \text{proteína}) - (w \text{ frasco})}{(w \text{ HQD})} \quad (1)$$

Donde:

$w \text{ frasco}$ = masa del frasco vacío (g)

$w \text{ frasco} + \text{proteínas}$ = masa del frasco que contiene a las proteínas (g)

$w \text{ HQD}$ = masa de harina de quinua desengrasada (g)

Capacidad de retención de agua (CRA)

Se siguió el método recomendado por Sathe & Salunkhe [18]. Para ambos procedimientos (P1 y P2) se pesó con exactitud 1.0000 ± 0.0002 g de aislado proteico liofilizado (PL) en una balanza analítica, se colocó en un tubo de centrifuga de 50 mL previamente pesado y tara-

do, y se añadieron 30 mL de agua Tipo I, se agitó con una espátula durante un minuto y se dejó reposar por 18 horas. Luego se centrifugó (marca MLB Modelo 13893351) a 3000 rpm durante un minuto, se retiró el agua, se pesó el tubo más el aislado proteico hidratado (PH) y por diferencia se determinó la cantidad de agua retenida por la proteína (**Ecuación 2**) [19].

$$\text{CRA} = \frac{(w \text{ tubo} + \text{PH}) - (w \text{ tubo} + w \text{ PL})}{(w \text{ PL})} \times \rho_{\text{agua}} (20^\circ\text{C}) \quad (2)$$

Donde:

$w \text{ tubo} + \text{PH}$ = masa del tubo más el aislado proteico hidratado (g)

$w \text{ tubo} + w \text{ PL}$ = masa del tubo más el aislado proteico liofilizado (g)

$w \text{ HQD}$ = masa de harina de quinua desengrasada (g)

$\rho_{\text{agua}} (20^\circ\text{C})$ = densidad del agua tabulada a 20°C

Capacidad espumante

Se siguió el procedimiento según Chau [20]. Se prepararon 20 mL de una suspensión proteica al 0.5% w/v, se agitó hasta la formación de espuma en un agitador (Velp Cientifi-

ca S/N 68475) operando a una velocidad de 1100 rpm durante un minuto. Subsiguientemente, se trasvasó a una probeta graduada y se determinó la cantidad de espuma. La capacidad espumante se expresó como sobrerrendimiento (**Ecuación 3**).

$$\text{Sobrerrendimiento} = \frac{v \text{ espuma (mL)} - v \text{ líquido inicial (mL)}}{v \text{ líquido inicial (mL)}} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

$v \text{ espuma (mL)}$ = volumen de espuma formada

$v \text{ líquido inicial (mL)}$ = volumen de la suspensión proteica preparada (20mL)

Propiedad emulsificante

Dentro de las propiedades emulsificantes, se realizó la medición del tamaño de gota por la técnica de microscopía óptica [21]. Se prepararon dos mL de una suspensión proteica a 0.5% w/v y se ajustó el pH a 9.0 con NaOH 0.1N para solubilizar completamente el aislado proteico. A esta suspensión se agregó, gota a gota, aceite de girasol con agitación constante mediante un vórtex (marca Fisher Scientific) hasta la formación de una emulsión. Posteriormente, se dejó en reposo por cinco minutos, y se colocó una gota de ésta emulsión en una placa portaobjetos de un microscopio óptico Nikón, modelo SC, con un lente de 4x acoplado al sistema de escaneo del programa ImageJ. Finalmente se determinó el promedio del diámetro de las gotas de la emulsión formada [22].

Viscosidad

Las proteínas tienen la capacidad de formar geles al ser calentadas en solución [21]. Para medir viscosidad de un gel de aislado proteico de quinua se pesó 1.0000 ± 0.0002 g de PL en una balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AB204-S) y se colocó en un vaso de precipitación de 100 mL junto a 20 mL de agua Tipo I. Manteniendo agitación constante, se solubilizó hasta pH 9.0 con NaOH 1N y se precipitó a pH de 5.0 con HCl 1N. Posteriormente, se añadió nuevamente agua Tipo I hasta la marca de 40.0 mL y se calentó en una plancha eléctrica (HACEB, modelo EM1) a temperatura de ebullición. Se esperó que el volumen disminuya hasta 20 mL, y el contenido se trasvasó a un tubo de ensayo, donde se dejó en reposo por 60 min. Posteriormente, se separó la fracción gelificada y se analizó la viscosidad en un reómetro Bohlin Instruments (Modelo MAL 10537305).

Análisis estadístico

La extracción de proteínas de la HQD para cada procedimiento (P1 y P2) se realizó con cinco réplicas. Se calculó la media y desviación estándar para los resultados obtenidos: rendimiento de la extracción de proteínas, capacidad de retención de agua, capacidad espumante, propiedad emulsificante y viscosidad. Se usó la prueba t-student pareada como prueba de hipótesis para determinar diferencia significativa entre los tratamientos al 95% de confianza. El análisis de resultados fue realizado con el software estadístico IBM SPSS Statistic, versión 20.

Resultados

Acondicionamiento de la muestra

El tamaño de partícula de la harina de quinua utilizada en este estudio fue de 0.25 mm, con un contenido de grasa de 8.64%.

Extracción de proteínas

El color de los aislados proteicos obtenidos fue afectado por el procedimiento de extracción usado, así el aislado obtenido con la remoción de compuestos fenólicos (P1) presentó un color beige oscuro, mientras que, el obtenido sin remoción de compuestos fenólicos (P2) fue de color beige claro, el cual es un color aceptable en la elaboración de suplementos o productos alimenticios. La **Tabla 1** muestra el porcentaje de rendimiento de las proteínas extraídas de la HQD usando los procedimientos P1 y P2.

Capacidad de retención de agua

En la Tabla 2 se encuentran los valores de CRA para los aislados proteicos obtenidos con P1 y P2. Se observó que ambos presentaron diferencia significativa con un valor de $P < 0.05$.

El aislado proteico obtenido con P2 mostró una mayor capacidad de retención de agua 3.68 (± 0.04) mL/g en relación al aislado P1.

Capacidad espumante

Los aislados proteicos de la quinua P1 y P2 mostraron una alta capacidad espumante, de acuerdo a los valores mostrados en la Tabla 2. Se observó que no existe diferencia significativa al comparar los dos procedimientos ($P > 0.05$).

Propiedad emulsificante

Los datos de la **Tabla 3** muestran los resultados de las mediciones del diámetro de las gotas formadas en las diferentes emulsiones con valores de 0.1579 (± 0.0091) mm y 0.1966 (± 0.0166) mm para P1 y P2, respectivamente. El análisis estadístico mediante la prueba t para datos emparejados ($P < 0.05$) muestra que hay diferencia significativa entre los dos procedimientos.

Tabla 1. Rendimiento de la extracción de proteínas de quinua (g de proteínas aisladas /100 g de HQD)

N° repetición	P1	P2
1	13.11	16.03
2	13.57	15.96
3	13.24	15.21
4	14.76	18.63
5	13.81	15.78
Media (\bar{x})	13.70	16.32
Desviación estándar (SD)	0.65	1.33

Tabla 2. Capacidad de retención de agua y espumante de los aislados de quinua.

N° repetición	Capacidad de retención de agua (mL de agua / g de proteína)		Capacidad espumante (%)	
	P1	P2	P1	P2
1	3.25	3.69	72.50	74.00
2	3.28	3.74	73.25	73.00
3	3.24	3.63	73.00	74.00
4	3.26	3.68	72.50	75.00
5	3.25	3.65	74.25	74.50
Media (\bar{x})	3.26	3.68	73.10	74.10
Desviación estándar (SD)	0.02	0.04	0.72	0.74

Tabla 3. Resultados de la capacidad emulsificante (CEM) de proteína de quinua

N° repetición	P1 (mm)	P2 (mm)
1	0.1683	0.2208
2	0.1448	0.1912
3	0.1646	0.1798
4	0.1554	0.2058
5	0.1562	0.1856
Media (\bar{x})	0.1579	0.1966
Desviación estándar (s)	0.0091	0.0166

La **Figura 1** muestra la distribución microscópica de gotas de agua en el medio dispersante de aceite para la emulsión, puede

observarse el menor tamaño de éstas en el caso de la proteína extraída con pretratamiento ácido (P1).

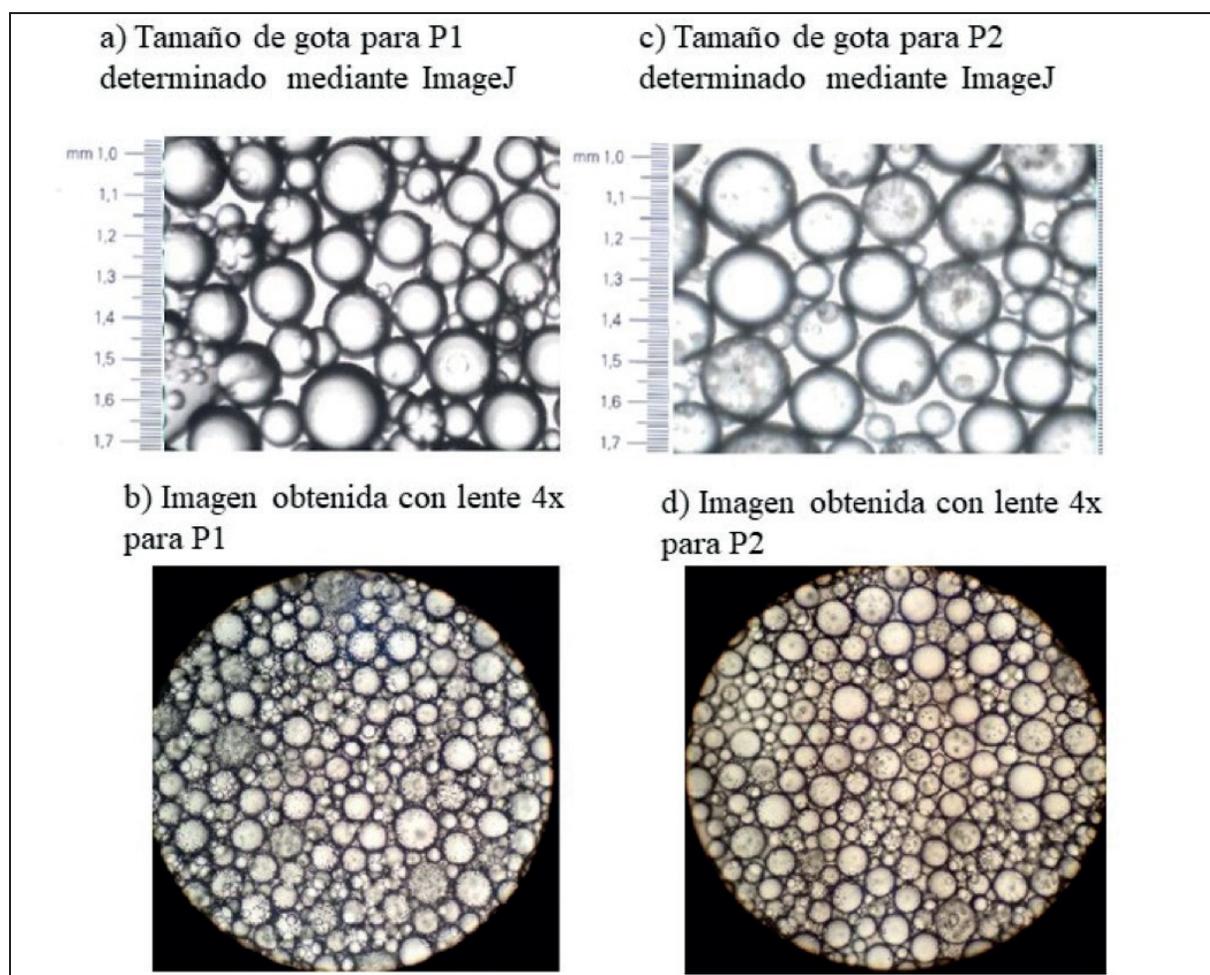


Figura 1. Observación microscópica de una emulsión de aceite de girasol usando aislado proteico (0.5% w/v) de quinua como tensoactivo.

Tabla 4. Valores de viscosidad para los geles formados con los aislados proteicos de quinua

N° repetición	P1 (Pa*s)	P2 (Pa*s)
1	3.685	3.749
2	3.673	3.719
3	3.679	3.722
4	3.675	3.734
5	3.682	3.727
Media (\bar{x})	3.6788	3.7302
Desviación estándar (s)	0.0049	0.0119

Viscosidad

La **Tabla 4** muestra los valores de viscosidad de los geles obtenidos a partir de los aislados proteicos de quinua con los procedimientos P1 y P2. No se encontró diferencias significativas ($P = 0.05$).

Discusión

El interés y consumo de la quinua se ha incrementado alrededor del mundo, debido a que posee compuestos bioactivos con efectos benéficos para la salud humana. En este estudio se determinó que el valor de proteína total para la harina de quinua variedad INIAP-Tunkahuan fue de 14.15 % [10], y el contenido de grasa fue 8.64%, este último valor fue similar al reportado por varios autores [4,19,23].

Se observó que el método de extracción de proteínas usado en este estudio es eficiente, pues los rendimientos de extracción en ambos procedimientos que se muestran en la **Tabla 1** son cercanos al valor reportado. Lo que significa que usando el método solubilización alcalina/precipitación ácida se logra extraer la mayoría de proteínas contenidas en la matriz alimenticia, siendo viable su uso a nivel industrial.

En este estudio, se extrajo mayor cantidad de proteínas cuando no se removió los compuestos fenólicos, este resultado se justifica debido a la ligera solubilidad de las proteínas a pH ácido [4,5], lo que provocó que una parte de éstas fueran eliminadas conjuntamente con los compuestos fenólicos. Las propiedades funcionales de las proteínas juegan un rol importante en el desarrollo de productos en la industria.

En lo que respecta a la capacidad de retención de agua de las proteínas aisladas de quinua, el valor encontrado en el P2 fue algo menor al reportado para la quinua 3.94 (± 0.06) mL/g, pero fue similar a la CRA de las proteínas de trigo 3.67 (± 0.05) mL/g y de soya [4]. Dichas proteínas, son usadas en la nutrición humana, siendo materia prima para la manufactura de una gran variedad de productos alimenticios

de consumo masivo. Por lo tanto, la capacidad de retención de agua de los ingredientes alimenticios es una propiedad funcional relevante para mejorar la palatabilidad y sabor de los productos.

Asimismo, la capacidad espumante de los aislados proteicos de quinua pueden llegar a ser un fuerte candidato para reemplazar a fuentes proteicas tradicionales como la albúmina de huevo, la cual es considerada como un excelente agente espumante (capacidad espumante entre 156 a 200%). Este resultado sugiere la posible diversificación del uso de la quinua para la elaboración de nuevos productos, ya que la capacidad espumante es una propiedad que es relevante en la industria debido a su uso para incrementar el volumen de los productos. Además, se encontró que la espuma resultante presentó alta estabilidad, característica tecnológica importante en determinados productos de valor agregado alto [4].

En este estudio se comprobó que el tipo de emulsión formada en ambos procedimientos fue del tipo W/O, observándose que la emulsión formada por el P2 tiene más consistencia (estabilidad con el paso del tiempo), mientras que la emulsión formada por P1 tiende a ser más fluida e inestable. Las proteínas de quinua muestran una baja habilidad de formar emulsión, parámetro crítico tomando en cuenta cuando se selecciona las proteínas para el uso de procesos industriales. Posiblemente, los cambios de pH durante el pretratamiento ácido (P1) pueden haber generado un estado desnaturalizado de la proteína, esto tiene efecto directo en la distribución de los grupos hidrofóbicos e hidrofílicos, se exponen a un mayor número de residuos hidrofóbicos, y la hidrofobicidad a su vez tiene una relación directa con la reducción de la tensión superficial incrementándose la actividad emulsificante [21] y afecta el tamaño de gota de la emulsión. Sin embargo, es necesario continuar con investigaciones más profundas de las propiedades emulsificantes de las proteínas de quinua para probar su funcionalidad y utilidad en el procesamiento de alimentos.

La viscosidad de las soluciones de proteínas es otro parámetro determinante en la elaboración de productos. En las proteínas la viscosidad depende de la forma, tamaño, flexibilidad e hidratación de las mismas, y dependiendo del peso molecular la viscosidad aumenta [21]. Por lo tanto, la viscosidad está muy estrechamente relacionada con la capacidad de retención de agua de las proteínas que influirá en la textura del alimento elaborado [21]. En este estudio se observó que la viscosidad es mayor cuando no se remueven los compuestos fenólicos, el tratamiento ácido previo parece alterar la superficie de la proteína provocando que la red formada por la agregación de las proteínas sea menos resistente, y subsecuente disminución de esta propiedad [21].

En conclusión, la quinua como semilla entera es considerada como un “*superalimento*” cuyo interés se ha extendido alrededor del mundo por sus diversas bondades nutricionales, a través de este estudio se muestra el potencial que tienen sus proteínas aisladas para el desarrollo de nuevos productos con alto valor agregado, pues sus propiedades funcionales son comparables a fuentes de proteínas tradicionales de origen animal y vegetal como son el huevo y soya, utilizadas masivamente en la industria alimenticia. Por tanto, es relevante continuar con investigaciones que den soporte científico de los beneficios a la salud humana de los péptidos derivados de la digestión de las proteínas aisladas de la harina de quinua, evaluando sus propiedades bioactivas que son determinantes en la elaboración de alimentos funcionales o suplementos alimenticios.

Conflictos de interés

Ninguno declarado por los autores

Contribución de los autores

El protocolo de investigación y el diseño de la misma, la recolección de datos, el análisis estadístico, la interpretación de los datos, la discusión, la redacción del manuscrito final fueron

realizados por los autores, quienes contribuyeron de igual forma en todo el proceso.

Financiamiento

Este estudio fue financiado por la Académie de Recherche et D'Enseignement Supérieur (ARES)-Bélgica a través de los proyectos semilla fomentados en la Universidad Central del Ecuador.

Agradecimientos

Académie de Recherche et D'Enseignement Supérieur (ARES)-Bélgica por el financiamiento y a la Dirección de Investigación de la Universidad Central del Ecuador por el apoyo proporcionado.

Disponibilidad de datos

Los datos que sustentan este manuscrito están disponibles bajo solicitud al autor de correspondencia.

Referencias

1. Repo-Carrasco-Valencia R, Hellström JK, Pihlava J-M, Mattila PH. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Food Chem. 2010;10:128-133.
2. Lutz M, Martínez A, Martínez EA. Daidzein and Genistein contents in seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from local ecotypes grown in arid Chile. Industrial Crops and Products. 2013;49:117-121.
3. Graf BL, Poulev A, Kuhn P, Grace MH, Lila MA, Raskin I. Quinoa seeds leach phytoecdysteroids and other compounds. Food Chem. 2014;163:178-85.
4. Elsohaimy SA, Refaay TM, Zaytoun MA. Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. Annals of Agricultural Science. 2015;60(2):297-305.
5. Ando H, Chen YC, Tang H, Shimizu M, Watanabe K, Mitsunaga T. Food Components in Fractions of Quinoa Seed. Food Sci Technol Res. 2002;8(1):80-84.

6. Przygoda K, Wejnerowska G. Extraction of tocopherol-enriched oils from Quinoa seeds by supercritical fluid extraction. *Ind Crop Prod.* 2015;63:41-47.
7. Aluko RE, Monu E. Functional and bioactive properties of quinoa seed protein hydrolysates. *Food Chem Toxicol.* 2003;68(4):1254-1258.
8. Reyes Montaña E, Ávila Torres D, Guevara Pulido JO. Componente nutricional de diferentes variedades de quinua de la Región Andina. *Avances.* 2006;5:86-97.
9. Villacrés E, Cuadrado L, Falconí F. 2013. Los granos andinos: chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.) quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y sango-roche (*Amaranthus hybridus* L.) fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética. Boletín técnico N° 165. Departamento de Nutrición y Calidad, INIAP-Facultad de Ciencias de la Salud, UNACH. ISBN: 9942-07-56.
10. Tapia IL, Taco DR, Taco TV. Aislamiento de proteínas de quinua ecuatoriana (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad INIAP Tunkahuán con remoción de compuestos fenólicos, para uso potencial en la nutrición y salud humana. *Rev Fac de Cien Med. (Quito).* 2016;41(1): 71-80.
11. Ma M, Ren Y, Xie W, Zhou D, Shurong T, Kuang M, et al. Physicochemical and functional properties of protein isolate obtained from cottonseed meal. *Food Chem.* 2018;240: 856-62.
12. Rubino MI, Amfield SD, Nadon CA, Bernatsky A. Phenolic protein interactions in relation to the gelation properties of canola protein. *Food Res Int.* 1996;29(7):653-59
13. Bejosano BP, Corke H. Protein quality evaluation of amaranthus wholemeal flours and protein concentrates. *J Sci Food Agri.* 1998;76:100-106.
14. González-Pérez , Merck KB, Vereijken M, Van Koningsveld A, Gruppen H, Voragen AG. Isolation and characterization of undenatured chlorogenic acid free sunflower (*Helianthus annuus*) proteins. *J Agric Food Chem.* 2002;50(61):1713-19.
15. Kirk R, Sawyer R, H. E. Composición y análisis de los alimentos. México: Compañía Editorial Continental; 1999.
16. Latimer G. Official methods of analysis of AOAC International. Décima novena ed. Maryland: AOAC International; 2012.
17. Miller J, Miller J. Estadística y Quimiometría para la Química Analítica Madrid: Prentice Hall; 2002.
18. Sathe SK, Salunkhe DK. Functional properties of the great northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins: Emulsion, foaming, viscosity, and gelation properties. *J Food Sci.* 1981;46(1):71-81.
19. Robertson JA. Hydration properties of dietary fiber and resistant starch: a European Collaborative Study. *IWT.* 2000;33(2):73-79.
20. Chau CF, Cheung PC, Wong YS. Functional properties of protein concentrates from three Chinese indigenous legume seeds. *J Agric Food Chem.* 1997;7(45):2500-2503.
21. Badui. S. Química de los Alimentos. México: PEARSON Educación; 2006.
22. Polat H. Kinetics of oil dispersion in the absence and presence of block copolymers. *AIChE J.* 1999;45(9):1866-74.
23. Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martínez E. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) an ancient Andean grain: a review. *J Sci Food Agric.* 2010;90(15):2541-47.

Índices neutrófilo/linfocitos y plaquetas/linfocitos como predictores de mortalidad en sepsis

Jorge Luis Vélez Páez^{1,2}, Alexander Paúl Calderón Hidalgo², Pablo Andrés Vélez Páez³,
Santiago Xavier Aguayo Moscoso²

¹Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Central del Ecuador.

²Hospital Pablo Arturo Suárez.

³Posgrado de Medicina Crítica, Universidad Central del Ecuador.

Correspondencia: Jorge Luis Vélez Páez; jlvelez@uce.edu.ec

Recibido: 06 marzo 2019; **Aceptado:** 17 julio 2019

Resumen

Introducción: Aunque existen diversos métodos para evaluar la severidad y la mortalidad de la sepsis basados en escalas y biomarcadores, no todos están disponibles en las instituciones de salud por su costo.

Objetivo: Determinar si los índices de neutrófilos/linfocitos y plaquetas/linfocitos son adecuados predictores de gravedad y mortalidad en pacientes con sepsis y choque séptico.

Métodos: Estudio observacional analítico en 149 pacientes con sepsis y choque séptico en el Hospital Docente de Calderón, Quito. Diagnóstico de sepsis y de choque séptico según criterios SEPSIS 3, y su severidad mediante puntuaciones de Evaluación de falla orgánica secuencial (SOFA, siglas en inglés) y de Evaluación de fisiología aguda y salud crónica II (APACHE II, siglas en inglés). Se calcularon índices entre neutrófilos-lymfocitos (INL) y plaquetas-lymfocitos (IPL). El alcance predictivo de mortalidad de cada índice se estableció mediante radios de Odd ajustados (regresión logística múltiple) y áreas bajo la curva (AUC, siglas en inglés) ROC (Característica Operativa del Receptor, siglas en inglés).

Resultados: La mediana del APACHE II fue 17±7 puntos, la mediana del SOFA fue 8±4 puntos, y el índice de mortalidad fue del 33.6%. Con relación a mortalidad, INL con un punto de corte de ≥13.2 presentó OR =1.03, AUC de 0.53, sensibilidad del 47.1%, y especificidad del 48.4%. IPL con un punto de corte de ≥221.8 presentó un OR =1.002 (95% CI 0.999-1.003), AUC de 0.56, sensibilidad del 47.1%, y especificidad del 48.4%.

Conclusiones: Los índices neutrófilos/linfocitos y plaquetas/linfocitos son pruebas con bajo poder predictivo para evaluar la gravedad y mortalidad de los pacientes con sepsis y choque séptico.

Palabras clave: Índice, neutrófilos, linfocitos, plaquetas, sepsis, choque.

Neutrophil to lymphocyte and platelets to lymphocyte ratios as predictive factors of sepsis mortality

Abstract

Background: Although there are several methods to assess the severity and mortality of sepsis based on scales and biomarkers, not all are available in health institutions for their cost.

Objective: To determine whether neutrophil / lymphocyte and platelet / lymphocyte indices are adequate predictors of severity and mortality in patients with sepsis and septic shock.

Methods: Analytical observational study in 149 patients with sepsis and septic shock at the Hospital Docente de Calderón, Quito. Diagnosis of sepsis and septic shock according to SEPSIS 3 criteria, and its severity by means of Sequential Organic Failure Assessment (SOFA) and Acute Physiology and Chronic Health II (APACHE II). Indices between neutrophils-lymphocytes (INL) and platelets-lymphocytes (IPL) were calculated. The predictive mortality range of each index was established using adjusted Odd ratios (multiple logistic regression) and areas under the curve (AUC) ROC (Receiver Operating Characteristic).

Results: The APACHE II median was 17 ± 7 points, the SOFA median was 8 ± 4 points, and the mortality rate was 33.6%. Regarding mortality, INL with a cut-off point of ≥13.2 presented OR =1.03, AUC of 0.53, sensitivity of 47.1%, and specificity of 48.4%. IPL with a cut-off point of ≥221.8 presented an OR =1.002 (95% CI 0.999-1.003), AUC of 0.56, sensitivity of 47.1%, and specificity of 48.4%.

Conclusions: Neutrophil / lymphocyte and platelet / lymphocyte indices are tests with low predictive power to assess the severity and mortality of patients with sepsis and septic shock.

Keywords: Index, neutrophils, lymphocytes, platelets, sepsis, shock.

Citación: Vélez Páez J.L, Calderón Hidalgo AP, Vélez Páez PA, Aguayo Moscoso SX. Índices neutrófilo/linfocitos y plaquetas/linfocitos como predictores de mortalidad en sepsis. Rev Fac Cien Med (Quito) 2019; 44 (1): 57-67



Introducción

La sepsis es un síndrome clínico caracterizado por disfunción orgánica que pone en peligro la homeostasis, y es secundaria a una respuesta exagerada y desregulada del huésped frente a la infección [1,2]. En los últimos 40 años, su incidencia ha aumentado considerablemente, en parte debido al incremento de la edad de la población. Las últimas estimaciones en los Estados Unidos y Europa, entre 0.4/1000 y 1/1000 casos de sepsis suceden al año. La mortalidad hospitalaria de los pacientes con sepsis oscila entre 18% y 28%, pero si progresa a choque séptico, este puede incrementar hasta el 40% [1-3]. En el Ecuador, la sepsis representa el motivo más frecuente de ingreso hospitalario general y en las unidades de cuidados intensivos, y su mortalidad es del 47.1 % [1,4].

La severidad y morbilidad de la sepsis se puede estimar mediante diferentes puntajes como SOFA y Sistema Logístico de Disfunción Orgánica (LODS) [5,6]; o mediante biomarcadores como la procalcitonina [7], la interleucina 6 [8-9], la proteína C reactiva [10], el volumen medio plaquetario [11], entre otros. Sin embargo, muchos de ellos no pueden ser usados debido al alto costo de diagnóstico. En Ecuador, el panorama no es diferente a la realidad global, siendo el acceso a biomarcadores escaso.

Zahorec [12] fue el primero en proponer el uso del índice neutrófilos-linfocitos como marcador de infección, reportando que cuando se compara el conteo de neutrófilos con el de linfocitos en sangre periférica, se logra un indicador de pronóstico adecuado. Los índices neutrófilos-linfocitos (INL) y plaquetas-linfocitos (IPL), son la relación entre el conteo absoluto de neutrófilos o plaquetas dividido para el conteo absoluto de linfocitos, respectivamente [13, 14].

En el caso del INL, la neutrofilia o la linfopenia resultan en un índice alto, mientras que la linfocitosis o la neutropenia resultan en un índice bajo. Valores altos indican un predominio

de factores proinflamatorios en la patogenia de la enfermedad [15,16]. Se ha demostrado que un INL con puntos de corte superiores a 10 predicen una supervivencia global más pobre en pacientes con cuadros infecciosos. También se ha demostrado que el incremento de este índice se encuentra asociado a ciertas patologías cancerígenas, ginecológicas, gastrointestinales y enfermedades cardiovasculares [17]. El IPL con valores superiores a 200 se ha correlacionado con pobre evolución de sepsis, y varias enfermedades como infarto al miocardio, insuficiencia renal terminal y carcinoma epitelial ovárico [18].

Con estos antecedentes y con el afán de encontrar nuevos biomarcadores en la sepsis que sean asequibles y de bajo costo, estudiamos a los índices neutrófilos-linfocitos y plaquetas-linfocitos como predictores de gravedad y mortalidad de pacientes con sepsis, por ser fáciles de calcular con los valores de reporte diario del hemograma rutinario.

Métodos

Diseño

Se realizó un estudio observacional prospectivo analítico, mediante el uso de historiales clínicos y de laboratorio perteneciente a pacientes ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Docente de Calderón de la ciudad de Quito, quienes presentaban sepsis y choque séptico de cualquier etiología.

Sujetos

Se revisaron en total 388 historias clínicas de pacientes ingresados a la unidad de cuidado intensivos, de los cuales 149 cumplieron con los criterios de inclusión para este estudio: pacientes hombres o mujeres, mayores a 18 años, y que hayan sido diagnosticados con sepsis o choque séptico mediante criterios SEPSIS 3 [1]. Se excluyeron pacientes con neoplasias o que habían recibido quimioterapia o radioterapia, con insuficiencia hepática y renal crónica, hepatitis crónica, tuberculosis,

infección por el virus de la inmunodeficiencia humana y uso de glucocorticoides durante los tres meses previos.

Severidad de la sepsis

Con los datos de cada paciente se determinó la gravedad fisiológica de la sepsis a través APACHE II, y la disfunción multiorgánica con la escala SOFA. La puntuación de APACHE II mayor de 20, correspondió a pronóstico de muerte, y el puntaje SOFA máximo 24 puntos indicó peor desenlace.

Evaluación de INL e IPL

A las 24 y 48 horas de hospitalización se calcularon los índices neutrófilos-linfocitos (división entre el número absoluto de neutrófilos y el número absoluto de linfocitos) y plaquetas-linfocitos (división entre el número absoluto de plaquetas y el número absoluto de linfocitos) a partir de los valores de neutrófilos, linfocitos y plaquetas (1000 células/m^3) reportados en el hemograma diario. También, se registró la concentración de procalcitonina en ng/mL. Los hemogramas fueron realizados mediante impedancia en un equipo Mindray BC-6800). Finalmente, se registraron los días de estancia en la Unidad de Terapia Intensiva (UTI) y el estado al egreso como vivo o fallecido.

Análisis estadístico

La información se registró en el formulario único de investigación y fue trasladada a una base creada en el programa de Excel para su depuración. Posteriormente, los datos fueron exportados al programa estadístico SPSS versión 22 y R versión 3.5.2 para su análisis.

Las variables cuantitativas de edad, puntuación APACHE II, puntuación SOFA, número de leucocitos, neutrófilos, linfocitos y plaquetas, y procalcitonina a las 24 y 48 horas de hospitalización fueron descritas, dependiendo la distribución de las observaciones, promedios y desviación estándar, o con mediana con sus respectivos intervalos intercuartílico. Ade-

más, para las variables índice neutrófilo-linfocito e índice plaqueta-linfocito se reportó la desviación absoluta de la mediana. Pruebas robustas de Yuen's trimmed y t-student o U Mann-Whitney fueron usadas para evaluar diferencias significativas y sus intervalos de confianza al 95% entre grupos, principalmente cuando la muestra fue pequeña.

Las variables cualitativas de sexo, presencia/ausencia de choque séptico y estado de egreso de las unidades de terapia intensiva (vivo o fallecido) se reportaron en frecuencias absolutas y relativas. Para evaluar diferencias significativas entre estas variables se usó la prueba de independencia de χ^2 , y cuando una de las frecuencias observadas fue menor a cinco se evaluó con la prueba exacta de Fisher.

El análisis multivariado se realizó con modelos de regresión logística binaria, con estado de egreso (vivo o fallecido) como variable respuesta, y como variables explicativas el índice neutrófilo-linfocito, índice plaqueta-linfocito, sexo, procalcitonina y puntuación de SOFA. La valoración de riesgo se reportó en ratio de Odds ajustados (ORa) con sus respectivos intervalos de confianza al 95%. La generación de modelaje predictivo de mortalidad en sepsis, se usó métodos de validación interna por lo que se dividió la base de manera aleatoria con un 70.0 % para la generación de coeficientes (train base) y el 30.0 % restante para valoración de rendimiento (test base); con el mejor punto de corte se valoró el rendimiento total, tasa de errores, sensibilidad, especificidad, valores predictivos, además de generar curvas operadoras del receptor (ROC). Para todas las comparaciones se consideraron significativos valores inferiores al 5% ($P < 0.05$).

Consideraciones éticas

El protocolo de esta investigación fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos del Hospital Docente de Calderón, se tomó datos secundarios de los hemogramas rutinarios de los pacientes en-

rolados por lo que no fue necesario aplicar consentimiento informado.

Resultados

De los 149 pacientes incluidos en este estudio el 53.0 % (79/149) fueron de sexo masculino, con mediana de edad de 68 años y un rango intercuartil entre 21 a 92 años.

De todos los pacientes con sepsis el 65.1 % (97/149) desarrollaron choque séptico. Las puntuaciones de gravedad variaron de manera importante, los rangos de APACHE II al ingreso

fueron de 4 puntos hasta 43 puntos; y la mediana de 17 puntos (RIQ: 12–22 puntos). Para el puntaje SOFA valorado al ingreso, los rangos fueron desde uno hasta 15 puntos, y la mediana de ocho puntos (RIQ: 5–11 puntos). La tasa de mortalidad en este estudio fue de 33.6 % (50/149) (**Tabla 1**).

El tiempo de estancia en la unidad de terapia intensiva (UTI) también fue muy asimétrica, aproximadamente la mitad de los pacientes permanecieron por 10 días o menos (RIQ: 6–14 días); sin embargo, se presentaron casos de hasta 48 días.

Tabla 1. Resumen de las principales características de los pacientes con sepsis (n= 149)

Variable	Parámetro	IC 95%
Choque séptico [n (%)]	97 (65.1)	57 - 72
Sexo masculino [n (%)]	79 (53.0)	45 - 61
Edad, años ^a	68 ± 19.0	63 - 71
APACHE II puntos al ingreso ^a	17 ± 7.0	25 - 41
SOFA, puntos al ingreso ^a	8 ± 4.0	6 - 9
Estancia en UTI, días ^a	10 ± 6.0	9 - 11
Fallecidos [n (%)]	50 (33.6)	23 - 55

^a Datos presentados en mediana ± desviación absoluta
IC: intervalos de confianza

La tasa de mortalidad de acuerdo al sexo fue similar, para los hombres 39.2% (31/79) y para mujeres 27.1 % (19/70), esto significó una diferencia del 12.1 % (IC 95% 4.2–28.4; $P = 0.17$). No se encontró diferencia en las edades de acuerdo al evento final (vivo/muerto). Las puntuaciones de gravedad por el contrario mostraron una muy fuerte asociación con muerte en el análisis comparativo (**Tabla 2**).

En el puntaje de APACHE-II, los sobrevivientes presentaron puntajes significativamente menores que los fallecidos, la diferencia mediana fue de -6 puntos (IC 95%: -9 a -3 puntos; $P < 0.0001$). Para el puntaje SOFA la diferencia mediana fue de -4 puntos (IC 95 %: -5 a -2 puntos; $P < 0.01$). Los contajes celulares (leucocitos, neutrófilos, linfocitos y plaquetas) y los índices derivados de los mismos en

el día uno y dos no mostraron significación estadística (**Tabla 2**).

Índice Neutrófilos-Linfocitos (INL)

No hubo riesgo de muerte asociado con valores mayores del índice neutrófilos-linfocitos al día uno; el OR ajustado fue uno (95% IC 0.97–1.03; $P = 0.85$). La mediana del INL para el grupo de sobrevivientes fue de 12.7 (RIQ: 8.1–17.4), y para quienes fallecieron fue de 12.8 (RIQ: 7.9–22.6). La diferencia entre grupos fue de apenas -0.17 (95% IC -2.98–2.4; $P = 0.81$) (**Figura 1**).

La valoración del INL en el día uno no mostró capacidad de predicción en el análisis multivariado, se confirmó la falta de asociación entre sus valores y muerte (lo hallado en el análisis

Tabla 2. Características clínicas y de laboratorio de acuerdo al desenlace final (sobreviviente/fallecido)

Variable	Sobrevivientes n = 99	Fallecidos n = 50	P
Sexo masculino [n (%)]	48 (48.5)	31 (62.0)	NS
Edad, años ^a	64±19	68±17	NS
APACHE puntuación ingreso b	15±4	21±7	<0.0001
SOFA puntuación ingreso b	6±3	10±3	<0.0001
Laboratorio ^{b,c}			
Leucocitos día 1	14.8±4.6	14.6±6.2	NS
Leucocitos día 2	13.2±5.3	14.9±7.9	NS
Neutrófilos día 1	13.2±4.7	12.8±5.0	NS
Neutrófilos día 2	10.5±5.3	12.6±6.3	NS
Linfocitos día 1	1.0±0.6	0.8±0.5	NS
Linfocitos día 2	1.0±0.5	0.8±0.4	NS
Plaquetas día 1	218.0±102.3	231.0±124.5	NS
Plaquetas día 2	213.0±124.5	202.0±111.2	NS
Procalcitonina (ng/ml) (mediana ± MAD)	1.1±1.5	8.4±11.3	<0.0001
Indices ^b			
INL día 1	12.6±7.0	12.8±7.9	NS
INL día 2	11.8±7.7	14.7±11.9	NS
IPL día 1	245.4±167.0	235.9±196.1	NS
IPL día 2	247.2±153.4	222.5±181.7	NS

^a Se reporta promedio ± desvío estándar

^b Se reporta mediana ± desviación absoluta de la mediana

^c Se reporta x 1000 cel/mm³

INL: Índice Leucocitos-Linfocitos; IPL: Índice Plaquetas-Linfocitos

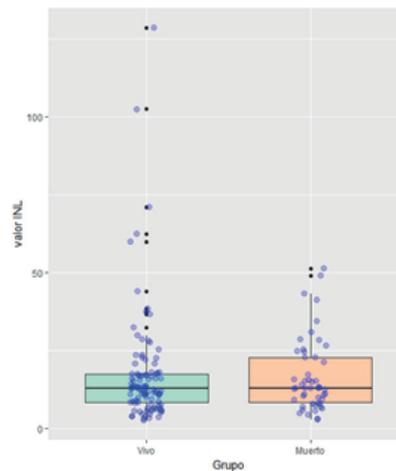


Figura 1. Distribución de los valores del Índice Neutrófilo-Linfocito (INL) en el día 1 para los grupos de acuerdo a su evento final (vivo/muerto), se grafica además los valores individuales de cada paciente.

comparativo). La tasa de errores en la predicción alcanzó el 52.1 %, con el mejor punto de corte (INL-d1= 13.19).

La capacidad discriminante del INL en el día uno fue de 47.9 %, equivalente a una tasa de errores del 52.1 %: Sensibilidad 47.1 %;

Especificidad: 48.4 %; Valor predictivo positivo (VPP): 33.3 %; Valor predictivo negativo (VPN): 62.5 % (**Figura 2**).

Los valores de INL en el día dos no mostraron diferencias significativas entre los grupos que sobrevivieron y los fallecidos,

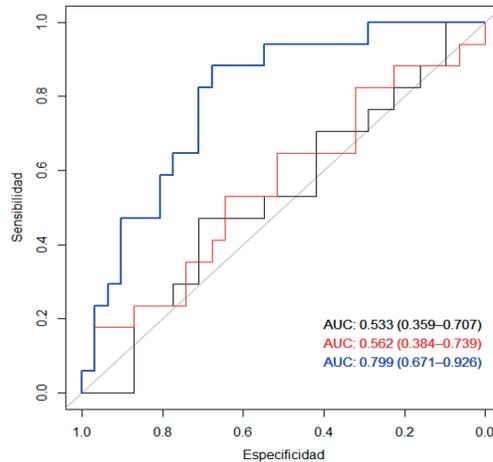


Figura 2. Curvas ROC para el rendimiento predictivo de muerte en pacientes con sepsis y choque séptico, índice neutrófilos-linfocitos inicial en negro (INL- d1); índice plaquetas-linfocitos inicial en rojo (IPL-d1); modelo combinado con uso de puntaje de SOFA y valores de procalcitonina superior a 15.7 ng/ml en azul.

la diferencia media entre ellos fue de -2.89 (95 % IC $-8.39-0.97$; $P = 0.18$); en el análisis multivariado se encontró una ligera asociación entre los valores superiores de INL con el riesgo de muerte, ORadj: 1.06 (95 % IC $1.02-1.11$; $P = 0.01$).

La valoración del INL-día dos tampoco tuvo valor predictivo, con un punto de corte de diez (INL-d 2 =10), la tasa de errores en la predicción fue del 50%. Los valores alcanzados en el segundo día mostraron sensibilidad 70.6%, especificidad 38.7 %, valor predictivo positivo (VPP) 38.7 %, y valor predictivo negativo (VPN) 70.6 % (**Figura 2**).

Con un punto de corte de 222, la tasa de errores en la predicción para el índice plaquetas-linfocitos en el día uno fue de 52.1%, y presentó sensibilidad 47.1%, especificidad 48.4%, VPP 33.3 % y VPN 62.5% (Figura 2).

No se mostró que el cambio entre la primera valoración y la segunda en el análisis longitudinal se asocie con mortalidad. Los pacientes que fallecieron presentaron un incremento no significativo del INL entre el primero y segundo día en promedio de 2.08 (95 % IC $-0.73-5.62$; $P = 0.18$).

Índice Plaquetas-Linfocitos (IPL)

El IPL en el día uno no se asoció con fallecimiento con un ORa: 1.00 (95 % IC $0.998-1.002$; $P = 0.96$). El valor medio del IPL-día uno para los pacientes que sobrevivieron fue de 245.4 (RIQ: 151.1–375) y para quienes fallecieron fue 236 (RIQ: 148–383.9); esto significó una diferencia no significativa de 9.5 (95% IC $-81.5-90.1$; $P = 0.84$) (**Figura 3**). El rendimiento general para predicción de los distintos modelos puede resumirse en la **Tabla 3**.

El índice plaquetas-linfocitos en el día dos (IPL-d2) tampoco mostró asociación con muerte, ORa: 1.06 (95% IC $0.999-1.003$; $P = 0.44$). El valor medio del IPL-d2 para los pacientes que sobrevivieron fue de 247.2 (RIQ: 147.5–390.6) vs 222.6 (RIQ: 124.4–413) en quienes fallecieron; esto significó una diferencia de 24.7 (IC 95 %: $-69.4-87.8$; $P = 0.63$). Con el mejor punto de corte al día dos (IPL-d2 =265) la tasa de errores en la predicción fue de 56.3 %; Sensibilidad: 41.2%; Especificidad: 45.2%; VPP: 29.2%; VPN: 58.3% (**Figura 2**).

El análisis multivariado confirmó los hallazgos del análisis comparativo. Solo el grado de severidad del paciente valorado con APA-

CHE-II o con SOFA, y algo menos los valores de procalcitonina (PCT) se asociaron significativamente con muerte (**Tabla 4**).

El uso combinado del puntaje de SOFA, y marginalmente los valores superiores a los 15.7 ng/ml de procalcitonina predijeron muerte con una tasa de errores del 25%,

sensibilidad 82.4% (95%IC 56.57–96.20%), especificidad 71% (95%IC 51.96–85.78%), VPP 60.9% (95%IC 46.23–73.78%), VPN 88% (95%IC 71.93–95.45 %); rendimiento general del 75 % (95%IC 60.40–86.36 %), el área bajo la curva (AUC) para el modelo mixto fue de 0.79 (95%IC 0.67–0.93; $P < 0.01$) (Figura 2).

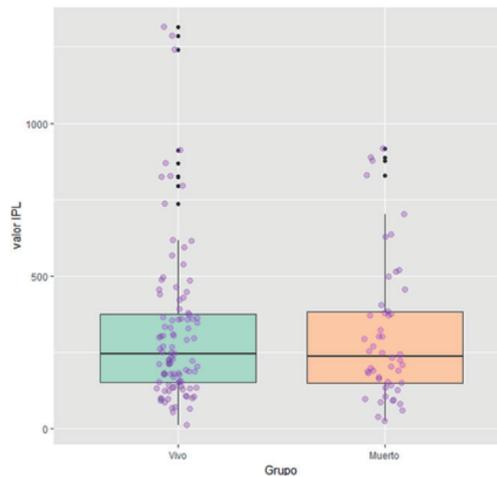


Figura 3. Distribución de los valores del Índice Plaquetas-Linfocitos (IPL) en el día 1 para los grupos de acuerdo a su evento final (vivo/muerto), se grafica además los valores individuales de cada paciente.

Tabla 3. Exactitud diagnóstica de los índices neutrófilos-linfocitos y plaquetas-linfocitos, otras variables para predicción de muerte

Variable	AUC ^a	95 % IC	Corte ^b	Se (%)	Sp (%)
INL ^c	0.53	0.34-0.71	≥ 13.2	47.1	48.4
IPL ^d	0.56	0.38-0.74	≥ 221.8	47.1	48.4
PCT ^e	0.71	0.55-0.87	≥ 5.7	41.2	87.1
SOFA ^f	0.78	0.65-0.90	≥ 0.0	76.5	64.5
Mixto (SOFA y PCT) ^g	0.79	0.67-0.93	-	82.4	71.0

^a Área bajo la curva

^b Punto de corte con la menor tasa de errores

^c Índice neutrófilos-linfocitos en su valoración inicial (día 1)

^d Índice plaquetas-linfocitos en su valoración inicial (día 1)

^e Procalcitonina sola, $P < 0.01$

^f SOFA solo, $P < 0.01$

^g para probabilidades ≥0.36; (β_0 : -3.21; β_{sofa} : 0.21; β_{pct} : 0.025); $P < 0.01$

Se: Sensibilidad; **Sp:** especificidad

Discusión

Este estudio reveló que, INL e IPL son pruebas con bajo poder predictivo para evaluar la gravedad y mortalidad de los pacientes con sepsis y choque séptico.

De los 149 pacientes analizados, el 65.1% se diagnosticó con shock séptico, cifra que es inferior a la reportada por Gómez, et al. [19], para quienes, la incidencia de shock séptico alcanza hasta el 70% de los pacientes con sepsis, salvando las diferencias de los contextos en los

Tabla 4. Riesgo ajustado por regresión logística para distintas variables de laboratorio y clínicas

Factor	ORa	95 % IC	P
INL (día 1) ^a	1.00	0.97-1.03	0.85
INL (día 2)	1.06	1.02-1.11	0.01
IPL (día 1) ^b	1.000	0.998-1.002	0.96
IPL (día 2)	1.000	0.999-1.003	0.44
Sexo masculino	2.169	0.840-5.921	0.12
Procalcitonina ^c	1.025	1.004-1.050	0.03
Score SOFA ^d	1.224	1.059-1.431	0.01

^a INL Índice Neutrófilos-Linfocitos

^b IPL Índice Plaquetas-Linfocitos

^c Para valores superiores a los 8.0 ng/ml

^d Incremento de riesgo por cada punto adicional en el score de SOFA

que se realizó el estudio, ya que el trabajo citado recoge la incidencia en los Estados Unidos. Se acepta además que los pacientes con shock séptico constituyen hasta el 10% de los casos hospitalizados en la Unidades de Cuidados Intensivos, alcanzando una mortalidad de hasta el 50% de los casos [20]. La mediana de edad de los pacientes en este trabajo fue de 68 años, lo que indica que se trata de pacientes adultos mayores, coincidiendo esto con los hallazgos de Yeally, et al. [21], quienes sostienen que la edad es uno de los factores con mayor asociación con las complicaciones de la sepsis [22].

El promedio de puntos en la escala APACHE II en este estudio fue de 17, que es un promedio elevado si se tiene en cuenta que en las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI), la mayoría de los pacientes que sobreviven tienen un APACHE entre nueve y 15 puntos, mientras que los que fallecen, generalmente tienen puntuaciones iniciales de entre 19 y 25 puntos [4]. La escala SOFA obtuvo una puntuación media de ocho puntos. Lo que está por debajo del punto de corte para predecir mortalidad, que es de 11 puntos [23].

La escala SOFA obtuvo un área bajo la curva de 0.78 con una sensibilidad del 76.4% y una especificidad del 64.5%. Estos resultados son ligeramente inferiores a los obtenidos por Wang, et al. [24], para quienes esta escala obtuvo un área bajo la curva de 0.8; con un punto de corte de 7.6 con sensibilidad del 79.9% y especi-

ficidad del 78.5%, ambos valores, superiores a los obtenidos en esta investigación. Para Marín y Soto [25], la escala SOFA tiene un rendimiento similar al APACHE II en la predicción de mortalidad en casos de sepsis y shock séptico. El rendimiento diagnóstico de esta escala se incrementó al ser utilizada de forma conjunta con la determinación de procalcitonina, el área bajo la curva fue de 0.79 con una sensibilidad del 82.4% y una especificidad del 71%; alcanzando significación estadística como predictor de mortalidad en los pacientes con shock séptico la combinación de estos dos parámetros, en el análisis multivariado ($P = 0.01$).

La estancia hospitalaria obtuvo una media de 10 días, una cifra inferior a la reportada en el estudio de Azkárate, et al. [26], en el que el promedio de días de hospitalización en una población de 511 casos de shock séptico fue 14, con una mortalidad del 20.5% (que también es superior a la obtenida en este trabajo, en el que fue del 33.6%; $n=50$).

El área bajo la curva que se obtuvo para el índice neutrófilos linfocitos, de 0.53, con una sensibilidad del 47.1% y una especificidad del 48.4%, dio un rendimiento diagnóstico bajo, por tanto este índice debe ser valorado [27] cuidadosamente, además de complementarlo con otros para predecir mortalidad en el paciente con shock séptico en UCI. Esto probablemente se debe a que estos índices miden bien inflamación, pero no son específicos de la

inflamación secundaria a estados infecciosos como la sepsis. Entonces, los valores de neutrófilos y linfocitos, son un marcador inespecífico de inflamación; sin embargo, el INL ha sido ampliamente utilizado para predecir mortalidad, no solamente en la sepsis, sino también en los pacientes con afecciones cardiovasculares [28]. La variación en la cifra de estas líneas celulares, traduce un proceso inflamatorio, con incremento de citoquinas circulantes, y el INL se asocia de forma significativa a los niveles de citocinas proinflamatorias y con el desarrollo y progresión de las enfermedades cardiovasculares. Se ha utilizado además este índice en la predicción de mortalidad en la sepsis intra abdominal, utilizando puntos de corte de 12 para riesgo leve, 14 para riesgo moderado y 27 o más para riesgo grave; cuando se obtiene un índice del 50, el caso puede catalogarse como crítico. Gálvez, et al. [29], describen una relación directamente proporcional entre el puntaje obtenido en la escala APACHE II y el incremento de este índice, ambos con una relación significativa con la mortalidad del paciente con shock séptico [30].

El Índice plaquetas linfocitos obtuvo un área bajo la curva de 0.56, con valores de sensibilidad y especificidad idénticos al índice anterior. Además, en el análisis multivariado no se obtuvo significancia estadística para la predicción de mortalidad ($P > 0.05$). Esto se explica, como en el caso anterior, porque es un índice inespecífico, que se ha utilizado incluso para predecir el parto pretérmino [18] y que traduce solamente la presencia de citoquinas proinflamatorias en el torrente sanguíneo; teniendo en cuenta que la sepsis cursa con incremento del número de plaquetas y con linfopenia, es de esperar que el índice entre estos sea elevado en estos casos; sin embargo, no demostró valor predictivo alguno en este estudio.

Ambos índices, neutrófilos/linfocitos y plaquetas /linfocitos constituyen el llamado índice de inmunidad-inflamación sistémica (IIS), que puede reflejar de manera más fidedigna el desequilibrio de la inmunidad/inflamación. Hasta el momento no existen estudios publicados

que prueben este índice en situaciones clínicas distintas al cáncer, obesidad y tabaquismo, a diferencia de otros, como el volumen medio plaquetario [11] que se han utilizado como factores de pronóstico en sepsis, síndromes coronarios agudos, isquemia e infartos cerebrales, tromboembolismo e incluso padecimientos inflamatorios como artritis reumatoide [31].

Aunque las fortalezas de este estudio son su diseño prospectivo y la poca probabilidad de sesgo de medición al utilizar el mismo equipo para medir las variables utilizadas en los índices, el ser mono céntrico y con una muestra relativamente pequeña hace necesario la realización de estudios con mayor número de pacientes para determinar si los resultados de éste estudio son replicables.

En conclusión, en este estudio se demostró que los índices neutrófilos-linfocitos y plaquetas-linfocitos valorados en el primer y segundo días de hospitalización, no mostraron asociación significativa con mortalidad; y que la puntuación SOFA continúa siendo robusta como escala pronóstica en pacientes con sepsis.

Conflicto de intereses

Los autores no reportan conflicto de interés alguno.

Contribución de los autores.

Las distintas fases de la investigación fueron realizadas por todos los autores, quienes contribuyeron de igual forma en todo el proceso. El autor correspondiente representa al colectivo de autores.

Financiamiento

Los recursos fueron provistos por los autores.

Disponibilidad de datos

Los datos que sustentan este manuscrito están disponibles bajo solicitud al autor de correspondencia.

Consentimiento para publicación

La identidad de los individuos participantes en el estudio es anónima y confidencial, por lo que no se obtuvo un consentimiento específico para su publicación.

Referencias

1. Singer M, Deutschman C, Seymour C, Shankr M, Annane D, et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3). *JAMA*. 2016;315(8):801-810.
2. Seymour C, Liu V, Iwashyna T, Brunkhorst W, Rea T, Scherag A, et al. Assessment of clinical criteria for sepsis: for the third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3). *JAMA*. 2016; 315(8):762-774.
3. Armstrong B, Betzold R, May A. Sepsis and septic shock strategies. *Surg Clin North Am*. 2017; 97(6):1339-1379.
4. Rios V. Prevalencia y factores asociados a mortalidad por sepsis en pacientes de cuidados intensivos en el hospital José Carrasco Arteaga [Tesis]. Cuenca: Universidad de Cuenca; 2018.
5. Mosella S, Ibáñez C, Chávez M, Ugarte S. Comparación de los modelos pronósticos APACHE II y Score Salvador en sepsis abdominal. *Rev Chil Med Intensiva*. 2008;23(1):7-11.
6. Arias J, Balibrea J. Utilización de índices de gravedad en la sepsis. *Cir Esp*. 2001; 70(1):314-323.
7. Ferrer R, Artigas A. Physiologic parameters as biomarkers: what can we learn from physiologic variables and variation? *Crit Care Clin*. 2011;27(2):229-240.
8. Churpek M, Zdravcevic F, Winslow C, Howell M, Edelson D. Incidence and prognostic value of the systemic inflammatory response syndrome and organ dysfunctions in 60 ward patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015;192(8):958-964.
9. Levi M, Toh C, Thachil J, Watson H. Guidelines for the diagnosis and management of disseminated intravascular coagulation. British Committee for Standards in Haematology. *Br J Haematol*. 2009; 145(1):24-33.
10. Jilma B. Regulation of adhesion molecules during human endotoxemia. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999; 159(3):857-863.
11. Vélez J, Vélez P, Jara A, Bucheli R. ¿Es el volumen medio plaquetario un predictor de mortalidad en la sepsis? *Rev. Fac Cien Med (Quito)*. 2015;42(1):84-90.
12. Zahorec R. Ratio of neutrophil to lymphocyte counts- rapid and simple parameter of systemic inflammation and stress in critically ill. *Bratisl Lek Listy*. 2001; 102(1):5-14.
13. Liu H, Liu G, Tian Z. Changes in blood lymphocytes in sepsis patients. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. 2014;26(3):148-152.
14. Benites-Zapata VA. Usefulness of neutrophil-to-lymphocyte ratio in risk stratification of patients with advanced heart failure. *Am J Cardiol*. 2015; 115(1):57-61.
15. de Jager CP. Lymphocytopenia and neutrophil-lymphocyte count ratio predict bacteremia better than conventional infection markers in an emergency care unit. *Crit Care*. 2010;14(2):192-206.
16. Deutschman C, Tracey K. Sepsis: current dogma and new perspectives. *Immunity*. 2014;40(4):463-475.
17. Iskander K, Osuchowski M, Stearn K, Kusosawa S, Stephen D, Vaentine C, et al. Sepsis: multiple abnormalities, heterogeneous responses, and evolving understanding. *Physiol Rev*. 2013;93(3):1247-1288.
18. Saliccioli JD. The association between the neutrophil-tolymphocyte ratio and mortality in critical illness: an observational cohort study. *Crit Care*. 2015;19(1):13-20.
19. Gómez B, Sánchez L, Pérez B, Díaz G, Rodríguez W. Choque séptico. Lo que sabemos y lo que debemos saber. *Med Int Méx*. 2017;33(3):381-391.
20. Rhodes A, Evans L, Alhazzani W, Levy M, Antonelli M, Ferrer R et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock: 2016. *Intensive Care Med*. 2017; 43(3):304-377..
21. ProCESS investigators, Yeally D, Kellum J, Huang D, Barnato A, Weissfeld L, et al. A randomized trial of protocol-based care for early septic shock. *N Engl J Med*. 2014; 370(18):1683-1693.
22. Palomba H, Correa T, Silva E, Pardini A, Assuncao M. Comparative analysis of survival between elderly and non-elderly severe sepsis and septic shock resuscitated patients. *Einstein (Sao Paulo)*. 2015;13(3):357-363.
23. Eamon P, Udy A, Bailey M. Prognostic accuracy of the SOFA score, SIRS criteria, and qSOFA score for in-hospital mortality among adults with suspected infection admitted to the intensive care unit. *JAMA*. 2017;317(3):290-300..
24. Wang Y, Wang D, Fu J, Liu Y. Predictive value of SOFA, qSOFA score and traditional evaluation index on sepsis prognosis. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. 2017; 29(8):700-704.

25. Marín D, Soto A. Comparación de sistemas de puntaje pronóstico en la predicción de mortalidad y complicaciones en la sepsis. *Rev Perú Med Exp Salud Pública*. 2016;33(1):51-57.
26. Azkárate I, Cabarcos E, Choperena M, Pascal M, Salas E. Registro observacional y prospectivo de sepsis grave/shock séptico en un hospital terciario de la provincia de Guipúzcoa. *Med Intensiva*. 2012;36(4):250-56.
27. Roca B. Sepsis y síndromes relacionados. *Rev Med Univ Navarra*. 2008;4(1):3-14.
28. Martínez D, Beltrán A, Beloqui B, Huerta A. El índice neutrófilo/linfocito como marcador de disfunción sistémica endotelial en sujetos asintomáticos. *Nefrología*. 2016;36(4):397-403.
29. Gálvez A, Mancilla N, Santos D, Carrillo R. Índice neutrófilos-linfocitos como predictor de gravedad y mortalidad en pacientes con sepsis abdominal. *Med Int Méx*. 2016;32(1):41-47.
30. Azab B, Camacho M, Taioli E. Average values and racial differences of neutrophil lymphocyte ratio among a nationally representative sample of United States subjects. *PLoS One*. 2014;9(11):23-31.
31. Lagunas-Alvarado M, Mijangos-Huesca FJ, Terán Gonzalez JO, Lagunas-Alvarado MG, Martínez-Zavala N, Franco Reyes I, et al. Índice de inmunidad-inflamación sistémica en sepsis. *Med Int Méx*. 2017;33(3):303-309.

Seguridad de la resonancia magnética en pacientes portadores de marcapasos

Fernando Hidalgo Ottolenghi¹, Liliana Cárdenas², Marco Gaibor², Cristhian Espinoza Romero²

¹ Unidad de Arritmias y Marcapasos. Servicio de Cardiología. Hospital de Especialidades Eugenio Espejo. Quito. Ecuador.

² Servicio de Cardiología. Hospital de Especialidades Eugenio Espejo. Quito. Ecuador.

Correspondencia: Fernando Hidalgo Ottolenghi; fehiott@hotmail.com

Recibido: 6 mayo 2019; **Aceptado:** 14 agosto 2019

Resumen

Introducción: Actualmente, los estudios de resonancia magnética (RM) se realizan con mucha frecuencia debido a que no utilizan radiaciones ionizantes y no son invasivos. Sin embargo, existe confusión en el personal médico sobre cómo proceder cuando se requiere este estudio en personas con enfermedades cardiovasculares portadores de prótesis o dispositivos (marcapasos, desfibriladores y/o resincronizadores) con componentes ferromagnéticos que suponen un riesgo para el paciente.

Presentación de caso: Mujer de 47 años de edad, con clínica compatible con síncope neuromediado en los dos últimos años. Tuvo un test de mesa basculante positivo para síncope vasovagal con repuesta cardioinhibidora (asistolia durante 20 segundos). Recibió tratamiento no farmacológico y farmacológico sin que desaparezcan los episodios sincopales, por lo que se realizó implante de un marcapaso bicameral, con algoritmo para caída de la frecuencia cardíaca. Tres años después del implante presentó un evento cerebro vascular por lo que se realizó una resonancia magnética cerebral. Afortunadamente el marcapaso y cables implantados soportaron este estudio sin que se produjeran alteraciones en el marcapaso, programación, o en los cables y sin afectación del paciente.

Conclusiones: Este caso añade evidencia a la literatura sobre la seguridad del estudio de resonancia magnética en pacientes portadores de dispositivos ferromagnéticos como el marcapaso bicameral. Aunque hace falta más evidencia, en lo posible se debería implantar marcapasos u otros dispositivos compatibles con estudios de resonancia magnética, sobre todo en poblaciones con mayor riesgo de que en algún momento requiera de estos.

Palabras clave: Resonancia magnética, radiación ionizante, síncope, seguridad, arritmia cardíaca.

Safety of magnetic resonance in patients with pacemakers

Abstract

Background: Currently, Magnetic Resonance (MR) studies are performed very frequently because they do not use ionizing radiation and are not invasive. However, there is confusion in medical staff about how to proceed when this study is required in people with cardiovascular diseases who carry prostheses or devices (pacemakers, defibrillators and / or resynchronizers) with ferromagnetic components that represent a risk to the patient.

Case presentation: A 47-year-old woman with a clinic compatible with neurally mediated syncope, in the last two years. He had a positive tilt table test for vasovagal syncope with cardioinhibitory response (asystole for 20 seconds). He received non-pharmacological and pharmacological treatment, without the disappearance of the syncopal episodes, so that a bicameral pacemaker was implanted, with an algorithm for heart rate drop. Three years after the implant, he presented a vascular brain event, so a brain MRI was performed. Fortunately, the pacemaker and implanted cables conditionally supported this study without alterations in the pacemaker, programming, or cables and without affecting the patient.

Conclusion: This case adds evidence to the literature on the safety of the MRI study in patients with ferromagnetic devices such as the bicameral pacemaker. Although more evidence is needed, pacemakers or other devices compatible with MRI studies should be implanted, especially in populations with a higher risk of requiring them at some time.

Keywords: Magnetic resonance, ionizing radiation, syncope, safety, cardiac arrhythmia.

Citación: Hidalgo Ottolenghi F, Cárdenas L, Gaibor M, Espinoza Romero C. Seguridad de la resonancia magnética en pacientes portadores de marcapasos. Rev Fac Cien Med (Quito) 2019; 44 (1): 68-73



Introducción

El implante de dispositivos cardiovasculares es común a nivel mundial. En España se implantaron en el año 2016, 12.697 dispositivos (marcapasos, desfibriladores y resincronizadores) en 115 centros hospitalarios, de los cuales únicamente el 16.1% tenía protección para resonancia magnética (RM) [1]. Entre el 50 a 75% de los pacientes con un implante tendrán una indicación de resonancia magnética durante su tiempo de vida y aunque en algunos casos este estudio puede ser sustituido por otro, muchas veces se requiere de una RM para lograr un buen diagnóstico. Sin embargo, la mayoría de estos dispositivos implantados no reúnen las características necesarias para soportar un estudio de RM sin riesgo para el paciente, ya que contienen componentes ferromagnéticos. Además, se ha descrito una mala función de marcapasos condicionales, a pesar de que en teoría serían seguros para realizar estudios de RM [2].

Los riesgos de la RM dependen de las características del examen, entre los que destacan las relacionadas con el campo magnético estático, la radiofrecuencia y el gradiente de campos magnéticos [3]. Actualmente, la RM se categoriza de acuerdo al grado de seguridad en pacientes portadores de marcapasos, desfibriladores o resincronizadores [4]: 1) RM seguros (MR safe), dispositivos implantados que no tienen riesgos en ningún ambiente de resonancia magnética y no son conductores, no son metálicos y no tienen componentes magnéticos; 2) RM condicionales (MR conditional), dispositivos implantados que no han demostrado generar riesgos conocidos en ambientes de RM adecuados, con condiciones específicas para su uso, y 3) RM no seguros, al menos un elemento que plantea peligros en todos los entornos de RM. Las condiciones que definen el ambiente de RM son: intensidad del campo magnético estático, gradiente magnético espacial, Variaciones del campo magnético en el tiempo (dB/dt) (), campos de Radiofrecuencias (RF) () y tasa específica de absorción (SAR, por su definición en inglés Specific Absorption Rate).

Presentación de caso

Con previo consentimiento se autoriza la publicación del presente con el fin de enriquecer al equipo médico sobre el uso de RM en pacientes portadores de estos dispositivos.

Se trata de una mujer de 46 años de edad, con antecedentes personales de presentación de tumor en trompa uterina, tratado quirúrgicamente y con siete ciclos de quimioterapia. Además, la paciente presenta hipertensión arterial en tratamiento con enalapril, 20 mg cada 12 horas, y síncope de etiología vaso vagal cada 12 horas. Al examen físico a nivel cardiopulmonar, el corazón con ruidos cardiacos rítmicos, no soplos, pulmones con entrada de aire bilateral adecuada, y sin signos de falla cardiaca. Se decide realizar test de mesa basculante, el cual resultó positivo (respuesta cardioinhibidora) con paro sinusal de 27 segundos.

A pesar del tratamiento no farmacológico habitual, basado en el “till training” que consiste en maniobras que previenen la respuesta vasovagal, y del tratamiento farmacológico con betabloqueadores e inhibidores de la recaptación de serotonina, los episodios sincopales continuaron. Por esta razón se decidió implantar un marcapaso bicameral con algoritmo de respuesta de caída de velocidad (Rate Drop Response, RDR). El RDR es específico para la estimulación cardíaca en pacientes con síncope vaso vagal y con respuesta cardioinhibidora [5]. Por tratarse de una paciente joven, se decidió implantar un marcapaso bicameral Medtronic Advisa DR MRI A3DR01 condicional para la realización de estudios de RM, en caso de requerir a futuro dicho estudio. Adicionalmente, se implantaron cables conductores compatibles con estudios de RM (auricular: Medtronic 5086MRI y ventricular Medtronic 5086MRI).

El 3 de marzo de 2016 ingresa a neurología por presentar un evento cerebro-vascular isquémico, de perfil lacunar, quedando como secuela hemiparesia braquiocrural izquierda. Debido a que no se pudo realizar un diagnóstico definitivo, se solicitó una RM cerebral,

la misma que se retrasó por la presencia del marcapaso implantado y fue dada de alta por neurología. Además, la paciente presentó numerosos episodios de palpitaciones provocadas por la utilización del algoritmo RDR, cuya

programación se evidencia en la **Tabla 1** y **Figura 1**. El algoritmo fue programado para dar una estimulación artificial de 130 lpm, durante 15 minutos, si es que el marcapaso detectaba una caída de la frecuencia.

Tabla 1. Programación en el marcapaso, del algoritmo RDR, adecuado para la prevención de síncope vaso-vagal

Episodio de respuesta a la caída de frecuencia n° 33015			
Respuesta a caída de frecuencia	Activado		
Modo	AAI <=> DDD		
Frec. Mínima	60 min ⁻¹		
Tipo de detección	Ambos		
Detección de caída		Intervención	
Magnitud de caída	25 min ⁻¹	Frec. Intervención	130 min ⁻¹
Frecuencia de caída	60 min ⁻¹	Duración intervención	3 min
Ventana de detección	1 min		
Detección frecuencia baja			
Latidos de detección	3		

AAI. Estimulación Auricular; Detección Auricular; Respuesta Inhibitoria.

DDD: Estimulación Doble (Auricular/Ventricular). Detección Doble. Respuesta Doble (Disparo/Inhibición).

n° 33015: Número de episodio descrito registrado por el marcapasos

Fuente: Documento original impreso de la unidad del marcapasos.

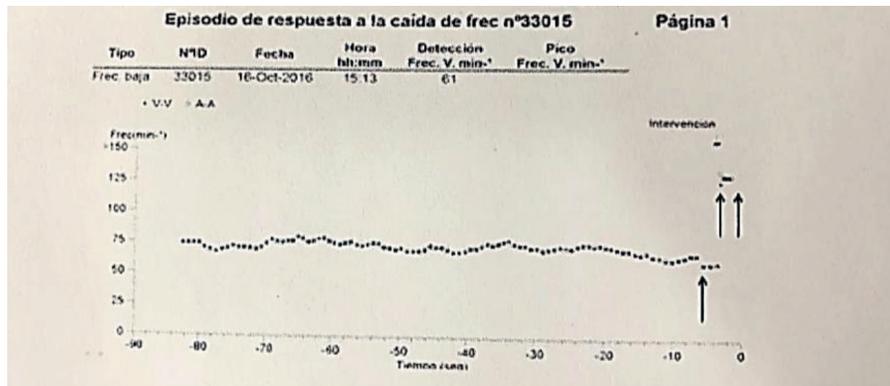


Figura 1. Inscripción de un episodio de caída de la frecuencia cardíaca. La línea punteada indica como la frecuencia cardíaca sufre un incremento brusco al detectar una frecuencia inferior a 60 lpm (flecha) y automáticamente incrementa los estímulos a 130 lpm (doble flecha). N° 33015: Número de episodio descrito registrado por el marcapasos.

El 14 de noviembre de 2016 la paciente ingresó a cardiología debido a varios episodios sincopales. Fue valorada en la unidad de arritmias, encontrándose en la memoria del marcapaso varios episodios de taquicardia mediada por marcapaso y otros de fibrilación

auricular. Ante esto se reprogramó el marcapasos para evitar los episodios de taquicardias, y debido a los episodios de fibrilación auricular se inició tratamiento con anticoagulantes con el objetivo de prevenir el riesgo tromboembólico **Figura 2**.

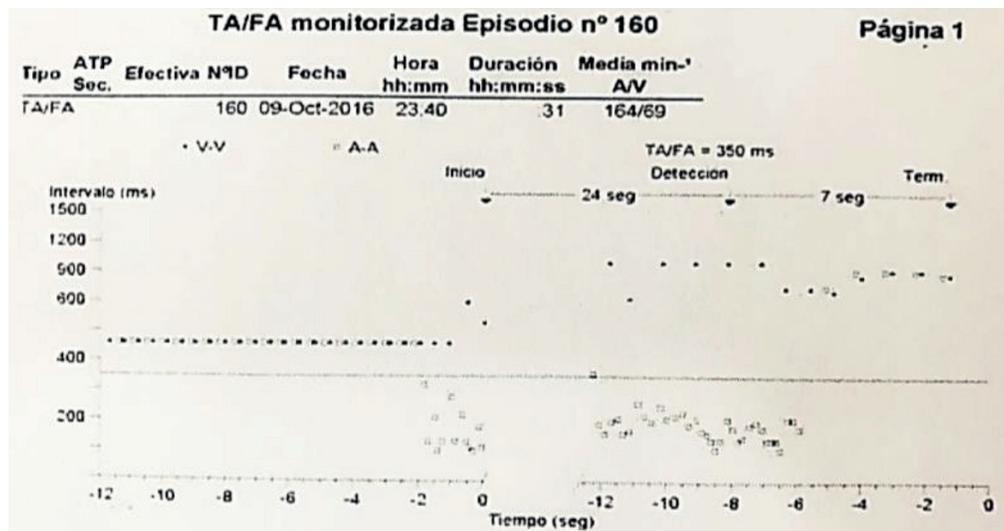


Figura 2. Detección de un episodio de fibrilación auricular de 31 segundos de duración registrado en la memoria del marcapaso. Nótese la línea regular de estimulación del marcapaso seguido de los puntos de sensado de la actividad auricular caótica.

Una vez que se confirmó que el marcapaso implantado era compatible para estudios de RM se preparó a la paciente, realizándose el estudio previo cumpliendo con las normas internacionales y también acatando las recomendaciones del fabricante. El estudio se realizó sin haber complicaciones en el marcapaso, su programación, y sin repercusión clínica en el paciente.

Discusión

En Estados Unidos se estima que cada año se realizan aproximadamente 400.000 implantes de marcapasos, desfibriladores y resincronizadores y unos cuatro millones de pacientes conviven con un dispositivo de este tipo [6]. En el Hospital de Especialidades Eugenio Espejo, Quito-Ecuador, se realizan anualmente aproximadamente 160 implantes, la mayoría son marcapasos bicamerales convencionales, los mismos que no son aptos para soportar estudios de resonancia magnética (RM).

La inmensa mayoría de marcapasos, que se implantan en el mundo no han sido construidos para que soporten un estudio de resonancia magnética; por lo tanto, muchos pacientes portadores no pueden realizarse este estudio debido al riesgo de complicaciones relacionados con elementos ferromagnéticos.

La RM se ha convertido en uno de los estudios de imagen más utilizados, debido a su buena resolución y evitan la exposición a la radiación ionizante. Además, la RM no utilizan medios de contraste nefrotóxicos y es un estudio no invasivo [4]. Si bien existen otros procedimientos de imagen que pueden ser alternativos, en algunos pacientes el estudio con RM magnética es mandatorio.

Existe una confusión y controversia generalizada, incluso entre algunos especialistas que implantan y manejan pacientes con marcapasos, así como entre los expertos que realizan diagnóstico por imagen, sobre cómo afrontar este problema. Se ha difundido un dispositivo implantado como seguro, cuando este no presenta ningún tipo de riesgo para los pacientes sometidos a un estudio de RM. Estos dispositivos no contienen materiales metálicos o ferromagnéticos y únicamente están contruidos con materiales no conductores. [7].

Un dispositivo será considerado como condicional cuando no representa una amenaza en el ambiente del resonador, dependiendo del campo magnético, de su localización, de la configuración específica del dispositivo y del tiempo desde su implante [8]. Un dispositi-

tivo se considera inseguro cuando impide la realización de un estudio de RM, bajo cualquier circunstancia.

Los riesgos relacionados con la RM se refieren, sobre todo, a las características del campo magnético estático, a la radiofrecuencia y al gradiente de campos magnéticos [8]. El riesgo relacionado con el campo magnético, se refiere a la atracción de componentes ferromagnéticos. En caso de existir pueden provocar la rotación del dispositivo o su desplazamiento, así como una atracción hacia el resonador, con efecto “proyectil”, al ser atraídos al centro del imán [8].

La RM genera la imagen mediante el uso de energía de radiofrecuencia, la misma que debe ser pulsada al organismo. Parte de esta energía es absorbida por el paciente, lo que provoca una elevación de la temperatura corporal, habitualmente menor a un grado centígrado. Cuando los dispositivos contienen partes metálicas o materiales conductores, pueden concentrar esta energía y provocar elevaciones importantes de temperatura en el lugar del implante. Además, la energía por radiofrecuencia puede inducir corrientes eléctricas que pueden provocar arritmias cardíacas [3].

Cuando un paciente con marcapaso condicional para RM, requiere un estudio de este tipo deben aplicarse protocolos estrictos, tanto por parte de los médicos radiólogos como por el cardiólogo, que debe tener conocimientos especiales sobre este tema y sobre programación de marcapaso [8]. En primer lugar, hay que identificar el tipo de paciente y las características del marcapaso, para evaluar el riesgo-beneficio de un estudio de RM. Se debe tomar en cuenta el diagnóstico que indicó el implante y sobre todo las características del ritmo intrínseco para seleccionar la programación del marcapaso antes de la RM, puesto que esta dependerá de si el paciente es dependiente o no del dispositivo. Hay que determinar si el marcapaso y los cables reúnen las características de condicional y también si existen o no otros

cables abandonados o fracturados o si son epicárdicos, lo que podrían transformar al dispositivo en no condicional.

En el caso que presentamos, la paciente tenía implantado un marcapaso Medtronic modelo Advisa DR MRI SureScan compatible con estudios de RM (condicional) y electrodos igualmente construidos con este objetivo, y no era dependiente del marcapaso.

Cuando el paciente no es dependiente del marcapaso, su programación debe incluir la inhibición de sus funciones, mientras que cuando existe dependencia debe programarse en modo VOO o DOO (modos asincrónicos), antes de la RM. Una vez concluido el estudio debe revisarse el marcapaso en busca de problemas de desplazamiento o mala función y además restituir la programación previa, solucionando cualquier alteración, de ser posible, que se haya producido durante la RM.

En el presente caso, no se produjeron alteraciones del marcapaso ni de los cables durante el estudio de RM ni posteriormente. Tampoco se produjeron distorsiones en las imágenes siendo el estudio válido. En un estudio reciente se demuestra que si se utilizan protocolos estrictos, podrían realizarse estudios de RM, incluso cuando el paciente tenga implantado un dispositivo no condicional, sin que se produzcan complicaciones frecuentes o significativas [7].

El presente caso y la evidencia mencionada permiten concluir que es seguro realizar una resonancia magnética en pacientes portadores de dispositivos condicionales. Aunque, hacen falta más evidencias, sería de mucha ayuda implantar marcapasos, resincronizadores o desfibriladores condicionales compatibles con RM, sobre todo en poblaciones con mayor riesgo de que en algún momento requieran de estos estudios. Existe la suficiente evidencia de que si se utilizan protocolos muy estrictos también sería posible realizar estudios de RM cuando se han implantado dispositivos convencionales.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Todos los autores han realizado conjuntamente y a partes iguales la argumentación y la redacción del presente reporte.

Financiamiento

Fondos propios

Agradecimiento

Al Hospital de Especialidades Eugenio Espejo.

Disponibilidad de datos

Los datos que sustentan este manuscrito están disponibles bajo solicitud al autor de correspondencia.

Referencias

1. Cano Perez O, Pombo Jiménez M, Fidalgo Andrés ML, Lorente Carreño D, Coma Sanmartín R. Registro Español de Marcapasos. XIV Informe oficial de la sección de estimulación cardíaca de la Sociedad Española de Cardiología. *Rev Esp Cardiol.* 2017;70(12):1083-97.
2. Krebsbach A, Dewland T, Henrikson C. Malfunction of an MRI-conditional pacemaker following an MRI. *HeartRhythm Case Rep.* 2017;3 (2):148-150.
3. Waldman SV, Grancelli H, Yaman B, Cohen Arazi H. Normas de seguridad para el uso de resonancia magnética en pacientes con dispositivos cardiovasculares. *Medicina (Buenos Aires).* 2011;71(1):78-82.
4. Verma A, Ha AC, Dennie C, Essebag V, Exner D, Khan N, et al. Canadian Heart Rhythm Society and Canadian Association of Radiologists consensus statement on magnetic resonance imaging with cardiac implantable electronic devices. *Can J Cardiol.* 2014;30(10):1131-41.
5. González-Hermosillo J. Marcapasos en síncope vasovagal: ¿Cuándo y cuáles? *Arch Cardiol Mex.* 2006;76: S2, 225-228.
6. Camacho J, Moreno CC, Shah AD, Mittal PK, Mengistu A, Lloyd M, et al. Safety and quality of 1.5-T MRI in patients with conventional and MRI-conditional cardiac implantable electronic devices after implementation of a standardized protocol. *Am J Roentgenol.* 2016;207(3): 599-604.
7. Indik JH, Gimbel JR, Abe H, Alkimi-Teixeira R, Birgersdotter-Green U, Clarke GD, et al. 2017 HRS. Expert consensus statement on magnetic resonance imaging and radiation exposure in patients with cardiovascular implantable electronic devices. *Heart Rhythm.* 2017;14(7):e97-e153.
8. Lowe MD, Plummer CJ, Manisty CH, Linker NJ. Safe use of MRI in people with cardiac implantable electronic devices. *Heart.* 2015;101(24):1950-3.

La universidad y los desafíos del futuro inmediato

Ramiro Estrella¹

¹ Decano de la Facultad de Ciencias Médicas.

Correspondencia: Ramiro Estrella; cestrella@uce.edu.ec

Recibido: 10 de Julio 2019; **Aceptado:** 14 agosto 2019

The university and the immediate future challenges

"*Omnium potentior est sapientia*".

En memoria de los doctores Rodrigo Yépez y Dimitri Barreto, ex docentes, ex decanos de la Facultad de Ciencias Médicas, maestros de excelencia y brillantes pensadores tempranamente fallecidos, por su invaluable contribución a la educación médica nacional y latinoamericana.

La Universidad Central y la sociedad. Un poco de historia

“La Universidad tiene la tarea de humanizar o vitalizar a la ciencia para evitar así que se llegue el día en que el hombre asustado de la incompatibilidad de su vida con la ciencia se desinterese de ella,” conforme afirmaba José Ortega y Gasset [1].

El término «universidad» deriva del latín *universitas*, o más específicamente de la frase *universitas magistrorum et scholarium*, que significa “comunidad de profesores y estudiantes”

Según la definición generalmente aceptada, la universidad es una institución de enseñanza superior formada por diversas facultades y que otorga distintos grados académicos. Para Salvador Moncada Cerón, la universidad “no es una simple yuxtaposición de institutos, escuelas o facultades extrañas las unas de las otras sino (que es) la síntesis de todos los saberes” [2]. La universidad es una de las pocas instituciones educativas que ha perdurado a través

de los siglos, y ha demostrado que es capaz de adaptarse a los cambios, conservando su naturaleza maleable para sobrevivir frente a los acontecimientos sociales y los desafíos que exige la transformación de las funciones y los roles que debe jugar dentro de la sociedad [2].

A principios de la Edad Media las comunidades universitarias eran gremios que ofrecían saber y educación por medio de los monasterios y catedrales como en Bolonia, París, y Salerno. Posteriormente, en los siglos XII y XIII se establece el *universitas studii* (perteneciente al pueblo) que formaba médicos y notarios, y la *universitas magistrorum* (perteneciente a la iglesia) que formaba en teología y primeras letras [2].

En diferentes épocas de la humanidad se encuentran actividades de educación, como la de los sacerdotes astrónomos en las culturas precolombinas de América, la de los gurukulas que brindaba educación religiosa a los hombres hindúes para convertirse en monjes o sacerdotes, las escuelas Han para preparar a los samuráis japoneses, y las madrasas para los jueces en el islam [3].

La Universidad de Nalanda (India) fundada en el año 600 AC es considerada la universidad más antigua del mundo, pero ya no está en funcionamiento. La Universidad de Al Qarawiyyin o de Al-Karaouine (Marruecos), es la segunda universidad más antigua del mundo, fundada en la

Citación: Estrella R. La universidad y los desafíos del futuro inmediato Rev Fac Cien Med (Quito) 2019; 44 (1): 74-79



ciudad de Fez por una mujer, la joven princesa de Túnez Fátima al-Fihrien en el año 859; fue un lugar líder en espiritualidad y un centro educativo del mundo musulmán y sigue en actividad hasta la actualidad. Dos siglos más tarde, en 1088, aparece la Universidad de Bolonia, Italia, la primera fundada en Europa y es considerada la génesis de la Universidad actual.

Posteriormente, el 12 de mayo de 1551, se funda mediante Real Cédula la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en Perú, que constituye la primera universidad de América. La Universidad más antigua de Estados Unidos es la Universidad de Harvard, establecida recién en 1636, 80 años luego de la de San Marcos. Hoy ocupa el primer lugar en el ranking de Universidades a nivel mundial, el mismo que categoriza a las cerca de 12000 universidades existentes actualmente en el mundo y en el que el puntaje asignado a la producción científica tiene un valor preponderante al momento de la categorización. La Universidad de Stanford, y el Massachusetts Technology Institute, también de Estados Unidos ocupan los siguientes dos puestos en el mencionado ranking.

La Universidad Central del Ecuador es la universidad pública más antigua del país, tanto por sus orígenes cuanto por la fecha de su fundación republicana. Nace bajo el nombre de Real y Pontificia Universidad de San Gregorio Magno el 19 de mayo de 1651, universidad regentada por los jesuitas; luego de la expulsión del país de esta orden religiosa, el 4 de abril de 1766 la universidad se fusiona con la Real Universidad Pública de Santo Tomás de Aquino de Quito, regida por los Dominicos. La Universidad de Quito, así denominada a esa época, fue la institución educativa de nivel superior, la única y más importante de la Real Audiencia de Quito durante la segunda mitad del siglo XVIII.

El 18 de marzo de 1826, en el Congreso de Cundinamarca se decretó que "En las capitales de los departamentos de Cundinamarca, Venezuela y Quito se establecerán Universidades Centrales que abracen con más extensión la enseñanza de Ciencias y Artes y así nace la

Universidad Central de Quito. Años más tarde, en 1836, mediante decreto del presidente Vicente Rocafuerte, se cambia la palabra Quito, por Ecuador y surge ya de forma definitiva la Universidad Central del Ecuador [4].

Recientes hallazgos documentales muestran que la antigüedad de la universidad San Gregorio Magno es mayor a la que se registraba hasta ahora. Su creación corresponde al 5 de septiembre de 1620 mediante Cédula Real otorgada por el Rey Fernando IV. ¡Se registran entonces 400 años de historia Universitaria! Esta fecha fue ya aceptada por el Honorable Consejo Universitario en septiembre de 2019.

Papel de la universidad

Tradicionalmente se ha aceptado que la tarea básica de una universidad es la formación de recursos humanos al más alto nivel, pero actualmente ha asumido otra tarea tan importante como la anterior: la generación de conocimientos científicos. Al respecto Bernard Houssay, Premio Nobel de Medicina en 1941, decía que "El más tremendo error de nuestra enseñanza superior es que está basada en la idea anticuada de la simple transmisión del conocimiento adquirido y no en enseñar a adquirirlo constantemente por la investigación con, método que ha dado su vigor a las universidades modernas, por ejemplo, a las alemanas y estadounidenses" [5]. Y es que una parte de la dependencia de una nación es la imposibilidad de generar conocimientos y tener que depender de los producidos en otros lugares.

Pero, a más de su función de formación académica y de generación de conocimientos, la universidad debe cumplir un papel importante en el desarrollo social aportando recursos humanos y conocimientos para uso de la sociedad e involucrándose en su quehacer diario para catalizar los cambios de mayor beneficio.

José Ortega y Gasset reconoce la función altamente social de la Universidad cuando dice que "La Universidad es parte activa de la a sociedad y sin la cual no tendría sen-

tido, pues una institución, al igual que un individuo, es intrínsecamente social” [1]. En el mismo sentido, Bernard Houssay señala que “Una verdadera Universidad debe ser el centro cultural de la Nación donde, en una atmósfera moral y de sano idealismo, se forman espíritus selectos y se elabora el progreso intelectual y social” [5].

Pero, si bien todos reconocemos que la Universidad es un actor fundamental para el desarrollo social de los países, debemos concordar con Víctor Manuel Figueroa en que “la relación que la universidad guarda con el desarrollo ha sido objeto de una variedad tan grande de interpretaciones como perspectivas teóricas sobre la sociedad existen.... las sucesivas etapas del desarrollo social condicionan los conceptos sobre estas instituciones, y así se modifican también las nociones sobre su relación con el desarrollo” [6].

Así que, al menos en los países menos desarrollados, hay acuerdo en que el papel actual de la de la universidad no es solo formar profesionales altamente calificados sino también, crear conocimientos científicos e interactuar con la sociedad para que esos conocimientos sirvan para la solución de sus más acuciantes problemas.

La Universidad Central del Ecuador desde sus inicios ha entendido claramente su papel social y, en la época colonial, durante la Gran Colombia y la época republicana, en todos los episodios de la historia nacional, ha defendido esclarecidamente los derechos humanos y la soberanía intelectual de los ecuatorianos y se ha comprometido con las reivindicaciones sociales de sus pueblos y nacionalidades. Y en esto, la juventud estudiosa de la central ha tenido un papel preponderante.

La Universidad Central del Ecuador acepta el debate de las diversas corrientes del pensamiento filosófico y la confluencia de los paradigmas de la diversidad de saberes y pluralidad de los conocimientos para formar profesionales aptos para la vida nacional y

así, en todos los procesos políticos, económicos, culturales y académicos de la República, han estado presentes los profesionales nacidos de la Universidad Central marcando el rumbo de la historia ecuatoriana. Próceres de la independencia y la libertad, presidentes, legisladores, alcaldes, prefectos, y más autoridades de Estado, se formaron en nuestras aulas; también cientos de servidores públicos y privados, promotores y líderes sociales, gerentes de empresas y de instituciones, académicos y científicos que día a día aportan con firme liderazgo al desarrollo nacional.

La Universidad Central del Ecuador, como dice su Estatuto “tiene la herencia de las luchas sociales contra toda forma de dominación y colonialismo; son sus afanes y propósitos consolidar una educación superior autónoma, laica, científica, comprometida con la sociedad ecuatoriana”. Este compromiso con la sociedad ecuatoriana, a lo largo de la historia ha provocado el descontento de muchos gobernantes, molestia que ha devenido en varias clausuras, unas reales por parte de dictadores y otras virtuales, por parte de dictadorzuelos. Pero de todos estos despóticos actos de barbarie y agresión la Universidad Central ha resurgido siempre, cual ave fénix, renovada, revitalizada, con mayor compromiso social.

En la actualidad la Universidad Central del Ecuador es una institución de calidad, con cuatro carreras acreditadas con los más altos puntajes a nivel nacional, con la mayor oferta de grado y posgrado, y con el más robusto cuerpo académico del Ecuador. Es la Universidad de mayor posicionamiento en el imaginario de los bachilleres y familias del Ecuador, y la de mayor presencia en el territorio nacional a través de su oferta académica, sus proyectos de vinculación con la sociedad y su producción científica.

La universidad y los desafíos del futuro inmediato.

Un escenario complejo es el que le toca enfrentar a la Universidad en los años venideros

debido a dos eventos trascendentes: la crisis económica nacional y los retos que impone la globalización mundial. Fruto de los manejos económicos totalmente desacertados, por decir lo menos, de los últimos gobiernos, particularmente el de Rafael Correa, y de la incertidumbre de la política económica del actual gobierno, se avizora un panorama nada alentador para los próximos años.

No es un secreto que Ecuador terminó el año 2018 con dificultades económicas y con una deuda externa que continúa en niveles mayores al 40% del Producto Interno Bruto. Nuestro país es el de menor crecimiento económico en Suramérica. Este año el Gobierno deberá atender compromisos internos y préstamos con entidades multilaterales que han vencido, por lo que el Gobierno necesita entre de \$ 10.000 a \$ 12.000 millones de dólares para atender los vencimientos y financiar el déficit fiscal que puede estar en el orden de los \$ 5.000 millones, situación financiera que puede deteriorarse más debido a que ahora se reconoce la deuda con la seguridad social.

Esta crisis económica ha obligado al gobierno a buscar endeudamiento externo en instituciones como el Fondo Monetario Internacional, el Banco Mundial y otras instituciones crediticias internacionales que contempla un apoyo financiero de más de 10.000 millones de dólares en los próximos tres años. Y, como es de todo conocido, estos préstamos conllevan siempre el condicionamiento de políticas de ajuste en los países receptores de ellos. Medidas que implican reducción del tamaño del estado en base a despidos masivos, eliminación de subsidios, aumentos de impuestos, reducción del gasto público, apoyo a la empresa privada, entre otros. Pero en el país, no bien se firmaron cartas de intención con estos entes financieros, principalmente con el FMI, ya comenzaron los ajustes: eliminación de subsidios de la gasolina y despidos masivos en el sector público (Entre el 27 de febrero y el 1 de marzo fueron despedidos más de 11.000 funcionarios públicos a nivel nacional particularmente en el sector de la salud donde fueron ya removidos más

de 2000 empleados de los ministerios de Ambiente y Salud Pública). Se espera una mayor reducción en las plazas de trabajo en el sector público, pues de los aproximadamente 60.000 contratos ocasionales es posible que no se renueve la mitad de ellos. Además, se especula ya sobre un probable incremento del Impuesto al Valor Agregado (IVA). Una vez confirmado el préstamo inicial del FMI es de esperarse nuevas medidas económicas que como siempre afectarán particularmente a los sectores más vulnerables de la sociedad.

La otra circunstancia que necesariamente debe considerarse al momento de proyectar el futuro de nuestra universidad es el de la “globalización.” De los impactantes y acelerados cambios surgidos al interior de la estructura socioeconómica mundial a mediados del siglo pasado destaca la profundización y expansión del conocimiento en tal medida que permitieron la emergencia de un nuevo tiempo en el que los medios electrónicos posibilitan una comunicación inmediata, sin límites espaciales ni temporales; tiempo en el que las personas, los países, las instituciones se relacionan directamente en una esfera social donde las fronteras geográficas pierden relevancia esta es la “**globalización**”.

Fenómenos como el desarrollo de las comunicaciones satelitales y la aparición del Internet, de acuerdo con Chaparro, “cambiaron radicalmente el proceso de producción y circulación de la información entre todos los puntos geográficos del planeta” [7].

La información se encuentra al alcance inmediato de centenares de millones de personas a través de internet y en la actualidad, según Bankinter, “existen cientos de millones de páginas electrónicas en la red y más de 73 millones de blogs; además, se envían alrededor de 60 mil millones de correos electrónicos diariamente.” Del mismo modo hay más de 100 mil publicaciones científicas incorporadas en diferentes registros académicos, y en la red se puede acceder a más de 300 mil sitios WEB que ofrecen abiertamente trabajos científicos en texto com-

pleto. En este contexto, según Bruner, “la información disponible crece a un ritmo vertiginoso, impactando sobre el conocimiento generado en la sociedad. En efecto, si se toma como base de referencia la era cristiana, se puede señalar que la humanidad tardó 1750 años para que el conocimiento se duplicara por primera vez; en tanto que hoy el conocimiento se duplica aproximadamente cada 5 años, y se estima que hacia el 2020, la cantidad de conocimiento se duplicará cada 73 días” [8].

Si bien el proceso de globalización comenzó en el área de la comunicación luego se trasladó, no podía ser de otra manera, al área económica y hoy el rasgo más determinante de la globalización es la interdependencia de los mercados, favorecida por las nuevas tecnologías de información y comunicación y la apertura de esos mercados, que facilita el libre flujo de capitales. La globalización no solo es la integración global de la economía, sino que tiene impactos sociales, políticos y culturales a tomar en cuenta como son, de acuerdo con la UNESCO: “los mercados laborales en rápida evolución, los avances tecnológicos, la urbanización, la migración, la inestabilidad política, la degradación ambiental, los riesgos y desastres naturales, la competencia por los recursos naturales, los desafíos demográficos, el aumento del desempleo en el mundo, la persistencia de la pobreza, la desigualdad creciente y las amenazas cada vez mayores a la paz y la seguridad.”

Frente a esta complicada e incierta situación económica nacional y a los retos y desafíos de la globalización, ¿qué hace, que debe hacer, la Universidad Central para dar cuenta de compromiso social con el país?

Hay muchos objetivos necesarios de definir y cumplir y entre estos se puede destacar:

- Concretar y efectivizar un Plan Estratégico de desarrollo Institucional (PEDI) que norme y direcciona el accionar de la Universidad en los próximos años.
- Mantener las oportunidades de acceso meritocrático de bachilleres e impulsar pro-

puestas que permitan el acceso de minorías desprotegidas a través de procesos de selección diferenciados.

- Garantizar la gratuidad de los estudios sin ningún tipo de restricción, así como propiciar la excelencia académica y premiar a través de programas de becas a estudiantes sobresalientes y definir medidas de apoyo económico a estudiantes de menores recursos.
- Optimizar la calidad y pertinencia de su oferta académica de grado, propiciando la formación de recurso altamente capacitado, con conocimientos científicos de calidad a través de procesos académicos con pertinencia y rigor científico, con adecuada planificación y con el uso de herramientas informáticas actualizadas.
- Diversificar y especializar la oferta académica de grado y de postgrado a fin de dar solución a la demanda incrementada en estos niveles.
- Mantener una planta de empleados y trabajadores calificada y satisfecha, a través de procesos continuos de capacitación y formación y su revalorización profesional en base a sus méritos laborales.
- Fomentar una mayor participación femenina en la docencia y en los puestos de dirección universitaria en base a sus capacidades y formación académica.
- Defender la integridad física y moral de todos los estamentos universitarios actuando con decisión y oportunidad frente a cualquier tipo de agresión, particularmente la de género o la sexual.
- Fortalecer la planta docente a través de capacitación al más alto nivel tanto en pedagogía como en investigación científica y desarrollar procesos oportunos y transparentes de re categorización que gratifiquen el trabajo.
- Vigorizar la generación de conocimientos científicos a través de la formación de docentes-investigadores vigorizando la posibilidad de acceder a proyectos de investigación con auspicio económico de la Universidad, Proyectos semilla, por ejemplo.
- Alentar y apoyar estudios de doctorado y estimular y fortalecer el posterior trabajo investigativo de los nuevos PhD.

- Gestionar presupuestos y apoyos económicos apropiados para que los procesos de investigación permitan generar conocimientos científicos de alta calidad. (Y aquí vale una necesaria digresión: En el 2010, según Davis, la Universidad de California se propuso recaudar 1000 millones de dólares para el financiamiento de investigaciones hasta el 2020; y en diciembre del 2012 la universidad había recaudado 882 millones para su objetivo. Contraste inmenso con el exiguo presupuesto que nuestra universidad puede asignar a la capacitación e investigación científica, cifra que no supera los 9 millones de dólares al año).
- Garantizar la pertinencia social de la Universidad a través de la Institucionalización de la vinculación con la sociedad para que mediante programas plausibles y sustentables se contribuya efectivamente al desarrollo de la ciencia, la cultura, las artes, las letras y el crecimiento económico y el desarrollo territorial de las zonas de influencia de la Universidad.
- Defender con pasión la “Autonomía de la Universidad” como única garantía de independencia entre los cambios e inconsistencias de los gobiernos de turno y la planificación a largo plazo del quehacer de nuestra universidad.

¿Y, finalmente, cómo podemos conseguir que estos objetivos tengan plena realización? Con el trabajo decidido y responsable de autoridades, docentes, estudiantes y trabajadores comprometidos con el futuro nacional y con su propio futuro. Con la decisión de 40.000,

de 50.000, voluntades universitarias que cada nuevo día despierta preguntándose, no que va a hacer la universidad por mí, sino, que voy a hacer yo por la universidad, por la Gloriosa Universidad Central.

Referencias

1. Ortega y Gasset J. Misión de la Universidad. 1era ed. Madrid: Revista de Occidente; 1930.
2. Moncada JS. La Universidad: Un acercamiento histórico filosófico. Ideas y Valores. 2008;57(137):131-147.
3. Perkin H. History of Universities. In: Forest JJF, Altbach PG, editors. International Handbook of Higher Education. Springer International Handbooks of Education. Dordrecht: Springer; 2007.
4. Pérez Guerrero A. Reseña Histórica de la Universidad Central del Ecuador y Discursos del Dr. Alfredo Pérez Guerrero. Quito: CONESUP; 2008. Disponible en: <https://ecuadoruniversitario.com/opinion/breve-resena-historia-de-la-universidad-central-del-ecuador/>
5. Houssay B. Función Social de la Universidad. Mendoza: Best Hermanos; 1941.
6. Figueroa Sepúlveda VM. El Rol de la Universidad en el Desarrollo. La perspectiva de los organismos internacionales. En: El papel de la universidad en el Desarrollo. México: Benemérita Universidad autónoma de Puebla; 2013. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/320948272/3-El-rol-de-la-universidad-en-el-desarrollo-Figueroa-1-pdf>
7. Chaparro F. Conocimiento, aprendizaje y capital social como motor del desarrollo. Ci Inf Brasília. 2001;30(1):19-31.
8. Brunner JJ. Educación superior en Chile: Instituciones, mercados y políticas gubernamentales, 1967-2007 [Tesis]. Leiden: Universidad de Leiden; 2008.

Génesis de la Universidad Central del Ecuador

Ramiro López Pulles ¹, Amilcar Tapia Tamayo ²

¹ Director de Relaciones Internacionales Universidad Central del Ecuador

² Canciller de la Academia Bolivariana de América, Investigador Adjunto al rectorado Universidad Central del Ecuador

Correspondencia: Ramiro López; rilopez@uce.edu.ec

Recibido: 30 octubre 2019; **Aceptado:** 18 noviembre 2019

Genesis of the Central University of Ecuador

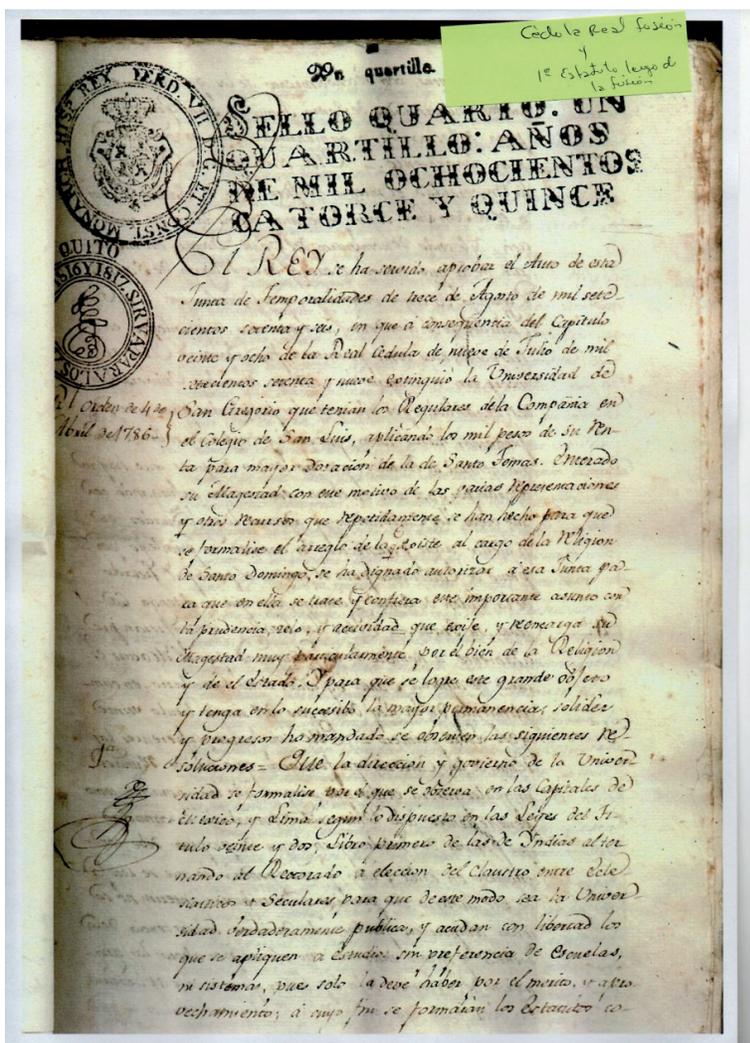


Imagen del Libro de Oro, Archivo histórico de la Universidad Central del Ecuador.

Citación: López Pulles R, Tapia Tamayo A. Génesis de la Universidad Central del Ecuador. Rev Fac Cien Med (Quito) 2019; 44 (1): 80-85

Antecedentes

El Honorable Consejo Universitario de la Universidad Central el pasado 5 de septiembre de 2019, en sesión extraordinaria, decidió cambiar el año 1651 que se inscribía en su escudo institucional por el de 1620 en atención a la cédula real, firmada por Felipe III, justamente un 5 de septiembre de aquel año.

En primer lugar, se reseñará el proceso por el cual se llegó a determinar el año 1620 como el inaugural de la Universidad San Gregorio Magno. Luego se revisarán documentos y los argumentos de algunos investigadores para sustentar que la universidad jesuítica, una vez expulsada la congregación en 1767, tuvo continuidad al fusionarla con la dominica de Santo Tomás. Esta sufrirá luego más transformaciones estructurales y de denominación para luego convertirse en la Real y Pública Universidad de santo Tomás de Aquino, nominación con la que arriba al proceso independentista.

Justificación

La presente crónica busca definir el origen de la Universidad Central del Ecuador: si la institución nace con la creación de la universidad de San Gregorio Magno, o si la estableció el Libertador Simón Bolívar. La primera opción nos conduce a la revisión de las primeras décadas del XVII para encontrar los orígenes de la institución jesuítica. En cuanto a la segunda, nos remite doscientos años después, al periodo independentista.

Para el primer caso, el estudio pondrá especial atención, más que en el nacimiento de la Universidad San Gregorio, en su extinción, porque será, justamente, este acontecimiento el que determine si hubo o no continuidad institucional y sólo así poder concluir que la Central es heredera de la antigua universidad jesuita [1].

Los años fundacionales de la San Gregorio

Revisando la documentación bibliográfica que existe en torno al origen de la Universidad San Gregorio Magno, antecesora de la actual Uni-

versidad Central del Ecuador, como se verá más adelante, varios investigadores nacionales y extranjeros coincidían en que el año de 1622 era la fecha inaugural de la citada universidad. Entre los ecuatorianos figuran Diego Rodríguez Docampo, José Juanén, José María Vargas, Jorge Villalba, Julio Tobar Donoso, Jacinto Jijón y Caamaño, Germania Moncayo, Ricardo Salas Astraín, Oswaldo Romero Arteta, Miguel Sánchez Astudillo. Entre los extranjeros, María Águeda Rodríguez Cruz, Enrique González González, Emiliano Gil Blanco y otros.

Estos investigadores se sustentaron en el Real Decreto, del que se guarda copia auténtica en el Archivo de la Biblioteca Ecuatoriana “Aurelio Espinosa Polit” de Cotacollao, perteneciente a la Compañía de Jesús. En la parte sustancial dice:

“... para que todos los estudiantes que cursaren en los Colegios de la Compañía de Jesús de esas partes, donde no hubiere Universidades, estudios generales, Maestros y Doctores, como más en particular en el dicho Breve se contiene y porque mi voluntad es, que lo que así su santidad dispone en el dicho Breve, tenga cumplido efecto, os ruego y encargo le guardéis y cumpláis y hagáis guardar, cumplir y executar (sic) según y cómo en él se contiene y declara que en ello me serviréis. Fecha en Madrid dos de febrero de mil y seiscientos y veinte y dos años. YO EL REY...”[2].

Adviértase que el texto es genérico y mandatorio para todas esas partes, es decir, de las Indias donde los jesuitas no tenían “estudios generales” lo que equivalía a no disponer de malla completa de estudios. En ningún momento se especificó a la ciudad de Quito.

Hay otros investigadores como Juan de Velasco, Pablo Herrera, Aurelio Villagómez, Neptalí Zúñiga, y ahora Francisco Piñas, quienes aseguran fue en 1620, basándose en la copia manuscrita de la cédula firmada por Felipe III, en San Lorenzo del Escorial, documento que se

halla inserto en el llamado “Libro de Oro” que se conserva en el Archivo Histórico de la Universidad Central del Ecuador

“Cédula Real provisión para que la religión de la Compañía de Jesús de la ciudad de Quito use de los privilegios apostólicos que tiene por Bulas pasadas por el Real Consejo para dar los grados...(...) para que en ningún tiempo se pueda pretender cosas en contrario fue acordado que debía mandar dar esta mi cédula, por la cual doy licencia y facultad a la dicha religión de la Compañía de Jesús para que las dichas mis indias occidentales puedan usar de los dichos privilegios concedidos en su favor por los dichos sumos pontífices en cuanto no fuere contra el dicho mi patronazgo, leyes, cédulas y ordenanzas hechas para la buena gobernación de las dichas mis indias y mando a mis virreyes, audiencias y demás justicias de ellas no les pongan impedimento alguno en ello antes les den el favor y ayuda necesaria para su mejor ejecución y que si hallaren que alguno de los dichos privilegios son en perjuicio del dicho mi patronazgo y leyes le recojan y remitan al dicho mi consejo para que visto en el se provea lo que fuere de justicia, fecha en San Lorenzo a cinco de septiembre de mil y seis y cientos y veinte años_ Yo el Rey” [3].

Es indudable que quienes afirmaron fue 1622 el año de fundación de la Universidad de San Gregorio, lo hicieron por cuanto no conocieron del documento de 1620; sin embargo, insistimos, ya fue mencionada Neptalí Zúñiga, en su libro “Colección Documental”[4] y verificada por el padre Francisco Piñas, uno de los más importantes historiadores jesuitas, de origen español, que trabaja en la BAEP desde finales del siglo XX, así como por Amílcar Tapia Tamayo, historiador adjunto al Rectorado de la Universidad Central, quienes confirmaron la autenticidad de la Cédula que reposa en la Universidad Central, copia de la cual existe en la BAEP de Cotacollao.

Estas investigaciones determinan que fue 1620

el año de creación de la Universidad de San Gregorio y no 1651 como consta en el escudo de la Universidad Central, fecha que se lee en la primera página del “Libro de Oro” en la cual se registraban los grados y títulos de alumnos que ya estudiaban en la universidad

La Universidad de San Gregorio

A partir de los correspondientes beneficios pontificios y reales, las universidades quiteñas pudieron conferir grados a sus estudiantes. Para el caso de la Universidad de San Gregorio, otorgaba títulos de bachiller, licenciado, maestro y doctor en Artes y Teología, grados que eran concedidos luego de aprobar las materias de Teología, Cánones, Moral, “Instituta” de Filosofía, así como Retórica, Gramática, Prima y Vísperas” [5].

Así funcionaron hasta 1767, año en que la Real Pragmática de Carlos III expulsó a los jesuitas de todos los dominios españoles.

Es importante señalar que la universidad de San Gregorio gozó de gran prestigio a lo largo de sus 147 años de actividad académica. Así lo testifican los cuadros de egresados que luego ocuparon importantes cargos en distintas partes de América, para quienes haberse graduado en Quito constituía un gran honor y mérito, causa por la que exigían ser reconocidos por las autoridades locales [6].

Luego de la salida de los jesuitas, la Universidad de San Gregorio tuvo un proceso de cambio y fusión con la Universidad de Santo Tomás, tema que no admite controversia por cuanto la documentación original que reposa en el archivo histórico de la Universidad Central, y copia en la Biblioteca Ecuatoriana “Aurelio Espinosa Pólit” BAEP, de Cotacollao, propiedad de la Compañía de Jesús, así lo confirma. Lo importante ahora es señalar si la universidad gregoriana, una vez expulsada la congregación, también cerró sus puertas o si hubo algunos hechos que nos permitan asegurar que su égida siguió vigente después.

Periodo de transición

Con la expulsión de los jesuitas el año de 1767, tanto el Seminario San Luis como la Universidad de San Gregorio padecieron graves quebrantos y hasta casi desaparecieron.

“En agosto salieron de Quito expulsados los jesuitas; en octubre en la misma fecha en que constantemente se habrían las clases, principiaron los cursos merced al celo sacerdotal y a la actividad del Sr. Dn. José Cuero y Caicedo, entonces Canónigo Doctoral de Quito, quien se ofreció espontáneamente a abrir y dirigir el Seminario. (...) las clases comenzaron el día señalado y el concurso de alumnos fue muy numeroso, y tan cumplidamente se desempeñaron los nuevos profesores que, por lo pronto, los quiteños se felicitaron del nuevo arreglo y casi echaron de menos a los jesuitas, a quienes se los había creído irremplazables...” [7].

Este logro, por desgracia, duraría poco tiempo, porque las clases se cerraron indefinidamente. Pese a todo, González Suárez indica que en 1783 se volvieron a retomar las actividades bajo la dirección del padre Minayo y parecía que comenzaba para el colegio una época de prosperidad, cuando los disgustos escandalosos entre el Rector y el Obispo lo redujeron de nuevo a una situación lamentable [7].

Las clases de Teología que se habían confiado a los franciscanos no llegaron a formalizarse adecuadamente, sin embargo, el Seminario continuó sin interrupción hasta el año de 1772, en que comenzó el litigio sobre las rentas del establecimiento. Estuvo cerrado hasta 1786 en que volvió a abrir sus puertas gracias a la nueva organización que le dio el Obispo. Minayo, cuyo Auto está firmado el 3 de enero de 1786 [7].

Al respecto, González González afirma que en el Archivo de la Universidad Central se guarda constancia documental de que la San Gregorio siguió en funciones y graduando desde el Colegio Seminario de San Luis, ya bajo responsa-

bilidad del clero secular, a partir del propio año de la expulsión al menos hasta 1779 [8].

Por su parte, Pablo Herrera corrobora que ejecutada la expulsión, el presidente Diguja nombró profesores de las otras órdenes religiosas y particularmente de San Francisco, para que continuara abierta la Universidad de San Gregorio Magno Sin embargo, la creada Junta de Aplicaciones y Temporalidades dictó un auto, el 13 de agosto de 1776, extinguiendo esta Universidad y trasladando al Colegio de San Luis, la de Santo Tomás, con todas sus cátedras. A partir de aquello, la institución empezó a decaer, pese a que se instalaron en su edificio, no contó con las rentas que disponían los jesuitas. El Rey aprobó aquel auto por la cédula expedida en el Pardo el 4 de abril de 1786 [9,10].

Siguiendo a Herrera, el elenco de rectores de la Universidad de Quito, desde 1767 fueron:

Dr. D. Antonio Viteri y Orozco, Canónigo de Quito ..1767	
Dr. Isidro Barreto, dominicano.....	1770
Dr. Antonio Celis, dominicano.....	1777
Dr. Isidro Barreto, dominicano.....	1782
Dr. Baltasar Venegas, dominicano.....	1783
Dr. D. Nicolás Carrión, Doctor en Jurisprudencia....	1788
Dr. D. José Cuero y Caicedo, Canónigo penitenciario de Quito, Obispo electo de Popayán	1789

Como se puede apreciar, el tema rectoral tampoco se vio interrumpido, lo que sí es claro es que a partir del padre Miguel Manosalvas, último rector jesuítico, todos los sucesores serán dominicos.

Por su parte, Germania Moncayo analiza el problema desde dos puntos de vista: histórico y el jurídico. En torno al primero, asegura:

“La Universidad de 1788 fue organizada por los mismos estatutos y constituciones que regían las anteriores, funcionó en el mismo local que la gregoriana, con sus mismas cátedras y Facultades, con las rentas y usufructos de la antigua fundación y de los religiosos expulsos que la establecieron; con parte de su profesorado, es decir, con todo aquel que no siendo

jesuítico, quedó en Quito, y con igual temperamento y espíritu...” [11].

Como se advierte, la unidad no se interrumpe, asegura Moncayo, ni aún en el aspecto cronológico. En 1769, clausurada la jesuítica, pasa al manejo de los dominicos hasta 1788 en que se oficializa la Universidad Real de Santo Tomás. El sistema de gobierno habrá cambiado de manos particulares a las del Estado, es decir, no hubo más que un cambio de manos o manejos, pero la Institución, a través de sus vicisitudes y modalidades, ha mantenido un nexo no arrancado [11].

En el ámbito jurídico, la cuestión no puede ser más esclarecedora. La Cédula dirigida a la Audiencia ordena “que se incorporen y reúnan las cátedras de ambas Universidades, dejándolas por ahora en las Facultades para que se fundaron...” [11].

Insiste González González, en el hecho de “la buena fortuna que han tenido los archivos universitarios quiteños asegura que se debe, en gran medida, a la estabilidad de las sucesivas sedes” [8].

Al partir los religiosos de la Compañía, el seminario San Luis recuperó los archivos de la San Gregorio, como lo prueba el hecho de que los alumnos siguieran usando algunos de sus libros, al tiempo que sus instalaciones ubicadas junto a la iglesia de la Compañía de Jesús. Poco después, la Real Universidad de Santo Tomás (1788-1827) ocupó las antiguas edificaciones de la San Gregorio, conforme lo señalan los primeros autos de matrículas, así como la realización de ceremonias, grados y otras actividades propias de una universidad.

Constituciones

La primera constitución reza:

“Ordenamos y mandamos que la Universidad de Santo Tomás que existía a cargo de los Padres de Santo Domingo en esta Ciudad, se traslade con todos sus privilegios, rentas y exenciones al Colegio Real

mayor y seminario de San Luis y Aulas que se le han asignado y se formarán con la correspondiente decencia y declaramos que esta es la misma Universidad de Santo Tomás que fundaron y dotaron los Padres de Santo Domingo y ahora amplía y aumenta la Real piedad y Magnificencia de Nuestro Católico Monarca el Señor Don Carlos Tercero y que por consiguiente continúa de tutelar santo Tomás de Aquino a quien se le hacía la fiesta acostumbrada con vísperas solemnes y asistían en ella, y en el día todos los Graduados con sus respectivas insignias” [10].

Adviértase que bajo la denominación de Santo Tomás de Aquino la nueva universidad pasa a ocupar la sede de la San Gregorio llevándose consigo rentas y privilegios. No cabe duda que en el imaginario de los ciudadanos, la universidad continuó laborando de forma continua y casi sin mayores cambios.

La tercera establece que, iniciándose como universidad pública, debía recibir a todos quienes profesan doctrina ortodoxa. Por su parte, la fusión que se hizo de cátedras de ambas universidades quedó establecida en la cuarta y, en la quinta, en cambio que los grados que se confieran serían a nombre del Rey y de la universidad. En cuanto que rentas de la San Gregorio dependían mucho de los censos por cobrar se estableció los cargos de un Procurador y un Abogado quienes serían los encargados de obtener dichos recursos [10].

Los demás títulos y constituciones estuvieron enfocados en temas concernientes a su funcionamiento, normativas y pensum de estudios.

Al respecto González González, refiriéndose al archivo histórico de la UCE, dice:

“El Archivo también guarda constancia documental de que San Gregorio siguió en funciones y graduando desde el colegio seminario de San Luis, ya a cargo del clero secular, a partir del propio año de la expulsión, al menos hasta 1779, en vísperas de

erigirse la universidad pública. Al lado de otros documentos sueltos, el libro 9º contiene listas seriadas de grados desde 1779; no menos de 300” [8].

Nace la Real y Pública Universidad de Santo Tomás de Aquino

La Universidad dominica nació de la fusión de las instituciones jesuítica y dominica. Fue establecido por Cédula Real del 4 de abril de 1786.

El 4 de abril de 1786 fue aprobada por Real Orden. Entre otras disposiciones, señala:

“... a consecuencia del Capítulo veinte y ocho de la Real Cédula de nueve de julio de mil setecientos sesenta y nueve extinguió la Universidad de San Gregorio que tenían los Regulares de la Compañía en el Colegio de San Luis... Que la dirección y gobierno de la Universidad se formalice por el que se observa en las Capitales de México y Lima según lo dispuesto en las Leyes del Título veinte y dos, libro primero de las Yndias alternando al Rectorado a elección del Claustro entre Eclesiásticos y Seculares... se formarán los estatutos correspondientes, con reconocimiento de los que regían en las dos Universidades de Santo Tomás y San Gregorio para reformarlos o aumentarlos como se considere más conveniente... Que sirva para el destino de la Universidad el mismo edificio de la de Santo Tomás o el de San Luis según fuere más acomodada su situación, debiendo denominarse del Santo Doctor, en memoria de la que estuvo a cargo de la religión de Santo Domingo, a cuyos individuos, y especialmente a sus Prelados se les concederán las sanciones y privi-

legios correspondientes como primitivos fundadores.- Que se incorporen y reúnan las Cátedras de ambas Universidades, dexandolas (sic) por ahora en las facultades para que se fundaron...”[11].

Referencias

1. Piñas Rubio F. La Universidad de San Gregorio de la Compañía de Jesús en la Audiencia de Quito. Quito: Ediciones de la BAEP; 2019. p. 63, 80, 110.
2. De Ledesma P. Secretario de la Audiencia de Quito, Real Decreto del 2 de febrero de 1622. Cfr. Francisco Piñas. La Universidad de San Gregorio; p. 27.
3. Archivo Histórico de la Universidad Central del Ecuador. “Libro de Oro”.
4. Zuñiga N. Colección Documental. Universidad Central del Ecuador. Quito: Imprenta de la Universidad Central del Ecuador. 1967;1: 7.
5. Sánchez Astudillo MM. Textos de catedráticos jesuitas en Quito Colonial, estudio y bibliografía. En: Boletín de la Academia Nacional de Historia. Quito: La Prensa Católica; 1959. p. 50.
6. Velasco J de. Historia del reino de Quito en la América meridional. Tomo II, parte II. Quito: Imprenta de Gobierno por Juan Campuzano;1841. p. 59-60.
7. González Suárez F. Historia de la República del Ecuador. Vol. III. Quito: Editorial de la Casa de la Cultura Ecuatoriana; 1970. p. 284- 286
8. González González E. El poder de las letras. México: Impresos editoriales dos mundos; 2017. p. 404-406.
9. Herrera P. Reseña histórica de la Universidad de Quito. Anales.1883; 2: 58.
10. Cédula Real de aprobación del auto de la Junta de Temporalidades. Archivo Histórico de la UCE. Folio tercero. Folio sexto. Folio séptimo
11. Moncayo de Monge G. La Universidad de Quito, su trayectoria en tres siglos, 1551 – 1930. Quito: Imprenta de la Universidad Central; 1944. p. 58- 59.

Participación de la Universidad Central del Ecuador en la atención médica y humanitaria durante la crisis social de octubre 2019

Gustavo Morales¹, Juan Carlos Cazar²

¹ Director del Hospital del Día de la Universidad Central del Ecuador

² Director de la Carrera de la Medicina, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Central del Ecuador

Correspondencia: Gustavo Morales; grmorales@uce.edu.ec

Recibido: 4 noviembre 2019; **Aceptado:** 20 noviembre 2019

Participation of the Central University of Ecuador in medical and humanitarian care during the social crisis of October 2019

La imposición inconsulta de un paquete de medidas económicas por parte del gobierno presidido por Lenin Moreno Garcés, particularmente la eliminación de los subsidios a los combustibles, mediante la expedición del Decreto 383, al parecer condicionado por el Fondo Monetario Internacional (FMI), desencadenó una movilización popular en protesta contra las acciones gubernamentales. Este movimiento social se inició con la paralización del servicio público de transporte y la manifestación en la vía pública de varios sectores urbanos a partir del 3 de octubre. Tras ello, un rápido proceso de organización de los sectores indígenas propició una gigantesca marcha hacia Quito para exigir al gobierno la derogatoria de las medidas que afectarían de diversos modos la economía de sectores campesinos.

El 7 de octubre de 2019, miles de indígenas arribaron a Quito, en el trayecto recibieron muestras de apoyo por parte de la población y sumaron voluntades para la resistencia contra la imposición de estas medidas económicas. La mayoría de ellos pertenece a la Confederación de Nacionalidades Indígenas del Ecuador (CONAIE), uno de los movimientos sociales más organizados que agrupan a decenas de pueblos originarios. Según cálculos posteriores se estima que la movilización involucró unas 20000 personas, familias enteras con niños, jóvenes y adultos mayo-

res se instalaron en el parque del “Arbolito”, tradicional espacio público usado en diversas movilizaciones populares, que sin duda alguna no cuenta con las mínimas instalaciones y condiciones para albergar a semejante población, situación que constituye una potencial fuente de problemas de salud.

La dureza de los primeros enfrentamientos con las fuerzas policiales generó un importante número de individuos lesionados, lo que propició la más profunda y espontánea movilización de decenas de estudiantes de las distintas carreras de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Central del Ecuador (UCE) que acudieron con inusitado ímpetu a realizar todo tipo de labores, desde el transporte de los primeros heridos, hasta la atención a pie de campo de individuos traumatizados, asfixiados y con trastornos de ansiedad.

Se origina así un cambio histórico en el comportamiento del joven estudiante de las ciencias de la salud, que había permutado las conductas violentas de protesta por la atención activa, ética y desinteresada inspirada en los principios del milenarismo Juramento Hipocrático. Este despertar de nuestros estudiantes fue el motor que exhortó múltiples actividades en las distintas autoridades de la Facultad y la Universidad.

Citación: Morales G, Cazar JC. Participación de la Universidad Central del Ecuador en la atención médica y humanitaria durante la crisis social de octubre 2019. Rev Fac Cien Med (Quito) 2019; 44 (1): 86-88



La crisis que se percibía en el ambiente motivó a que el Dr. Gustavo Morales, Director del Hospital del Día de la UCE, organice la atención en salud con médicos, maestros y estudiantes de la Facultad de Ciencias Médicas de nuestra querida Universidad Central que, voluntariamente y sin ningún compromiso, quisieran concurrir al parque del “Arbolito “ para llevar a cabo el proceso de triaje, estabilización inicial de lesiones, tratamiento y, en algunos casos, derivación de los pacientes más graves a las casas de salud especializadas. La información real y la amplificación por redes sociales generó una respuesta enorme que conformó un equipo de salud que albergaba estudiantes de todos los semestres de medicina, internos rotativos, médicos recién egresados, médicos rurales, médicos posgradistas, y docentes médicos especialistas.

Fue sorprendente como al pasar de las horas se auto convocaron enfermeras, obstetras, tecnólogos, psicólogos y paramédicos que actuaban con sus propios instrumentos de atención médica y donaban algunas medicinas e insumos médicos con la ilusión y el compromiso de luchar por la salud de la población en el peligroso escenario de conflicto producido por las formas violentas y represivas aplicadas por las fuerzas encargadas de mantener el orden y las tesis del gobierno.

En el interior del Centro Cultural del parque se improvisaron tres ambientes para ubicar a las personas heridas según su gravedad y necesidades de atención: un lugar de suturas y estabilización, otro con camillas y colchones para recuperación de individuos con lesiones leves, y un tercero donde se estabilizaba a los pacientes más complicados con el objetivo de trasladarlos a lugares de atención de mayor complejidad.

Se establecieron algoritmos para llevar el registro de ciudadanos atendidos, brindar información a familiares y dirigentes de las comunidades, almacenar insumos, mascarillas, medicamentos y receptor donaciones de ropa, juguetes y alimentos.

En medio de estruendos y gases lacrimógenos los equipos de rescate, con rudimentarias banderas blancas, salían a las líneas de fuego y regresaban con pacientes heridos, quemados, asfixiados, utilizando camillas improvisadas, motos o simplemente sus propios brazos, para que reciban la atención.

La violencia se incrementó a niveles extraordinarios. La declaración de toque de queda para frenar las movilizaciones populares y la toma de calles y edificios trajo consigo más heridos y personas afectadas gravemente por perdigones y contusiones por bombas; pero a pesar del peligro y el efecto de los gases, lacrimógenos los guerreros de mandil blanco hacían honor a su vocación.

Con el paso de los días aumentaba el número de heridos, asfixiados, quemados, policontusos, y politraumatizados; algunos con lesiones que requerían intervenciones más específicas como suturas o inmovilizaciones por fracturas. Los casos más complejos como traumas cráneo encefálicos severos, heridas oculares penetrantes, fracturas expuestas y síncope o arritmias generadas por procesos hipoxémicos fueron derivados al Hospital Eugenio Espejo.

El incremento de los sitios de enfrentamiento obligó a extender brigadas para auxiliar heridos en otros puntos de atención, por ejemplo, en los alrededores de la Plaza Grande, Plaza de Santo Domingo, Plaza del Teatro, San Blas, Asamblea Nacional y equipos ambulatorios que se hacían presentes con sus mandiles.

El riesgo para el personal de salud fue constante, pero llegó a niveles insospechados en la noche del doce de octubre. En distintos medios digitales se viralizó la información del ataque a las zonas de paz ubicadas en las áreas universitarias, es allí, donde entrelazados de las manos se generó como respuesta, un escudo blanco que separaba a las fuerzas policiales de los grupos vulnerables produciendo una de las imágenes más icónicas en la retina de la opinión pública. Este gesto heroico y en general el

comportamiento de nuestros estudiantes durante esta crisis permiten augurar mejores días para nuestro país.

La participación de los docentes y estudiantes de la UCE no quedó concentrada en el lugar directo de los acontecimientos, acciones muy importantes se realizaron al interior de la Casa de la Cultura donde se improvisó un punto de atención médica para los niños y niñas que esperaban el regreso de sus familiares, en una especie de guardería en la que profesionales y estudiantes de psicología y puericultura organizaron programas para los niños y sus cuidadoras.

El Dr. Fernando Sempertegui, Rector de la Universidad Central, junto con los Rectores de la Pontificia Universidad Católica de Quito, la Politécnica Salesiana y Escuela Politécnica Nacional, coordinaron acciones humanitarias, de apoyo y se constituyeron en importantes actores para canalizar ayuda de salud y de sostén a los indígenas acantonados en Quito durante las protestas.

Con el apoyo del Señor Rector de la UCE un grupo de docentes y estudiantes de Comunicación Social, Arquitectura, Artes y Administración organizaron dentro de las instalaciones

del alma mater albergues y lugares para el descanso nocturno, recepción de donaciones preparación de comidas y también un puesto de atención de salud.

La participación de las autoridades de las universidades fue también clave. Contribuyeron de forma significativa al acercamiento de las partes en discordia y aproximaron posturas para iniciar el diálogo en medio de la tremenda tensión social y amenaza contra el orden constitucional en el Ecuador.

Durante doce días, Quito se convirtió en zona de guerra; este punto de efervescencia de descontento social y el contacto de nuestros estudiantes con las personas caídas permitieron en ellos concienciar el aprendizaje in vivo de todos los determinantes estructurales de la salud. Esta intervención tan genuina de nuestros estudiantes obliga aún más a las autoridades y docentes de la UCE a formar profesionales de la salud respetuosos de los derechos humanos y defensores de la paz.

“No permitiré que entre mi deber y mi enfermo vengan a interponerse consideraciones de religión, raza, condición o partido” (Juramento Hipocrático).

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS (QUITO)

Normas de publicación 2019

Establecidas por el Comité Editorial de la Revista

Sobre la Revista

La Revista de la Facultad de Ciencias Médicas [Rev Fac Cien Med (Quito)] es el órgano de difusión de la producción científica de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Central del Ecuador y de con tribuciones científicas nacionales e internacionales. Mediante la publicación de artículos científicos y comunicaciones sobre aspectos clínicos, educativos, sociales, políticos y económicos relacionados con las ciencias médicas, y con la salud en general, la revista busca contribuir a una mejor práctica de la medicina, a la investigación biomédica, a la investigación epidemiológica, y al debate en ciencias de la salud.

La Rev Fac Cien Med (Quito) publica manuscritos en idioma español, inglés y portugués; tiene una periodicidad semestral, y se encuentra indexada en las bases de datos LILACS-BIREME (Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud), LATINDEX (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal) e IMBIOMED (índice Mexicano de Revistas Biomédicas Latinoamericanas).

La revista invita a profesionales y estudiantes de la salud y áreas relacionadas a presentar manuscritos y trabajos de investigación para su posible publicación.

Secciones

La Rev Fac Cien Med (Quito) consta de las siguientes secciones regulares:

Editorial: Manuscrito que aborda temas específicos de interés general y de actualidad dentro de la sociedad y en el campo de la ciencia de la salud. Corresponden a autores invitados por el Editor y Consejo Editorial. Pueden también ser redactados por cualquier miembro del Consejo Editorial.

Artículos originales de investigación: Manuscritos científicos que corresponden a investigación primaria (investigación básica, individual y poblacional), y secundaria (revisiones sistemáticas y no sistemáticas); son informes de investigación de estudios finalizados.

Educación Médica: Manuscritos correspondientes al proceso de enseñanza y formación profesional, relacionados con el sistema educativo universitario, particularmente de las Ciencias Médicas.

Opinión Médica: Manuscritos correspondientes a revisiones específicas no sistemáticas y comunicaciones cortas, sobre temas de salud de interés general. Deben contener lo más avanzado del Estado del Arte o presentar una posición sobre un tema específico.

Reporte de Casos: Manuscritos correspondientes a reporte de casos clínicos cortos y reporte de series de casos, cuyo contenido, complejidad metodológica y alcance de resultados no justifica un documento de mayor extensión.

Cartas al Editor: Incluye opiniones a trabajos previamente publicados, puntos de debate y comunicaciones científicas puntuales.

Cuando el Comité Editorial considera pertinente y relevante, la revista también publica otras secciones no regulares como imágenes en medicina, crónicas de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Central e Historia de la Medicina.

Estructura y normas según tipo de manuscrito

Estructura general de los manuscritos

La Rev Fac Cien Med (Quito) se adhiere a las recomendaciones de publicación del Comité Internacional de Editores de Revistas Biomédicas [<http://www.icmje.org>].

Los manuscritos deberán estar redactados íntegramente en castellano, inglés o portugués y ser enviados en Documento Microsoft Word versión 2013 en adelante con las siguientes características: escritos a una sola columna, tamaño de página A4, doble espacio, márgenes de 2.5 cm a cada lado, con números de línea continua, y con numeración consecutiva de páginas en el ángulo inferior derecho. Ninguna página debe tener características propias de un proceso de diagramación para imprenta.

Adicionalmente, tomar en consideración los siguientes elementos comunes a los distintos tipos de manuscritos en la siguiente secuencia:

1. Título.
2. Nombres de los autores.
3. Afiliación del autor o autores.
4. Autor para correspondencia.
5. Resumen estructurado.
6. Palabras clave.
7. Resumen en inglés (Abstract), o en otro idioma cuando sea necesario.
8. Palabras clave en inglés (Key words) o en otro idioma cuando necesario.
9. Introducción.
10. Métodos.
11. Resultados.
12. Discusión.
13. Conflicto de interés.
14. Contribución de los autores.
15. Financiamiento.
16. Agradecimientos (cuando sea pertinente)
17. Disponibilidad de datos y materiales.

18. Referencias.
19. Tablas, figuras y/o fotografías: acordes al tipo de artículo.
20. Material suplementario: cuando sea pertinente información adicional al documento principal (en archivo aparte).

Se solicita a los autores verificar el cumplimiento del listado anterior, antes de proceder al envío del manuscrito.

Detalles de estructura según tipo de manuscrito

Artículos Originales: Extensión de máxima de 5000 palabras sin incluir resumen y referencias. Se aceptan hasta seis tablas y cuatro figuras, salvo que se encuentre justificado un mayor número. El documento deberá ser estructurado con resumen y cuerpo de contenido. El cuerpo del manuscrito deberá incluir: introducción, métodos, resultados y discusión (formato internacional IMRD) y podrá contener títulos y subtítulos según sea pertinente en cada acápite, para facilitar la lectura.

Los estudios observacionales preferentemente deben estar acordes a las recomendaciones STROBE (Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology [www.strobe-statement.org/]).

Las revisiones sistemáticas deberán seguir las recomendaciones PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses [www.prisma-statement.org/]).

Los ensayos clínicos seguirán las recomendaciones CONSORT (Consolidated Standards of Reporting Trials [www.consort-statement.org/]). Los ensayos clínicos ejecutados en Ecuador, obligatoriamente deben disponer de la aprobación y registro ministerial conforme normativa del Ministerio de Salud Pública. El proceso puede consultarse en la Web de la Dirección de Inteligencia de la Salud [www.salud.gob.ec/direccion-de-inteligencia-de-la-salud/]).

Educación Médica: Extensión no mayor a 5.000 palabras, excluyendo resumen y referencias. Se aceptarán hasta tres tablas y tres figuras, salvo que se justifique un mayor número de las mismas. El cuerpo del artículo podrá contener títulos y subtítulos según sea pertinente, para facilitar la lectura.

Opinión Médica: Extensión no mayor a 1500 palabras, incluyendo referencias bibliográficas. Se aceptan hasta dos tablas y una figura. El número máximo de referencias será limitado (hasta 15). El documento deberá ser estructurado con resumen y cuerpo de contenido. El cuerpo contiene los apartados, contexto, métodos, resultados y comentario. Las cartas de reportes de caso tienen los apartados, contexto, presentación del caso y comentario.

Reporte de Caso y series de casos: Extensión máxima de 3000 palabras y hasta cuatro tablas o cuatro figuras. El documento deberá ser estructurado con resumen y cuerpo de contenido. El cuerpo del manuscrito deberá tener como apartados: introducción, presentación del caso y discusión. El Comité Editorial se reserva el derecho de reducir la extensión de artículos sobre reportes de casos puntuales y publicarlos en otra sección.

Cartas al Editor: Contempla un máximo de 2000 palabras, incluyendo referencias. Se aceptará hasta una tabla y una figura. Adicionalmente se deberá informar el cargo y el título académico del autor o autores.

Detalle para elaborar apartados del artículo

1. Título: Debe ser específico, conciso y describir adecuadamente el contenido del artículo. Además, debe ser comprensible para lectores externos al campo. Debe evitarse el uso de acrónimos o abreviaturas. Limitado a 100 caracteres incluido espacios. También debe enviarse el título en inglés.

2. Nombres de los autores: Descrito en la forma en la cual la persona desea ser identificada y posteriormente reconocida durante la citación de su artículo. Se deberá utilizar alguna de las siguientes modalidades con fines de identificación en caso de publicación: Juan Castillo / Juan P. Castillo / Juan Patricio Castillo / Juan Patricio Castillo-Recalde.

3. Afiliación del autor o autores: Para cada uno deberá indicarse el lugar de trabajo principal al cual está afiliado. NO debe incluirse ningún título académico o cargo institucional.

4. Autor para correspondencia: Nombre del el autor responsable de contacto y el correo electrónico.

5. Resumen: Para los artículos originales de investigación, el resumen será redactado en formato estructurado que incluye los siguientes segmentos: introducción, objetivo, métodos, resultados y conclusión. Su extensión es de máximo 250 palabras. Para los reportes de caso y series de caso, el resumen deberá tener como segmentos: introducción, presentación del caso y conclusión en una extensión de máximo 100 palabras.

En los artículos correspondientes a reportes científicos, educación médica y otros de tipo revisión, el resumen se redactará en formato narrativo simple, con un máximo de 80 palabras. Las cartas de investigación y cartas al editor no requieren de resumen.

En general, se recomienda que el resumen sea redactado en términos claros y entendibles, no deberá incluir datos no presentados en el contenido del texto, tablas, figuras, abreviaciones (si es posible), ni citas bibliográficas.

6. Palabras clave: Se podrá especificar un máximo 5 palabras o frases cortas que identifiquen adecuadamente el contenido del trabajo para su registro en bases de datos nacionales o internacionales. Se recomienda utilizar palabras claves que se encuentren enlistadas en los términos MeSH (Medical Subject Headings) [<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>] o DeSC (Descriptores en Ciencias de la Salud [decs.bvs.br/E/homepagee.htm]). Para resumen en español los términos MeSH deben ser traducidos.

7. Abstract: Traducción fiel del resumen.

8. Key words: en términos MeSH o traducción DESC.

9. Introducción: Debe ofrecer el contexto adecuado para familiarizar al lector con el tema y debe incluir por lo menos a) la definición del problema que se aborda y su importancia, b) revisión de la literatura que sustente la pregunta clave, apoyada en referencias adecuadamente seleccionadas c) la justificación del estudio basada en los vacíos del conocimiento sobre el tema, y d) en forma directa o implícita, el objetivo principal del estudio, y/o la hipótesis de investigación, o los propósitos.

10. Métodos: Este apartado debe contener detalles suficientes como para que el lector comprenda y juzgue la posible validez de los resultados, así como para que otros investigadores puedan reproducir el mismo trabajo. Se incluirá información sobre a) el diseño (acorde al objetivo/hipótesis de estudio) y breve descripción de lo que se hizo en el estudio, b) descripción detallada de la población estudiada (muestra, criterios de inclusión, exclusión, eliminación, consentimiento de participación, c) definición y medición de variables, d) cómo se recolectaron los datos y como se aseguró la exactitud y precisión de los mismos (estandarización), e) detalle secuencial de todos los procedimientos realizados, f) detalle del o los análisis estadísticos aplicados y los programas estadísticos utilizados incluyendo la versión, fabricante, y país de fabricación. Si el estudio realizado requiere, deberá mencionarse el manejo de muestras, equipos, pruebas de laboratorio y control de calidad. Cuando deba referirse a fármacos o productos químicos, será necesario identificar el nombre genérico, dosificación y vía de administración, y g) Consideraciones Éticas, indique que Comité de Ética aprobó el protocolo y consentimiento, como se obtuvo el consentimiento,

Para mayor detalle visite las recomendaciones STROBE, PRISMA, CONSORT, según corresponda para el tipo de investigación realizada.

11. Resultados: Este apartado deberá netamente describir los hallazgos del estudio realizado, al igual que los resultados del análisis. No deberá incluir interpretación de los resultados (estos serán detallados en la discusión). Se redactará siguiendo una exposición ordenada y secuencial de los hallazgos, en estilo narrativo con apoyo de tablas y/o figuras relevantes (para condensar la información y no duplicarla). Es fundamental presentar los datos básicos, y/o comparaciones basales de los grupos de estudio.

12. Discusión: Este apartado deberá proporcionar la interpretación de los resultados principales y no para repetir hallazgos. Además, contendrá información sobre la comparación de los hallazgos del estudio con reportes previos, interpretación de hallazgos negativos, puntos a favor y/o en contra del estudio, discusión de implicaciones para la práctica clínica, aspectos potenciales para futuras investigaciones, identificación de nuevas ideas y vacíos en el conocimiento. Deberá contener las fortalezas y limitaciones del estudio. Finalmente, en el último párrafo se condensará la (s) principal(es) conclusión (es) que debe estar acorde con los objetivos del estudio y respaldadas por los datos. Puede establecer nuevas hipótesis y/o recomendaciones respaldadas con los datos.

13. Conflicto de interés: Los conflictos de interés existen cuando el juicio profesional respecto a un interés primario (tales como los pacientes o la validez de una investigación) puede estar influenciado por un segundo interés (tales como apoyos financieros o rivalidad personal). Estos conflictos pueden alcanzar a los autores de un artículo cuando tienen intereses que pueden influenciar (probablemente de forma inconsciente) en la interpretación que dan a sus hallazgos o a los resultados de otros colegas.

Los autores deben declarar sobre cualquier tipo de conflictos de interés con el artículo, y/o la investigación realizada.

14. Contribución de los autores: Describa la contribución de cada autor (iniciales del autor) en el estudio: concepción y desarrollo del protocolo, ejecución del estudio, colaboración con reactivos o materiales esenciales para la investigación, análisis de datos, contribuciones importantes para la escritura del artículo, participación en la versión final del manuscrito.

Cuando hay un solo autor establecer que el único autor es responsable de todos los segmentos del manuscrito.

Para mayor información consulte el siguiente sitio:

<https://journals.plos.org/plosone/s/authorship#loc-author-contributions>

15. Financiamiento: Mencionar las instituciones, programas, becas o subvenciones, que de forma directa o indirecta apoyaron financieramente al estudio o trabajo realizado. En ausencia de estas fuentes, deberán declarar si el trabajo se realizó con fondos propios del o los autores.

16. Agradecimientos: Se mencionará a personas, centros o entidades que colaboraron en la realización y ejecución del estudio y/o preparación del manuscrito, pero que su grado de participación no implica una autoría.

17. Disponibilidad de datos: Se refiere a que todos los autores deberán aceptar que los datos van a estar disponibles para otros investigadores bajo petición directa al autor corresponsal.

18. Referencias: Todas las referencias deben seguir el Estilo Vancouver. Se presentarán, según el orden de aparición en el texto, empleando una numeración consecutiva. En el texto, la numeración de las distintas referencias debe presentarse entre corchetes. Los nombres de las revistas deberán abreviarse conforme el Index Medicus. No se acepta el empleo de referencias tales como “observaciones no publicadas” y “comunicación personal”, pero éstas pueden mencionarse entre paréntesis dentro del texto. Se prohíbe las referencias a pie de página.

Un detalle ampliado sobre la forma de citación de los distintos tipos de referencias, puede ser consultada en la siguiente dirección electrónica: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

En resumen, el formato para las referencias más comunes es el siguiente (Traducido desde National Library of Medicine (NLM)):

Artículos en revistas

Citación estándar: Liste todos los autores si son hasta seis. Si hay más de seis autores, liste los primeros seis, seguido de et al. (Nota: NLM ahora lista todos los autores):

Halpern SD, Ubel PA, Caplan AL. Solid-organ transplantation in HIV-infected patients. *N Engl J Med.* 2002 Jul 25;347(4):284-7.

Rose ME, Huerbin MB, Melick J, Marion DW, Palmer AM, Schiding JK, et al. Regulation of interstitial excitatory amino acid concentrations after cortical contusion injury. *Brain Res.* 2002;935(1-2):40-6.

Organización como autor: Diabetes Prevention Program Research Group. Hypertension, insulin and proinsulin in participants with impaired glucose tolerance. *Hypertension* 2002; 40:679-86.

Artículo sin autor: 21st century heart solution may have a sting in the tail. *BMJ.* 2002;325(7357):184.

Volumen con suplemento: Geraud G, Spierings EL, Keywood C. Tolerability and safety of frovatriptan with short- and long-term use for treatment of migraine and in comparison with sumatriptan. *Headache*. 2002;42 Suppl 2:S93-9.

Libro y capítulos de libro

Autor(es) del libro: Murray PR, Rosenthal KS, Kobayashi GS, Pfaller MA. *Medical microbiology*. 4th ed. St Louis: Mosby; 2002.

Autor (es) de un capítulo en determinado libro: Meltzer PS, Kallioniemi A, Trent JM. Chromosome alterations in human solid tumors. En: Vogelstein B, Kinzler KW, eds. *The genetic basis of human cancer*. New York: McGraw-Hill; 2002: 93-113.

Editor(es), compilador(es) como autor: Gilstrap LC 3rd, Cunningham FG, VanDorsten JP, editors. *Operative obstetrics*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill; 2002

Otras fuentes

Tesis: Borkowski MM. Infant sleep and feeding: a tele-phone survey of Hispanic Americans [thesis]. Mount Pleasant (MI): Central Michigan University; 2002.

CD-ROM: Anderson SC, Paulsen KB. Anderson's electronic atlas of hematology [CD-ROM]. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.

Artículo de revista publicada en Internet: Autores del artículo (6 autores máximo, et al). Título del artículo. Abreviatura de la revista [Internet]. Año [fecha de consulta]; Volumen(número): páginas. Disponible en: URL del artículo

Aboud S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role. *Am J Nurs* [serial on Internet]. 2002 Jun [cited 2002 Aug 12]; 102(6): [about 3 p.]. Available from: <http://www.nursingworld.org/AJN/2002/june/Wawatch.htm>

Web site: Cancer-Pain.org [homepage on internet]. New York: Association of Cancer Online Resources, Inc.; C2000-01 [updated 2002 May 16; cited 2002 Jul 9]. Available from: <http://www.cancer-pain.org/>

19. Tablas y Figuras Deben ser adjuntados al final del documento. Durante la edición del artículo se les colocará en el cuerpo del manuscrito.

Tablas: Las tablas deben ser autoexplicativas y enumeradas de forma ascendente a medida que aparezcan en el manuscrito. Cada tabla debe incluir título (de aproximadamente 10 palabras en la parte superior) y numeración consecutiva (e.j. Tabla 1., Tabla 2.), y ser mencionada dentro del cuerpo del artículo para guiar adecuadamente al lector. Si se incluye abreviaturas, su significado debe detallarse al pie de tabla. Llamados para explicaciones al pie de tabla se hará con letras (a, b, c, d, y más) supra índice. Los números decimales se separan con puntos. Un solo decimal de preferencia. Las tablas deben ser realizadas en el programa Microsoft Word con la aplicación insertar tabla. Toda tabla deberá tener tres líneas horizontales, dos en la parte superior que delimitan los subtítulos de las columnas y una línea en la parte inferior que indica el final de la tabla.

Figuras: Se considera como figura a cualquier material de ilustración ya sean diagramas y/o fotografías. Cada figura deberá ser auto explicativa y tener su título (de aproximadamente 10 palabras, ubicado en la parte inferior) y numeración consecutiva (e.j. Figura 1., Figura 2.), y ser mencionadas dentro del cuerpo del artículo. Sólo cuando sea necesario, al título podrá seguirle una leyenda con la explicación breve del contenido y/o el detalle de abreviaturas o marcas utilizadas.

Las figuras deben ser de alta calidad, enviadas en archivos separados tipo PDF, PNG o TIFF, sin leyendas dentro del gráfico. Las leyendas deben ir en el texto. En figuras con ejes, debe asegurarse que los ejes tengan la explicación correspondiente incluyendo unidades de tamaño adecuado para que sean legibles.

Las fotografías de pacientes no tendrán la identificación de la persona y deberán presentarse con una declaración de los autores indicando que se obtuvo el consentimiento del paciente para la publicación de la misma. Deberán contener una marca interna señalando el detalle que interesa exponer al lector. Las fotografías se entregarán en formato "JPG" con una resolución de píxeles adecuada (mayor a 600x600). Para la publicación impresa de ilustraciones a color, la revista podría realizar previamente un acuerdo económico con los autores de ser necesario.

Si en un manuscrito se utilizan ilustraciones o tablas procedentes de otra publicación, los autores deberán poseer la correspondiente autorización y adjuntarla al manuscrito enviado.

Envío de los manuscritos

La recepción de manuscritos es permanente durante todo el año. La revista solicita el envío de manuscritos en archivo.doc (Word) por correo electrónico a fcm.revista@uce.edu.ec

El manuscrito debe presentarse escrito a un solo cuerpo y sin componentes propios de un proceso de diagramación. Además, deberá acompañarse de una carta de presentación en la que el autor solicite la revisión del artículo para su publicación, con indicación expresa de no haber sido publicado o enviado simultáneamente a otra revista biomédica.

La Rev Fac Cien Med (Quito) no acepta manuscritos que han sido previamente publicados por otros medios a fin de evitar las "publicaciones duplicadas" Sin embargo, acepta algunos artículos que solamente han sido publicados de forma parcial como "resúmenes" o han sido presentados parcialmente como comunicaciones orales y/o póster en eventos científicos. En estos últimos casos, los autores deben informar a la Rev Fac Cien Med (Quito) sobre las publicaciones y/o comunicaciones parciales efectuadas.

Proceso de revisión por pares

Luego de la recepción del manuscrito, el autor principal recibirá una constancia de presentación del documento en formato.pdf, en la cual constará el registro asignado, necesario para el seguimiento y atención de cualquier consulta relacionada con el documento.

Un manuscrito "presentado" a la revista no implica necesariamente su aceptación para su ulterior publicación. El proceso de evaluación involucra dos momentos: la revisión primaria por el/ los editores de manuscritos de la Revista y posteriormente por el/los revisores o referís externos. La identidad de los profesionales que participan en la revisión por pares se considera absolu-

tamente confidencial. El tiempo promedio para entregar a los autores las decisiones derivadas del proceso de revisión primaria es de aproximadamente 45 días. Las resoluciones de la revisión secundaria podrían tomar un tiempo similar. El autor será oportunamente informado vía correo electrónico sobre el estado de su manuscrito.

Hasta finalizar el proceso de evaluación, el manuscrito no debe ser presentado a otra revista científica. No obstante, durante el proceso de revisión se puede presentar al Director y/o al Editor Ejecutivo un pedido escrito y firmado por todos los autores solicitando el retiro definitivo del manuscrito.

Un manuscrito calificado como “sujeto a cambios”, implica que para su aceptación definitiva, el autor o los autores deberán realizar enmiendas conforme a sugerencias y/o recomendaciones realizadas por los editores/ revisores. El plazo máximo fijado para efectuar y presentar las correcciones es de 30 días, momento a partir del cual, una falta de respuesta del autor o los autores conducirá a que el manuscrito sea declarado como “no aceptado” y retirado del proceso de evaluación. El manuscrito con calificación de “no aceptado”, puede reiniciar el proceso de aprobación en la Rev Fac Cien Med (Quito), siempre y cuando se optimice su contenido y se corrijan las deficiencias observadas.

La Rev Fac Cien Med (Quito) y su Comité Editorial (Director, Editor Ejecutivo y miembros del Comité) se reserva el derecho de NO aceptar los artículos que se juzguen inapropiados, tanto durante el proceso de revisión primaria, como a partir de las observaciones y recomendaciones emitidas por el consejo editorial (referís externos).

El manuscrito calificado definitivamente como “aceptado” se considera válido para su publicación, y podrá iniciar el proceso de edición e imprenta. Cada manuscrito aceptado será tratado directamente por el personal de la revista (editores y diagramadores), los cuales podrán introducir modificaciones de estilo y de formato, así como modificar y/o acortar los textos cuando se considere pertinente, respetando los aspectos principales y más relevantes del documento original.

Proceso de publicación de los manuscritos

Una vez que el artículo sea aprobado para publicación, el autor principal recibirá vía correo electrónico la versión del manuscrito para revisión detallada previo al envío a la imprenta. En un plazo máximo de ocho días, el autor informará sobre posibles correcciones necesarias. En medida de lo posible, se procurará una segunda revisión correspondiente a la prueba de imprenta definitiva.

La fecha de publicación, así como el volumen y número de la revista, se encuentran sujetos a la cantidad de manuscritos recibidos y las prioridades marcadas por el Comité Editorial. Los artículos aceptados y publicados posteriormente también serán colocados en la página web para descarga gratuita. Cada autor recibirá dos ejemplares impresos de la revista en la cual consta su trabajo publicado. En caso de desear un mayor número de separatas, deberá utilizar la versión electrónica (formato PDF para Acrobat) del artículo.

La Rev Fac Cien Med (Quito) no se responsabiliza de las afirmaciones realizadas por los autores en sus manuscritos.

Derechos patrimoniales de propiedad intelectual

Desde el momento de aceptación, el manuscrito se considera propiedad de la Rev Fac Cien Med (Quito), y no puede ser publicado en otra revista biomédica, sin el permiso explícito de la Rev Fac Cien Med (Quito). Los derechos de autoría permanecen con los autores del manuscrito.

Además, los manuscritos poseen una licencia

CREATIVE COMMONS:

Artículo con licencia Creative Commons 4.0 Internacional para Reconocimiento, No comercial, Sin obras derivadas.



La detección de cualquier tipo de plagio parcial o total de los manuscritos, podrá dar lugar a las acciones legales pertinentes. Los autores de manuscritos publicados, podrán colocar la versión PDF de su artículo, en las páginas web personal o institucional, debiendo en todo momento conservar los detalles de mención a la Rev Fac Cien Med (Quito) y la citación correcta del artículo.

Revista de la Facultad de Ciencias Médicas (Quito)

Creada en 1932 - ISSN 2588-0691
Año 2019. Volumen 44- Número 1



LILACS - BIREME
"Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias
de la Salud, Centro Latinoamericano y del Caribe de
Información en Ciencias de la Salud
LATINDEX
Sistema Regional de Información en Línea para
Revistas Científicas de América Latina, El Caribe,
España y Portugal
IMBIOMED
Índice Mexicano de Revistas Biomédicas
Latinoamericanas