

Los nuevos retos en la ingeniería sanitaria en Perú: Pandemia COVID-19 y enseñanza remota

The new challenges in sanitary engineering in Peru: COVID-19 pandemic and remote teaching

<https://doi.org/10.52808/bmsa.7e6.623.001>

Francisco Cyl Godiño Poma^{1,*}

<https://orcid.org/0000-0002-3656-2852>

Milka Gloria Godiño Poma¹

<https://orcid.org/0000-0001-6443-0593>

Recibido: 23/03/2022

Aceptado: 29/04/2022

RESUMEN

La Ingeniería Sanitaria surge como una rama de la ingeniería que involucra tanto materias propias de la ingeniería tales como: matemáticas, física, química hidráulica o mecánica, como aquellas relacionada con la medicina y la higiene, tales como la microbiología y conservación. Tiene como función principal crear y fomentar condiciones de salubridad en las poblaciones siendo vigilante de las aguas, el aire y la tierra, evitando que la contaminación alcance a los seres humanos. En Perú, la ingeniería sanitaria se creó como un apéndice de la ingeniería civil, pero pronto tomó el lugar merecido, declarándose una carrera de ingeniería independiente. Actualmente, la Ingeniería sanitaria es la encargada de llevar agua potabilizada a la población, y tratar las aguas servidas. Por otra parte, con la llegada del SARS-CoV-2, el mundo fue sacudido, y una situación de pandemia emergió, lo que hizo que los diferentes países tomaran las acciones necesarias, tal como sucedió con el Perú. Allí, la Ingeniería Sanitaria, accionó sus funciones, buscando la potabilización del agua de consumo. En estos tiempos de pandemia, también determinaron el resguardo de la población, lo que fomentó la educación remota. En el caso de la Ingeniería Sanitaria, los laboratorios presenciales y convencionales fueron sustituidos por laboratorios virtuales y remotos, lo cual permitió que la educación continuase sin contratiempos.

Palabras clave: Ingeniería Sanitaria, SARS-CoV-2, Educación remota, Salubridad.

ABSTRACT

Sanitary Engineering emerges as a branch of engineering that involves both engineering subjects such as: mathematics, physics, hydraulic or mechanical chemistry, as well as those related to medicine and hygiene, such as microbiology and conservation. Its main function is to create and promote healthy conditions in the populations, being vigilant of the waters, the air and the land, preventing contamination from reaching human beings. In Peru, sanitary engineering was created as an appendix to civil engineering, but it soon took its deserved place, declaring itself an independent engineering career. Currently, Sanitary Engineering is in charge of bringing drinking water to the population, and treating wastewater. On the other hand, with the arrival of SARS-CoV-2, the world was shaken, and a pandemic situation emerged, which made the different countries take the necessary actions, as happened with Peru. Over there, the Sanitary Engineering, activated its functions, seeking the potabilization of drinking water. In these times of pandemic, they also determined the protection of the population, which promoted remote education. In the case of Sanitary Engineering, face-to-face and conventional laboratories were replaced by virtual and remote laboratories, which allowed education to continue without setbacks

Keywords: Sanitary Engineering, SARS-CoV-2, Remote Education, Health.

¹ Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú.

*Autor de Correspondencia: d.fgodino@upla.edu.pe

Ingeniería Sanitaria, un dossier

La ingeniería sanitaria es la rama de la ingeniería dedicada al saneamiento de los ámbitos en que se desarrolla la actividad humana. Ésta se vale de múltiples disciplinas como la hidráulica, ingeniería química, biología, física, matemáticas, mecánica, electromagnetismo, electromecánica, termodinámica, entre otras, y en estos últimos tiempos se complementa y comparte con la ingeniería ambiental.

El hombre, en su afán de vivir en sociedad, conlleva a la formación de aglomeraciones humanas, trayendo consecuencias que se agudizan cuando las poblaciones no se forman bajo ordenamiento previo; entre los múltiples desafíos de la ingeniería sanitaria, están la aparición de enfermedades debido a requisitos fundamentales de higiene. De allí, que, en consecuencia, sea necesario adoptar medidas que mejoren las condiciones de vida de la población.

Posiblemente el mayor logro de la ingeniería sanitaria fue la drástica disminución de las enfermedades de origen hídrico, como disentería, tifoidea, diarreas infantiles y otras. Tales logros fueron alcanzados mediante el tratamiento de agua para consumo humano, clarificándola, filtrándola y desinfectándola. En consecuencia, la ingeniería sanitaria se orienta a la gestión, planeación, análisis, diseño, desarrollo e implementación de tecnologías apropiadas que buscan

ofrecer alternativas de solución a los diversos problemas de la comunidad y su entorno, haciendo uso de las tecnologías de punta en los diversos campos de las ciencias y del quehacer humano. Constituye, entonces, parte fundamental en la solución a los problemas de salud y medio-ambientales, una actividad que, mediante la elaboración de modelos aplicados a la condición ambiental, busca conservar, mejorar y garantizar la salud pública y el bienestar de la comunidad (Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaraguense, 2018)

Historia de la Ingeniería Sanitaria en Perú

A mediados del siglo XIX, lo más progresistas de las élites latinoamericanas, soñaba con un crecimiento paulatino de la población junto con una producción emergente. Sin embargo, estos intentos por poblar, explotar y comercializar las riquezas de los territorios más lejanos sus riquezas, generaron una mayor cantidad de preocupaciones en términos sanitarios (Contreras, 1994). Las altas tasas de mortalidad de la población causada por las epidemias y las condiciones precarias de vida de las clases menos pudientes, impulsaron al Estado a desarrollar políticas de salubridad para reducir y controlar la incidencia de enfermedades y otros factores sociales que afectaban de forma directa a la salud (Cueto, 2000). En este sentido, las profesiones sanitarias fueron adquiriendo mayor trascendencia, no solo en el espacio clínico, sino, también, en la planificación de políticas sanitarias (Cueto, 2005). Al mismo tiempo, se inició un pensamiento higiénico sanitario que ejerció una importante influencia en escenarios de diferente orden. Así, por un lado, la higiene se constituyó en una materia científica vinculada estrechamente a la medicina, poseía componentes culturales que en la práctica aceleraron las reformas sociales y modernizaron los espacios urbanos (Ibarra, 2016); por otro, la concepción bacteriológica demostró que muchas enfermedades eran causadas por agentes patógenos depositados sobre todo en el agua sucia y en otros lugares de acumulación de desechos haciendo posible su control previniendo la proliferación de vectores transmisores de enfermedades infectocontagiosas y minimizando los efectos de las epidemias (Inmaculada & Sánchez, 2017).

En ese sentido, la construcción de obras públicas con criterios sanitarios y la dotación de servicios de agua potabilizada y agua servidas fueron una constante para las autoridades sanitarias, pero era allí, donde la medicina, ya no podía responder ante tales necesidades (Casas Orrego, 2000). Así que las obras de saneamiento urbano y rural requerían del despliegue de técnicas y conocimientos vinculados a la construcción de canales que evitaran la acumulación de depósitos de agua en caminos y carreteras, de obras de irrigación que impidiesen la proliferación de vectores como la malaria y fiebre amarilla, así como de viviendas sanitarias para la población.

En Perú, ya en los inicios del siglo XX, la medicina y la ingeniería lograron constituir espacios de legitimidad profesional, además de una vinculación cercana con el Estado y la Administración Pública. En líneas generales, los trabajos de saneamiento era una amalgama de médicos e ingenieros, adicionándose posteriormente: arquitectos y urbanistas con una falta clara de distinción en sus campos de acción. Los límites entre ingenieros y médicos sanitarios eran confusos debido al desarrollo particular de ambas especialidades y, sobre todo, por la forma en la que estaban organizadas las instituciones sanitarias.

En 1935 se creó el Ministerio de Salud Pública, Trabajo y Previsión Social y se aprobó el Escalafón Sanitario (1937), que declaraba las funciones técnicas sanitarias desempeñadas por médicos e ingenieros como carreras públicas y, además, ordenó al Ministerio de Fomento que dispusiera lo conveniente para que la Escuela de Ingenieros otorgara el título de ingeniero sanitario (Congreso del Perú, 1937). Esta última disposición se hizo efectiva tres años después, con el apoyo de la Oficina Sanitaria Panamericana y del Instituto de Medicina Social se formuló un programa de estudios para la enseñanza de ingeniería sanitaria (Mantilla, 1951). El primer plan de estudios incluía una asignatura de administración sanitaria e ingeniería de la salud pública (Paz-Soldán, 1945). Ya a partir de 1940, los términos políticos y comerciales de la América Latina impulsó la cooperación técnica y económica de organismos de salud internacionales fomentando la especialización de salubristas (Cueto, 2008). La ingeniería sanitaria recibió un gran apoyo de la Fundación Rockefeller, el Instituto de Asuntos Interamericanos, el Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública y la Oficina Sanitaria Panamericana con el fin de desvincularse de la ingeniería civil y ser fomentada como un campo profesional legítimo y autónomo. En 1945 se introdujo el curso de ingeniería antimalárica. A partir de 1946, la Escuela transitó por un periodo de reformas, incluyéndose en los planes de los departamentos de minas, petróleo, industria y arquitectura, algunos cursos tales como: “ventilación, higiene y seguridad minera”, “seguridad e higiene industrial”, y “urbanismo”. En el Departamento de Ingeniería Sanitaria, el nuevo programa de enseñanza se planteó en dos fases: la primera contenía cursos de formación sanitaria básica, como biología y bacteriología sanitaria y, en segundo lugar, cursos de diseño de plantas de purificación de agua potable, tratamiento de aguas excluidas, fundamentos de máquinas y mecanismos, saneamiento municipal y rural, procedimientos de lucha contra vectores y administración sanitaria (Mantilla, 1998). Así que los ingenieros sanitarios tuvieron un papel activo en la ejecución de proyectos de saneamiento rural y urbano, así como el desarrollo de campañas de prevención y erradicación de enfermedades como la fiebre amarilla, la malaria, la peste bubónica, la tifoidea, entre otras (Ramacciotti & Rayez, 2018). De esta manera, Perú fue uno de los primeros países latinoamericanos en desarrollar cursos y programas académicos para la formación de ingenieros sanitarios, creándose una sección de ingeniería sanitaria en la Escuela de Ingenieros y en diferentes organismos del Estado.

Por otra parte, las labores más efectivas en saneamiento continuaron ejecutándose por parte de los consejos municipales, en coordinación con la Dirección de Obras Públicas y, en menor medida, con la Dirección de Salubridad del

Ministerio de Fomento. Este tipo de organización generó que estas obras no se realizaran de forma uniforme en todas las regiones del país, ya que estaban condicionadas a la capacidad económica de las juntas departamentales. La falta de recursos económicos y profesionales hizo que un porcentaje considerable de estos servicios recayera bajo la administración de empresas particulares, lo cual dificultaba la supervisión de la calidad del servicio. No obstante, a partir de la década de 1920 se inició una transformación en la orientación del Estado hacia políticas sociales, tendencia que se consolidó entre las décadas de 1930 y 1960 (Drinot, 2017). La inclusión de ingenieros en las políticas estatales de saneamiento adquirió mayor importancia en un contexto de crecimiento económico basado en la exportación de materias primas y fomento de la industrialización. Los cuestionamientos sobre la influencia que ejercía el estado sanitario de las ciudades y los valles en la capacidad física de los pobladores llamaba la atención sobre los aspectos de salubridad en el porvenir industrial del país. En este sentido, la construcción de obras de saneamiento, la difusión de la educación sanitaria y la seguridad industrial se fueron convirtiendo en parte importante de las políticas sanitarias que se fortalecerían a partir de 1940 (Lizarme-Villcas, 2021).

Plan Nacional de Saneamiento Peruano 2022-2026

En el Perú, es el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el encargado, según la Ley de Organización y Funciones, y en la Ley Marco de Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento, es el Ente Rector en materia de saneamiento y como tal, le corresponde planificar, normar y ejecutar las políticas nacionales y sectoriales, y, es por ello que aprueba y actualiza anualmente el Plan Nacional de Saneamiento, de cumplimiento obligatorio por los tres niveles de gobierno. El Plan Nacional de Saneamiento, es el principal instrumento de implementación de la Política Nacional de Saneamiento y del marco normativo del sector, contiene los objetivos, lineamientos e instrucciones para el uso eficiente de los recursos en la provisión de los servicios de saneamiento; así como, la información contenida en los Planes Regionales de Saneamiento; estableciendo la programación de inversiones, fuentes de financiamiento y acciones, además de las entidades responsables en la implementación del Plan, con la finalidad de lograr el acceso universal a los servicios de saneamiento, de calidad y de manera sostenible. A pesar de los grandes esfuerzos hechos por el Estado Peruano, en el Perú aún existen significativas brechas de acceso, calidad y sostenibilidad en los servicios de saneamiento. De acuerdo con la ENAPRES 2020, 2,9 millones de peruanos (8,8%) carecían de acceso al servicio de agua potable y 7,5 millones (23,2%) al servicio de alcantarillado sanitario. Así también, existen grandes diferencias en acceso y calidad entre los ámbitos rural y urbano, entre regiones naturales, entre el ámbito rural concentrado, donde los segmentos de la población de menor poder adquisitivo son los más afectados, remarcando el problema de equidad que representa la falta de acceso a los servicios de saneamiento. Es por ello, que se elabora el Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026, para fortalecer las acciones de los tres niveles de gobierno, los prestadores, y los sectores y entidades involucradas con la gestión y prestación de los servicios de saneamiento, orientadas a alcanzar el acceso universal a los servicios de saneamiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2021).

Este plan contempla los siguientes objetivos: i) Acceso de la población a los servicios de saneamiento; ii) Sostenibilidad financiera; iii) Fortalecimiento de los prestadores, iv) Optimización de las soluciones técnicas; v) Articulación de los actores, y vi) Valoración de los servicios de saneamiento.

En función de las dos realidades del Perú, este Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026, establece dos ámbitos de acción:

Ámbito urbano: diversos entes son responsables de los servicios de saneamiento. El ente administrador tendrá responsabilidades de acuerdo al número de habitantes, poblaciones con más de 2.000 habitantes, son las municipalidades provinciales. Poblaciones de más de 15.000 habitantes, son las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS). **Ámbito rural:** la prestación de los servicios de saneamiento es ejercida por la municipalidad distrital correspondiente, directamente a través de las Unidades de Gestión Municipal (UGM) o algunos otros organismos del Estado Peruano. Asimismo, promueven y financian programas de asistencia técnica a favor de los prestadores de servicios de saneamiento en el ámbito rural orientados a alcanzar su sostenibilidad, sin perjuicio de la integración promovida por el Sector. Son responsables de la implementación y ejecución de las políticas nacionales sectoriales y políticas regionales sectoriales en su ámbito de responsabilidad (Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026).

Calidad del servicio: depende de un amplio conjunto de variables, entre los cuales se cuenta la: Calidad del agua para consumo humano. En promedio, la calidad del agua consumida sigue siendo baja. En los últimos cuatro años, el porcentaje de la población que consume agua con un adecuado nivel de cloro residual libre (mayor o igual a 0,5 mg/L) se ha incrementado en 4,5 puntos porcentuales al pasar de 36,9% a 40,6%³⁹ entre los años 2017 y 2020, con un retroceso en el año 2020, por efecto de la pandemia por la COVID-19. La situación es crítica en el ámbito rural pues tan solo el 2,7% de la población rural⁴⁰ consume agua con adecuado nivel de cloro residual libre mientras que en el área urbana el 50,6% de la población consume agua con un adecuado nivel de cloro residual.

A nivel de regional, Costa Peruana presenta el mayor porcentaje de población que consume agua con un adecuado nivel de cloro residual con 53,6%. En la Sierra, solo el 24,8% de la población consume agua con un adecuado nivel de cloro residual. Por su parte, en la Selva solo el 20,4% de la población consumió agua de calidad en el año 2020.

El muy bajo porcentaje que se presenta en el ámbito rural se debe a la falta de sistemas de cloración y a la no ejecución o ejecución deficiente en los proyectos que se culminan y son entregados a la población. Del total de sistemas de agua el 59% cuenta con sistemas de cloración. De este total, en el 85% de los casos se realiza el proceso de cloración. La falta de implementación del proceso de cloración tiene distintas causas, entre las que destacan: (i) falta del insumo, (ii) falta de dinero para la compra de insumo, (iii) desconocimiento de uso del cloro, (iv) sabor desagradable, (v) considerarlo dañino para animales y cultivos.

Operatividad y limpieza de sistemas de disposición sanitaria de excretas: un indicador relevante, principalmente en el ámbito rural, es la práctica de los usuarios en operación y mantenimiento de las letrinas. A nivel nacional el 31,9% de la población rural tienen prácticas adecuadas en operación y mantenimiento de sus letrinas. La costa rural tiene el mayor indicador con 40,9%

Calidad en el tratamiento de aguas residuales: de acuerdo con la información de la base de datos anual de monitoreo de los efluentes, solo las aguas residuales de los departamentos de Cusco, Arequipa y Lima se tratan efectivamente. En el 2020, de los 170 reportes de monitoreo correspondientes a EPS y Municipalidades, el 37.1% cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026).

Finalmente, en la Tabla 1 se muestra la cobertura de agua potable, alcantarillado sanitario y disposición sanitarios de excretas por departamento y área de residencia. Se evidencia que Loreto, Ucayali, Madre de Dios, Huancavelica, Huánuco y Tumbes como los departamentos con mayor retraso (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2021).

Tabla1. Cobertura de agua potable, alcantarillado sanitario y disposición sanitaria de excretas por departamento y área de residencia -2020

Departamento	% de la Población Total		% de la Población Urbana		% de la Población Rural	
	Cobertura en acceso al servicio de agua potable	Cobertura en acceso al servicio de alcantarillado sanitario y DSE	Cobertura en acceso al servicio de agua potable	Cobertura en acceso al servicio de alcantarillado sanitario y DSE	Cobertura en acceso al servicio de agua potable	Cobertura en acceso al servicio de alcantarillado sanitario y DSE
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Amazonas	86,1	59,7	96,9	87,6	74,5	29,4
Ancash	95,5	75,5	96,2	92,8	94,3	45,9
Apurímac	96	62,5	98,9	95,7	93,7	35,9
Arequipa	96,6	85,8	98,1	90,7	79,7	32,8
Ayacucho	95,1	68,7	98,7	86,2	89,9	44,8
Cajamarca	91,4	57,8	98,4	96,4	87	33,9
Callao	97,6	94,9	97,6	94,9		
Cusco	90,1	70,1	98,4	93,6	77,8	36,6
Huancavelica	93,6	47,2	99,4	94,2	91,6	30,4
Huánuco	84,3	53,4	95,1	94,5	76,9	25,3
Ica	93,5	87,2	94,3	89,9	81	45,1
Junín	93,2	69,4	98,9	91,2	81,2	24
La Libertad	94,6	76,5	96,8	87,7	85,2	30,2
Lambayeque	91,9	80,9	94,5	92	78,1	23,4
Lima Metropolitana	95,6	94,4	95,6	94,4		
Lima Provincias	92,6	80,2	96	88	77,8	47,5
Loreto	60,7	41,9	77	58,5	23,7	4,1
Madre de Dios	86,6	51,2	92,2	55,2	57,9	30,5
Moquegua	97,5	85,9	99,3	95,1	89,6	46,5
Pasco	81,2	62,6	89,8	76	62,4	33,4
Piura	86,5	64,4	90,9	75,3	69,1	21,8
Puno	76,9	62,2	87	87,3	61,1	24
San Martín	90,2	63,3	95,3	79,9	78,7	26,3
Tacna	98	91,9	100	98	83,9	47,8
Tumbes	80,7	68,4	80,8	70,2	78,5	10,8
Ucayali	79,7	50,8	84,6	59,5	57	9,8
Total	91,2	76,8	94,8	89,2	77,6	30,2

Nuevos retos, nuevas oportunidades

Pandemia COVID-19

En el 2019, China informó a la Organización Mundial de la Salud (OMS) de la existencia de un grupo de 27 casos de neumonía de etiología desconocida en la ciudad de Wuhan. Posteriormente, el agente causante de esta neumonía fue identificado como un nuevo virus de la familia de los Coronavirus, denominándose SARS-CoV-2, y la enfermedad por este virus se le denominó COVID-19. La infección vírica se propagó rápidamente de China al mundo constituyéndose en

una pandemia mundial (Ministerio de Sanidad, 2020). Estos coronavirus son virus de ácido ribonucleico capaces de infectar animales y humanos. El virus se encuentra rodeado de una “corona” de proteínas espiculares, cuya envoltura es sensible a la desecación, el calor y a los detergentes o desinfectantes como la lejía y el alcohol. La vía de transmisión entre humanos ocurre a través de las secreciones de personas infectadas, principalmente por vía directa a través de gotas respiratorias de más de 5 micras, capaces de transmitirse a distancias de hasta 2 metros y, en menor medida, a través de vías de contacto ya sea directo o indirecto de superficies contaminadas por fómites provenientes de secreciones respiratorias seguido del contacto con la mucosa de la boca, nariz u ojos (OMS, 2020a). La estabilidad del SARS-CoV-2 es viable en superficies de cobre, cartón, acero inoxidable y plástico a 4, 24, 48 y 72 horas respectivamente a 21-23 °C y 40 % de humedad relativa (Kampf *et al.*, 2020).

En otro orden de ideas, el SARS-CoV-2 es relativamente sensible al jabón, lejía, alcohol, amonios cuaternarios, y cloroxilenol tal como los que se usan en el ámbito hospitalario en las condiciones adecuadas de concentración y tiempo de contacto (Chin *et al.*, 2020). Todo esto ha servido para fundamentar las primeras acciones preventivas que se definieron a nivel de la sanidad ambiental.

Asimismo, la OMS señala que no hay ninguna evidencia de riesgo de transmisión de coronavirus a través del agua de consumo tratada mediante los procedimientos habituales de potabilización (OMS, 2020b). En efecto, el SARS-CoV-2 no ha sido detectado en aguas potables tratadas por los métodos de filtración y cloración habitual: 0,5 mg/L y 30 min de tiempo de contacto, son altamente eficientes en la eliminación de virus con envoltura proteica, en teoría más resistentes que los coronavirus. En este sentido, los abastecimientos y las empresas proveedoras de agua potable deben mantener las medidas de desinfección habituales para garantizar el suministro, los cuales aseguran también la ausencia de otros patógenos potenciales. En resumen, el agua potable es segura y no requiere de tratamiento adicional alguno para el consumo humano.

En cuanto a la transmisión aérea del SARS-CoV-2 mediante aerosoles a más de dos metros de distancia, no ha sido fehacientemente demostrada, aunque en teoría podría ocurrir. De allí que los sistemas de ventilación mecanizada y de aire acondicionado podrían tener algún papel en la transmisión al actuar como facilitadores de la dispersión de gotas respiratorias y aerosoles, pero hasta la fecha hay muy pocos estudios que relacionen el sistema de aire acondicionado con la transmisión del SARS-CoV-2.

Sin embargo, algunos estudios han detectado la presencia del SARS-CoV-2, en heces de pacientes contagiados y aguas residuales no tratadas (Lodder & de Roda, 2020; Amirian, 2020). La eliminación del virus por vía fecal puede persistir, algo más de 11 días después de ser negativas las muestras respiratorias en, al menos, un 50% de los pacientes (Wu *et al.*, 2020). Estos estudios llegan a considerar la posibilidad de la transmisión oro-fecal en determinadas circunstancias sobre todo en aquellos países donde la depuración de las aguas residuales es muy escasa o nula. Aunque se necesitarán más estudios que así lo confirmen, los tratamientos primarios, pero sobre todo los secundarios (biológicos) en las estaciones depuradoras de las aguas residuales, inactivan al virus. En cualquier caso, la OMS plantea que los trabajadores de estas instalaciones mantengan una buena protección (Crespí-Rotger & Ordoñez-Iriarte, 2020; OMS, 2020c).

Los retos de la Ingeniería Sanitaria en Perú con referencia al SARS-CoV-2.

A raíz de los estudios realizados por la OMS, se encendieron las alarmas a nivel mundial y Perú no fue la excepción. Los estudios revelaron que la presencia de cloro en el agua potable a concentración de trabajo era suficiente para mantener al virus controlado al menos en la salubridad poblacional.

Para el año 2019, la población que consumía agua de la red pública con algún nivel de cloro fue 53,8%. Este hecho fue altamente significativo, con un aumento de 2,4 puntos porcentuales con respecto al año 2018. Por otra parte, en el área urbana, hubo un incremento de 2,4 puntos porcentuales de consumo de agua con un nivel de cloro adecuado, mientras que disminuyó en 1,6 puntos porcentuales, el consumo de agua con niveles de cloro inadecuado por la red pública de abastecimiento de agua. Por otro lado, en el área rural, hubo un incremento de 1,9 puntos de las personas que consumen agua con algún nivel de cloro adecuado, lo cual es significativamente importante.

Por otra parte, de acuerdo con los diferentes Departamentos del Perú, la mayor cobertura de personas que consumen agua con nivel de cloro adecuado mediante red pública se registró en la Provincia Constitucional del Callao con 81,0%, le siguen los Departamentos de Tacna (73,1%), Provincia de Lima (72,4%), Madre de Dios (60,3%), Arequipa (58,2%) y Moquegua (55,8%). Los Departamentos con menor cobertura (menos del 14%) con agua con cloro adecuado fueron: Huancavelica, Lambayeque, Puno, Amazonas, Cajamarca y Pasco (INEI, 2020)

Si bien, no hay una total satisfacción de los resultados obtenidos, los ingenieros sanitarios peruanos siguen en la lucha venciendo estos retos mundiales.

La educación remota en el Perú

La rapidez y alarmante propagación del COVID-19 causó un impacto sin precedentes en el desarrollo multidimensional en la población en todas las naciones. Así, el director general de la Organización Mundial de la Salud

(OMS) en rueda de prensa sobre el COVID-19, el 11 de marzo de 2020 señaló que el virus se estaba propagando de persona a persona en todas partes del mundo, considerándose y declarándose como una pandemia a través de la OMS. Esto trajo como consecuencia que los gobiernos se pronunciaran a favor de adoptar e implantar medidas de emergencia sanitaria, confinamiento y aislamiento social para evitar la propagación del virus a proposición de los órganos globales y ministeriales de salud de los distintos países. Los efectos adversos que ha traído la pandemia han sido devastadores en diversos ámbitos de la vida de los seres humanos, desde el ámbito de la salud física y mental hasta el económico, cultural y social según datos de organizaciones como la OMS, (2020d) la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2020), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2020) y World Vision Internacional, (2020).

El rompimiento imprevisto de las actividades regulares de aula trajo como única alternativa de solución inmediata la implantación de la modalidad a distancia con el propósito de dar continuidad al proceso de enseñanza aprendizaje. Esto implicó la adaptación de enfoques orientados al uso de nuevas tecnologías de la información comunicación. Sin duda ha sido un esfuerzo institucional y humano que ha participado en este proceso abrupto de modificación de una modalidad presencial a otra caracterizada por la no presencialidad del acto docente (Picón *et al.*, 2021).

En marzo del 2020, se desató en el Perú una grave crisis sanitaria que originó muchos cambios. Las brechas de acceso y uso de tecnologías por parte de los estudiantes peruanos: los problemas referidos a la conectividad de las diversas zonas del país y el uso, que si bien es cierto se realizaba de manera frecuente, era predominantemente social, más no educativo. Las instituciones educativas, incluyendo los centros de educación superior universitarios y técnicos, se vieron obligados a migrar de la enseñanza presencial a la virtual, hasta el día de hoy, para cumplir con la distancia social que busca reducir el contagio del COVID-19.

La adopción acelerada de tecnologías digitales puso en aprietos a la mayoría de universidades e institutos del país que no contaban con planes de contingencia digital. Ante ello, surgieron grandes retos a enfrentar, como la brecha digital y el acceso limitado a las tecnologías, el contar con pocos docentes capacitados en plataformas virtuales, la carencia de recursos digitales, la deserción estudiantil por factores económicos, entre otros aspectos.

El uso de plataformas y recursos virtuales, sincrónicos y asincrónicos, no eran habituales en las universidades públicas, y en menor grado en las privadas. En los institutos, la ausencia era mayoritaria. Por otro lado, la mayoría de profesores no tenían las competencias digitales, sobre todo los de mayor edad. La falta de conectividad de los alumnos y el no tener los recursos, afectó bastante a la educación superior. En medio de estos nuevos desafíos, muchos centros educativos superiores, profesores y estudiantes, salieron adelante y aprendieron a usar distintas plataformas digitales, logrando adecuarse a la enseñanza-aprendizaje virtual. Esto permitió ganar más experiencia en la educación online, aprender a crear contenidos para los estudiantes y potenciar sus habilidades tecnológicas (El Comercio, 2021).

En un estudio realizado en la región Lambayeque, del Perú, en estudiantes de educación media, se propuso examinar el resultado de la aplicación de la Multiplataforma de sistema información de contenido educacional para desarrollar la competencia digital. Para ello, se siguió un enfoque cuantitativo con diseño cuasiexperimental, utilizando los métodos hipotético deductivo y empírico. Los resultados arrojaron que existe inicialmente un desarrollo poco significativo en ambos grupos focalizados, lo mismo que fue superado, en el caso del grupo experimental, a partir de un estudio piloto. Finalmente, se concluyó que, si se utiliza la multiplataforma de sistemas de información de contenido educativo mejora significativamente la competencia digital en los estudiantes de educación secundaria que formaron parte del estudio, dado que, el valor de la prueba normal estándar (z) fue significativo. Es decir, el nivel de conocimiento mejoró en el grupo que se aplicó el estímulo (Sosa & Centurión, 2021).

Las necesidades y los problemas que surgieron durante la pandemia generaron más demanda de algunas profesiones. Las carreras con mayor demanda laboral fueron las ligadas al sector salud (enfermería, medicina, farmacia y bioquímica, y demás profesiones de la salud) y al sector tecnología (ingeniería de datos, mecatrónica, marketing digital, desarrollador web, creador de contenidos digitales, sanitaria, etc.).

En el caso de la Ingeniería Sanitaria, los retos son más importante que enfrenta la educación remota, tiene que ver con el manejo de los laboratorios, ya que, hasta no hace mucho, era imprescindible la presencia de los estudiantes en los laboratorios. Los laboratorios convencionales, han sido tradicionalmente el único sitio para desarrollar prácticas y hacer experimentación. Sin embargo, a medida que los modelos educativos (ME) se han transformado hacia modelos flexibles y enfocados a competencias, la inclusión de las nuevas tecnologías, han cambiado radicalmente el concepto de espacio físico. Esto ha hecho patente una serie de limitaciones en los laboratorios convencionales que, a pesar de la enorme importancia que éste tiene para el aprendizaje, no puede ofrecer la versatilidad idónea. También es un hecho que el laboratorio convencional tiene tiempos de respuesta lentos. No obstante, facilita mucho el planteamiento de problemas que permiten a nuestros estudiantes aplicar sus conocimientos acerca del mundo que los rodea, entrenándose en la aplicación del método científico en el mundo real. En cambio, los laboratorios virtuales, al ser desarrollados como un sistema computacional accesible vía Internet, mediante un simple navegador, se puede simular un laboratorio convencional en donde los experimentos se llevan a cabo siguiendo un procedimiento similar al que se sigue en un laboratorio convencional, pudiendo inclusive ofrecer la visualización de instrumentos y fenómenos mediante objetos dinámicos, programados mediante applets de Java, Flash, cgis, javascripts, PHP, etc., incluyendo imágenes y animaciones (Lorandi.Medina *et al.*, 2011).

Conflicto de intereses

No se reportan conflictos de interés.

Agradecimientos

A nuestras familias y colegas por su incondicional apoyo.

Referencias

- Amirian, E. S. (2020). Potential fecal transmission of SARS-CoV-2: Current evidence and implications for public health. *International journal of infectious diseases: IJID: official publication of the International Society for Infectious Diseases*, 95, 363–370. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.04.057>
- Casas Orrego, A. L. (2000). Los circuitos del agua y la higiene urbana en la ciudad de Cartagena a comienzos del siglo XX. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 7 (2). <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-59702000000300006>
- Chin, A., Chu, J., Perera, M., Hui, K., Yen, H. L., Chan, M., Peiris, M., & Poon, L. (2020). Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *The Lancet. Microbe*, 1(1), e10. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30003-3](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30003-3)
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (2020). América Latina y el Caribe ante la pandemia del COVID-19. Efectos económicos y sociales. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45337/4/S2000264_es.pdf (Acceso junio 2021).
- Congreso del Perú. (1937). Ley N° 8493 Escalafón Sanitario, ADLP. Disponible en: <https://peru.justia.com/federales/leyes/8493-jan-21-1937/gdoc/> (Acceso noviembre 2021).
- Contreras, C. (1994). Sobre los orígenes de la explosión demográfica en el Perú: 1876-1940, documento de trabajo n.º 61, Lima, Instituto de Estudios Peruanos, pp. 17-23.
- Crespí-Rotger, S., & Ordóñez-Iriarte, J. M. (2020). COVID-19. Higiene del agua, climatización y saneamiento en tiempos del COVID-19: problemas sobre problemas. *Revista de Salud Ambiental*, 20(1), 21-29. Disponible en: <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/1064> (Acceso mayo 2021).
- Cueto, M. (2000). Sobre la relación entre Estado y salud pública en Perú, véase Marcos Cueto, El regreso de las epidemias. Salud y sociedad en el Perú del Siglo XX, Lima, Instituto de Estudios Peruanos. Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/89715819/CUETO-Marcos-ELREGRESODELASEPIDEMIAS-2000pdf/> (Acceso junio 2021).
- Cueto, M. (2005). Respecto de la influencia de las instituciones y profesiones sanitarias en la salud pública, “Instituciones sanitarias y poder en América Latina”, en *Dynamis. Acta hispanica ad medicinae scientiarumque historiam illustrandam*, n.º 25, Granada, 2005, pp. 49-57. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/6460567_Health_institutions_and_power_in_Latin_America. (Acceso mayo 2021).
- Cueto, M. (2008). International Health, the Early Cold World and Latin America. *Canadian Bulletin of Medical History*, 25(1), 17-41. <https://doi.org/10.3138/cbmh.25.1.17>
- Drinot, P. (2017). Sobre la ejecución de políticas sociales y el desarrollo de un “Estado de Bienestar” durante las décadas de 1930 y 1950. Lima, Instituto de Estudios Peruanos. Disponible en: https://redib.org/Record/oai_articulo2326909-paulo-drinot-la-seducuci%C3%B3n-de-la-clase-obrera-trabajadores-raza-y-la-formaci%C3%B3n-del-estado-peruano-lima-instituto-de-estudios-peruanos-y-ministerio-de-cultura-2016-325-pp-bibliograf%C3%ADa-ilustraciones (Acceso junio 2021).
- El Comercio. (2021). Educación superior en la pandemia: Visión de un Amauta. Disponible en: <https://elcomercio.pe/corresponsales-escolares/historias/educacion-superior-en-la-pandemia-vision-de-un-amauta-noticia/> (Acceso junio 2021).
- Ibarra, M. (2016). Higiene y salud urbana en la mirada de médicos, arquitectos y urbanistas durante la primera mitad del Siglo XX en Chile. *Revista Médica de Chile*, 144(1), 116-123. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v144n1/art15.pdf> (Acceso junio 2021).
- Inmaculada, S. & Sánchez, R. (2017). Introducción al paradigma higiénico sanitario en Chile (1870-1925). Discursos y prácticas. *Anuario de Estudios Americanos*, 74(2), 647. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6437413&info=resumen>. (Acceso junio 2021)

- Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI. (2020). Perú: formas de acceso al agua y saneamiento básico para consumo humano. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf (Acceso marzo 2021).
- Kampf, G., Todt, D., Pfaender, S., & Steinmann, E. (2020). Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *The Journal of hospital infection*, 104(3), 246–251. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022>
- Lizarme-Villcas, N. Y. (2021) El desarrollo de la ingeniería sanitaria en la salud pública peruana (1900-1962). *Historia* 1(54), 185-213. Disponible en: https://www.academia.edu/49579819/Prevenir_y_construir_El_desarrollo_de_la_Ingenier%C3%ADa_sanitaria_en_la_salud_P%C3%BAblicaPeruana_1900_1962. (Acceso marzo 2021)
- Lodder, W., & de Roda Husman, A. M. (2020). SARS-CoV-2 in wastewater: potential health risk, but also data source. *The lancet. Gastroenterology & hepatology*, 5(6), 533–534. [https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(20\)30087-X](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(20)30087-X)
- Lorandi-Martínez, A. P., Hermida-Saba, G., Hernández-Silva, J., & Guevara-Durán, E. L. (2011). Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos. *Enseñanza de la Ingeniería. Revista Internacional de Educación en Ingeniería* 4, 24-30. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/267302003_Los_Laboratorios_Virtuales_1_y_Laboratorios_Remotos_en_la_Enseñanza_de_la_Ingenieria (Acceso junio 2021).
- Mantilla, L. (1951). Formación de ingenieros sanitarios en el Perú. *Informaciones y Memorias de la Sociedad de Ingenieros del Perú*, 52(4-6) 116-118. Disponible en: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/12286/v43n5p449.pdf?sequence=1> (Acceso mayo 2021).
- Mantilla, L. (1998). La ingeniería sanitaria en el Peru, en Humberto Romero y Mauricio Pardón (eds.), *Ingeniería sanitaria, salud y desarrollo en América. 50 años AIDIS*, Lima, Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria / Asociación Peruana de Ingeniería Sanitaria, pp. 168. Disponible en: http://sisbiblio.utea.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=2713&shelfbrowse_itemnumber=4509 (Acceso junio 2021).
- Ministerio de Sanidad. (2020). Enfermedad por coronavirus, COVID-19. Información científico-técnica. Disponible en: <https://www.msbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/ITCoronavirus.pdf> (Acceso mayo 2021).
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (2021). Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026. Disponible en: <https://realidad.pe/sociedad/ministerio-de-vivienda-aprueba-el-plan-nacional-de-saneamiento-2022-2026/#:~:text=El%20Ministerio%20de%20Vivienda%20Construcci%C3%B3n%20y%20Saneamiento%20aprob%C3%B3,enos%20los%20C3%A1mbitos%20urbano%20y%20rural%20del%20pa%C3%ADs>. (Acceso abril 2021).
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2020a). Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations. *Scientific Brief-Transmission modes-2020.2-eng.pdf* Disponible en: https://www.WHO.2019-nCoV-Sci_Brief-Transmission_modes-2020.2-eng.pdf (Acceso junio 2021).
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2020b). Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus Interim guidance 23 April 2020. Disponible en: https://WHO-2019-nCoV-IPC_WASH-2020.3-eng.pdf (Acceso junio 2021).
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2020c) Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus. (consultado el 5 de abril de 2020). Disponible en: [https://www.WHO-2019-nCoV-IPC_WASH-2020.2-eng%20\(1\).pdf](https://www.WHO-2019-nCoV-IPC_WASH-2020.2-eng%20(1).pdf) (Acceso abril 2021).
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2020d). Alocución de apertura del Director General de la OMS en la rueda de prensa sobre la COVID-19. Disponible en: <https://www.who.int/es/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> (Acceso junio 2021).
- Organización Panamericana de la Salud, OPS. (2020). Actualización Epidemiológica Nuevo coronavirus (COVID-19). Disponible en: <https://www.paho.org/sites/default/files/2020-02/2020-feb-28-pheactualizacion-epi-covid19.pdf> (Acceso marzo 2021).
- Paz-Soldán, C. E. (1945). *Rumbos de política sanitaria*, Lima, Ediciones “La Reforma médica”, pp. 46. DLP. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=UwoZAAAIAAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false> (Acceso marzo 2021).
- Picón, G. A., de Caballero, G. K., & Sánchez, J. N. (2021). Desempeño y formación docente en competencias digitales en clases no presenciales durante la pandemia COVID-19. *Revista Científica Internacional ARANDU UTIC*, 8(1),

139-153. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Desempe%C3%B1o-y-formaci%C3%B3n-docente-en-competencias-en-no-Pic%C3%B3n-Caballero/9569afb477f1f293da619d3ff100195cd88108f4>
(Acceso junio 2021).

Ramacciotti, K & Rayez, F. (2018). Los ingenieros sanitarios en la salud pública argentina entre 1870 y 1960, Trashumante. Revista Americana de Historia Social, (11) 122-143. Disponible en: <http://revistatrashumante.com/wp-content/uploads/2018/11/06-Ramacciotti-y-Rayez.pdf>. (Acceso junio 2021).

Sosa, J., & Centurión, A. (2021). Multiplataforma de sistema información de contenido educativo para desarrollar competencias digitales en un contexto de emergencia sanitaria por COVID-19. Revista INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación, 8(1), 136-145. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/741b/e078ba977f8d9eb3de14505568bba5dfe551.pdf>. (Acceso junio 2021).

Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe. (2018). Dossier de Ingeniería Sanitaria II. Disponible en: <https://www.uraccan.edu.ni/> (Acceso junio 2021).

World Vision Internacional (2020). Consecuencias del COVID-19. Las repercusiones secundarias ponen en más riesgo las vidas de los niños que la propia enfermedad. Disponible en: <https://www.wvi.org/publications/report/coronavirus-health-crisis/consecuencias-del-covid-19-las-repercusiones>
(Acceso mayo 2021).

Wu, Y., Guo, C., Tang, L., Hong, Z., Zhou, J., Dong, X., Yin, H., Xiao, Q., Tang, Y., Qu, X., Kuang, L., Fang, X., Mishra, N., Lu, J., Shan, H., Jiang, G. & Huang, X. (2020). Prolonged presence of SARS-CoV-2 viral RNA in faecal samples. The Lancet, Gastroenterology & Hepatology, 5(5), 434-435. [https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(20\)30083-2](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(20)30083-2).