

Adela Irmene Ortiz López y Mario A. de Leo Winkler, coordinadores




Novedades científicas desde la Universidad Autónoma Metropolitana

Las profesoras y los profesores de la Universidad Autónoma Metropolitana llevan a cabo investigaciones de vanguardia e interdisciplinarias sobre muy diversos temas. En el presente artículo compartimos cinco diferentes proyectos que están en la frontera de sus respectivos campos y contribuyen al desarrollo tanto regional como nacional, además de que tienen potencial para una contundente incidencia social.

Los cinco proyectos descritos en este artículo se relacionan con la salud y la calidad de vida de la población mexicana, abordados desde muy distintas aristas por investigadores e investigadoras de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). El primero busca mejorar las relaciones socioespaciales en las clínicas médicas para su uso óptimo, tanto por parte del personal como de los pacientes. El segundo proyecto describe el uso de radiaciones ionizantes y no ionizantes para hacer múltiples detecciones y diagnósticos médicos de diversos padecimientos. El tercer proyecto estudia la resistencia a los antibióticos para evitar las muertes que provocan las bacterias que han desarrollado respuestas adaptativas ante el amplio uso de estos fármacos.

Por otra parte, el cuarto proyecto trata sobre la identificación y cultivo de microorganismos que tienen la capacidad de degradar plaguicidas en suelos industriales y agrícolas contaminados que implican un grave riesgo sanitario. Por último, se presenta un método de escaneo en 3D para generar ayudas técnicas o aparatos de rehabilitación para personas con discapacidad, con el objetivo de que sean más ergonómicos, económicos y adecuados para la población mexicana.

Arquitectura en las clínicas de salud

 En las Unidades de Medicina Familiar (UMF) del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) prevalece una cultura de la salud reactiva, en lugar de preventiva, aunada a la insuficiencia en el servicio por falta de clínicas nuevas y la carencia de una planeación de los espacios arquitectónicos para facilitar la vinculación de los procesos administrativos en diversas áreas. A esto se suma un número considerable

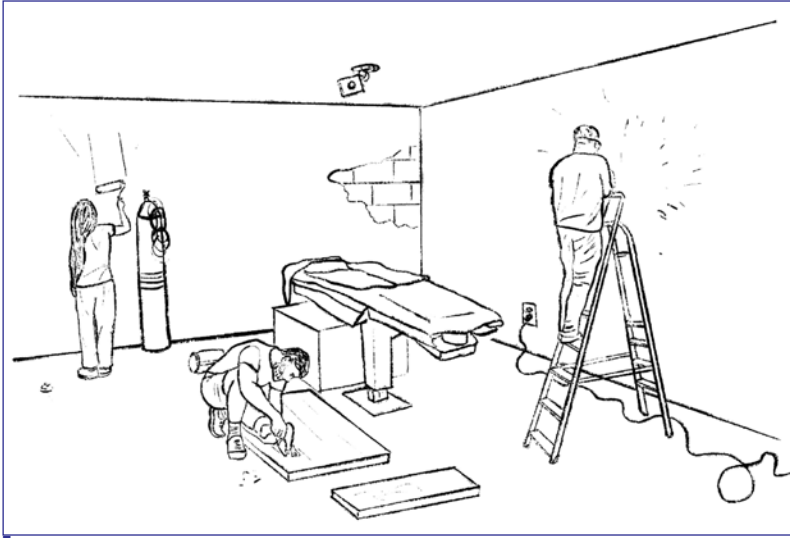


Figura 1. Trabajos necesarios de adecuación de espacios en las Unidades de Medicina Familiar. Crédito: Diego de la Vega.

de construcciones inconclusas, como resultado de la improvisación a la hora de adecuar los espacios para las necesidades emergentes (véase la Figura 1). Adicionalmente, cada clínica tiene sus particularidades; por ejemplo, algunas UMF cuentan con la denominada Atención Médica Continua (urgencias menores), mientras que otras no.

Más que concebir los espacios de las clínicas de salud conforme al concepto tradicional de arquitectura, que alude al inmueble físico, esta investigación forma parte de un cambio de paradigma a partir de la incorporación de los usuarios en la arquitectura mediante las interrelaciones: sujetos-sujetos, sujetos-objetos y objetos-objetos, las cuales están determinadas por la ocupación temporal en el espacio; es decir, no es lo mismo brindar atención a la salud en un lugar sin insumos, con equipo deficiente y exceso de pacientes, a laborar con los recursos adecuados y el tiempo necesario. Con esto en mente, en 2021 hicimos un estudio con 63 trabajadores del turno vespertino de la UMF número 40 del IMSS, a partir del cual notamos: las áreas y horarios más vulnerables de acumulación poblacional, sin ventilación suficiente; la necesidad de procesos de mantenimiento y mejora de los espacios; las condiciones de seguridad y vigilancia; el equipo de protección personal; los desniveles y obstáculos; así como los lugares principales

de interacción y sugerencias para adecuarlos en el contexto de la pandemia por covid-19.

El arquitecto José Villagrán García trabajó con la perspectiva de la inclusión socioespacial aplicada para la salud a partir de un programa arquitectónico con el objetivo de dar solución a los problemas sociales en su tiempo histórico y en su espacio geográfico mediante una arquitectura pública, útil, económica y de buena calidad. Asimismo, el profesor Enrique Yáñez sistematizó las relaciones socioespaciales en la clínica para hacer modelos que orienten la construcción de nuevas unidades de salud en los tres niveles de atención. A partir de las Normas de Proyecto de Arquitectura del IMSS, publicadas en 1993, buscó diferentes maneras de ayudar a mejorar y actualizar las UMF; por ejemplo, propuso integrar espacios de salud mental (psicología), que son cada vez más necesarios. Sin embargo, hasta la fecha estas modificaciones no se han implementado.

Históricamente los cambios dentro del IMSS son sistémicos; primero se ponen a prueba las clínicas prototipo y después de dos años los tomadores de decisiones realizan las adecuaciones para implementarlos en todo el sistema de salud. Actualmente, la UAM realiza investigación con la finalidad de coadyuvar para: 1) activar los espacios ya existentes, principalmente los de urgencias menores; 2) actualizar las áreas conforme a las necesidades de los pacientes para lograr un confort psicológico, físico y espiritual; 3) introducir tecnología que minimice las enfermedades laborales y riesgos de trabajo; 4) implementar ecotecnologías; 5) conformar una base de datos accesible para que el personal pueda compartir y comparar los diagnósticos generados en la consulta; 6) generar espacios donde los usuarios que sean atendidos estén aislados para evitar contagios; por ejemplo, al delimitar áreas como las salas de espera, y, finalmente, 7) incluir espacios para teleconsulta.

Con este enfoque, es necesario considerar las posibles maneras de mejorar las relaciones socioespaciales que se viven en el sistema de salud en México, con la finalidad de tener UMF adecuadas para que, por ejemplo, la población desarrolle una cultura preventiva, lo cual incluye posibles estados de emergencia a futuro, como el vivido a causa del virus

SARS-CoV-2. Por último, cabe hacer un estudio de las clínicas dentro de cada sistema de salud, para notar los vacíos urbanos de equipamiento, con la finalidad de plantear y construir los espacios faltantes.

Radiaciones y física médica

La radiación es energía que no podemos ver, escuchar, sentir, oler ni saborear, pero que puede ayudar a las personas que sufren alguna enfermedad. En los últimos 130 años, la física médica ha estudiado los distintos tipos de radiación para desarrollar tecnologías de frontera con una amplia aplicación en el diagnóstico y tratamiento de pacientes en la clínica.

Por un lado, la radiación no ionizante es menos energética, pero suficiente para poder tener información de la anatomía o funcionamiento de todos los órganos del cuerpo, por lo que se utiliza en técnicas como la resonancia magnética. Por otro lado, la radiación ionizante es altamente energética, y la utilizamos en los hospitales desde para obtener placas de rayos X hasta en la radioterapia, la cual consiste en un tratamiento curativo o paliativo para las personas que padecen cáncer. Sin embargo, el mal uso de la radiación ionizante puede causar efectos negativos, por lo que el cálculo correcto de cuánta radiación

es la mínima necesaria para obtener beneficios en la medicina es un trabajo diario que los físicos médicos realizan en un hospital (véase la Figura 2).

En la UAM, el desarrollo de tecnología de punta nos ha permitido llevar a cabo investigaciones con la técnica de imagen por resonancia magnética. Por ejemplo, el análisis y cuantificación de la cantidad de hierro y grasa en un hígado nos ayuda a predecir el estado de salud de este órgano. Otra aplicación que estudiamos es el conectoma cerebral humano (conexiones neuronales) en pediatría, para pacientes con autismo, distrofia muscular, problemas de lenguaje y obesidad, ya que las conexiones neuronales se ven alteradas con estas patologías, aunque no queda claro el mecanismo, por lo que debemos analizar más variables, como la parte genética o ambiental. Asimismo, hemos encontrado cambios en el cerebro de los niños debido a la covid-19, ya que la región asociada a la atención, la parte motora y sensorial se ve afectada.

Por otra parte, mediante la inteligencia artificial desarrollamos un algoritmo para clasificar diferentes tipos de tumores cerebrales. También estudiamos las fibras musculares del corazón para saber cómo se ven afectadas en pacientes con miocarditis (inflamación del músculo del corazón) a partir del movimiento de

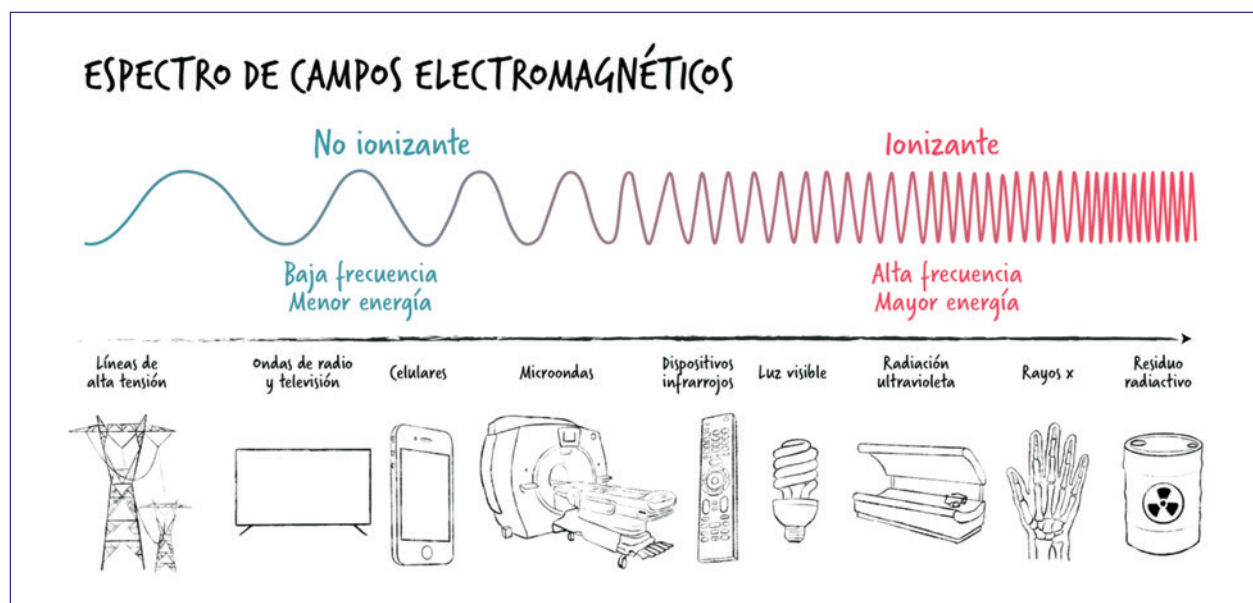


Figura 2. Espectro de campos electromagnéticos con uso en la medicina; por ejemplo, el resonador magnético en frecuencias de microondas o los rayos X para obtener placas. Crédito: Diego de la Vega.

las moléculas de agua. De esta manera, las investigaciones ayudan en el ambiente clínico para mejorar el diagnóstico de diversos padecimientos. La física médica es un campo científico con un impacto importante en la salud, para la búsqueda continua de tratamientos y diagnósticos certeros.

Resistencia a antibióticos

Desde hace muchas décadas los antibióticos han sido una estrategia útil para tratar las enfermedades infecciosas de origen bacteriano, lo cual ha permitido salvar millones de vidas en todo el mundo. Sin embargo, las bacterias presentan una respuesta adaptativa que se puede explicar como la emergencia de mecanismos de resistencia de muy diversa naturaleza ante cualquier variación ambiental. El uso indiscriminado y abusivo de este tipo de fármacos ha ayudado a que los mecanismos de resistencia a los antibióticos se hayan extendido en toda clase de nichos ecológicos en la biósfera.

El principal mecanismo es la transferencia genética horizontal, en la cual se debe mencionar la transducción, que se refiere a los virus que, además de infectar bacterias, intercambian material genético y permiten la transferencia de ADN entre dichos

microorganismos. Compartir información genética con diferentes funciones adaptativas supone una ventaja enorme con respecto a otros organismos, puesto que, en condiciones de cambio ambiental brusco, las bacterias son capaces de adaptarse rápidamente. Desde el punto de vista de la salud pública, la peor consecuencia es que esto sucede con bacterias patógenas para nosotros que se vuelven resistentes (véase la Figura 3). El resultado se puede resumir en que para las personas enfermas con estas bacterias será más difícil recuperar la salud, e incluso las personas con mayor riesgo fallecen por causa de estas enfermedades infectocontagiosas.

En la UAM tenemos especial interés por estudiar los mecanismos de resistencia a antibióticos de amplio espectro; es decir, estamos profundizando en aquellas estrategias de las bacterias para hacer frente a muchos tipos de antibióticos. Para ello, obtenemos muestras de cuerpos de agua contaminados con metales pesados, lugares con alta concentración de sal, o con mucha materia orgánica, donde podemos encontrar una enorme cantidad y diversidad de mecanismos adaptativos a diferentes condiciones ambientales. Posteriormente, aislamos los genes relacionados con la resistencia y los estudiamos en diferentes bacterias, mediante análisis metagenómicos y de clonación. Este tipo de mecanismos son versátiles y, por lo tanto, pueden atenuar o reducir el efecto de este tipo de fármacos antimicrobianos.

En especial, nos enfocamos a estudiar los mecanismos de resistencia no específicos que les facilitan a las bacterias tomar sustancias del exterior o su desecho, o bien que afectan la regulación de sus genes y los procesos de transporte. Por otra parte, uno de los aspectos que está suscitando el interés de la comunidad científica se refiere a los potenciales efectos coadyuvantes entre los mecanismos de resistencia no específicos o versátiles y aquellos que le permiten a la bacteria adaptarse a condiciones variables en el medio donde sobreviven, como los cambios de temperatura y pH, la presencia de compuestos tóxicos o la disponibilidad de oxígeno. Estos análisis los hacemos con *Klebsiella pneumoniae*, una bacteria que causa múltiples y graves enfermedades en los centros hospitalarios. Pensamos que en un futuro la interac-

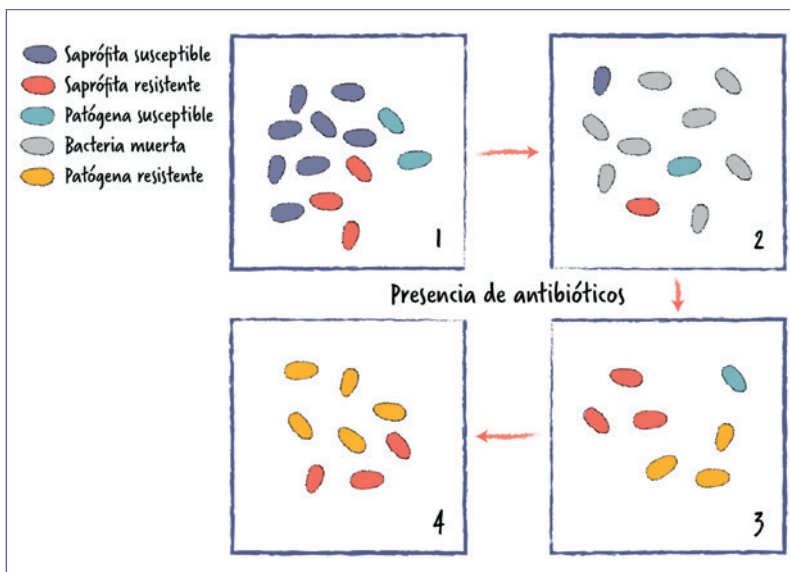


Figura 3. Desde el punto de vista de la salud pública, la peor consecuencia es que las bacterias patógenas para los humanos han adquirido estos mecanismos para volverse resistentes a los antibióticos. Crédito: Diego de la Vega y Marcos López Pérez.

ción entre estos mecanismos nos podría ayudar a desarrollar fármacos más eficientes y evitar las muertes que provocan las bacterias resistentes.

■ Biorremediación de suelos contaminados

■ Los contaminantes orgánicos persistentes son aquellos que, después de ser emitidos al ambiente (aire, agua, suelo), pueden conservar sus propiedades por muchos años y causar efectos negativos prolongados en los ecosistemas. El control y la eliminación de estos contaminantes es un asunto prioritario en el mundo, por lo que en 2001 en las Naciones Unidas se creó el Convenio de Estocolmo, cuyo objetivo es proteger la salud humana y el ambiente frente a estos contaminantes; México es uno de los 152 países firmantes.

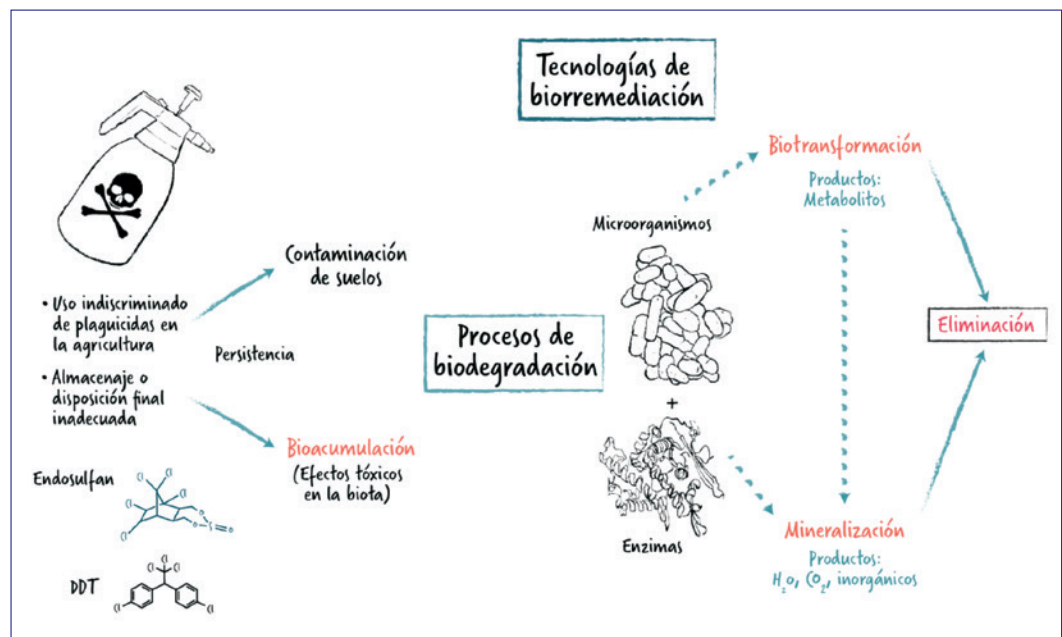
Para restringir e incluso prohibir su producción, distribución y uso, se hizo una lista de contaminantes divididos en tres categorías: plaguicidas, compuestos industriales y subproductos no intencionales. Originalmente conocida como “la docena sucia”, incluía nueve plaguicidas y tres grupos de compuestos, pero actualmente son 36 en la lista. Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, debido su persistencia, aún hay sitios contaminados con estos compuestos; por ejemplo, el DDT es un plaguicida que se utilizó masiva e indiscriminadamente y puede permanecer en el ambiente hasta 50 años.

En la UAM hemos desarrollado tecnologías biológicas para eliminar estos contaminantes del ambiente. En particular, el trabajo se ha enfocado en los plaguicidas organoclorados, que son aquellos que en su estructura contienen principalmente átomos de carbono, oxígeno, hidrógeno y cloro. Este último es un agente químico desinfectante, por lo que los plaguicidas son altamente eficientes contra las

plagas en cultivos por insectos que transmiten enfermedades a los seres humanos, como la malaria y el dengue. Sin embargo, esa misma característica los hace extremadamente difíciles de degradar por acción de microorganismos, la luz o agentes químicos, lo que resulta en su persistencia en el ambiente.

A pesar de ello, las tecnologías de biorremediación son aplicables para tratar los problemas de contaminación debido a su presencia en los suelos. En ellas se usan microorganismos que en general han estado en contacto con los contaminantes y logran utilizarlos como fuente de carbono y energía al transformarlos en compuestos más simples (metabolitos) hasta llegar a sus componentes elementales (mineralización), además de células (biomasa). Estos procesos son lentos comparados con los métodos químicos, pero son amigables con los ecosistemas porque funcionan en condiciones de temperatura ambiente y no requieren la adición de sustancias químicas.

Nuestra investigación busca descontaminar sitios donde, por un mal uso, almacenamiento o disposición de plaguicidas, hay problemas graves y un alto riesgo sanitario (véase la Figura 4). Para ello, hemos buscado, aislado, identificado y cultivado microor-



■ **Figura 4.** Búsqueda, análisis, identificación y cultivo de microorganismos que pueden degradar plaguicidas en sitios donde hay problemas de contaminación. Crédito: Diego de la Vega.

ganismos que tienen la capacidad de degradarlos; asimismo, estudiamos las condiciones bajo las cuales pueden realizar esa función y las reacciones metabólicas que ocurren. Una vez entendidos estos mecanismos, proponemos sistemas de tratamiento que proveen las mejores condiciones para que los microorganismos se desarrollen y eliminen estos contaminantes, gracias a lo cual han demostrado ser capaces de biorremediar, por ejemplo, suelos provenientes de una exfábrica de plaguicidas, otros altamente contaminados con DDT, o bien suelos agrícolas con concentraciones bajas o moderadas del plaguicida de uso controlado denominado endosulfan (incluido en 2011 en el Convenio de Estocolmo).

■ Antropometría y discapacidad

■ La labor del diseño industrial es conjugar la función con la forma al momento de desarrollar un producto, siempre considerando a los usuarios como el elemento central del proceso con el objetivo de mejorar su calidad de vida. Los objetos de diseño deben cubrir las necesidades de las personas, generar una satisfacción de uso por su eficiencia y evitar accidentes o lesiones. Al mismo tiempo, deben cumplir con una estética acorde a los aspectos culturales, económicos y sociales de la población a la que están destinados.

Para que un producto centrado en el usuario funcione de manera correcta, es necesario incluir a la

ergonomía como parte del proceso de diseño. Esta disciplina estudia la manera en la que el cuerpo humano interactúa con los objetos y sus entornos; para ello, se apoya en la antropometría, que es la rama que estudia las medidas del cuerpo y su aplicación. Las tablas con datos antropométricos de la población mexicana permiten diseñar objetos adecuados a las características morfológicas y dimensionales.

De manera particular, las personas con discapacidad requieren de ayudas técnicas o aparatos de rehabilitación que les permitan ser más autónomas y tener una mejor calidad de vida. Un problema es su elevado costo; pero, además, la mayoría están diseñados en el extranjero, por lo que sus dimensiones no son adecuadas para la población mexicana. En la mayoría de casos, las personas con discapacidad o sus cuidadores deben realizar adecuaciones o adaptaciones que a largo plazo generan malas posturas o lesiones.

En el Laboratorio de Pruebas y Simuladores de la UAM estamos aprovechando las nuevas tecnologías y procesos digitales para diseñar objetos más ergonómicos y económicos mediante impresión 3D, lo cual nos permite producir objetos específicos para los parámetros de cada persona (véase la Figura 5), en especial si tienen alguna discapacidad. Para esto, es necesario hacer un escaneo digital previo y obtener la forma exacta o las medidas antropométricas específicas. Con el apoyo de sistemas tridimensionales,



Figura 5. El uso de un escáner 3D permite digitalizar las medidas específicas de un brazo para desarrollar proyectos de diseño único, como prótesis o ayudas técnicas. Crédito: Saúl Hernández.

como los escáneres digitales Escaner Artec Eva 3D y el dispositivo háptico Touch X, podemos modelar por computadora sobre los elementos escaneados y así desarrollar objetos que después imprimimos en diferentes materiales para realizar pruebas de uso hasta que sea posible producirlos de manera comercial.

Los casos más comunes de aplicación son el escaneo de muñones, manos y pies para la impresión de prótesis y órtesis, o bien de ayudas técnicas como férulas y mangos para muletas o elementos de apoyo. Estos procesos también son útiles en el área veterinaria y han obtenido resultados positivos. Por ello, es de suma importancia aplicar estas tecnologías para que las personas y animales con discapacidad tengan un mayor acceso a objetos de diseño único adaptados a su morfología y, de esta manera, puedan mejorar su calidad de vida.

Genaro Hernández Camacho escribió la sección "Arquitectura en las clínicas de salud"; Silvia Hidalgo Tobón, "Radiaciones y física médica"; Marcos López Pérez redactó "Resistencia a antibióticos"; Adela Irmene Ortiz López participó en "Biorremediación de suelos contaminados"; y Berthana María Salas Domínguez, "Antropometría y discapacidad".

Genaro Hernández Camacho

Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco.
ghc@azc.uam.mx

Silvia Hidalgo Tobón

Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa.
shid@xanum.uam.mx

Marcos López Pérez

Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Lerma.
m.lopez@correo.ler.uam.mx

Adela Irmene Ortiz López

Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Cuajimalpa.
irmene@cua.uam.mx

Berthana María Salas Domínguez

Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco.
bmsalas@correo.xoc.uam.mx

Lecturas recomendadas

Correa, S. (2021), "La resonancia magnética de 3 Teslas –RM 3T– es capaz de analizar el funcionamiento del cerebro en tiempo real, entre otras múltiples aplicaciones", *Mente & Ciencia*. Disponible en: <<https://www.menteyciencia.com/resonancia-magnetica-de-3-teslas-mejoras-y-aplicaciones/>>, consultado el 10 de junio de 2023.

Montero, D. (2020), "El abastecimiento de agua en Iztapalapa. Un análisis institucional", *Revista de Economía Institucional*, 22(43):301-321. Disponible en: <<http://www.scielo.org.co/pdf/rei/v22n43/0124-5996-rei-22-43-301.pdf>>, consultado el 10 de junio de 2023.

Organización Mundial de la Salud (2017), *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. Disponible en: <<https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>>, consultado el 10 de junio de 2023.

Roberts, M. (2011), "Fútbol: demasiados cabezazos 'pueden dañar el cerebro'", *BBC News Mundo*. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/11/111129_dano_futbolistas_cabecear_cr>, consultado el 10 de junio de 2023.

Romero, S. M. (2020), *Evaluación de tres tratamientos para la remoción de hierro y manganeso presentes en el agua subterránea del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México* (tesis de maestría), México, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <<http://132.248.9.195/ptd2020/noviembre/0804999/Index.html>>, consultado el 10 de junio de 2023.

Sandoval Trejo, S. I. (2016), "Proyecto Obeteen: la obesidad es nociva para el cerebro adolescente", *Ciencia UNAM*. Disponible en: <https://ciencia.unam.mx/leer/554/Proyecto_Obeteen_la_obesidad_es_nociva_para_el_cerebro_adolescente>, consultado el 10 de junio de 2023.