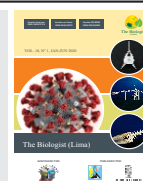


The Biologist (Lima), 2020, 18(1), jan-jun: 55-61.



The Biologist (Lima)



COMMENTARY/ COMENTARIO

SOME PROFESSIONAL CONTRIBUTIONS OF THE BIOLOGIST IN PERU IN THE FIELD OF PUBLIC HEALTH: KNOWING THE GAPS AND OPPORTUNITIES

ALGUNOS APORTES PROFESIONALES DEL BIÓLOGO EN EL PERÚ EN EL CAMPO DE LA SALUD PÚBLICA: CONOCIENDO LAS BRECHAS Y OPORTUNIDADES

Jesús Eduardo Rojas-Jaimes^{*1} & Germán Correa-Nuñez²

¹ Facultad de Ciencias, Universidad Continental, Lima, Perú.

jesus.rojas.jaimes@gmail.com

² Departamento Académico de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Perú.

gcorrea@unamad.edu.pe

*Corresponding Author: jesus.rojas.jaimes@gmail.com

ABSTRACT

The biologist is a scientific outlet for studies of life par excellence, so its scope is extremely broad and diverse. The objective of this study was to know the contributions of the biologist in Peru in Public Health and recognize the gaps and opportunities. There are several areas of biology that have a strong impact on health, such as ecology that seeks to understand the environment that surrounds the living being, as well as the microbiologist who studies the tiny beings that contribute to health and disease. Although the contribution of the biologist is widely recognized in the improvement of our society and the existence of notable Peruvian biologists who have contributed worldwide in public health as in the improvement of water supply, the rapid diagnosis of the causal agents of tuberculosis and leishmaniasis, design of promising vaccines against malaria and the discovery of new infectious agents there are many gaps especially in our country for this beautiful and dignified profession to be recognized as it deserves. Among the limitations in our country are the ignorance in many cases by the community and its leaders of what a biologist is and how they contribute to improving the health of the community, resulting in a limited incentive and support for research. Therefore, it is necessary to have a close relationship between scientific information and social impact, broad dissemination, free access and understandability to the whole community.

Keywords: Biologist – gap – health – professional – research

doi: 10.24039/rtb2020181448

RESUMEN

El biólogo es el profesional de la ciencia que estudia la vida por excelencia, por tal su ámbito es sumamente amplio y diverso. El objetivo del presente estudio fue conocer los aportes del biólogo en el Perú en la Salud Pública y reconocer las brechas y oportunidades. Existen diversas áreas de la biología que repercuten fuertemente en la salud como la ecología que trata de entender en entorno que rodea al ser vivo y como este es influenciado por su medio, así también el microbiólogo que estudia los seres diminutos que contribuyen a la salud y a enfermedad. A pesar de que el aporte del biólogo es ampliamente reconocido en la mejora de nuestra sociedad y la existencia de notables biólogos peruanos que han aportado a nivel mundial en la salud pública como en la mejora del abastecimiento del agua, el diagnóstico rápido de los agentes causales de la tuberculosis y la leishmaniasis, diseño de vacunas promisorias contra la malaria y el descubrimientos de nuevos agentes infecciosos, existe muchas brechas en especial en el Perú para que esta profesión sea reconocida como se merece. Entre las limitantes en nuestro país están la ignorancia en muchos casos por la comunidad y sus dirigentes de lo que es un biólogo y como este aporta en mejorar la salud de la comunidad, resultando en un limitado incentivo y apoyo a la investigación. Por lo que se hace necesario una estrecha relación entre la información científica y el impacto social, difusión amplia, de acceso libre y entendible a toda la comunidad.

Palabras clave: Biólogo – brecha – investigación – profesional – salud pública

INTRODUCCIÓN

Es importante señalar algunos conceptos del investigador biólogo en contexto general describiendo que la Biología, aparece desde que el ser humano adquiere conciencia de sí mismo; así como de su entorno en su afán de supervivencia; es la ciencia madre de las otras Ciencias Biológicas (Ishiyama, 2014; Ferranti *et al.*, 2017). Un hito destacable en la Biología es cuando Francesco Redi, en relación a la generación espontánea, sostuvo la posición de que los seres vivos se originaban a partir de seres que tenían vida (Parke, 2014). Aunque se refiere en algunos casos a los naturalistas como los antecesores de los biólogos, en la concepción del nombre profesional como tal existieron otras profesiones que han estudiado el mundo natural y han realizado aportes significativos a la Biología (Ishiyama, 2014). Por ejemplo un pionero en las Ciencias Biológicas, específicamente en el campo de la Microbiología, fue Louis Pasteur quien fue un químico de profesión, y quien trabajó arduamente en la vacuna contra la rabia, la enfermedad del gusano de seda, la fermentación: estando su carrera científica determinada por el trajín de la ciencia y sus aplicaciones, sin pensar necesariamente, en la

rentabilidad económica sino en la búsqueda del saber (Schwartz, 2015). De otro lado, el monje naturalista Gregor Mendel, estuvo preocupado por entender la hibridación en las plantas, a través de la producción de nuevas variantes de color en *Pisum sativum* L. (Olby 1979; Opitz & Bianchi 2015), antes que en evidenciar las leyes de la herencia (De Castro, 2016). El biólogo Bruce Alberts, abrió camino en la Biología Molecular a través el entendimiento de la replicación del ADN, aproximaciones nuevas acerca de la interrelación entre el núcleo y el citoplasma, impulsando la investigación básica y la educación científica (Walter & Yamamoto, 2016). Roger Kornberg, obtuvo el premio nobel por dilucidar el proceso de transcripción del DNA y explicitar el rol de la ADN polimerasa II (Landick, 2006). Es importante destacar que como resultado del estudio molecular, actualmente se viene evaluando el rol de la estructuras no canónicas del ADN, diferentes al modelo de doble hélice de Watson y Crick, como blanco farmacológico en la terapia anticáncer (Bachurin *et al.*, 2018). Tom Kirchhausen un biólogo formado en Perú, junto con otros investigadores, a través de mediciones de imágenes de células completas, tanto del área de la superficie celular como del volumen celular durante el ciclo celular de células únicas en cultivo y en embrión

del *Danio rerio* (Hamilton-Buchanan, 1822) “pez cebra”, evidenciaron que el área total se incrementó rápidamente durante la transición de la telofase a la citocinesis, mientras que todo el volumen celular se incrementó ligeramente en la metafase y fue relativamente constante durante la citocinesis, dando luces sobre el remodelamiento de la membrana celular (Aguet *et al.*, 2016). Yoshinori Ohsumi aportó al entendimiento de la autofagia celular como un proceso tan importante como la síntesis celular (Ohsumi, 2014).

En nuestro país existen diversos aportes para el conocimiento y la ciencia aplicada de alcance mundial en los temas del desarrollo celular la tuberculosis, malaria, leishmaniasis y enfermedades diarreicas agudas, siendo el objetivo del presente comentario destacar algunas investigaciones relevantes del biólogo peruano en salud pública y conocer las brechas y oportunidades.

El biólogo en el Perú y su aporte en la Salud Pública Mundial

La ley número 28847 “Ley del Trabajo del Biólogo” indica en el Capítulo I “profesión del biólogo”, Artículo 4 “Rol del Biólogo” que el profesional participa en la evaluación, formulación y aplicación de las políticas sobre la Salud (El Peruano, 2008) en este sentido el Perú ha contribuido y sigue contribuyendo al mundo en el campo de las Ciencias Biológicas, como es el caso de un joven estudiante de Biología y su equipo al inventar una máquina que condensa el aire hasta obtener agua potable (Hidalgo-Quinto, 2018), invento ganador de un concurso a nivel mundial presentado por una prestigiosa y reconocida institución y que se encuentra en este caso relacionado a la Salud Pública, en especial por cuanto aportará a la prevención de infecciones e infestaciones asociadas a la escasez de agua y agua insalubre, el presente aporte representa un gran avance para la disposición de este líquido elemento vital para vida de cualquier organismo esperando se comience a utilizar a gran escala. En nuestro medio existen científicos biólogos investigando en el campo de la malaria una enfermedad de impacto mundial que causa mucha morbilidad en nuestro país por lo que se está buscando vacunas contra *Plasmodium falciparum* Welch, 1897 considerando las variantes en el alelo ID1-DBL2Xb y la proteína PfRH5 (Bordbar *et al.*, 2014;

Douglas *et al.*, 2015). En la investigación sobre la leishmaniasis se ha avanzado en su diagnóstico molecular dado que el diagnóstico clásico presente serias limitaciones. Colegas peruanos han desarrollado estudios moleculares para una detección rápida con una alta sensibilidad de las especies causales de la leishmaniasis en nuestro país contribuyendo de esta manera a la implementación terapéutica rápida y acertada por parte del personal médico; así como en el estudio de vectores y reservorios del parásito causal de la enfermedad (Tsukayama *et al.*, 2013; Rojas-Jaimes *et al.*, 2017). La tuberculosis la cual es un flagelo pandémico, en el Perú se ha avanzado en diferenciar síntomas e imágenes asociadas a tuberculosis, de neoplasias malignas descartando así linfomas, cáncer pulmonar y cerebral (Villena-Suarez *et al.*, 2018). Cabe resaltar el rol de las biólogas peruanas Luz Caviedes y Patricia Sheen en el diseño de una variante cuantitativa del ensayo de Wayne para evaluar la resistencia de *Mycobacterium tuberculosis* Zopf, 1883, a la pirazinamida que permitió obtener un método más barato y más sensible que el método tradicional para evaluar la resistencia a la droga, por tanto de mayor acceso para la salud pública de nuestro país (Meinzen *et al.*, 2016). Adicionalmente es importante destacar a Luz Caviedes como una de las biólogas que mayor aporte ha realizado a nivel mundial en la lucha contra la tuberculosis, ya que ella fue la que inventó el método MODS por sus siglas en inglés “Microscopic Observation Drug Susceptibility Assay”. Este método permitió una detección rápida de la presencia de *M. tuberculosis* y su perfil de resistencia de las drogas de primera línea como la rifampicina y la isoniacida (Caviedes *et al.*, 2000). Otra enfermedad endémica de nuestro país que años atrás causó mucha morbimortalidad es la “Enfermedad de Carrión” causada por *Bartonella bacilliformis* Strong, 1913. En este campo Juana del Valle ha realizado estudios en el campo del diagnóstico rápido, características fisiológicas de la bacteria y epidemiológicos que repercuten principalmente en un rápido diagnóstico y prevención de infección por parte del agente (Pons *et al.*, 2016).

En el campo de la Parasitología, la bióloga Ynés Ortega contribuyó a dilucidar que la estructura poblacional de dos poblaciones en panmixis de *Cyclospora cayetanensis*, Ortega, 1993, en China y Perú, es evidencia de un intercambio genético

común entre aislados dentro de áreas endémicas, así también la bióloga Ortega fue la descubridora de *C. cayetanesis* (Guo *et al.*, 2018).

El biólogo peruano Joseph Pinto en investigaciones en diagnóstico de cáncer a partir del reconocimiento del gen DDIT4 que codifica una proteína cuya acción principal es inhibir mTOR bajo condiciones de estrés, sugiriendo estudios *in vitro* que su expresión favorece la progresión del cáncer, lo presentan como un biomarcador pronóstico potencial en varios tipos de cáncer (Pinto *et al.*, 2017).

Es de recalcar de los trabajos arriba citados la importancia de la investigación interdisciplinaria, en un mundo globalizado (Reichardt, 2018).

Brechas y oportunidades para el biólogo peruano en la Salud Pública

La investigación biomédica constituye el quehacer científico con el deseo más noble cual es aliviar, o, de ser el caso, revertir la enfermedad, sufrimiento y muerte en humanos (Pons & Adam, 2018). En los últimos 20 años ha habido un crecimiento explosivo en la investigación biomédica en el Perú, siendo la mayor proporción en ecología y enfermedades emergentes, seguida por epidemiología general, y VIH SIDA y otras infecciones de transmisión sexual (La & Sk, 2017). Nuestro país, como un país de ingresos medios, ha de apostar por formar y retener talento humano en Ciencias Biológicas como impulsor del desarrollo y mejora de la calidad de vida de la población vinculando los servicios de salud a la industria biomédica (Glass *et al.*, 2018).

La salud pública es una resultante del aporte e interacción de varios determinantes: biológicos (Ferranti *et al.*, 2017); sociales, económicos, ocupacionales (Stellman, 2013), ambientales (Peters *et al.*, 2017), siendo en estos últimos muy relevante el rol del biólogo a través de la utilización del enfoque de riesgo para la delimitación, caracterización y contención de áreas y condiciones de riesgo para los grupos o poblaciones expuestas. Esta consideración va desde los más elementales componentes de la salud ambiental tales como la ecología y protección del ambiente, higiene alimentaria y zoonosis, salud ocupacional, y saneamiento básico (Novotný *et al.*, 2018) hasta su participación en la epidemiología de

campo haciendo uso de la teledetección, sistemas de información geográfica, bioindicadores, etc., en su aproximación a las antroposis, zooantroposis antropozoonosis, anfixenosis, y sapronosis (Novotný *et al.*, 2018).

Aspectos a considerar incluyen la participación del biólogo en el monitoreo ambiental en salud, así como en la evaluación y gestión del riesgo asociado a la emergencia y reemergencia de enfermedades, monitoreo biológico de la biodiversidad con impacto en salud pública, vigilancia y control de vectores, exposición ocupacional y no ocupacional a patógenos, xenobióticos y genotóxicos, intrusión de hábitat, traslocación de hospedero (spillover) considerando además el concepto de nididad geográfica, entre otros. El párrafo anterior denota una brecha que cubrir por parte de biólogos que conecta la ecología, etología, bionomía y la salud pública. Otra brecha que el profesional biólogo debe cubrir es su experticia en la evaluación de biomarcadores de exposición y biomarcadores de efectos en la salud, con énfasis en la identificación de efectos sutiles, agudos y crónicos de los disruptores endocrinos y otros xenobióticos emergentes. Se entiende entonces que el rol del biólogo en salud pública no se limita al quehacer laboratorial sino que se complementa con el accionar en la caracterización y delimitación de zonas de riesgo para enfermedades y daños, dentro de la vigilancia epidemiológica activa considerando al cambio climático como la principal variable interviniente en la salud pública a nivel mundial. Mención aparte lo constituye el hecho de que el biólogo debe incorporar en su labor profesional los conocimientos, actitudes, prácticas y comportamientos asociados a la administración y gestión pública, políticas públicas en salud, sostenibilidad ambiental y estilos de vida no únicamente asociadas a enfermedades transmisibles sino también a enfermedades no transmisibles (Graham & White, 2016). Es de suma importancia que el biólogo sea formado en el eje transversal de la investigación, dejando de realizar labores rutinarias meramente técnicas de forma automatizada que no está vinculado a un proceso analítico y de aporte de nuevo conocimiento (Eberbach & Crowley, 2008; Ishiyama, 2014; Spike, 2018; Teive, 2016) Es importante asumir la responsabilidad de ser biólogos, conociendo claramente que el progreso de las naciones está vinculado al trabajo de los

científicos como los biólogos, así también es de suma importancia que los que enseñen los cursos de investigación sean docentes que desarrollen ciencia y no meramente sean teóricos (Eberbach & Crowley, 2008; Ishiyama, 2014; Spike, 2018; Teive, 2016).

COMENTARIO FINAL

El rol del biólogo peruano ha impactado positivamente en el contexto de la mejora de la salud pública a nivel mundial y por tanto debe ser considerada su participación desde el primer nivel de atención (puestos y centros de salud en donde involucre estudios de agentes etiológicos y factores epidemiológicos) hasta el nivel hospitalario (incluye el invento y estandarización de nuevas pruebas diagnósticas), asociados a los determinantes ambientales inmediatos de determinada jurisdicción; hasta su participación en los niveles más altos en la gestión en salud, pasando por la administración y gestión de los servicios de salud, con una clara convicción de la interrelación entre la ética biomédica, la ética en salud pública y la bioética. El biólogo debe justificar su profesión a través de la investigación y la publicación de estos resultados en beneficio de la humanidad y el planeta, sociabilizando de una manera clara y amplia tales resultados.

AGRADECIMIENTOS

Al decano nacional del Colegio de Biólogos Pedro José Carrillo Arteaga por la información brindada para la realización del presente artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguet, F.; Upadhyayula, S.; Gaudin, R.; Chou, Y.; Cocucci, E.; He, K. & Kirchhausen, T. 2016. Membrane dynamics of dividing cells imaged by lattice light-sheet microscopy. *Molecular Biology of the Cell*, 27: 3418–3435.
- Bachurin, S. S.; Kletskii, M.; E.; Burov, O. N. & Kurbatov, S. V. 2018. Non-canonical DNA structures: Comparative quantum mechanical study. *Biophysical Chemistry*, 235: 19–28.
- Bordbar, B.; Tuikue Ndam, N.; Renard, E.; Jafari-Guemouri, S.; Tavul, L.; Jennison, C. & Sabbagh, A. 2014. Genetic diversity of VAR2CSA ID1-DBL2Xb in worldwide *Plasmodium falciparum* populations: Impact on vaccine design for placental malaria. *Infection, Genetics and Evolution*, 25: 81–92.
- Caviedes, L.; Lee, T.; Gilman, R.; Sheen, P.; Spellman, E.; Lee, E.; Berg, D. & Montenegro-James, S. & Tuberculosis Working Group in Peru. 2000. Rapid, efficient detection and drug susceptibility testing of *Mycobacterium tuberculosis* in sputum by microscopic observation of broth Cultures. *Journal of Clinical Microbiology*, 38: 1203–1208.
- De Castro, M. 2016. Johann Gregor Mendel: paragon of experimental science. *Molecular Genetics & Genomic Medicine*, 4: 3–8.
- Douglas, A.; Baldeviano, G. & Lucas, C. Lugo-Roman, L.A.; Crosnier, C.; Bartholdson, S.J.; Diouf, A.; Miura, K.; Lambert, L.E.; Ventocilla, J.A.; Leiva, K.P.; Milne, K.H.; Illingworth, J.J.; Spencer, A.J.; Hjerrild, K.A.; Alanine, D.G.; Turner, A.V.; Moorhead, J.T.; Edgel, K.A.; Wu, Y.; Long, C.A.; Wright, G.J.; Lescano, A.G. & Draper, S.J. 2015. A PfRH5-Based Vaccine Is efficacious against heterologous strain blood-stage *Plasmodium falciparum* Infection in *Aotus* monkeys. *Cell Host & Microbe*, 17: 130–139.
- Eberbach, C. & Crowley, K. 2008. From every day to scientific: How children learn to observe the biologist's world. *Review of Educational Research*, 79: 39–68.
- El Peruano, 2008. *Normas Legales 384925, Reglamento del Trabajo del Ley del Biólogo*. Disponible en: <http://www.cbperu.org.pe/wp-content/uploads/2019/07/3.-D.S.-N%C2%B0-025-2008-SA-Aprueban-Reglamento-de-la-Ley-N%C2%B0-28847-Ley-del-Trabajo-del-Bi%C3%B3logo.pdf>
- Ferranti, E. P.; Grossmann, R.; Starkweather, A. & Heitkemper, M. 2017. Biological

- determinants of health: Genes, microbes, and metabolism exemplars of nursing science. *Nursing Outlook*, 65: 506–514.
- Glass, R.I.; Garcia, P.J.; Belter, C.W.; Livinski, A.A. & Leon-Velarde, F. 2018. Rapid growth of biomedical research in Peru. *The Lancet Global Health*, 6: PT728–PT729.
- Graham, H. & White, P.C.L. 2016. Social determinants and lifestyles: integrating environmental and public health perspectives. *Public Health*, 141: 270–278.
- Guo, Y.; Li, N.; Ortega, Y. R.; Zhang, L.; Roellig, D. M.; Feng, Y. & Xiao, L. 2018. Population genetic characterization of *Cyclospora cayentanensis* from discrete geographical regions. *Experimental Parasitology*, 184: 121–127.
- Ishiyama R. 2014. El biólogo como investigador. *Infinitum*, 4: 92-94.
- La, G. & Sk, S. 2017. Supplementary Appendix. *Disponible en*: <http://doi.org/10.1056/NEJMoa1708538>
- Landick, R. 2006. Essay a long time in the making — the nobel prize for RNA Polymerase. *Cell*, 6: 1087–1090.
- Hidalgo-Quinto, M. 2018. CIIT Perú 2018. from <http://www.ciitperu.com/speaker/max-hidalgo-quinto/> leído el 28 de junio del 2018.
- Meinzen, C.; Proaño, A.; Gilman, R. H.; Caviedes, L.; Coronel, J.; Zimic, M. & Sheen, P. 2016. A quantitative adaptation of the wayne test for pyrazinamide resistance. *Tuberculosis*, 99: 41–46.
- Novotný, J.; Hill, J. K. W.; & Kumar, A. 2018. Social determinants of environmental health : A case of sanitation in rural Jharkhand. *Science of the Total Environment*, 643: 762–774.
- Olby, R. 1979. Mendel no mendelian? *History of Science*, 17: 53–72.
- Opitz, J. M. & Bianchi, D.W. 2015. MENDEL: Morphologist and founder of genetics – to begin a celebration of the 2015 Sesquicentennial of Mendel's presentation in 1865 of his *Versuche uber Pflanzenhybriden*. *Molecular Genetics & Genomic Medicine*, 3: 1–7.
- Ohsumi, Y. 2014. Historical landmarks of autophagy research. *Cell Research*, 24: 9–23.
- Parke, E. C. 2014. Flies from meat and wasps from trees: Reevaluating Francesco Redi's spontaneous generation experiments. *Studies in History and Philosophy of Science Part C :Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 45: 34–42.
- Peters, D.T.J.M.; Verweij, S.; Grêaux, K.; Stronks, K. & Harting, J. 2017. Conditions for addressing environmental determinants of health behavior in intersectoral policy networks: A fuzzy set Qualitative Comparative Analysis. *Social Science and Medicine*, 195: 34–41.
- Pinto, J. A.; Rolfo, C.; Raez, L. E.; Prado, A.; Araujo, J. M.; Bravo, L. & Gomez, H. L. 2017. In silico evaluation of DNA Damage Inducible Transcript 4 gene (DDIT4) as prognostic biomarker in several malignancies. *Scientific Reports*, 7: 1–11.
- Pons, M.J.; Silva-Caso, J.W.; del Valle-Mendoza, J. & Ruiz, J. 2016. Multi-Locus sequence typing of *Bartonella bacilliformis* DNA performed directly from blood of patients with Oroya's fever during a peruvian outbreak. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10: e0004391.
- Pons, J. M.V. & Adam, P. 2018. Biomedical research at the crossroads and ways through. *Medicina Clinica*, 151:109-110.
- Reichardt, J. K.V. 2018. Reflections of a biomedical scientist on four continents in interdisciplinary research. *Trends in Genetics*, 34:401-403.
- Rojas-Jaimes, J.; Correa-Núñez, G.; Rojas-Palomino, N. & Cáceres-Rey, O. 2017. Detección de *Leishmania (V) guyanensis* en ejemplares de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) recolectados en pecarías de collar (*Pecari tajacu*). *Biomédica*, 37(Supl.2): 208-114.
- Schwartz, M. 2015. Science and the applications of science from Louis Pasteur to Jacques Monod. *Comptes Rendus - Biologies*, 338: 413–418.
- Spike, J. P. 2018. Biomedical ethics, public health ethics, and bioethics: Identifying the interrelationships between three distinct fields. *Ethics, Medicine and Public Health*, 4:1–4.
- Stellman, J. M. 2013. *Section 5: Occupational and Environmental Determinants of Health. Women and Health* (1st Ed.). Elsevier Inc.

- <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-384978-6.00132-1>
- Teive, H. 2016. On the centenary of the birth of Francis H. C. Crick—from physics to genetics and neuroscience. *Historical Notes*, 1: 351-353.
- Tsukayama, P.; Núñez, J.H.; De Los Santos, M.; Soberón, V.; Lucas, C.M.; Matlashewski, G. & Bacon, D. J. 2013. A FRET-Based Real-Time PCR assay to identify the main causal agents of New World tegumentary Leishmaniasis. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 7: e1956.
- Villena-Suarez, J.R.; Vicente, W.; Taxa, L.; Cuéllar, L. & Nuñez-butrón, M.T. 2018. Tuberculosis que imita cáncer: casos derivados al Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas, *Revista peruana de medicina Experimental y Salud Pública*, 35: 77–83.
- Walter, P. & Yamamoto, K.R. 2016. Science as a way of knowing: from protein machines to evidence-based decisions. *Cell*, 167: 16–19.

Received October 24, 2019.
Accepted April 4, 2020.