

CIENCIA COMPROMETIDA

RECOPILACIÓN DEL IMPACTO SOCIAL
GENERADO POR INVESTIGACIONES DE LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO



Azucena Ochoa Cervantes

Eduardo Luna Sánchez

Raúl Francisco Pineda López

[Coordinadores]



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

CIENCIA COMPROMETIDA.
RECOPILACIÓN DEL IMPACTO SOCIAL
GENERADO POR INVESTIGACIONES DE LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

DRA. MARGARITA TERESA DE JESÚS GARCÍA GASCA
RECTORA

DR. JAVIER ÁVILA MORALES
SECRETARIO ACADÉMICO

DRA. MA. GUADALUPE FLAVIA LOARCA PIÑA
DIRECTORA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

DIANA RODRÍGUEZ
DIRECTORA DEL FONDO EDITORIAL UNIVERSITARIO

FEDERICO DE LA VEGA
EDITOR

Primera edición: 2023
D.R. © 2023 de las y los autores
D.R. © 2023 de Bernardo Japhet Juárez Martínez
por la ilustración de la portada
D.R. © 2023 Universidad Autónoma de Querétaro
Cerro de las Campanas s/n
Centro Universitario, 76010
Santiago de Querétaro, México
ISBN: 978-607-513-665-3

Todos los artículos de investigación que integran esta publicación
fueron arbitrados por el sistema de evaluación por pares de doble ciego.

CIENCIA COMPROMETIDA.
RECOPILACIÓN DEL IMPACTO SOCIAL
GENERADO POR INVESTIGACIONES DE LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

AZUCENA OCHOA CERVANTES
EDUARDO LUNA SÁNCHEZ
RAÚL FRANCISCO PINEDA LÓPEZ
[COORDINADORES]

ÍNDICE

PRÓLOGO	9
---------	---

EL IMPACTO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO	11
--	----

IMPACTOS PRODUCIDOS POR ACTIVIDADES CULTURALES Y ARTÍSTICAS

LA CREACIÓN DE UN MUSEO COMUNITARIO COMO ESPACIO DE DIÁLOGO Y ENCUENTRO	43
--	----

IMPACTOS ECONÓMICOS EN EMPRESAS Y PRODUCTORES

DIAGNÓSTICO Y PREVENCIÓN DEL DETERIORO DE EMBUTIDOS	68
--	----

VARIEDADES DE JAMAICA (<i>HIBISCUS SABDARIFFA</i> L.) CULTIVADAS EN MÉXICO; PROCESO DE SECADO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS DE ALTO VALOR AGREGADO	92
--	----

IMPACTOS EN POLÍTICAS PÚBLICAS,
LEGISLACIÓN Y SERVICIOS

LOS ÚLTIMOS PAGAN: IMPUESTOS PATRIMONIALES Y PRESUPUESTO EN EL MUNICIPIO DE QUERÉTARO	126
--	-----

DISEÑO DE UN MODELO DE CONTINUIDAD EDUCATIVA ANTE CONTINGENCIAS SANITARIAS	153
---	-----

IMPACTOS SOCIALES QUE INFLUYERON
EN LA CALIDAD DE VIDA, INCLUSIÓN,
OPORTUNIDADES Y DERECHOS DE COMUNIDADES

ARQUITECTURA PARTICIPATIVA. CASOS DE ESTUDIO EN ESPACIOS DE APRENDIZAJE EN LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO	181
---	-----

BAJO TIERRA MUSEO. DE LA CIENCIA TRADICIONAL DE ESCRITORIO A LA CIENCIA COMPROMETIDA CON EL TERRITORIO	213
--	-----

EL IMPACTO DE LAS ASOCIACIONES COMUNITARIAS DE AHORRO Y PRÉSTAMO EN UNA LOCALIDAD RURAL DE LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO	237
---	-----

IMPACTOS EN LA SALUD
Y BIENESTAR DE LAS PERSONAS

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO PARA LA DETECCIÓN MOLECULAR DE SARS-CoV-2 DURANTE LA PANDEMIA DE COVID-19	262
--	-----

APLICACIÓN DE LA PRUEBA MoCA-B PARA LA DETECCIÓN DE DETERIORO COGNITIVO EN ADULTOS MAYORES DEL MUNICIPIO DOCTOR MORA, GUANAJUATO	285
BÚSQUEDA DE NUEVAS HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO OPORTUNO DE DIABETES <i>MELLITUS</i> GESTACIONAL	304
DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE PIE DIABÉTICO EN PACIENTES ADULTOS QUERETANOS CON DIABETES <i>MELLITUS</i> TIPO 2 POR MEDIO DE BIOMARCADORES SÉRICOS	323
APLICACIONES DE LA ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL REPETITIVA EN EL TRATAMIENTO DE ENTIDADES PSIQUIÁTRICAS	345
LA SUPLEMENTACIÓN CON SUBPRODUCTO DE MANGO MEJORA LA RESPUESTA INMUNE EN NIÑOS ESCOLARES DURANTE EPISODIOS DE INFECCIONES RESPIRATORIAS Y GASTROINTESTINALES	379

PRÓLOGO



La ciencia comúnmente se percibe como lejana. Una actividad aislada de la vida cotidiana donde las personas perciben a la o el científico como alguien ensimismado que dedica su tiempo a resolver problemas difíciles de comprender. Nada más lejos de la verdad. Los desarrollos científicos están en todas partes y, aún cuando lo demos por hecho, cada día se genera nuevo conocimiento que permite dar respuesta a las necesidades actuales. Ahí están los desarrollos tecnológicos en materia energética o en comunicaciones, la inteligencia artificial, la biotecnología o las ciencias sociales, por mencionar algunos. Cada área, dentro de su competencia, permite el desarrollo de conocimiento para su aplicación a corto, mediano o largo plazo. Uno de los mejores ejemplos fueron las vacunas por emergencia durante la pandemia de COVID-19; si bien no se contaba con la rigurosidad metodológica para tal efecto, la tecnología permitió contar con ellas a un año de iniciada la emergencia sanitaria y lograron contener la enfermedad y salvar vidas.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece, a partir del 15 de marzo del 2019, el derecho humano a gozar de los beneficios de la ciencia. Esto permite identificar al desarrollo científico y tecnológico como un bien público destinado a proporcionar bienestar social. De esta forma, es patente la obligación de todas las instituciones académicas que realizan investigación de dirigir los esfuerzos a resolver los problemas que afectan a nuestra región y a nuestro país.

La Universidad Autónoma de Querétaro tiene entre sus políticas institucionales la de valorar la pertinencia de la investigación en todas las áreas del conocimiento, de forma multi e interdisciplinaria y priorizando la vinculación con los otros sectores. Si bien, como parte de los procesos de evaluación de las instituciones y de las y los investigadores se ha privilegiado la productividad a través de publicaciones científicas, hoy es necesario desarrollar otras métricas para identificar los beneficios que la ciencia representa para la sociedad. Todo desarrollo científico o tecnológico derivado de las ciencias naturales, exactas, sociales o de las humanidades cuenta con indicadores de impacto en el bienestar social. De esta forma, el presente libro integra trabajos científicos, desarrollos tecnológicos y de conocimiento

de diversas áreas del saber, enfocados cada uno en resolver una necesidad particular y responder a una demanda social. La universidad pública tiene ese deber y esa responsabilidad: retribuir a la sociedad y servir a nuestro país.

DRA. TERESA GARCÍA GASCA

Rectora de la Universidad Autónoma de Querétaro

EL IMPACTO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

SOCIAL IMPACT OF RESEARCH AT UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

DR. EDUARDO LUNA SÁNCHEZ¹

DR. RAÚL PINEDA LÓPEZ²

DRA. AZUCENA OCHOA CERVANTES³

RESUMEN

La producción de evidencia científica es una condición necesaria pero no suficiente para que las universidades contribuyan a la atención de los desafíos que enfrenta nuestro país. Si se espera causar cambios, los actores clave necesitan participar en el proceso y tomar decisiones a partir del conocimiento generado. No se puede establecer el impacto social de la ciencia contando el número de publicaciones científicas, pues éstas son un medio para difundir hallazgos entre pares. Es necesario aportar, además, evidencia tanto de la interacción productiva con otros actores como de la creación de valor público.

Por este motivo, el libro *Ciencia comprometida* compiló los resultados de investigaciones orientadas hacia la resolución de problemas concretos realizadas por académicos de la Universidad Autónoma de Querétaro. Al provenir de distintas disciplinas que convergen en nuestra Universidad, los casos seleccionados demostraron beneficios en la economía, calidad de vida, cultura, salud, políticas públicas y el ambiente, tanto dentro de Querétaro como a nivel nacional. Es por esto que su lectura es de interés

1 Facultad de Ciencias Naturales, eduardo.lusan@uaq.mx

2 Facultad de Ciencias Naturales, rfpineda@uaq.mx

3 Facultad de Psicología y Educación, azus@uaq.mx

para aquellos que desean conocer más sobre la evaluación del impacto de investigaciones y la influencia de las universidades públicas en la sociedad. Esta introducción brinda un marco conceptual a los estudios de caso que componen el libro y presenta un análisis de las características de los proyectos incluidos, respondiendo la siguiente pregunta: ¿qué impactos sociales generaron las investigaciones?

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE ESTE LIBRO?

Inmersa en la contingencia sanitaria provocada por el coronavirus SARS-CoV-2, la humanidad enfrenta múltiples desafíos. Por un lado, es innegable que se encuentra en una ruta de catástrofe ambiental autoinflingida asociada al cambio climático (IPCC, 2021). Por el otro, se ha documentado el incremento de la pobreza y la desigualdad tanto a nivel estatal (Pineda López, *et al.*, 2020) como nacional e internacional (UNDP, 2019; Coneval, 2021).

En este contexto, se espera que la ciencia colabore con otros actores para aportar soluciones a dichos problemas (Veras de Sandes y Hourneaux, 2020). Por ejemplo, cuando comenzó el reto causado por el covid-19, fue evidente la rápida respuesta de los científicos locales para dar soporte a las necesidades emergentes de salud. De esa manera, en la UAQ se crearon pruebas de detección de bajo costo, se abrió una clínica que ofrece servicios de rehabilitación para los que han padecido la enfermedad y se comenzó a desarrollar una vacuna, emblema de innovación bajo condiciones de escasez (Arana, 2020; Contreras, 2020; Rubio y Alcalá, 2020).

A través de estos esfuerzos, la UAQ refleja su compromiso de vincular la práctica científica con la atención de necesidades a nivel local, nacional e internacional. Como es una universidad pública, está obligada a ello, y por esa razón uno de sus objetivos estratégicos es lograr la excelencia en la investigación con relevancia social, de forma que los conocimientos generados contribuyan al desarrollo económico, la protección ambiental y el bienestar social (UAQ, 2015).

Como organizaciones receptoras de recursos públicos, es importante que las universidades rindan cuentas con base en el impacto que generan. Por ello, la Universidad Autónoma de Querétaro adoptó la Responsabilidad

Social Universitaria⁴ (Vallaes, 2014) como modelo de gestión que le permite, por un lado, revisar de manera continua su impacto en la sociedad y, por el otro, informar a los contribuyentes sobre el modo en que retribuye la confianza depositada en ella. Desde esta perspectiva, tras una revisión de la estrategia para orientar la investigación hacia la resolución de problemas sociales, contenida en el Plan Institucional de Desarrollo 2015-2018, se concluyó que la institución no contaba con mecanismos para identificar el impacto generado por los proyectos, reconociendo las limitaciones de su sistema de evaluación científica (UAQ, 2018).

En un sentido similar, a nivel internacional se han acumulado las críticas al modelo hegemónico de evaluación de la ciencia, el cual se apoya en un número reducido de métricas cuantitativas relacionadas con la producción académica (Bensing *et al.*, 2013; Hicks *et al.*, 2015; Vasen y Lujano, 2017). Una de las deficiencias del empleo exclusivo de productos académicos es que las publicaciones pueden confundirse con la obtención de beneficios sociales, sin que necesariamente éste sea el caso (Salafsky *et al.*, 2001; *Nature*, 2020). En el fondo, si sólo se utilizan indicadores de productividad académica, la valoración se fundamenta en cifras y no en juicios que analizan el efecto del conocimiento generado (Hicks *et al.*, 2015).

Para dar respuesta a esa disonancia, en el Plan Institucional de Desarrollo 2021-2024, la UAQ no sólo se planteó impulsar la investigación orientada hacia la resolución de problemas de frontera, sino también incorporar indicadores para medir su impacto social. A partir de esa visión, el libro *Ciencia comprometida* busca mostrar investigaciones capaces de probar la generación de impactos sociales. Al provenir de distintas disciplinas que convergen en nuestra Universidad, los casos seleccionados en esta obra expresan con claridad los beneficios a la economía, calidad de vida, cultura, salud, política y ambiente que aporta la investigación realizada en la UAQ. Esto permite resaltar los tipos de impacto que trascienden las métricas académicas, información que será un insumo valioso para pensar en mecanismos que complementen y mejoren el actual sistema de rendición de cuentas de la Universidad. Además, este ejercicio pretende llevar la discu-

4 El modelo está basado en la norma internacional ISO 26000 “Guía sobre Responsabilidad Social” y distingue entre cuatro tipos de impactos: organizacional, educativo, cognitivo y social (Vallaes, 2014).

sión de la responsabilidad social universitaria hacia el interior de la institución para promover esquemas que faciliten la comprensión de la compleja interacción entre investigación e incidencia, y mejorar la interrelación entre la universidad pública y la sociedad a través de su análisis, sustituyendo el discurso del deber ser por la acción incidente.

En este primer ejercicio de integración fueron sometidos 38 estudios de caso, de los cuales se eligieron 14 que cumplieron con los requisitos establecidos en la convocatoria: a) que fueran investigaciones y no proyectos de vinculación universitaria, b) que fueran específicos en la forma en que se interactuó con los actores involucrados y c) que aportaran evidencias de los cambios conseguidos a través de la investigación. Por supuesto, los casos incluidos en el libro no son, ni mucho menos, los únicos ejemplos de ciencia comprometida de la UAQ. Esperamos que existan ediciones posteriores que compilen aún más casos de impacto.

Es necesario aclarar que al resaltar la importancia de medir el impacto social de las investigaciones no se pretende cuestionar, en modo alguno, la relevancia de las investigaciones básicas. Éstas son fundamentales, pues incrementan los conocimientos de los que se pueden nutrir investigaciones subsecuentes orientadas hacia la generación de impactos sociales. Tampoco se pretende dar la impresión de que las investigaciones aplicadas deben tener impactos positivos siempre. Por un lado, es posible que sea muy difícil estimar su impacto a corto plazo por problemas de latencia (OSIRIS, 2016). Por el otro, la actividad científica es incierta por definición; se interactúa con múltiples actores y se prueban nuevas ideas todo el tiempo, por lo que no lograr ciertos cambios es algo que se da por descontado.

Dicho lo anterior, esta introducción al libro tiene tres propósitos. En un primer apartado se clarifica lo que se entiende por “ciencia comprometida”, brindando así un marco conceptual para los estudios de caso que componen el libro. En un segundo momento, se explica el proceso de selección y se presenta un análisis global de las características de los proyectos incluidos:

- ¿A qué escala intervinieron?
- ¿Quiénes fueron los actores involucrados?
- ¿Qué tipos de impacto tuvieron y cómo se midieron?

Finalmente, concluimos el capítulo con una propuesta de sistematización de impactos que puede ser incorporada por las direcciones de Planeación, Investigación y Posgrado y Vinculación de la UAQ para mejorar los procesos de evaluación del impacto de la investigación y su incidencia.

CIENCIA COMPROMETIDA

El financiamiento público de las universidades se apoya en el supuesto de que, a través de sus funciones básicas, éstas tengan efectos positivos en la sociedad (Ramos *et al.*, 2018). Por ello, es razonable que existan expectativas de que la investigación demuestre la generación de impactos (Sarewitz, 2016). Por muchos años se ha confiado esta rendición de cuentas a la propia comunidad científica, la cual tiene una posición preferencial para validar y reconocer correctamente la calidad de los productos académicos. Como consecuencia, se han desarrollado sistemas de evaluación basados en procesos de arbitraje e índices globales de citas para establecer la influencia de las investigaciones (Vasen y Lujano, 2017). Sin embargo, más allá de la esfera académica, esta comunicación entre pares no se relaciona necesariamente con el uso de los hallazgos para resolver problemas (Weiss, 1977). Para tener un impacto, es necesario que el conocimiento se retome en la transformación de las condiciones sociales, económicas o ambientales problematizadas (Netherlands Organization for Scientific Research, s.f.).

La precisión anterior permite comprender que existen dos dimensiones para valorar el impacto de la ciencia, ninguna mejor que la otra (Cuadro 1). Por un lado, se encuentra el impacto científico que ocurre cuando los hallazgos de una investigación son reconocidos y empleados por una comunidad profesional de productores de conocimiento y, por el otro, el impacto social que se manifiesta cuando las investigaciones buscan generar beneficios al atender una necesidad concreta (D'Este *et al.*, 2018). Por supuesto, las dimensiones no son excluyentes entre sí y múltiples proyectos pueden a un tiempo hacer avances científicos y producir cambios sociales.

CUADRO 1. DOS DIMENSIONES DE LA CALIDAD
EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA⁵

DIMENSIÓN	DESCRIPCIÓN
Impacto científico	Se relaciona con el alcance y reconocimiento de una investigación al interior de la comunidad científica, normalmente reflejados en su citación en otras publicaciones. Para su medición se han desarrollado una serie de indicadores que establecen el factor de impacto de las revistas académicas.
Impacto social	La investigación contribuye a la atención de necesidades sociales actuales, así como a la anticipación de demandas sociales futuras.

Con seguridad, las investigaciones tienen efectos sociales positivos constantemente, pero es un error asumir que el número de publicaciones o el tipo de revista son prueba de ello (Sivertsen y Meijer, 2020). Uno de los mayores riesgos detectados en el sistema de evaluación actual es que puede incentivar el incremento del número de productos académicos como una meta en sí misma, lo cual no siempre estará vinculado con la generación de conocimiento socialmente relevante (Bensing *et al.*, 2013).

Para trascender las limitaciones mencionadas, se han propuestos sistemas de evaluación que conciben las dos dimensiones de la calidad como elementos interrelacionados. Por ejemplo, en el Reino Unido, el Research Excellence Framework establece lineamientos sobre cómo incorporar indicadores de productividad académica convencionales a aquellos que reflejen la obtención de impactos sociales (REF, 2021). Por su parte, en los Países Bajos, la guía de evaluación *Evaluating Research in Context* reconoce la dificultad de homologar la evaluación de impactos por la diversidad inherente a la práctica científica, y por ello da preferencia a un enfoque versátil que emplea indicadores sensibles al contexto de cada investigación. En ese sentido, la metodología promueve que los equipos de investigación desarrollen los indicadores con los que se valorará el impacto de sus contribuciones (Spaapen *et al.*, 2007).

Es importante no malinterpretar el argumento. Las publicaciones en revistas revisadas por pares son y seguirán siendo relevantes. Sin embargo,

⁵ Fuente: D'Este y otros autores (2018).

las propuestas anteriores resaltan el hecho de que los científicos amplíen su interacción con otros actores, de forma que los resultados sean importantes tanto para la comunidad académica como para otros grupos sociales (Bensing *et al.*, 2013; D'Este *et al.*, 2018). Esto es lo que en el libro se concibe como “ciencia comprometida”.

La práctica científica se ha sintetizado en conceptos como transdisciplina, innovación social o ciencia de la implementación (Proctor *et al.*, 2011; Turnhout, 2018; Arocena *et al.*, 2018). Una característica común de estos enfoques es la intención de resolver problemas concretos por medio de la participación, es decir, a través de procesos donde quien investiga colabora con otros actores para definir el problema, cocrear soluciones o promover el uso del conocimiento (Zapata y Vidal, 2016; Turnhout, 2018; Arocena y Sutz, 2021). Los actores involucrados pueden ser, como en el modelo de la triple hélice, empresas, gobiernos y centros de investigación que desarrollan juntos soluciones con potencial de insertarse en el mercado (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000). Sin embargo, también pueden ser grupos sociales con graves problemas, pero sin la capacidad de pagar o de comunicarse con los generadores del conocimiento. Por ello, en contextos de exclusión social es fundamental que los académicos adopten una posición proactiva para evitar que las necesidades de estos actores se queden fuera de la agenda de investigación (Arocena *et al.*, 2019). Con la finalidad de ejemplificar el tipo de evidencias que podrían reportarse en un estudio de caso de ciencia incidente, a continuación se desarrollan dos conceptos fundamentales: el de impacto y el de interacciones productivas.

¿QUÉ SE ENTIENDE POR EL IMPACTO SOCIAL DE UNA INVESTIGACIÓN?

Las investigaciones generan de forma rigurosa⁶ conocimientos originales, lo que incluye la explicación y descripción de fenómenos, la producción de nuevos o mejores materiales, productos o procesos, o la creación de imáge-

6 El rigor refiere el grado en el que una investigación demuestra integridad y coherencia intelectual al adoptar conceptos, análisis, fuentes, teorías y metodologías apropiados y robustos (REF, 2021).

nes, *performance* y artefactos (REF, 2021). Mientras tanto, la aplicación de una investigación implica que los conocimientos se comparten de forma efectiva con actores relevantes, o bien, que éstos participan en la definición del proyecto, en su ejecución y en la coproducción de nuevos conocimientos (Nabatchi *et al.*, 2017). Con base en lo anterior, el sistema de evaluación británico establecido en el Research Excellence Framework (REF, 2021) define el impacto social de una investigación como un efecto, cambio o beneficio a la economía, sociedad, cultura, políticas públicas, salud y ambiente que ha sido ocasionado, al menos en parte, por una investigación (Cuadro 2).

CUADRO 2. DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS TIPOS
DE IMPACTO DE UNA INVESTIGACIÓN⁷

TIPO DE IMPACTO	DESCRIPCIÓN
Impacto en salud	Ocurre cuando las investigaciones conducen a mejores resultados tanto en la salud de las personas como en su bienestar emocional.
Impacto económico	Se relaciona con beneficios monetizables provenientes de la investigación, ya sea al hacer ahorros, evitar costos, incrementar la producción o generar mejoras medibles en términos económicos para las personas o el ambiente.
Impacto social	Se refiere a los casos en los que una investigación influyó en la calidad de vida, inclusión, oportunidades y derechos de beneficiarios, sean éstos individuos, grupos, o comunidades. Por ejemplo, investigaciones llevadas a cabo con migrantes, grupos étnicos o comunidades, empleadas por el gobierno para entender y responder mejor a sus necesidades.
Impacto ambiental	Hace referencia a diversos beneficios ambientales derivados de la investigación. Entre ellos se encuentran la conservación de especies y ecosistemas, y aquellos que los humanos obtienen de un medio ambiente sano.
Impacto en políticas públicas	Se relaciona con cómo el conocimiento científico informa e influye en el proceso de diseño, implementación y evaluación de políticas públicas. Por ejemplo, al aportar evidencia de la toma de decisiones de autoridades regulatorias con base en los resultados de una investigación.

7 Fuente: Veras de Sandes y Hourneaux (2020).

Es importante considerar que, para definir el impacto de un proyecto, es necesario contar con evidencia demostrable de la influencia que éste tuvo sobre el cambio referido (Edwards y Meagher, 2020). Para ello, se debe distinguir entre los impactos instrumentales y los impactos conceptuales de las investigaciones. Un impacto instrumental hace referencia al efecto directo de una investigación sobre las acciones y capacidades del individuo, grupo u organización involucrada. Esto puede reflejarse, por ejemplo, en la toma de una decisión o en la resolución de un problema. Mientras tanto, un impacto conceptual ocurre cuando la investigación influye en las actitudes, conocimientos y creencias de los actores participantes, lo cual se relaciona con una mejora en el entendimiento del problema y sus posibles soluciones, sin implicar la toma de una acción (Veras de Sandes y Hourneaux, 2020).

Ante todo, es necesario que los investigadores se cuestionen en todo momento cómo están impactando, dado que la producción de conocimiento utilizable no puede considerarse un ideal en sí mismo. Esto es así porque algunos conceptos que tienen aceptación generalizada podrían enmascarar consecuencias perniciosas para ciertos actores, así como una distribución desigual de beneficios. Por ello, la reflexión crítica y el diálogo con los grupos involucrados son esenciales para prevenir efectos negativos no intencionados (Turnhout, 2018).

INTERACCIONES PRODUCTIVAS

Es importante reconocer que, por problemas de latencia,⁸ con frecuencia es difícil establecer el impacto que tendrán las investigaciones a corto plazo. Además, esta situación se acentúa si tomamos en cuenta que la norma es realizar proyectos de entre uno y tres años de duración, y que, en ocasiones, no existe continuidad entre una investigación y otra. Por este motivo, y dado que cada vez más se considera que los procesos iterativos de comunicación son una condición necesaria para generar impactos, se han desarrollado enfoques de evaluación que miden las interacciones entre los investigadores y los actores involucrados (Spaapen y Van Drooge, 2011; D'Este *et al.*, 2018).

8 Es decir, la duración del proyecto es menor al tiempo requerido para observar sus efectos.

Las metodologías empleadas analizan las estrategias de interacción utilizadas por el investigador y buscan pruebas de que éstas influyeron de algún modo en la toma de decisiones de los grupos participantes (LSE Public Policy Group, 2011). El supuesto del que parten es que la interacción es un requisito obligatorio para que el impacto pueda ocurrir, por lo que sus resultados pueden utilizarse como indicadores *proxy* del impacto de una investigación (Spaapen y Van Drooge, 2011). En un primer nivel, los investigadores reportan los distintos medios a través de los que establecieron contacto o dispersaron el conocimiento con los grupos involucrados, por ejemplo, una serie de talleres, una página web o un *podcast* (Cuadro 3).

CUADRO 3. EJEMPLOS DE MEDIOS DE INTERACCIÓN CON ACTORES⁹

TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN
FORMATO ESCRITO	
Informe de políticas (<i>Policy Brief</i>)	Permite comunicar de forma corta recomendaciones clave a usuarios potenciales de políticas.
Manual	Presenta herramientas, reflexiones y experiencias para que otras personas puedan utilizarlas para tomar decisiones y orientar su práctica.
Blogs y artículos de opinión	Pueden emplearse para conectar con cierto tipo de audiencia o para incrementar el alcance de las investigaciones, las cuales se presentan de forma accesible.
HERRAMIENTAS DIGITALES	
Página web	Puede ser una plataforma central para hospedar recursos y hacer que el trabajo se encuentre disponible. Al alojar todo en un sitio se puede llevar un control de las descargas o visitas a la página e identificar quién está interactuando con el trabajo.
Visualización de datos	Es empleada para presentar datos de forma visual, lo que los hace ser más comprensibles y comparables, transmitir relatos convincentes y atraer la atención hacia mensajes clave.

⁹ Fuente: modificado de Tilley y otros autores (2018).

TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN
HERRAMIENTAS DIGITALES	
Redes sociales	Permiten alcanzar redes más grandes de personas interesadas en el uso de la investigación. Esto puede ser en Twitter, LinkedIn y Facebook.
Multimedia	Puede incluir videos, podcasts, animaciones y fotografías.
EVENTOS Y REUNIONES	
Diálogos de política pública	Reúnen grupos con distintas perspectivas en torno a una política con la finalidad de enfocarse en su mejora.
Talleres	Método para involucrarse directamente con actores clave y promover discusiones grupales.
Reuniones multilaterales	Las reuniones son uno de los medios más comunes para involucrar a otros actores en los proyectos de investigación y para compartir los resultados obtenidos.

En un segundo nivel, para demostrar que estas interacciones han sido productivas, se emplean indicadores que reflejan el grado en que los grupos involucrados valoran la investigación (por ejemplo: otorgar financiamiento, firmar un convenio o invitar al investigador a ser parte de un comité), así como evidencias de los primeros cambios que se desean obtener, pues se ha influido en los valores, habilidades o decisiones de actores específicos (Cuadro 4).

CUADRO 4. ALGUNAS EVIDENCIAS DE QUE LAS INTERACCIONES HAN SIDO PRODUCTIVAS¹⁰

TIPO DE CAMBIO	SUPUESTO	EVIDENCIA
Nuevos conocimientos	Es más probable que una persona actúe gracias a un cambio en su actitud o comprensión sobre un tema.	Porcentaje de participantes que son capaces de citar dos beneficios del establecimiento de cuotas de pesca a las dos semanas del evento.

¹⁰ Fuente: modificado de Kumar y otros autores (2018).

TIPO DE CAMBIO	SUPUESTO	EVIDENCIA
Establecimiento de consensos	Es más probable que un grupo con una agenda común actúe. Esa agenda se puede construir con la ayuda de nuevos conocimientos que promuevan una comprensión conjunta o mejoren los medios para colaborar.	Luego de la reunión, las autoridades municipales de la región acordaron reunirse de manera mensual para coordinar medidas para regular la pesca de acamayas.
Desarrollo de habilidades	Una persona mejora su capacidad de actuar debido a la adquisición de una habilidad nueva o fortalecida.	Los pescadores adoptaron una nueva tecnología de pesca y continúan empleándola a los seis meses de la capacitación.
Fortalecimiento de redes	Es más probable que un grupo actúe gracias a las nuevas relaciones que formó, a que desarrolló más afinidad y confianza o a la reducción del aislamiento en el que se encontraban sus integrantes.	Los gobiernos estatales establecen una alianza con la UAQ y la CONANP para financiar el monitoreo de acamayas.

La diferencia entre el alcance (*reach*) y el efecto (*significance*) de una investigación clarifica el sentido de las interacciones productivas (REF, 2021). Mientras que el alcance se relaciona con la amplitud del contacto con los grupos involucrados, el efecto mide la intensidad de dicha interacción. Si bien el número de personas que asistieron a un evento refleja su alcance, no ilustra, por sí mismo, el efecto conseguido, el cual puede mostrarse recabando la retroalimentación de los participantes o a través del tipo de decisiones tomadas (Cuadro 5).

CUADRO 5. DIFERENCIAS ENTRE EL ALCANCE
Y EL EFECTO DE UNA INVESTIGACIÓN

ALCANCE	¿Cuántas personas asistieron al evento? ¿Asistió la presidenta municipal al taller?
EFECTO	¿La organización adoptó el procedimiento? ¿Los participantes acordaron formar una comisión para la protección del embalse?

Dada su diversidad inherente, no existe un modelo de evaluación de impacto que pueda aplicarse a todas las áreas de la ciencia. En función del campo, se tiene contacto con diferentes actores y se intercambia con ellos información distinta (Cuadro 6). En algunos casos, los proyectos podrían requerir contratos, derivar en patentes y demostrar incrementos en los ingresos de empresas agropecuarias. En otros, responder a las demandas de actores locales podría requerir múltiples reuniones informales, derivar en acuerdos y demostrar su integración en un reglamento ejidal. Por ello, es indispensable utilizar indicadores *ad hoc* para cada disciplina científica (Hicks *et al.*, 2015).

CUADRO 6. COMPONENTES DE LAS INTERACCIONES PRODUCTIVAS¹¹

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Diversidad de actores clave	Intercambios de conocimientos con varios actores clave: empresas, agencias de gobierno, ONG, hospitales, comunidades, productores, organismos internacionales.
Modos de interacción	- Interacciones formales (convenios, contratos firmados): consultoría, programas interinstitucionales de investigación, capacitaciones, producciones culturales, desarrollo de procedimientos/protocolos/normas, comercialización de patentes. - Interacciones informales (sin convenio, sin contrato): asesorías, actividades de divulgación, redes profesionales no académicas, presentaciones en foros no académicos, uso de la investigación, acción participativa.
Aprendizaje bidireccional	- Beneficios de las interacciones para las actividades de investigación: insumos específicos, fuentes de información relevante, recursos externos, nuevas ideas, validación, reconocimiento público. - Beneficios de las interacciones para actores no académicos: mejoras concretas (prácticas organizacionales, soluciones a problemas, productos y servicios), mejores oportunidades (mejor comprensión, oportunidades de negocio, capacitación, redes), confirmación de decisiones (reputación, soporte, validación), incremento de ingresos.

¹¹ Fuente: modificado de D'Este y otros autores (2018).

EL PROCESO DE SELECCIÓN DE LOS CASOS DE IMPACTO

El proceso de selección establecido en la convocatoria, el cual incluyó una evaluación por pares de doble ciego, tuvo la intención de que se eligieran sólo los casos que emplearan una narrativa coherente para dejar claro a) el problema atendido, b) los actores con los que se tuvo interacción y c) los cambios conseguidos a través de la investigación. Un aspecto muy importante era que las afirmaciones sobre los logros fueran probadas a través de indicadores cualitativos, cuantitativos o monetarios.

En total, recibimos 38 propuestas y aceptamos 14. Las principales causas de rechazo fueron dos. Primero, que el caso sometido se tratara de un proyecto de vinculación cuyo énfasis no estuviera en la generación de conocimientos, sino en prestar un servicio a la comunidad. Estos casos no respondieron satisfactoriamente alguna de las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el problema a partir del cual se estructuró la investigación?
- ¿Cuáles son los objetivos y la metodología de la investigación?
- ¿Qué conocimiento se generó como resultado?

La segunda causa de rechazo fue que el caso no presentara evidencia suficiente sobre qué había cambiado gracias a la investigación. Estos casos no respondieron satisfactoriamente alguna de las siguientes preguntas:

- ¿Qué cambios se consiguieron?
- ¿Qué evidencia existe de que las interacciones fueron productivas?
- ¿Quiénes mostraron interés por el proyecto y cómo lo demostraron?
- ¿Qué mecanismos permitieron generar el impacto?

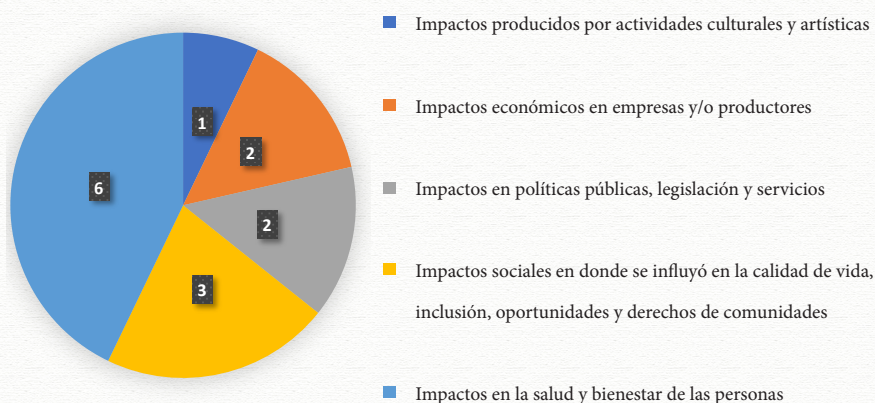
ANÁLISIS DE LOS PROYECTOS INCLUIDOS EN EL LIBRO

Aunque esta es solo una pequeña muestra de las investigaciones aplicadas que se realizan en la UAQ, el impacto social presentado es diverso y fascinante. Los casos seleccionados demuestran beneficios concretos más allá de la academia, tanto en Querétaro como a nivel nacional, por ejemplo:

- La mejora en el proceso de producción de una empresa mediante el control de bacterias deterioradoras de alimentos.
- La construcción de infraestructura pública para comunidades marginadas mediante procesos de arquitectura participativa.
- La formación de agrupaciones comunitarias de ahorro y préstamo a través de las cuales varias mujeres han financiado por sí mismas proyectos que mejoran su calidad de vida.
- La mejora en la salud de niños rurales a través del uso de un suplemento alimenticio de bajo costo y con alto valor nutracéutico para prevenir infecciones comunes.
- Contribuciones a movimientos sociales que impulsan cambios en el manejo del agua en Querétaro a través de obras museográficas que actúan como herramientas de divulgación, monitoreo y defensa comunitaria.

Tanto en esta sección como en los capítulos del libro, los estudios de caso se presentan divididos en las cinco dimensiones del impacto social: impactos producidos por actividades culturales y artísticas, impactos económicos en empresas y productores, impactos en políticas públicas, legislación y servicios, impactos en la calidad de vida, inclusión, oportunidades y derechos de comunidades, e impactos en la salud y bienestar de las personas (Gráfico 1).

GRÁFICO 1. CASOS POR ÁREA DE IMPACTO



Los casos seleccionados fueron presentados por investigadores provenientes de ocho facultades de la UAQ y, más allá de colaboraciones dentro del campo de las ciencias de la vida,¹² la mayor parte de los proyectos fueron desarrollados por investigadores de una misma disciplina. Una excepción notable fue el proyecto de Bajo Tierra Museo, el cual no sólo reunió un equipo interdisciplinario, sino que generó impactos en múltiples dimensiones, destacando el potencial de este tipo de colaboraciones. Los proyectos beneficiaron a grupos diversos de actores como empresas, niños, instituciones de educación superior, adultos mayores, mujeres rurales, pequeños productores, regidores y organizaciones de la sociedad civil. Además, los impactos se localizaron en ocho municipios de Querétaro, uno de Guanajuato, uno de Guerrero y otro de Tamaulipas (Cuadro 7).

CUADRO 7. UBICACIÓN Y BENEFICIARIOS DE LOS CASOS DE IMPACTO

ÁREA DEL IMPACTO	CASO DE IMPACTO	FACULTAD	LUGAR	ACTOR INVOLUCRADO
Impactos producidos por actividades culturales y artísticas	La creación de un museo comunitario como espacio de diálogo y encuentro	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	Villa Progreso, Ezequiel Montes	Comunidad
Impactos económicos en empresas y productores	Diagnóstico y prevención del deterioro de embutidos	Facultad de Química	Celaya, Guanajuato	Empresa
	Variedades de jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.) cultivadas en México; proceso de secado y desarrollo de productos de alto valor agregado	Facultad de Química	Ayutla de los Libres, Guerrero	Productores de jamaica

12 Donde coinciden disciplinas como medicina, nutrición, biología, agronomía o veterinaria.

ÁREA DEL IMPACTO	CASO DE IMPACTO	FACULTAD	LUGAR	ACTOR INVOLUCRADO
Impactos en políticas públicas, legislación y servicios	Los últimos pagan: impuestos patrimoniales y presupuesto en el municipio de Querétaro	Facultad de Contaduría y Administración	Municipio de Querétaro	Regidores locales
	Diseño de un modelo de continuidad educativa ante contingencias sanitarias	Facultad de Informática	Nacional, Tampico, Tamaulipas	- SEP - ANUIES - Universidad Pedagógica Nacional en Tampico
Impactos en la calidad de vida, inclusión, oportunidades y derechos de comunidades	Arquitectura participativa. Casos de estudio en espacios de aprendizaje en la Sierra Gorda de Querétaro	Facultad de Ingeniería	- El Moral, Peñamiller - El Naranjo, Cadereyta - El Cantoncito, Pinal de Amoles - El Pedregal, Pinal de Amoles	Comunidades
	Bajo Tierra Museo. De la ciencia tradicional de escritorio a la ciencia comprometida con el territorio	- Facultad de Filosofía - Facultad de Ciencias Naturales - Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	- Municipio de Querétaro - El Terrero, Amealco	- Organizaciones de la Sociedad Civil - Comunidades
	Las asociaciones comunitarias de ahorro y préstamo son una alternativa de atención a la pobreza rural	Facultad de Ciencias Naturales	Tilaco, Landa de Matamoros	Mujeres rurales

ÁREA DEL IMPACTO	CASO DE IMPACTO	FACULTAD	LUGAR	ACTOR INVOLUCRADO
Impactos en la salud y bienestar de las personas	Desarrollo e implementación de un método de retrotranscriptasa inversa-amplificación isotérmica (RT-LAMP) para la detección de SARS-CoV-2 durante la pandemia de covid-19 en la Universidad Autónoma de Querétaro	Facultad de Ciencias Naturales	Municipio de Querétaro	Empresas y población de Santiago de Querétaro
	Aplicación de la prueba MoCA-B para la detección de deterioro cognitivo en adultos mayores del municipio Doctor Mora, Guanajuato	Facultad de Química	Doctor Mora, Guanajuato	- Adultos mayores - Espacios de Desarrollo Gerontológico - DIF municipal
	Búsqueda de nuevas herramientas para el diagnóstico oportuno de diabetes mellitus gestacional	Facultad de Química	Municipio de Querétaro	Mujeres embarazadas de bajo nivel socioeconómico
	La suplementación con subproducto de mango mejora la respuesta inmune en niños escolares durante episodios de infecciones respiratorias y gastrointestinales	- Facultad de Química - Facultad de Ciencias Naturales	Cerritos, Tequisquiapan	Niños de la comunidad y sus familias
	Diagnóstico temprano de pie diabético en pacientes adultos queretanos con diabetes mellitus tipo 2	Facultad de Química	Municipio de Querétaro	Población adulta
	Aplicaciones de la estimulación magnética transcraneal repetitiva en el tratamiento de entidades psiquiátricas	Facultad de Medicina	Municipio de Querétaro	Pacientes del Centro Estatal de Salud Mental

A continuación se presenta un cuadro que sistematiza para cada caso: tipos de impacto ocasionados, indicadores para su medición y ejemplos específicos del efecto conseguido con el proyecto. El siguiente cuadro presenta la diversidad de impactos generados por las investigaciones y hace evidente el potencial de métricas alternativas a la productividad académica, el factor de impacto y los índices de citas en la rendición de cuentas científica (Cuadro 8).

CUADRO 8. IMPACTOS SOCIALES GENERADOS

CASO	TIPOS DE IMPACTO	INDICADORES	EJEMPLOS
La creación de un museo comunitario como espacio de diálogo y encuentro	- Una mejor comprensión de las tradiciones locales conduce a una mejor preservación cultural - Involucramiento con audiencias marginalizadas o poco incluidas conduce a una mayor participación cultural	- Nuevos conocimientos y habilidades en torno al manejo de museos comunitarios - Retroalimentación del visitante/ participante a través de encuestas y entrevistas	- Espacio gestionado para la instalación del museo - Difusión de productos de ixtle elaborados históricamente en la comunidad, los cuales forman parte de su riqueza cultural - Procedimientos en operación que son evidencia del funcionamiento y buena organización del museo comunitario

CASO	TIPOS DE IMPACTO	INDICADORES	EJEMPLOS
Diagnóstico y prevención del deterioro de embutidos	Mejora del desempeño de un negocio gracias a la introducción de procesos, estándares y protocolos	- Colaboraciones demostrables con la industria - Adopción comercial de nuevos procesos y conocimientos	- Cambios generados en el proceso y prácticas de los trabajadores para prevenir la sobrevivencia y desarrollo del microorganismo durante la producción del alimento - Aplicación de nuevos procesos antimicrobianos y establecimiento de lineamientos para controlar el agente deteriorador - Reducción significativa de la incidencia de brotes de deterioro - Colaboración empresa-universidad que se ha mantenido por 14 años
Variedades de jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.) cultivadas en México; proceso de secado y desarrollo de productos de alto valor agregado	- Creación y fortalecimiento de emprendimientos sociales - Investigación que conduce a mejoras en la productividad y la eficiencia en el uso de los recursos	- Colaboraciones demostrables con asociaciones de productores - Adopción de nuevas tecnologías, procesos y conocimientos	- Optimización del proceso de secado. Se aminoró el tiempo en 85%, lo cual disminuyó las posibilidades de contaminación y, en consecuencia, la pérdida de calidad del producto - Integración de un colectivo de ciudadanos interesados en la creación de una microempresa dedicada a la transformación de la jamaica en productos de alto valor agregado - Profesionalización del colectivo en la transformación de jamaica en productos alimenticios

CASO	TIPOS DE IMPACTO	INDICADORES	EJEMPLOS
Los últimos pagan: impuestos patrimoniales y presupuesto en el municipio de Querétaro	Evidencia científica en el debate de políticas públicas	- Evidencia documentada del uso de la investigación en el debate público - Evidencia de relaciones de trabajo con el gobierno	Evidencia y análisis recibidos por los regidores, quienes las han usado como base para sus posicionamientos y para deliberar el sentido de su voto en cada uno de los proyectos fiscales presentados en el Ayuntamiento
Diseño de un modelo de continuidad educativa ante contingencias sanitarias	Cambios educativos influidos por la investigación	Evidencia documentada del uso de la investigación en una política o regulación	- Influencia en las instituciones dedicadas a la certificación de competencias educativas. La competencia fue inscrita en el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales con el número EC1378 - Desarrollo de un modelo de continuidad educativa por parte de la UPN sede Tampico con base en las propuestas de la investigación
Arquitectura participativa. Casos de estudio en espacios de aprendizaje en la Sierra Gorda de Querétaro	- Mejoras en el acceso a la educación - Investigación que ha contribuido al desarrollo comunitario	- Métricas de mejora en la inclusión educativa - Testimonios de grupos de la sociedad civil	- Infraestructura escolar construida - Construcción de un centro de desarrollo comunitario - Reducción de costos por medio del uso de materiales y mano de obra locales

CASO	TIPOS DE IMPACTO	INDICADORES	EJEMPLOS
Bajo Tierra Museo. De la ciencia tradicional de escritorio a la ciencia comprometida con el territorio	- Contribuciones a movimientos sociales que impulsan cambios sociales, económicos, políticos y legales - Debate público retroalimentado por la investigación; esto incluye actividades que han cuestionado prácticas, normas o modos de pensar establecidos - Contribución al aumento de la participación pública en los procesos políticos	- Citas en campañas de comunicación de movimientos sociales (p. ej. panfletos, redes sociales) - Evidencia de debate público influenciado por la investigación en los medios o en otros foros - Evidencia de alcance secundario, por ejemplo, a través de actividades de seguimiento o cobertura de medios - Evidencia de involucramiento con organizaciones civiles que promueven la atención de un problema público	- Vinculación con diversos actores locales, nacionales e internacionales para cocrear obras museográficas y fomentar espacios de encuentro y discusión - En el posicionamiento del tema del agua en la ciudad hay un antes y un después en relación con la aparición de Bajo Tierra Museo. Evidencia de ello es la influencia que ha ejercido en el cuestionamiento de la Ley que Regula la Prestación de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Estado de Querétaro
Asociaciones comunitarias de ahorro y préstamo como una alternativa de atención a la pobreza rural	- Mejoras en el bienestar e inclusión de las mujeres - Nuevos procesos que han mejorado la calidad de vida de una familia, colonia o comunidad	- Testimonios de grupos de la sociedad civil - Métricas de mejora en el bienestar e inclusión de las mujeres - Evidencia de robustez en el involucramiento sostenido con un grupo	- Grupos de mujeres que han financiado iniciativas propias como el equipamiento de viviendas y el fortalecimiento de proyectos productivos, así como gastos médicos, escolares y de alimentación - Participación de mujeres en la conformación de nuevas agrupaciones comunitarias de ahorro y préstamo - Incremento en el monto promedio individual anual de ahorro y préstamo

CASO	TIPOS DE IMPACTO	INDICADORES	EJEMPLOS
Desarrollo e implementación de un método de retrotranscriptasa inversa-amplificación isotérmica (RT-LAMP) para la detección de SARS-CoV-2 durante la pandemia de covid-19 en la Universidad Autónoma de Querétaro	Mejora en la prevención de enfermedades gracias a los hallazgos de la investigación	- Reducción de las tasas de infección - Reducción de costos	- Detección de infecciones. Confinamiento a cuarentena a poco más de 698 portadores del virus (9,700 días de confinamiento) - Pruebas igual o más sensibles y específicas que la prueba oficial de RT-PCR y 60% más económica que la prueba de RT-PC - Sensibilización para tomar medidas que minimicen el riesgo de exposición de personas que habitarán la misma vivienda que el portador detectado - Orientación en la toma de decisiones de cara a la institucionalización de pacientes con datos de alarma
Aplicación de la prueba MoCA-B para la detección de deterioro cognitivo en adultos mayores del municipio Doctor Mora, Guanajuato	Mejora en la salud de los pacientes gracias a cambios en las prácticas de su cuidado.	Evidencia de mejoras en la experiencia de pacientes/usuarios	Toma de conciencia del desempeño del adulto mayor en la prueba como medio para incrementar el interés por mejorar su estado cognitivo

CASO	TIPOS DE IMPACTO	INDICADORES	EJEMPLOS
Búsqueda de nuevas herramientas para el diagnóstico oportuno de diabetes <i>mellitus</i> gestacional	Mejora de la prevención de enfermedades gracias a los hallazgos de la investigación	Evidencia de mejoras en la experiencia de pacientes/usuarios	- El desarrollo de este proyecto permitió diagnosticar a 28 mujeres con diabetes <i>mellitus</i> gestacional. Independientemente de si fueron o no diagnosticadas con dicha enfermedad, se les brindó una explicación clara sobre qué es la enfermedad, cómo se diagnostica, cuáles son los factores de riesgo y las complicaciones fetales, neonatales y maternas - A las mujeres diagnosticadas con diabetes <i>mellitus</i> gestacional se les explicó el diagrama de toma de decisiones para el tratamiento y monitoreo de la enfermedad, con el fin de que tuvieran conocimiento del tema antes de ir con su médico - Se realizó un monitoreo trimestral de los niveles de glucosa, insulina y perfil de lípidos. Los resultados fueron entregados y explicados a cada participante para promover un embarazo saludable

CASO	TIPOS DE IMPACTO	INDICADORES	EJEMPLOS
Suplementación con subproducto de mango que mejora la respuesta inmune en niños escolares durante episodios de infecciones respiratorias y gastrointestinales	Mejora de la salud de pacientes a través de un nuevo producto	Evidencia de ensayos clínicos	- Los niños presentaron una menor incidencia de síntomas de infecciones gastrointestinales (flatulencias e inflamación abdominal) y del tracto superior respiratorio (mocos cristalinos, picazón de garganta, flujo nasal, picazón de nariz y estornudos), lo cual fue asociado a la modulación del sistema inmune innato y adquirido - Con base en la información recolectada de cada niño, nutriólogas especializadas en el área clínica brindaron una explicación individualizada de los resultados obtenidos del estado nutricional a los padres/tutores de los participantes, indicando si el niño se encontraba en un bajo peso, normal o elevado de acuerdo a su talla y a su edad. Asimismo, se brindaron las recomendaciones dietarias correspondientes

CASO	TIPOS DE IMPACTO	INDICADORES	EJEMPLOS
Diagnóstico temprano de pie diabético en pacientes adultos queretanos con diabetes <i>mellitus</i> tipo 2	Mejora de la prevención de enfermedades gracias a los hallazgos de la investigación	- Evidencia de mejoras en la experiencia de pacientes/usuarios - Reducción de costos	- Puesta en práctica de recomendación al Hospital General de Querétaro de utilizar la prueba de vibración con monofilamento en seis puntos como prueba rutinaria a todos los pacientes con DM, la cual presenta como ventaja que es sencilla, económica, indolora y no invasiva - A los individuos diagnosticados con DM2 se les hicieron recomendaciones dietarias y de estilo de vida para llevar a cabo un adecuado control de su enfermedad, explicándoles cuáles son las posibles complicaciones de una DM2 no controlada y las estrategias para prevenir su desarrollo
Aplicaciones de la estimulación magnética transcraneal repetitiva en el tratamiento de entidades psiquiátricas	Intervención clínica o de estilo de vida desarrollada y puesta a prueba con pacientes/usuarios, con un efecto benéfico demostrado	Evidencia de ensayos clínicos	A través de los protocolos de atención se han brindado más de 2000 sesiones de EMTr a los participantes atendidos

Aun así, es importante mencionar que, en la mayor parte de los casos recibidos, la evidencia aportada para probar los efectos fue inconsistente, lo que sugiere que el desarrollo de evaluaciones es una tarea pendiente. En general, la información requerida en la convocatoria relacionada con procesos reflexivos fue omitida en los casos de impacto:

- ¿Qué fallas se detectaron en el proceso?
- ¿Quién debería haberse involucrado para que algunos objetivos se alcanzaran, pero no se involucró?
- ¿Se cuenta con un sistema de autoevaluación o coevaluación?

Lo anterior fue reconocido por los propios investigadores participantes:

Aún hoy, y a pesar del ejercicio de sistematización que posibilita la redacción de este texto, cuesta trabajo dimensionar en su justa medida y realizar un balance o evaluación de los impactos de todas las acciones de investigación, creación e incidencia, ya que muchos de ellos escapan a nuestra mirada y control, volviéndose difíciles de cuantificar o cualificar en el corto plazo pues se trata de procesos y experiencias vivas [...] Es precisamente esta ambivalencia la que hace pertinente y necesario preguntarnos sobre la influencia real que genera nuestro trabajo en el debate, en la toma de decisiones [...] (caso de impacto 11).

Un riesgo latente para monitorear cambios de mediano plazo está relacionado con la falta de financiamiento para dar seguimiento a los proyectos una vez que termina la entrega de productos comprometidos de corto plazo. Esta visión episódica de los proyectos (al terminar uno, se obtiene financiamiento para otro distinto) dificulta la continuidad de los procesos.

Es importante mencionar que éste, al ser un proyecto de investigación con objetivos, recursos y tiempos de entrega delimitados, es difícil poder dar un seguimiento a lo largo de los años a los grupos de productores. Por lo que es de suma importancia que en próximos proyectos se pueda tener un mayor contacto con agencias gubernamentales y sector civil para que el impacto de estas acciones pueda ser más duradera y con beneficios de mayor impacto a la población (caso de impacto 2).

Independientemente de estas áreas de oportunidad, consideramos viable que la UAQ construya una base de datos institucional que le permita integrar la evidencia del impacto que tienen sus investigaciones. Esta herramienta de transparencia y rendición de cuentas permitiría:

- Visualizar espacialmente los impactos por localidad y municipio.
- Registrar la frecuencia con la que son referidos ubicaciones e impactos.
- Filtrar por tipo de impacto, facultad y disciplina académica.
- El uso de minería de datos.

Lo anterior implica el desarrollo de formatos de reporte y la construcción de indicadores de impacto que se ajusten a la realidad de las diferentes áreas de conocimiento. Sin embargo, pensamos que se ha dado un buen paso con la sistematización de los diferentes tipos de impacto generados por los casos compilados en este libro.

Para finalizar esta introducción reconocemos el gran privilegio y placer que fue la edición del libro, la cual implicó conocer el trabajo de muchas compañeras y compañeros. Nos parece que las narraciones de los casos de impacto capturan lo que es relevante sobre la investigación académica en la UAQ: es diversa, comprometida y útil. Consideramos que los casos que a continuación se presentan son una lectura inspiradora que demuestra el valor de la actividad científica para Querétaro y el país.

REFERENCIAS

- ARANA, Y. (2020). Vacuna contra el covid-19. *Gaceta UAQ. Difusión, historia, identidad*, (28), p. 5.
- AROCENA, R. y Sutz, J. (2021). Universities and social innovation for global sustainable development as seen from the south. *Technological Forecasting and Social Change*, 162. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120399>
- AROCENA, R., Göransson, B. y Sutz, J. (2018). *Developmental universities in inclusive innovation systems. Alternatives for knowledge democratization in the global south*. Palgrave Macmillan Cham.
- _____. (2019). Towards making research evaluation more compatible with developmental goals. *Science and Public Policy*, 46(2), pp. 210-218. <https://doi.org/10.1093/scipol/scy051>
- BENSING, J., Andeweg, R., Franses, Ph., Meyer, B., Prins, C. y Schuyt, K. (2013). *Towards a framework for the quality assessment of social science research*. Amsterdam: Royal Netherland Academy of Arts and Sciences.

- CONEVAL. (2021). *Medición multidimensional de la pobreza en México 2018-2020* [Archivo PowerPoint]. Recuperado de: https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/MMP_2018_2020/Pobreza_multidimensional_2018_2020_CONEVAL.pdf
- CONTRERAS, J. (2020). Clínica de Santa Rosa Jáuregui. *Gaceta UAQ. Difusión, historia, identidad*. (28), pp. 16-17.
- D'ESTE, P., Ramos, I., Woolley, R. y Amara, N. (2018). How do researchers generate scientific and societal impacts? Toward an analytical and operational framework. *Science and Public Policy*, 45(6), pp. 752-763. <https://doi.org/10.1093/scipol/scy023>
- EDWARDS, D. y Meagher, L. (2020). A framework to evaluate the impacts of research on policy and practice: A forestry pilot study. *Forest Policy and Economics*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.101975>
- ETZKOWITZ, H. y Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29(2), pp. 109-123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- HICKS, D., Wouters, P., Waltman, L., De Rijcke, S. y Rafols, I. (2015). Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics. *Nature*, 520, pp. 429-431.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribución del grupo 1 de trabajo al Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- KUMAR, S., Coombes, Y., Vovides, Y. y Crabbe, R. (2018). *The art of knowledge exchange: a results-focused planning guide for development practitioners in the social, urban, land, and resilience sectors*. Washington, D.C.: World Bank.
- LSE PUBLIC POLICY GROUP. (2011). *Maximizing the impacts of your research: a handbook for social scientists*. Reino Unido: Public Policy Group.
- NABATCHI, T., Sancino, A. y Sicilia, M. (2017). Varieties of participation in public services: the who, when, and what of coproduction. *Public Administration Review*, 77(5), pp. 766-776. <https://doi.org/10.1111/puar.12765>
- NATURE. (2020). Ending hunger: science must stop neglecting smallholder farmers. *Nature*, 586(7829), pp. 336-336.

- NETHERLANDS ORGANIZATION FOR SCIENTIFIC RESEARCH. (s.f.) Impact and Uptake of Research. Recuperado de: <https://www.nwo.nl/en/documents/wotro/impact-and-research-uptake>
- PROCTOR, E., Silmere, H., Raghavan, R., Hovmand, P., Aarons, G., Bunger, A., Griffey, R. y Hensley, M. (2011). Outcomes for implementation research: conceptual distinctions, measurement challenges, and research agenda. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, 38(2), pp. 65-76. <https://doi.org/10.1007/s10488-010-0319-7>
- RAMOS I., D'Este P., Woolley R. y Amara N. (2018). Introduction to a special section: balancing scientific and societal impact. A challenging agenda for academic research. *Science and Public Policy*, 45(6), pp. 749-751. <https://doi.org/10.1093/scipol/scy033>
- RESEARCH EXCELLENCE FRAMEWORK. (2021). REF 2021. *Panel criteria and working methods*. Recuperado de: www.ref.ac.uk/publications/panel-criteria-and-working-methods-201902/
- RUBIO, M. y Alcalá, L. (2020). Prueba de portabilidad. *Gaceta UAQ. Difusión, historia, identidad*, 28, pp. 2 y 3.
- SALAFSKY, N., Margoluis, R. y Redford, K. (2001). *Adaptive management: a tool for conservation practitioners*. Washington, D.C.: Biodiversity Support Program.
- SAREWITZ, D. (2016). Saving science. *The New Atlantis*, (49), pp. 4-40.
- SIVERTSEN, G. y Meijer, I. (2020). Normal versus extraordinary societal impact: how to understand, evaluate, and improve research activities in their relations to society? *Research Evaluation*, 29(1), pp. 66-70. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvz032>
- SPAAPEN, J., Dijstelbloem, H. y Wamelink, F. (2007). *Evaluating research in context. A method for comprehensive research assessment*. La Haya: Consultative Committee of Sector Councils.
- SPAAPEN, J. y Van Drooge, L. (2011). Introducing “productive interactions” in social impact assessment. *Research Evaluation*, 20(3), pp. 211-218.
- THE OSLO INSTITUTE FOR RESEARCH ON THE IMPACT OF SCIENCE. (2016). Introduction to the new centre OSIRIS. *OSIRIS*. Recuperado de: <https://www.sv.uio.no/tik/english/research/centre/osiris/presentations/presentations-2017/osiris-presentation-general-english.pdf>

- TILLEY, H., Ball, L. y Cassidy, C. (2018). Research Excellence Framework (REF) impact toolkit. *Overseas Development Institute*.
- TURNHOUT, E. (2018). The politics of environmental knowledge. *Conservation & Society*, 16(3), pp. 363-371.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. (2019). *Human Development Report 2019. Beyond income, beyond averages, beyond today: inequalities in human development in the 21st Century*. Nueva York.
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO. (2015). Plan de Gran Visión 2015-2045. Dirección de Planeación. Recuperado de: https://www.uaq.mx/planeacion/pide/PGV_UAQ_2015-2045.pdf
- _____. (2018). Evaluación 2018 del Plan Institucional de Desarrollo 2015-2018. Recuperado de: <http://planeacion.uaq.mx/docs/pide/Evaluacion-PI-DE-agosto-2018.pdf>
- VALLAEYS, F. (2014). La responsabilidad social universitaria: un nuevo modelo universitario contra la mercantilización. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 5(12), pp. 105-117.
- VASEN, F. y Lujano, I. (2017). Sistemas nacionales de clasificación de revistas científicas en América Latina: tendencias recientes e implicaciones para la evaluación académica en ciencias sociales. *Revista mexicana de ciencias políticas y sociales*, 62(231), pp. 199-228.
- VERAS DE SANDES, L. y Hourneaux, F. (2020). Research impact. What is it, after all? Editorial impact series part 1. *RAUSP Management Journal*, 55(3), pp. 283-287. <https://doi.org/10.1108/RAUSP-07-2020-202>
- WEISS, C. (editor). (1977). *Using social research in public policy making*. Lexington: Lexington Books.
- ZAPATA, F. y Vidal, R. (2016). La investigación-acción participativa: guía conceptual y metodológica del Instituto de Montaña. Lima: Instituto de Montaña.

IMPACTOS
PRODUCIDOS
POR ACTIVIDADES
CULTURALES
Y ARTÍSTICAS



LA CREACIÓN DE UN MUSEO COMUNITARIO COMO ESPACIO DE DIÁLOGO Y ENCUENTRO

THE CREATION OF A COMMUNITY MUSEUM AS A SPACE FOR DIALOGUE AND ENCOUNTER

VANESA DEL CARMEN MURIEL AMEZCUA¹

PABLO JOSÉ CONCEPCIÓN VALVERDE²

RESUMEN

Pensar los museos como espacios de intercambio, interacción, generadores de experiencias y de diversas prácticas permite analizar los procesos comunicacionales que ahí se ponen en evidencia y que pueden ser entendidos a la luz de la perspectiva sociocultural. La riqueza de esta visión es que ayuda a articular, en el análisis, las representaciones particulares que se obtienen del trabajo cotidiano, el discurso de los propios actores y las prácticas que los sujetos configuran a partir de la propia experiencia.

Los estudios socioculturales vinculados al estudio en y de los museos proporcionan el marco adecuado para trabajar con las prácticas sociales en sus propios contextos históricos y culturales, que es donde el discurso y las representaciones adquieren sentido. Al comunicar por medio de imágenes, discursos y textos, se ponen de manifiesto representaciones de los entornos culturales de los sujetos y se establecen procesos de reconfiguración de la identidad, ya que los participantes hacen uso del repertorio de elementos culturales tanto comunitarios como familiares, incluso individuales, para construir un museo y comunicar su identidad en diálogo con los otros, ya sean miembros de la comunidad o externos. En este sentido, comunicar la cultura en estos espacios permite reunir los referentes identitarios que le dan sentido a las prácticas y símbolos culturales de la comunidad.

¹ Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, vanesa.muriel@uaq.mx

² Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, pablo.jose.concepcion@uaq.mx

Con este marco de referencia, se puso en marcha el proyecto de investigación con enfoque participativo para la creación del museo comunitario en la localidad de Villa Progreso, Ezequiel Montes, considerando algunos procesos de los modelos de gestión de espacios culturales comunitarios. Lo anterior tuvo como punto de partida la iniciativa de un grupo de personas de la comunidad interesados en la cultura, la identidad y el reconocimiento de prácticas sociales y culturales tradicionales que corren el riesgo de llevarse a cabo cada vez menos. El proyecto se conformó por varias fases de trabajo colaborativo; en un primer momento se estableció una serie de reuniones donde se pusieron en común los intereses del grupo, quienes querían crear un museo comunitario. A partir de ahí inició la fase de capacitación-formación en diversos temas: patrimonio material e inmaterial, técnicas de investigación social para la recuperación de testimonios y la importancia de los museos comunitarios y su organización.

Posteriormente, y dadas las gestiones del grupo para contar con un espacio que fuera sede del museo, se empezó a trabajar en lo que sería la primera exposición, lo que requirió de la impartición de un taller sobre museografía, guiones museográficos, diseño de cédulas y montaje, así como de la habilitación del lugar. El proyecto, realizado en conjunto con los miembros de la comunidad que integraron el grupo de trabajo, dio como resultado la conformación del Colectivo Xa'mini, así como la creación del museo comunitario de Villa Progreso, Ezequiel Montes. Con ello, se dio lugar a una primera exposición dedicada al maguey, planta que es el sustento de muchas familias de esta comunidad, quienes la utilizan como materia prima natural para la fabricación de lazos, mecates, utensilios de trabajo, artesanías y bebidas.

Es importante destacar la importancia que tiene para el desarrollo de las ciencias sociales el poder no sólo diseñar proyectos de investigación participativa, sino también dar cuenta de los resultados obtenidos, producto del trabajo que se hace de manera colaborativa con las comunidades partiendo, sin duda alguna, de sus intereses y motivaciones. “Paradójicamente y pese al enorme volumen de iniciativas desarrolladas en este terreno, la documentación y socialización de la práctica de intervención sociocultural sigue siendo escasa” (Guerra, 2017: 109); suelen compartirse los resultados, mas no el proceso de cómo se llevó a cabo dicha práctica. Es por ello que

este ejercicio de sistematización de la experiencia permitirá generar conocimientos y socializar los aprendizajes que han surgido durante la práctica.

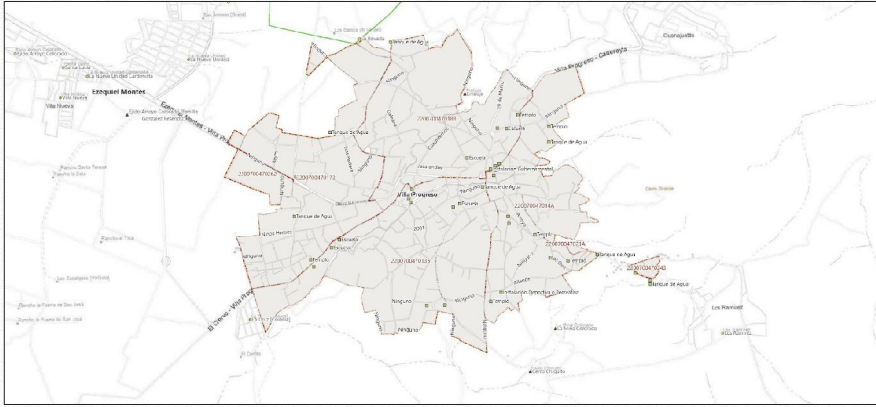
CONTEXTUALIZACIÓN

La localidad *ñāñho* de Villa Progreso se encuentra al sureste del municipio de Ezequiel Montes, a siete kilómetros de distancia de la cabecera municipal. Cuenta con 6,850 habitantes (INEGI, 2020) que viven en tres barrios principales: Santa María, San Miguel y San José. Según la tradición oral y los registros históricos que recupera Martínez Ruiz (2012), los orígenes otomíes de este asentamiento se relacionan con la llegada de grupos de habitantes *ñāñho* a los límites septentrionales del señorío de Xilotepec, cerca de un ojo de agua al pie de un par de cerros que actualmente lleva por nombre La Canoa. Este primer asentamiento llevó el nombre de *Bothë*, cuyo significado es lugar de cerros, “hecho que puede inferirse gracias a la información consignada en fuentes documentales hispanas fechadas entre 1616 y 1617, donde se refiere que los naturales habitaban *Bothë* desde hacía sesenta años” (Martínez Ruiz, 2012: 122). En el siglo XVII, los españoles tomaron posesión de las tierras de la región que llamaron Tetillas y sus habitantes quedaron sujetos al sistema de la encomienda colonial. San Miguel Tetillas, que en 1942 cambió de nombre a Villa Progreso (Solorio, 2014), estuvo sujeto a la provincia de Xilotepec hasta 1640, cuando se creó la villa de Cadereyta, y algunos años más tarde se conformó como pueblo de indios (Arteaga, 2003; Martínez Ruiz, 2012).

Desde sus orígenes, los habitantes de Villa Progreso se han dedicado a la agricultura y al trabajo con ixtle, fibra con la cual elaboran lazos, mecates, aperos, costales, ayates y otros productos. La labor asalariada, la migración y el comercio son también actividades productivas frecuentes entre sus habitantes. Dentro de las principales tradiciones religiosas con que cuenta esta localidad destaca la fiesta patronal en honor a San Miguel, así como la celebración a la Santa Cruz, Santiago Apóstol y la Virgen de la Inmaculada Concepción (Solorio, 2014), Semana Santa, el Carnaval, el culto a los antepasados que se realiza en las capillas familiares, entre otras. “La población manifiesta como los principales aspectos de su identidad indígena costum-

bres como diversos platillos preparados con flores de palma, nopales, quelites, verdolagas, chile, así como el consumo de frutos de las cactáceas como chilitos, pitayas, tunas, garambullos, guamiche e insectos como tantarrias. Además, se consumen otros animales como liebre, armadillo, zorro y torcazas” (Solorio, 2014, p. 201).

MAPA 1. VILLA PROGRESO Y SU COMPOSICIÓN POR AGE³



Con la finalidad de atender la crisis que enfrentan los artesanos del ixtle y de recuperar la riqueza cultural de esta localidad, en 2020, Óscar Díaz Reséndiz, egresado de la Licenciatura en Gestión Pública y Gobierno, realizó un diagnóstico sobre los principales problemas que enfrentaban los artesanos del ixtle de su localidad y delineó una primera iniciativa para conformar una cooperativa de artesanos que les permitiera sortear de mejor manera los costos de la materia prima. De esta primera experiencia de trabajo surgió también, entre los artesanos y otros habitantes con los que trabajó Díaz Reséndiz, la posibilidad de crear un museo comunitario donde se pudieran promocionar los productos de ixtle y con ello mostrar la riqueza cultural, así como la identidad de esta comunidad.

La inquietud de los habitantes estaba relacionada, a su vez, con el auge que el turismo está teniendo en la región, especialmente en Bernal y Cadereyta, ambos reconocidos por el programa Pueblos Mágicos. En ese senti-

3 Elaborado con base en SCINCE 2020.

do, Solorio (2012) investigó el impacto regional que el proyecto Patrimonio Cultural Intangible de la UNESCO y la actividad turística han tenido en el semidesierto queretano, impulsando a las organizaciones de artesanos y comerciantes de Villa Progreso a ser partícipes de los beneficios económicos derivados del turismo para así reivindicar su identidad étnica. Al tener en cuenta este contexto, el equipo investigador recibió una demanda de apoyo para la creación de un museo comunitario, el cual fue concebido desde un inicio como un espacio cultural abierto para que más habitantes interesados se sumaran a esta iniciativa que se perfilaba como el motor que impulsaría el encuentro, la convivencia y el reconocimiento identitario de los habitantes de esta comunidad. Dichas acciones estaban promovidas también por la preocupación por la pérdida de valores, tradiciones y prácticas que ha existido con el paso del tiempo, lo que se ve especialmente entre las generaciones más jóvenes.

Al interior de los grupos de población que componen la estructura demográfica de los barrios y las comunidades rurales, es frecuente escuchar quejas por parte de la población adulta relacionadas con la desaprobación de las prácticas socioculturales de los jóvenes, así como con la falta de interés y respeto que éstos muestran por las tradiciones comunitarias. Muchos abuelos y abuelas refieren siempre con preocupación un posible escenario de pérdida de aquellos elementos de su cultura que consideran esenciales, como las tradiciones religiosas, la lengua, los oficios, el trabajo en torno al cultivo de la tierra, el conocimiento sobre las plantas y su conservación, y otros aspectos que *morirán* con ellos. Con estas premisas como punto de partida, el equipo diseñó un proyecto de investigación participativo, mismo que fue compartido y desarrollado con el grupo interesado en dar vida al museo comunitario, reconocido como espacio cultural y de mediación donde se vinculan procesos socioculturales de trascendencia para los habitantes.

¿QUÉ SON LOS MUSEOS COMUNITARIOS?

Cada museo cuenta con un objetivo y finalidad específica de acuerdo con su origen y naturaleza, misma que se ve reflejada en las temáticas que se

exponen, así como en todas aquellas prácticas que sustentan la conformación de los diferentes espacios museales. Si bien es común que se parta de una concepción del museo como lugar que salvaguarda, conserva y exhibe los objetos, convertidos en el eje rector de toda propuesta museal, actualmente, bajo la mirada de la nueva museología, estos espacios se convierten en un territorio de encuentro, dinámico, abierto y flexible (Ramírez, 2016), donde el objeto no es sólo un objeto *per se*, sino que permite construir narrativas. “El objeto se re-define para concebirse como un contenedor de múltiples significados asociados a lo inmaterial, para ser esa materia donde se plasma un imaginario” (Ramírez, 2016). De igual forma, los visitantes adquieren un nuevo matiz donde definitivamente no se les puede pensar como agentes pasivos que únicamente asisten para consumir información, sino como públicos activos que en muchas ocasiones cuentan con un bagaje previo, el cual les permite complementar lo que el museo les ofrece o, en su caso, interpretar con base en los referentes que éste les proporciona.

Así como la nueva museología trajo consigo una redefinición del museo, también implicó una resignificación de sus funciones. “El museo tiene como función ser un medio para que la comunidad participe y genere sus propios procesos de identificación, apropiación, conservación, investigación, significación de bienes patrimoniales, sean estos materiales e inmateriales” (García, 2016, p. 21). En este sentido, los museos comunitarios adquieren especial relevancia, en principio, por ser territorios donde a partir del interés colegiado, la reflexión y la creatividad se ponen en diálogo los referentes identitarios que permiten dar cuenta de los valores históricos que se viven en la cotidianidad de quienes forman parte de la comunidad. De igual forma, son espacios que tienen como finalidad fortalecer la memoria colectiva, preservar la cultura, destacar la presencia de la comunidad en el contexto social y buscar alternativas para las diversas necesidades comunitarias (Morales *et al.*, 2009).

Estos museos cuentan la historia con la visión de quienes habitan en el lugar, recuperan los discursos que la memoria pone en evidencia al momento de indagar sobre el pasado y buscan fortalecer la organización y la acción comunitaria, generando con ello un sentido de pertenencia anclado fuertemente a las tradiciones y prácticas culturales de antaño. No obstante, es importante reconocer que si bien son espacios culturales que emanan

de un interés asociativo que se caracteriza por la voluntad de quienes se involucran en su creación, desarrollo y gestión, también buscan ser, según Burón (2012), espacios de sociabilidad formal “donde la vida comunitaria puede ser mostrada al exterior con base en los propios intereses comunitarios, pero también donde las instituciones culturales del país, y otros actores externos a la comunidad, pueden ejercer una apreciable influencia en un espacio tradicionalmente afín como es el museo” (p. 207).

En el proceso de creación y gestión de un museo comunitario, de acuerdo con Meza (2016, p. 284) y Méndez (2007, p. 46), se puede dar cuenta de tres procesos que de manera integral convergen metodológicamente para dar vida a dicho sitio:

1. Concebir el museo como un espacio de educación popular entendida como el proceso de enseñanza-aprendizaje informal.
2. Realizar una investigación participativa que involucre a los miembros de la comunidad, quienes a partir de la revisión de documentos, historia oral y memoria colectiva, definen las temáticas a exponer.
3. Desarrollar la museografía comunitaria en función de los recursos con los que cuente la comunidad en términos de apoyos humanos, económicos y materiales.

El museo comunitario se concibe entonces como un contexto en donde la comunidad confronta su realidad para luego satisfacer sus necesidades de preservación, reproducción y existencia en tanto grupo cultural, así que los actores participantes del proyecto una vez integrados en sus correspondientes grupos de trabajo se convertirán en los mismos promotores del museo ya que cada uno participará con sus conocimientos, habilidades, oficios, relaciones y vínculos dentro de la comunidad para lograra erigir la estructura genealógica del museo (Meza, 2016, p. 284).

Por lo anterior, es importante reconocer que la participación es un factor fundamental para el diseño, operación y gestión de proyectos de esta naturaleza. No es un trabajo fácil, pues requiere del esfuerzo de muchas manos que voluntariamente pongan a disposición sus ideas, trabajo, recursos y tiempo.

LA INVESTIGACIÓN CON ENFOQUE PARTICIPATIVO PARA LA CREACIÓN DEL MUSEO COMUNITARIO DE VILLA PROGRESO

El proyecto de creación del museo tuvo como cimientos tres aspectos importantes para el desarrollo y gestión de proyectos culturales comunitarios: la participación, el encuentro y la pertenencia. De acuerdo con Segura (2010), estos permiten “planificar estratégicamente los ideales y valores del lugar a largo plazo, fomentando en la comunidad una actitud decidida a participar en los procesos sociales y culturales que afectan, generando soluciones propias de desarrollo local, por medio de la articulación de un tejido cultural” (p. 7). Los tres procesos se interrelacionan para propiciar lugares de diálogo y comunicación que fortalezcan los sentidos de pertenencia territorial, cultural y social.

Por lo anterior, se consideró la investigación con enfoque participativo como un camino a seguir, ya que de esta manera se pudieron poner en marcha estrategias para propiciar la participación y generación de conocimiento colectivo. Esto permitió, a su vez, que las necesidades e intereses a atender surgieran del grupo impulsor de la iniciativa con el cual se trabajó, pues orientaron sus ideas e intereses al desarrollo cultural de la comunidad. Si bien desde la academia pusimos en la mesa algunos de los temas y debates, fue de manera conjunta como se diseñó el proyecto del museo comunitario. En este sentido, la comprensión del territorio, sus tradiciones y prácticas culturales se dio de manera integral al combinar la cotidianidad de quienes conformaron el grupo de trabajo, así como el acercamiento a conceptos y técnicas que les permitieron recolectar testimonios de miembros de su comunidad. Seguir el camino de la investigación participativa facilitó el involucramiento de los interesados en el proyecto, mismo que se vio reflejado en diversas actividades, tales como reuniones, talleres y prácticas de campo, que contribuyeron a la planeación y creación del museo.

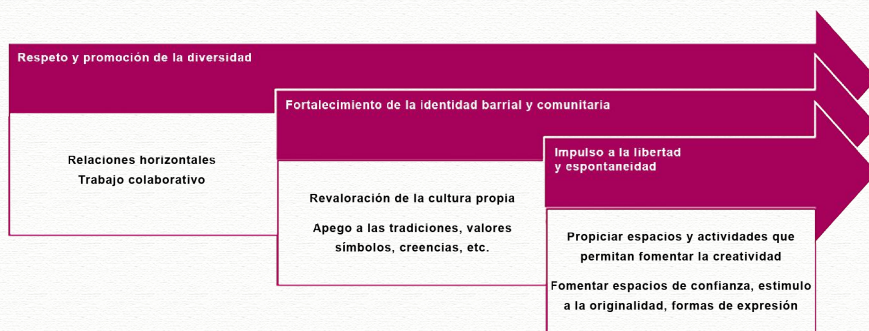
Un componente necesario fue el desarrollo de estrategias comunicativas que permitieron poner en común las inquietudes, necesidades, ideas y propuestas que iban surgiendo. Por dar un ejemplo, en las reuniones se establecían actividades como visitas a capillas, entrevistas a personas de la comunidad, entre otras, para compartir las experiencias en la siguiente sesión con las compañeras y compañeros y, con ello, empezar a tejer la memoria

colectiva del lugar. De esta manera, la comunicación dejó de ser solamente transmisión de información para convertirse en un mecanismo provocador de diálogo, capaz de propiciar la participación y lograr la apropiación y el compromiso de quienes se involucraron en el proyecto.

Ahora bien, es importante dar cuenta de los obstáculos que se pueden presentar, ya sea en función de la conformación del grupo que decide desarrollar un proyecto o de las acciones que se desean emprender. Sin duda, los intereses pueden fluir hacia diversas áreas de atención y diversos modos y medios de involucramiento, no obstante, en este caso fue necesario considerar algunas acciones que ayudaron a enfrentar dichos obstáculos no de manera individual, sino colectiva, como lo veremos más adelante.

Bajo este contexto, resulta indispensable reformular en todas las generaciones valores solidarios y participativos, que involucren a los habitantes de una comuna a hacerse cargo de las transformaciones y desafíos que se plantean en su entorno. Es necesario que la comunidad se entusiasme a ser protagonista y no espectadora de sus transformaciones, y que tenga la capacidad de responsabilizarse como organización autogestionada de sus propios proyectos. De este modo el concepto de participación civil en cultura no debe ser mirado como una utopía, sino como una necesidad insustituible para el desarrollo local, tanto cultural, como comunitario (Segura, 2010, p. 10).

Lo que se buscó fue lograr la asociatividad cultural mediante la cual, de acuerdo con Segura (2010), se articulan redes culturales solidarias y comunicativas en un espacio y territorio determinados. Lo anterior implicó no perder de vista los principios éticos que permiten, de acuerdo con Melguizo *et al.* (2018, pp. 114 y 115), valorar, entender y accionar el trabajo comunitario alrededor del respeto y promoción de la diversidad, el fortalecimiento de la identidad comunitaria y el impulso a la libertad y espontaneidad (ver Cuadro 1).

CUADRO 1. PRINCIPIOS ÉTICOS PARA EL TRABAJO COMUNITARIO⁴

Para generar la vinculación y, con ello, participar junto con el grupo en las actividades para la creación del museo comunitario, fue necesario desarrollar una propuesta de trabajo y presentarla a los miembros del grupo, quienes decidieron, tiempo después, conformar un colectivo al cual denominaron Colectivo Xa'mini. Dicha propuesta tenía como objetivos:

1. Definir la pertinencia e importancia de contar con un museo comunitario, a partir del reconocimiento del quehacer cultural de la comunidad, destacando la importancia de fortalecer los diálogos y vínculos entre los habitantes a través del patrimonio cultural material e inmaterial.
2. Identificar los recursos humanos, materiales y de infraestructura necesarios para la creación del museo comunitario.
3. Investigar, diseñar y definir los lineamientos curatoriales y museográficos del museo comunitario.
4. Establecer los mecanismos que permitirán el buen funcionamiento y organización del museo comunitario.

Para cumplir cada uno de dichos propósitos, fue necesario recurrir a medios de interacción participativos como talleres y reuniones de trabajo, donde se propusieron, diseñaron y desarrollaron colectivamente sesiones de trabajo y actividades. Éstas iniciaron en marzo del 2021 y finalizaron en noviembre del mismo año.

⁴ Elaborado con base en Melguizo *et al.*, 2018, pp. 114 y 115.

INTERACCIÓN, TRABAJO COLABORATIVO E IMPACTOS

Como se mencionó anteriormente, fue necesario establecer una serie de actividades (Cuadro 2) que permitieron concretar cada una de las acciones desarrolladas durante este proceso. En ese sentido, los talleres y las sesiones de trabajo sirvieron como eje detonador de propuestas e iniciativas. El grupo se reunía cada viernes de 18:00 a 20:00 horas en la Casa de la Cultura; el equipo de investigación asistía cada quince días para impartir los talleres y dar seguimiento a las actividades realizadas por el colectivo.

CUADRO 2. PLAN DE TRABAJO



En el primer taller que se impartió, “¿Qué es un museo comunitario?”, los participantes opinaron y decidieron la creación de un museo propio, lo cual implicó manifestar la añoranza por construir un espacio de esta naturaleza, el interés que despertó en ellos el poder contar con un lugar que les permitiera dar a conocer los procesos y productos artesanales que se hacen en la comunidad, y la necesidad de fortalecer los lazos identitarios entre las diversas generaciones. Lo anterior derivó en la conformación del colectivo promotor de la creación de dicho museo, el cual estableció una agenda de trabajo y definió funciones y responsabilidades de sus miembros para empezar a compartir la iniciativa con la comunidad y la alcaldía. Se hizo una invitación abierta para participar en las comisiones encargadas de organizar el museo. Si bien pocos miembros de la comunidad se integraron a los trabajos, algunos manifestaron el interés de colaborar de otras maneras, ya fuera facilitando información o prestando objetos para conformar las colecciones.

Para contar con recursos, el colectivo determinó un monto de cooperación que sería recolectado en una alcancía los días en que se programaron las reuniones de trabajo; ese ingreso les dio oportunidad de habilitar el espacio que ahora alberga el museo. También fue importante la reflexión en torno al lugar donde éste se instalaría. A pesar de que el delegado municipal en turno les ofreció un espacio que antiguamente era una capilla familiar, no fue posible utilizarla, debido al deterioro que presentaba la construcción y la falta de recursos para su restauración. Finalmente, después de buscar otras opciones, un miembro del colectivo ofreció, temporalmente, un espacio que tenía disponible y que por su ubicación era adecuado. Cabe destacar que el colectivo continúa gestionando con las autoridades municipales y estatales la donación de un espacio permanente para el museo comunitario, pero mientras ello se logra, continuará en el lugar actual.

La segunda actividad que se llevó a cabo, coordinada por el grupo de investigadores, fue la impartición del taller “Patrimonio cultural material e inmaterial”, así como el de “Historia Oral”. Uno de los ejes centrales en la creación de un museo comunitario es “fortalecer la apropiación comunitaria del patrimonio cultural, tanto de sus bienes culturales materiales como de sus tradiciones y su memoria” (Morales *et al.*, 2009, p. 15), además de ofrecer diversas maneras de conocer, valorar e interpretar su cultura. El museo comunitario también es un espacio donde se puede capacitar y generar ingresos promocionando el arte popular que es patrimonio de la población.

Este taller inició partiendo de la discusión sobre lo que es el patrimonio y la importancia de identificar y valorar el patrimonio local. Como parte de los resultados de la sesión, surgieron algunas iniciativas que se trabajaron en las semanas subsecuentes, entre ellas, la realización de un listado de referentes materiales e inmateriales que constituyen el patrimonio y dan identidad a los habitantes de la comunidad de Villa Progreso, de acuerdo a la historia oral y la experiencia de los participantes. Este listado fungió como recurso básico para los posibles contenidos a abordar en el museo comunitario; entre los elementos más importantes destacaron: las capillas familiares, el maguey y sus derivados, la celebración de Semana Santa y la fiesta patronal en honor a San Miguel. El maguey y sus derivados fueron el tema que se eligió para la primera exposición y para ser el nombre y la imagen del colectivo.

Como parte de las acciones derivadas del siguiente taller, dedicado a destacar la importancia de la historia oral y la forma de realizar su investigación y registro, el grupo acordó llevar a cabo entrevistas de personajes significativos en cada uno de los barrios de la comunidad. Para hacerlo, primero se trabajó colegiadamente en la definición de los posibles temas a abordar con cada entrevistado; estos fueron: la historia de Villa Progreso y sus barrios; el vínculo que guardan con otras comunidades; las fiestas y tradiciones, incluyendo la música, las danzas y lo relacionado con las capillas oratorio familiares; la vida cotidiana de los habitantes de la comunidad y sus oficios; la gastronomía; el territorio y el medio ambiente de la región, incluyendo los cambios que ha tenido con el tiempo; y los personajes más destacados de Tetillas. Así mismo, con ayuda de la técnica de mapeo de actores, se identificaron posibles miembros de la comunidad para ser entrevistados debido a sus conocimientos sobre los temas señalados y a que dan cuenta de la riqueza cultural de Villa Progreso.

Posteriormente, se diseñó un cuestionario para la realización de las entrevistas y el colectivo se organizó para hacer las visitas a las personas propuestas. Cabe destacar que esta actividad quedó inconclusa, es decir, no se logró cubrir toda la selección de los entrevistados ni se completó la sistematización de la información. El tiempo fue un factor que limitó el desarrollo de esta actividad debido a los compromisos laborales y familiares de los integrantes del colectivo; no obstante, con la información recabada se pudieron identificar suficientes historias y recuerdos suscitados por la visita a diversas capillas y lugares significativos que forman parte del paisaje de Villa Progreso.

En una tercera etapa se impartió el taller “Guion museográfico y elaboración de cédulas”, momento a partir del cual comenzó a concretarse la idea del museo comunitario. Para ello, fue necesario proponer y discutir las posibles temáticas que se presentarían y, con base en los temas seleccionados, iniciar los trabajos de consulta y sistematización de la información de fuentes bibliográficas y de los testimonios recolectados, con los cuales se estructuraría el contenido de las cédulas y, paralelamente, se empezaría a conformar la colección a presentar. La selección del tema o temas que el museo investigará y presentará es una de las decisiones que debe ser colectiva, “es una decisión que permite definir el museo como un espacio que

proyecta la visión de la comunidad. A veces las mismas inquietudes que originaron el proyecto del museo implican la presentación de algunos temas” (Morales *et al.*, 2009, p. 29).

En el proceso de selección se hizo una lluvia de ideas, donde los participantes, a partir de sus vivencias, hicieron varias propuestas que consideraban importantes para el desarrollo cultural de la comunidad: capillas familiares, la fiesta de Semana Santa, la fiesta patronal, las artesanías de ixtle, la importancia del maguey. Después de que se revisó cada una, el colectivo decidió que el tema que se presentaría en la primera exposición del museo comunitario sería “El maguey en la historia de Villa Progreso”. Esta decisión permitió que se trabajara en la imagen del museo, dando como resultado el diseño de un logotipo (Imagen 1) que serviría para comunicar la finalidad del proyecto.

IMAGEN 1. LOGOTIPO DEL MUSEO COMUNITARIO DE VILLA PROGRESO



Después de la selección del tema general, fue necesario establecer el contenido que daría vida a éste. Para ello, se trabajó colegiadamente en la elaboración de un guion museográfico, en el cual se sistematizó la parte de la historia que se quiere contar.

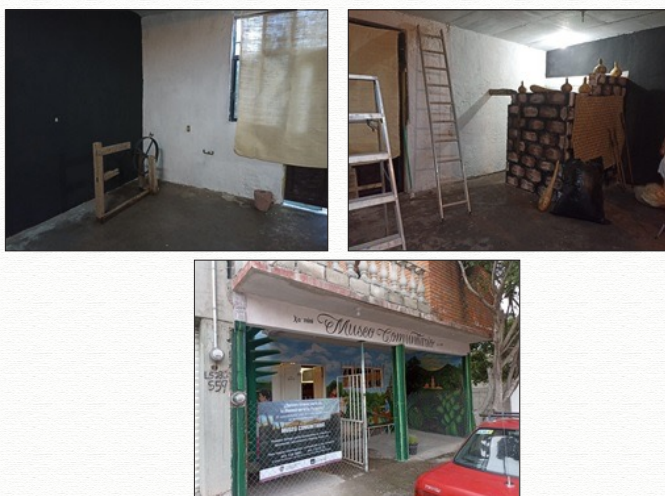
TABLA 1. GUION MUSEOGRÁFICO

TEMA	OBJETO	CÉDULA (TIPO/OBJETIVO)	MOBILIARIO	APOYOS GRÁFICOS/ MUSEOGRÁFICOS	OBSERVACIONES
Introducción		Introdutoria Presentar brevemente el porqué es importante el maguey en la historia y vida del Villa Progreso			La cédula se colocará a la entrada del museo
Cabina telefónica	☞ Cabina telefónica	Temática 1 Que el visitante conozca la historia del lugar que alberga el museo	Bastidor		La cabina se colocará a un costado de la puerta de entrada
Los usos del maguey		Temática 2 Origen de la palabra, usos y tipos de magueyes	Mesa	☞ Fotografías, trastes de barro, mecate, manteles de ixtle	Dejar un espacio en la mesa, para colocar las jarras de pulque
Los magueyes pulqueros	☞ Herramientas para la extracción de pulque	Temática 3 Proceso de extracción del pulque		☞ Fotografías, guajes, petate, plantas de maguey	El petate se colocará en la pared, como fondo para las fotos
Procesos de obtención del ixtle		Temática 4 Tallado y extracción de fibra		☞ Fotografías, guajes, petate, plantas de maguey	El petate se colocará en la pared, como fondo para poner las fotos
	☞ Peine de clavos Varita de madera	Temática 5 Peinado o escarmentado		☞ Fotografías	
	☞ Tomo de metal ☞ Tarabillas sobre base de madera	Temática 6 Hilado		☞ Ixtle ☞ Mecates ☞ Cestos	

TEMA	OBJETO	CÉDULA (TIPO/OBJETIVO)	MOBILIARIO	APOYOS GRÁFICOS/ MUSEOGRÁFICOS	OBSERVACIONES
El maguey y las artesanías	Artesanías de ixtle	Temática 7 Maguey y artesanías	Mesa grande	Fotografías con información de los artesanos	Colocar las artesanías junto a la información de la artesana o artesano

Con base en el guion, las compañeras y los compañeros del colectivo se dividieron los temas para investigar y generar la información que se utilizaría en la elaboración de las cédulas. De igual forma, se dieron a la tarea de conformar la colección, buscando los objetos, mobiliario, recursos gráficos y museográficos necesarios para el montaje. “En la mayoría de los casos de los museos comunitarios, la colección del museo no existe previamente, sino que es producto de una labor de recopilación por parte del mismo comité” (Morales *et al.*, 2009, p. 71). En cuanto al espacio, fue imprescindible acondicionarlo (Imagen 2), por lo que el colectivo emprendió las actividades de limpieza y pintura, y se encargó de definir cómo se organizaría la exposición, desde la colocación de los objetos hasta la forma en que los presentarían. Previo a esta actividad, definieron un plano que sirvió como base; no obstante, al momento del montaje éste sufrió algunos cambios.

IMAGEN 2. ACONDICIONAMIENTO DEL ESPACIO



Si bien el diseño y elaboración de las cédulas (Imágenes 3 y 4) fueron una tarea que se le encomendó al equipo de investigadores, los contenidos y las imágenes utilizadas fueron proporcionadas por los miembros del colectivo, quienes investigaron, sistematizaron y complementaron la información con experiencias y testimonios de algunos habitantes de la comunidad. Una vez que se contó con los materiales, la colección y los recursos museográficos, se procedió al montaje de la exposición (Imagen 4). Tanto la colocación del mobiliario como la creación de la ambientación estuvieron a cargo de las y los compañeros del colectivo. Si bien se contaba con un plano previamente definido, al momento del montaje se fueron tomando decisiones que permitieron transformar creativamente el lugar. Esta fase del proceso requirió del trabajo colegiado de los miembros del colectivo, quienes en sus tiempos libres acudían al lugar para realizar estas actividades. Como en todo proyecto, la organización y asunción de responsabilidades fueron fundamentales, mas ello no eliminó la posibilidad de que se presentaran inconvenientes por falta de comunicación.

IMAGEN 3. CÉDULAS VERTICALES



IMAGEN 4. CÉDULAS HORIZONTALES



Previo a la apertura del museo, se trabajó en organizar la inauguración, así como en elaborar los reconocimientos que el colectivo entregaría tanto a las y los colaboradores como a las y los artesanos que participaron exponiendo sus trabajos, mismos que estuvieron a la venta. Así, la inauguración del museo comunitario de Villa Progreso (Imagen 5), a cargo del Colectivo Xa'mini, fue el sábado 25 de septiembre del 2021 a las 16:00 horas. Se invitó a los miembros de la comunidad, a las y los artesanos, y a las autoridades municipales. Además, ese día se llevó a cabo un convivio para celebrar la apertura de este nuevo espacio de diálogo y encuentro en el que participaron los asistentes.

IMAGEN 5. MONTAJE DE LA EXPOSICIÓN

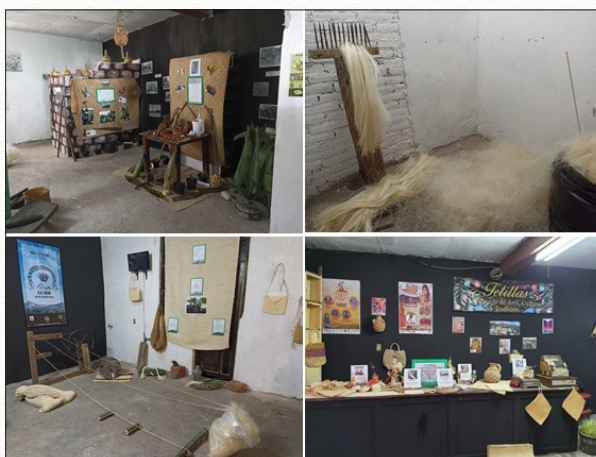


IMAGEN 6. INAUGURACIÓN DEL MUSEO COMUNITARIO



Después de la inauguración, el colectivo estableció un rol de actividades que permitió el funcionamiento interno del museo: atención a visitantes, limpieza y mantenimiento, y cuidado de los objetos en exhibición. Asimismo, generaron una cuenta de Facebook, Museo Comunitario de Villa Progreso “Xa’mini”, para dar a conocer las actividades de éste. También han organizado exposiciones y actividades culturales. En noviembre montaron una exposición sobre la cruz de ánimas, que miembros del colectivo fabricaron y pintaron. Llevaron a cabo algunos talleres como el de elaboración de recortes sagrados o diseños de almas y, para las fiestas decembrinas, organizaron el primer concurso de artesanía navideña. Las iniciativas contaron con la participación de los habitantes de la comunidad. “El museo comunitario es un espacio vivo, un espacio de organización, establecido para fortalecer la identidad, propiciar la reflexión crítica y la creatividad, y generar múltiples proyectos para mejorar la calidad de vida” (Morales *et al.*, 2009, p. 113). En ese sentido, es fundamental que el colectivo mantenga el objetivo e interés que le dio origen y que las actividades logren satisfacer las necesidades comunitarias, de tal forma que el museo se convierta en un lugar de encuentro y de diálogo que contribuya al desarrollo cultural de la comunidad.

EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA

Esta fase del proyecto permitió al equipo de investigación y al colectivo reflexionar sobre la organización del grupo, la primera exposición que se hizo y las futuras actividades y exhibiciones. Si bien se trabajó con una lluvia de ideas, las reflexiones se organizaron en función de los objetivos que este proyecto con enfoque participativo planteó en un principio. A partir de la primera exposición dedicada al maguey y sus productos derivados, que forman parte de la historia y la identidad de esta comunidad, se ha avanzado de forma considerable en el reconocimiento del quehacer cultural de ésta. Una evidencia del cumplimiento de este objetivo se halla en los comentarios de los habitantes que asistieron a la exposición, en especial de las generaciones mayores que observaron con gusto los objetos, la información y en general el diseño de la sección de hilado, así como del tejido del ixtle. De esta forma, se formó un primer diálogo y vínculo entre los habitantes a través del patrimonio cultural material e inmaterial en un museo, sin mencionar que las nuevas generaciones se reencontraron con la historia e identidad de su comunidad y que los visitantes tuvieron una primera guía para descifrar la cultura y las tradiciones de Villa Progreso.

Sobre el segundo objetivo, centrado en identificar los recursos humanos, materiales y de infraestructura necesarios para la creación del museo comunitario, los miembros del colectivo reconocieron la importancia del trabajo en equipo y valoraron la aportación de ideas y el esfuerzo que todos pusieron para la consolidación del proyecto. Los integrantes demostraron que, a pesar del poco tiempo que tuvieron para armar la primera exposición, lograron coordinarse para completar un trabajo de calidad. No obstante, también reconocieron la necesidad de contar con un mecanismo eficaz de comunicación interna y de mejorar la planeación y organización de los tiempos dedicados y las responsabilidades de cada uno. El colectivo descubrió con agrado que a la población de Villa Progreso y a los visitantes que acudieron al museo les gustó la exposición y el proyecto, pero aprendieron que es necesario vincularse con diversas instancias gubernamentales y de la sociedad civil para tener el impacto esperado y lograr sinergias. De igual manera, se identificó la importancia de hacer promoción y difusión por distintos medios, así como de invitar a participar a más habitantes interesados de la comunidad.

El tercer objetivo del proyecto, enfocado en la investigación, el diseño y la definición de los lineamientos curatoriales y museográficos del museo comunitario, se cumplió de forma parcial, ya que si bien el equipo reconoció la importancia del uso de las metodologías de las ciencias sociales y de la museografía para la cimentación y profesionalización de su trabajo, dejó pendiente investigar y sistematizar buena parte de la historia y los elementos del patrimonio cultural de Villa Progreso, privilegiando la conformación de la primera y segunda exposición y atendiendo las recomendaciones museográficas básicas. Prueba de lo anterior es la evaluación que hizo de la información de las cédulas de la exposición, pues reconoció la importancia de la investigación para contar con los datos necesarios sobre cada pieza o imagen expuesta.

Finalmente, se puede afirmar que el colectivo avanzó en el establecimiento de los mecanismos que permiten el buen funcionamiento y organización del museo comunitario, pues formalizó los cargos y las responsabilidades de sus miembros e implementó un reglamento. Sin embargo, como ya se describió anteriormente, quedan pendientes labores de promoción e integración de nuevos miembros que puedan aportar su tiempo y esfuerzo para consolidar el proyecto, además de la búsqueda constante de recursos para financiar futuras exposiciones e incluso para consolidar un espacio de exhibición permanente.

LECCIONES APRENDIDAS

Para el equipo de investigación, uno de los aprendizajes más importantes es diseñar y adaptar los contenidos de capacitación a las necesidades, tiempos, inquietudes y ritmos de trabajo del colectivo, es decir, encontrar nuevas formas de colaboración para resguardar la autonomía de las iniciativas, destacando la relevancia de la planeación e investigación para el soporte de los resultados. El equipo también reconoció lo fundamental que resulta sumarse al trabajo como un miembro más cuando se requiere, participar de forma horizontal con los demás e involucrarse en la consolidación de los objetivos. Fue evidente que el impulso a la acción que manifestó el colectivo hizo posible que el proyecto avanzara de manera distinta a como se tenía

planeado. Es decir, se había considerado una parte más formativa donde se establecieran primero las bases conceptuales y procedimentales, y después la aplicación; no obstante, la dinámica del colectivo, el cual tenía una inercia muy fuerte por hacer las cosas, hizo que se trabajaran la teoría y la práctica de manera simultánea.

Otro aspecto para reconocer y que se convirtió en un aprendizaje es la manera en la se abordan las situaciones de conflicto en los grupos. Parte de ello, es la posibilidad de establecer espacios de diálogo que ayuden a los integrantes a plantear sus puntos de vista y tomar decisiones en beneficio del proyecto que se está realizando. De ahí que sea necesario contar con las herramientas para afrontar situaciones de conflicto y coadyuvar en la solución de las problemáticas que se pudieran presentar, sin vulnerar los acuerdos y dinámicas del grupo.

Colaborar en la creación de un museo comunitario nos ha permitido mirar más allá de lo que fue el proyecto de investigación; nos vinculó con un grupo arraigado a su comunidad y con las ganas de fortalecer los lazos identitarios. La sinergia entre las propuestas que hacíamos y los intereses del grupo permitieron llegar a acuerdos, definir actividades y establecer estrategias. No obstante, fue el grupo quien marcaba la pauta de lo que se iba haciendo. Eso contribuyó a que la investigación con enfoque participativo adquiriera relevancia y sentido.

Finalmente, destacamos la importancia del trabajo interdisciplinario sin fronteras rígidas ni yuxtaposiciones, el cual, de acuerdo con Corona (2012), se trata “de incorporar las voces y miradas (ajenas y propias)” (p. 90), lograr incorporar las miradas de quienes participaron en la integración de los conocimientos y aprendizajes. “Por ello la importancia de construir situaciones horizontales durante la investigación en las que ambas voces se expongan en un contexto discursivo equitativo” (Corona y Kaltmeier, 2012, p. 14).

REFERENCIAS

- ARTEAGA, O. (2003). *San Miguel de las Tetillas a través de los años*. Ezequiel Montes: Imprenta Morelos.
- BURÓN, M. (2012). Los museos comunitarios mexicanos en el proceso de renovación museológica. *Revista de Indias*, 72(254), pp. 177-122. <https://doi.org/10.3989/revindias.2012.007>
- CORONA, S. (2012). Notas para construir metodologías horizontales. En S. Corona y O. Kaltmeier, *En diálogo. Metodologías horizontales en ciencias sociales y culturales* (pp. 85-109). Gedisa.
- CORONA, S. y Kaltmeier, O. (2012). Introducción. En S. Corona y O. Kaltmeier, *En diálogo. Metodologías horizontales en ciencias sociales y culturales* (pp. 11-21). Gedisa.
- INEGI. (2020). Censo de Población y Vivienda. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Documentacion>
- GUERRA, R. (2017). *Elaborando un proyecto cultural. Guía para la formulación de proyectos culturales y comunitarios* (13-19). Egac Ediciones.
- MARTÍNEZ, H. (2012). *Educación y cambio cultural en Villa Progreso, Ezequiel Montes, Querétaro* [Tesis doctoral inédita]. Universidad Autónoma de Querétaro.
- MELGUIZO, J.H. et al. (2018). *Cultura de paz, palabra y memoria. Un modelo de gestión cultural comunitario*. México: Fondo de Cultura Económica. Recuperado de: <https://fliphtml5.com/ohpgj/divn/basic/51-100>
- MÉNDEZ, R.A. (2007). Teoría y método de la nueva museología en México. Una experiencia de organización social a partir de la gestión cultural. *Revista de los museos de Andalucía*, (8), pp. 40-49.
- MEZA, Y.N. (2016). *Diversidad cultural en los museos comunitarios de México* [Tesis doctoral]. Universidad de Barcelona. Recuperada de: <http://hdl.handle.net/10803/398655>
- MORALES, T., Camarena, C., ARZE, S. y Shepard, J. (2009). *Manual para la creación y desarrollo de museos comunitarios*. Recuperado de: www.museoscomunitarios.org
- RAMÍREZ, N. (2016). Museos comunitarios mexicanos: entre espejismos teóricos y autonomías inexploradas. *Archivos Churubusco*. Recuperado de: encrym.edu.mx

- SEGURA, P. (2010). *Modelos de gestión de espacios culturales comunitarios*. Trabajo presentado en el 2º Encuentro Nacional de Gestores y Animadores Culturales. Asociatividad para nuevas políticas culturales en el Chile del Bicentenario. Concepción, Chile.
- SOLORIO, E. (2012). *Reformas del Estado y procesos de cambio político local: un análisis del proyecto Patrimonio Cultural Intangible de la UNESCO en el semidesierto queretano* [Tesis doctoral inédita]. El Colegio de Michoacán.
- _____. (2014). Región del Semidesierto. San Miguel Tetillas/Boxasni/Boyé. En Vázquez, A. y Prieto, D. (coordinadores). *Los pueblos indígenas del estado de Querétaro. Compendio Monográfico* (pp. 195-204). Universidad Autónoma de Querétaro/Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.

IMPACTOS ECONÓMICOS EN EMPRESAS Y PRODUCTORES



DIAGNÓSTICO Y PREVENCIÓN DEL DETERIORO DE EMBUTIDOS

ASSESSMENT AND PREVENTION OF SAUSAGE SPOILAGE

DRA. SOFÍA MARÍA ARVIZU MEDRANO¹
M. EN C. LEOVA GRISELDA CEPEDA MÁRQUEZ²
M. EN C.J. JESÚS PADILLA FRAUSTO³
M. EN C. OMAR HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ⁴
M. EN C. NAYELI RAMÍREZ MARTÍNEZ⁵
M. EN C. YULIANA DESIREÉ ZACARÍAS MUÑOZ⁶
M. EN C. ESAÚ ZÚÑIGA VELÁZQUEZ⁷
M. EN C. IVONNE LIZBETH VELA CANALES⁸
QA. ALMA GABRIELA PÉREZ RICO⁹
IQA. JOSÉ ANTONIO ESPINOZA SÁNCHEZ¹⁰

RESUMEN

Se apoyó a una empresa de la región productora de embutidos en el diagnóstico y solución de un problema de deterioro microbiano. Los embutidos mostraban signos de deterioro dentro de su vida útil (presencia de líquido lechoso y acidificación del producto). Se realizaron muestreos longitudinales de la línea de producción, estudios de reto de los microor-

-
- 1 Facultad de Química, sofiaarme@gmail.com
 - 2 Facultad de Química, leovinsky@gmail.com
 - 3 Facultad de Química, j.padilla@academicos.udg.mx
 - 4 Facultad de Química, omarfoodprotection@gmail.com
 - 5 Facultad de Química, juana1nrm@hotmail.com
 - 6 Facultad de Química, yulydess@gmail.com
 - 7 Facultad de Química, eescart@yahoo.com.mx
 - 8 Facultad de Química, kenna_fq@hotmail.com
 - 9 Facultad de Química, almagaby_themirror@hotmail.com
 - 10 Facultad de Química, jaes66@hotmail.com

ganismos aislados en el alimento en condiciones constantes y dinámicas de temperatura, y evaluación tanto de la capacidad para adherirse a superficies inertes y generar biopelículas como de la susceptibilidad a desinfectantes, conservadores, calor y presión hidrostática de las cepas aisladas. Para los diferentes estudios se utilizaron técnicas basadas en cultivo y moleculares con el objetivo de abordar el problema de manera más completa y eficiente. Se llevó a cabo una retroalimentación periódica al personal de la empresa para apoyar la toma de decisiones y el seguimiento de los cambios que se aplicaban. De manera simultánea se trabajó con el personal de laboratorio para fortalecer sus capacidades analíticas y de resolución de la problemática.

Participaron varios estudiantes de la licenciatura de Ingeniero Químico en Alimentos y de la maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro, así como personal de los departamentos de producción y calidad de la empresa involucrada. Se logró identificar el agente deteriorador y las fuentes de contaminación y reservorios de los microorganismos que favorecían su permanencia. También se generaron cambios en el proceso y prácticas de los trabajadores para prevenir la sobrevivencia y desarrollo del microorganismo durante la producción del alimento, se aplicaron nuevos procesos antimicrobianos y se establecieron lineamientos para controlar el agente deteriorador. La incidencia de brotes de deterioro se redujo significativamente y fue el inicio de una fructífera colaboración empresa-universidad que se ha mantenido por 14 años, con generación de conocimiento, experiencia para los profesores y estudiantes involucrados, y mejora en el proceso de producción de la empresa, así como de sus capacidades analíticas. Lo anterior culminó en la frescura e inocuidad de los alimentos producidos por la empresa.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y CONTEXTO

En las últimas décadas, las empresas micro, pequeñas y medianas (MIPYMES) han generado siete de cada diez de los empleos en México (SE, 2012; SENADO, 2020). Éstas enfrentan una diversidad de problemáticas y retos de diferente naturaleza, incluyendo las asociadas a generar y mantener la

calidad e inocuidad de los alimentos que les permitan competir con las empresas transnacionales. De acuerdo con datos de la encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las MIPyMES realizada por el INEGI en 2018, sólo 38.9% de las MIPyMES solucionó los problemas que se presentaron en el proceso productivo y emprendió acciones preventivas o un plan de mejora continua. Por otro lado, 21.5% resolvió los problemas, pero no realizó acciones posteriores, mientras que 39.6% reportó que no aplicó ninguna mejora (INEGI, 2018). En el caso de los alimentos, la falta de estandarización de los procesos y la persistencia de problemas en la producción se reflejarán en la calidad, inocuidad y estabilidad de estos. La vinculación empresa-universidad podría solucionar de fondo las problemáticas que se presentan y favorecer la formación integral de estudiantes con experiencias valiosas en una empresa.

Las universidades ya no deben verse como una fuente remota de conocimiento, invención y creatividad. Ahora deben ser parte de la identificación y resolución de problemas en los diferentes sectores de la sociedad (Malagón, 2006, p. 82). Los países que han consolidado el trabajo conjunto de las universidades con la industria o instancias de gobierno han logrado beneficios en la generación de conocimiento, en la eficiencia en la producción y en el diseño de estrategias para el progreso de los sectores, que finalmente se refleja en mejores niveles educativos y en el ingreso percapita (Rodríguez-Pérez *et al.*, 2014, p. 80; Gerónimo-Bautista, 2014, p. 5).

La calidad y estabilidad de un alimento se logra a través de la calidad de la materia prima y los ingredientes, las condiciones del procesamiento y empaque, y el manejo en el almacenamiento, distribución y comercialización del mismo. Las causas de cambios en las características de los alimentos suelen ser de origen microbiano, químico o físico; en alimentos perecederos el deterioro microbiano suele ser el más común (Remenant *et al.*, 2015, p. 46). La identificación del grupo o microorganismo deteriorador asociado a los cambios en el alimento es fundamental para establecer los sitios donde puedan ingresar y persistir en el proceso. La identificación de los reservorios de los microorganismos en el ambiente de los alimentos permitió establecer medidas de prevención de la contaminación de éstos durante su producción. Se considera que la búsqueda de los microorganismos de interés solamente en el producto final puede ser limitado, dado

que la contaminación microbiana suele ser esporádica y heterogénea (De Oliveira *et al.*, 2021, p. 1).

Una empresa productora de embutidos de la región se acercó a la Universidad Autónoma de Querétaro en busca de apoyo para diagnosticar un problema de deterioro de uno de sus productos. En el Cuerpo Académico de Inocuidad Microbiana de los Alimentos, que pertenece a la Facultad de Química de esta Universidad, hemos trabajado desde hace varios años en el control de bacterias patógenas y deterioradoras de alimentos. Con la participación y trabajo entusiasta de estudiantes de la maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos y la licenciatura de Ingeniero Químico en Alimentos se realizaron el diagnóstico del problema y la valoración de diversas estrategias para controlar al agente deteriorador del alimento durante su producción y distribución (Cuadro 1). La participación y sinergia del personal de la empresa respecto a la producción, el desarrollo de productos y la calidad fue un elemento clave para la evolución de la investigación y la selección de estrategias para controlar el agente microbiano.

CUADRO 1. ESTUDIANTES PARTICIPANTES
Y TESIS DESARROLLADAS DURANTE LA VINCULACIÓN

AÑO	ESTUDIANTE	TÍTULO DE TESIS	NIVEL
2009	Leova Griselda Cepeda Márquez	Detección de fuentes de contaminación e inactivación de <i>Leuconostoc mesenteroides</i> en salchicha viena en una planta procesadora	Maestría
2010	J. Jesús Padilla Frausto	Diversidad genética y capacidad para formar biopelículas de cepas de <i>Leuconostoc</i> spp. aisladas de una planta procesadora de salchichas	Maestría
2010	Nayeli Ramírez Martínez	Susceptibilidad de <i>Leuconostoc</i> spp. aislado de una planta procesadora de salchichas al calor, conservadores y germicidas empleados en la industria	Licenciatura
2011	Omar Hernández Hernández	Influencia de la temperatura, humedad relativa y concentración de sólidos de salchicha en la colonización de <i>Leuconostoc mesenteroides</i> adherido a polipropileno	Licenciatura

AÑO	ESTUDIANTE	TÍTULO DE TESIS	NIVEL
2011	Yuliana Desireé Zacarías Muñoz	Efecto del tratamiento térmico post-empaque sobre la vida de anaquel y las características reológicas y sensoriales de salchichas empacadas al vacío	Maestría
2012	Esaú Zúñiga Velázquez	Aislamiento de <i>Leuconostoc</i> spp. con capacidad para deteriorar jamón cocido, rebanado y empacado al vacío	Maestría
2012	Alma Gabriela Pérez Rico	Susceptibilidad a nisina de cepas de <i>Leuconostoc</i> spp. aisladas de una planta procesadora de salchichas y la asociación con su genotipo	Licenciatura
2012	Ivonne Lizbeth Vela Canales	Predicción del comportamiento de <i>Leuconostoc mesenteroides</i> en salchichas bajo condiciones dinámicas de temperatura	Maestría
2013	Nayeli Ramírez Martínez	Inactivación de <i>S. cerevisiae</i> y <i>Leuconostoc</i> spp. en jugo de manzana por pulsos eléctricos de alto voltaje y ondas de choque	Maestría
2015	Juan Antonio Espinoza Sánchez	Inactivación de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> y <i>Leuconostoc</i> spp en jugo de manzana clarificado comercial utilizando ondas de choque	Licenciatura

LA INVESTIGACIÓN

Antes de iniciar la investigación, se realizó una reunión con las personas de la empresa encargadas de los departamentos de producción y calidad para conocer el contexto del problema, los datos con que se contaban, las circunstancias en las que ocurrían los rechazos del producto y el tipo de signos de deterioro en el alimento. De acuerdo con dicha información, el problema apuntaba a que se trataba de alguna bacteria ácido láctica. Los objetivos de la investigación realizada se engloban en tres elementos principales:

1. Identificar al agente deteriorador y evaluar su comportamiento.
2. Establecer las fuentes y reservorios del agente deteriorador en la línea de producción.
3. Evaluar estrategias de control del microorganismo en el proceso de producción y en el alimento.

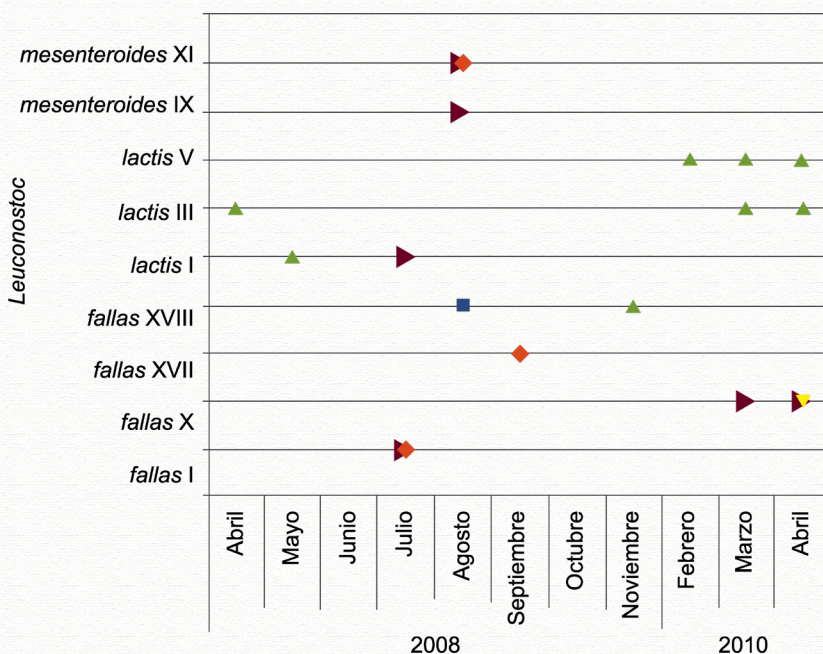
Para identificar al agente deteriorador y establecer sus fuentes y reservorios en la línea de producción (Objetivos 1 y 2), se realizaron muestreos periódicos y frecuentes al inicio del diagnóstico y varios meses después para valorar la persistencia de los microorganismos. Al principio se enfocó el muestreo en bacterias ácido lácticas (BAL) y *Brochothrix*; sin embargo, al no detectarse este último microorganismo en los primeros muestreos, se dirigió el resto de los esfuerzos solamente a cuantificar y aislar BAL y principalmente *Leuconostoc*. Se obtuvieron muestras de materias primas e ingredientes, del producto en proceso y terminado, así como de herramientas y superficies de los equipos de la línea de producción. Se cuantificaron bacterias ácido lácticas mediante técnicas tradicionales de cultivo y se investigó la presencia del género *Leuconostoc* usando una prueba PCR validada para los alimentos a analizar y previamente publicada (Macián *et al.*, 2004). Se aislaron cepas del microorganismo deteriorador y se llevaron a cabo estudios de reto para evaluar la capacidad de éstas para desarrollarse en el alimento, y verificar que causaran el mismo tipo de deterioro.

En cepas seleccionadas fueron identificadas hasta subespecies mediante pruebas bioquímicas y fueron caracterizadas por métodos moleculares (RAPDS y EGCP) para establecer potenciales fuentes de contaminación del alimento y diferenciar las cepas residentes de las transitorias en el proceso. Las cepas seleccionadas se activaron, se promovió la resistencia a la rifampicina y se inocularon en el alimento para evaluar el efecto de conservadores químicos, tratamiento térmico, altas presiones hidrostáticas, desinfectantes y bioconservadores. Asimismo, se evaluó la capacidad de las cepas para desarrollarse en el alimento en condiciones de almacenamiento y distribución en temperaturas constantes y dinámicas. De acuerdo con la información generada en la investigación, se detectó la persistencia de diversas especies del género *Leuconostoc* en los materiales y superficies de producción del alimento, entre ellas: *L. mesenteroides*, *L. fallax* y *L. lactis*. A través de estudios de reto se verificó que las diferentes especies aisladas eran capaces de desarrollarse en el alimento a temperaturas de refrigeración con generación de líquido lechoso, pérdida de vacío y acidificación en las etapas finales de deterioro (Cepeda y Fernández-Escartín, 2009).

El deterioro de alimentos listos para ser consumidos suele ser causado por procesos microbianos que generan olores y sabores desagradables, aci-

dificación y defectos en la apariencia. Se ha documentado que microorganismos deterioradores como las *Pseudomonas*, bacterias ácido lácticas y *Brochothrix thermosphacta* pueden persistir en reservorios dentro del ambiente de producción (Pothakos *et al.*, 2015). A través de la caracterización genética se comprobó la persistencia de cepas de *Leuconostoc* en el proceso, como el genotipo III de *L. lactis* que se detectó en salchichas deterioradas del 2008 y 2010 (Figura 1). Los equipos pueden albergar los microorganismos y posteriormente contaminar el alimento, como se observó con el genotipo XI de *L. mesenteroides* y el genotipo I de *L. fallax*.

FIGURA 1. PERSISTENCIA DE GENOTIPOS DE *LEUCONOSTOC* AISLADOS ENTRE ABRIL DEL 2008 Y ABRIL DEL 2010 DE DIVERSAS FUENTES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SALCHICHAS: MEZCLA (■), SALCHICHA COCIDA (◆), SALCHICHA DETERIORADA (▲), EQUIPOS Y BANDAS TRANSPORTADORAS (▶), Y CUBIERTAS PLÁSTICAS USADAS (▼)¹¹

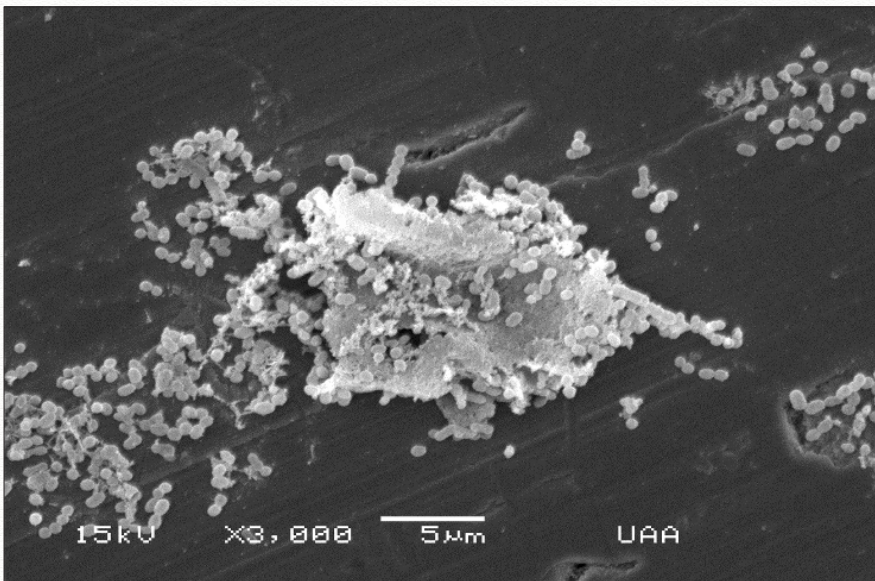


¹¹ Modificado de Padilla Frausto *et al.*, 2015.

Los microorganismos deterioradores pueden estar presentes en la materia prima e ingredientes, sobrevivir a los procesos antimicrobianos que se aplican al alimento, persistir en las superficies haciendo uso de sus capacidades de adhesión y formar biopelículas (Nucera *et al.*, 2010, p. 275; Ferreira *et al.*, 2014, p. 160). Las 48 cepas seleccionadas de *Leuconostoc mesenteroides* aisladas del proceso mostraron capacidad para adherirse al polipropileno y desarrollarse teniendo como única fuente de nutrientes una suspensión de 1% de salchicha cocida y estando almacenadas a 30 °C (Hernández, 2011). Entre 24 y 48 horas después, estas cepas fueron capaces de alcanzar entre 6.1 y 8.9 Log UFC/cm².

Se corroboró la capacidad de formación de biopelículas mediante microscopía electrónica de barrido (Figura 2). Las bacterias se adhieren a diversas superficies, hasta aquellas tan lisas como el acero inoxidable y el vidrio (Doghri *et al.*, 2021, p. 2). Una vez adheridas, si tienen nutrientes y condiciones de humedad y temperatura suficiente, se desarrollarán y producirán polímeros que irán cubriéndolas y formando estructuras como las que se observan en la Figura 2.

FIGURA 2. BIOPELÍCULA DE *LEUCONOSTOC* SOBRE ACERO INOXIDABLE

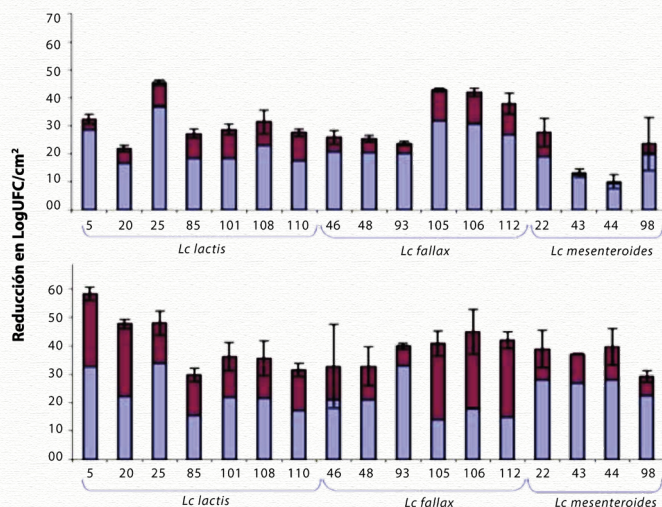


Estas estructuras se van ampliando en la medida en que los microorganismos crecen y, en determinado momento, pueden fracturarse y contaminar los alimentos que tienen contacto con la superficie. Las biopelículas protegen las células contra desinfectantes, desecación y algunos otros tratamientos antimicrobianos, y propician su persistencia en el ambiente de la producción de alimentos (Avila-Novoa *et al.*, 2021, p. 2; Bai *et al.*, 2021, p. 2). Para prevenir su formación en equipos y superficies involucrados en el proceso de producción, se recomienda aplicar lavados eficientes para eliminar materia orgánica que sirva de nutriente a las bacterias, aplicar tratamientos de desinfección validados, respetar el tiempo y concentración de exposición, e implementar una rotación planeada de desinfectantes. Las bacterias lácticas que sean capaces de sobrevivir a procesos de desinfección de equipos y herramientas empleadas en los procesos de producción pueden llegar a los alimentos y causar deterioro, como es el caso *Lactiplantibacillus* (*Lactobacillus*) y *Leuconostoc* (Singh-Sidhu *et al.*, 2001, p. 73).

Existen diversas estrategias que en conjunto previenen la persistencia de los microorganismos tanto patógenos como deterioradores en los procesos de alimentos; entre ellas se pueden mencionar la rotación de desinfectantes, la limpieza profunda y periódica de superficies en contacto con los alimentos, la eliminación oportuna de residuos y la higienización efectiva de las superficies y herramientas (De Oliveira *et al.*, 2021, p. 1). En este sentido, se evaluaron algunas de las estrategias para el control de *Leuconostoc* durante la producción y el almacenamiento del alimento (Objetivo 3). La validación del o los desinfectantes a aplicar mediante la utilización de cepas de los microorganismos blancos aislados del ambiente de producción nos acerca a conocer el verdadero efecto de estos compuestos en los microorganismos.

Como todos los seres vivos, las bacterias presentan características que pueden variar entre individuos, por lo que su valoración nos permitirá conocer las limitantes que puede tener el desinfectante que se evalúa. La Figura 3 muestra la reducción de cepas de *Leuconostoc* al aplicar agua electrolizada. Se puede observar que algunas cepas son muy susceptibles al desinfectante (reducción de 4-5 Log UFC/cm²), pero otras sólo se inactivan a niveles cercanos a 1 Log UFC/cm². La aplicación secuencial o rotación de desinfectantes que permitan el control de todos los microorganismos minimizarán su persistencia en el ambiente de producción y disminuirán la probabilidad de que lleguen a los alimentos.

FIGURA 3. REDUCCIÓN LOGARÍTMICA DE CEPAS DE *LEUCONOSTOC* EN SUPERFICIES DE POLIPROPILENO (GRÁFICA SUPERIOR) Y ACERO INOXIDABLE (GRÁFICA INFERIOR) POR APLICACIÓN DE AGUA ELECTROLIZADA. LA SECCIÓN ROJA DE CADA BARRA SEÑALA LA REDUCCIÓN POR ARRASTRE Y LA SECCIÓN AZUL POR EL EFECTO ANTIMICROBIANO

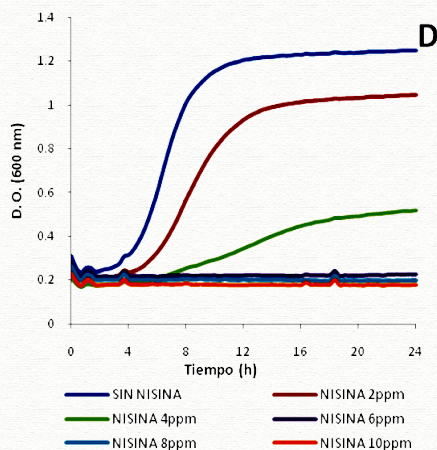


Las cepas de *Leuconostoc* aisladas mostraron una gran tolerancia al desinfectante que se utilizaba con mayor frecuencia en la empresa. Con estos resultados, se modificó el programa de rotación de desinfectantes, se incluyeron otros compuestos que resultaron eficientes en las evaluaciones realizadas y se incrementó la frecuencia de limpieza profunda en los equipos, principalmente en la etapa posterior a la cocción. También se evaluaron diferentes estrategias para controlar el desarrollo del deteriorador en el alimento, algunas de las cuales mostraron potencial para ser aplicadas en la formulación. Éste fue el caso de la nisina, que logró inhibir el desarrollo de *Leuconostoc fallax* en medio de un cultivo adicionado de 6 ppm del antimicrobiano durante 24 horas a 30 °C, como se observa en la Figura 4 (Ramírez, 2010). Cuando se exploró la eficiencia de nisina para inhibir el desarrollo de las diferentes especies de *Leuconostoc*, encontramos que la tolerancia a la misma fue *L. mesenteroides* > *L. fallax* > *L. lactis*. Sin embargo, la diferencia en la tolerancia entre *L. mesenteroides* y *L. fallax* es mucho

menor que entre *L. fallax* y *L. lactis* (Pérez-Rico, 2012). Ciertos genotipos de *L. mesenteriodes* y de *L. fallax* fueron particularmente tolerantes al conservador.

Las publicaciones sobre la evaluación de sustancias químicas para controlar el desarrollo de *Leuconostoc* son escasas; este microorganismo es relevante en la industria azucarera por su capacidad para fermentar los jarabes de caña. Se ha reportado que una mezcla de cloruro de benzalconio y metasilicato de sodio es capaz de inhibir el desarrollo de *Leuconostoc* (Misra *et al.*, 2020, p. 3). Por otra parte, la aplicación de desinfectantes selecciona a los microorganismos más tolerantes. Yang *et al.* (2021, p. 9) reportó que *Leuconostoc* predomina en carne empacada al vacío asperjada con ácido peracético y almacenada a 4, 2 y -1 °C, mientras que en el alimento control sin tratamiento predominan los géneros *Carnobacterium*, *Lactiplantibacillus* (*Lactobacillus*) y *Lactococcus*.

FIGURA 4. DESARROLLO DE *LEUCONOSTOC FALLAX*
EN MRS ADICIONADO DE NISINA (0-10 PPM)
E INCUBADO POR 24 HORAS A 30 °C

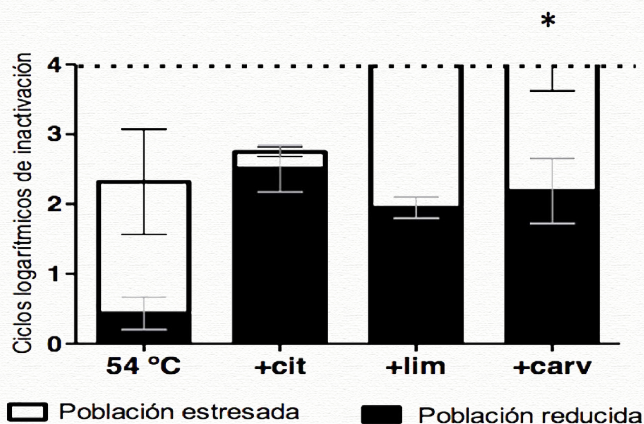


La aplicación de calor genera en los microorganismos daños en la membrana celular, actividad enzimática, producción de energía y material genético. Sin embargo, el calor puede afectar la textura del alimento y ciertos nutrientes termosensibles; por ello, se busca aplicar en bajos niveles o sustituir

con otras estrategias antimicrobianas (Raso *et al.*, 1998, p. 465). También se ha probado la aplicación de calor a baja intensidad o en tiempos cortos una vez que el alimento ya ha sido empacado, con el objetivo de reducir los microorganismos que puedan ingresar por recontaminación posterior a la cocción. La aplicación de 70 °C por 50 minutos mostró una reducción de 3.5-4.0 Log UFC/g de *L. mesenteroides* y *L. lactis* en salchicha cocida y empacada al vacío. Aunque el tratamiento térmico afectó las mediciones de dureza, masticabilidad y gomosidad, un panel entrenado no fue capaz de detectar cambios en el alimento tratado en comparación con el alimento control (Zacarías, 2011). La aplicación de calor posterior al empacado fue una de las estrategias adoptadas en la línea de producción para ciertas presentaciones del producto.

La combinación de tratamientos con mecanismos antimicrobianos distintos puede potenciar la reducción de los microorganismos al exigirles responder y repararse ante un segundo factor de estrés. La Figura 5 muestra la inactivación en logaritmos (barra negra) y la población estresada (barra blanca) de *L. fallax* después de exponerse a 54 °C, en ausencia y presencia de citral, limoneno y carvacrol (200 ppm) en jugo de manzana (Ramírez, 2013). La actividad del citral logra inactivar a la población de *Leuconostoc* que había quedado dañada por el calor, lo cual incrementa el efecto del tratamiento; mientras que el limoneno y el carvacrol, a los cuales se les reconoce por tener un mayor efecto inhibitorio que el citral, además de inactivar estrés por el calor, generan daño en los sobrevivientes al tratamiento. Este daño podría limitar el desarrollo del microorganismo durante el almacenamiento del alimento, impactando positivamente en su vida útil. Es bien conocido el efecto antimicrobiano de los aceites esenciales sobre bacterias, incluso hongos (Bedoya *et al.*, 2018, p. 934).

FIGURA 5. POBLACIÓN REDUCIDA Y ESTRESADA DE *LEUCONOSTOC FALLAX* DESPUÉS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO A 54 °C O COMBINADO CON CITRAL (CIT), LIMONENO (LIM) O CARVACROL (CARV) A 200 PPM POR 10 MINUTOS EN JUGO DE MANZANA INOCULADO CON 106 UFC/ML

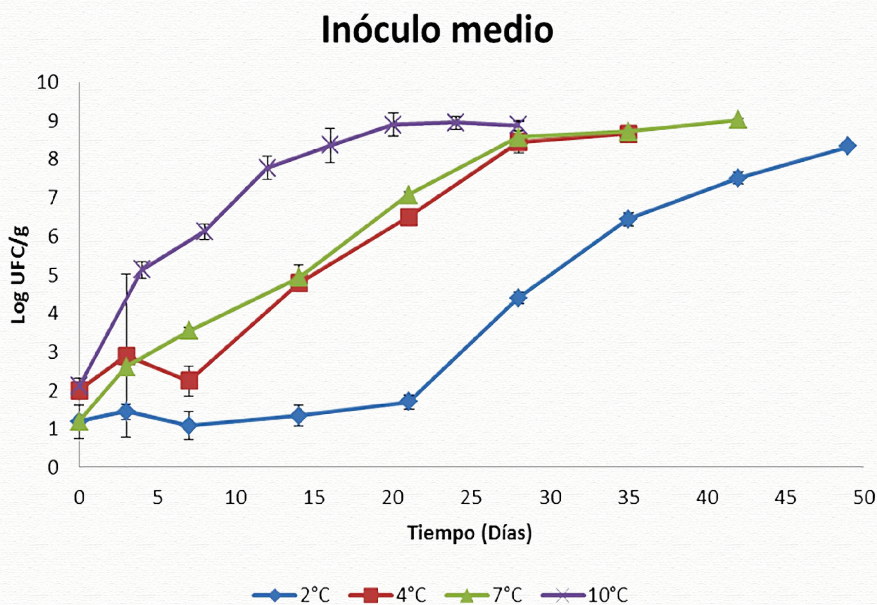


La aplicación de tratamientos físicos en alimentos ha retomado auge en las últimas décadas. Uno de ellos, que se encuentra en la etapa experimental, son las ondas de choque, las cuales tienen un mecanismo de acción complejo que incluye la participación del pulso de presión, la cavitación asociada y la luz que se produce con la descarga eléctrica generadora de la onda (Loske *et al.*, 2002; Álvarez y Loske, 2010). En colaboración con el grupo de investigación del Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada de la Universidad Autónoma de México Campus Juriquilla liderado por el doctor Achim Loske, se realizaron evaluaciones del efecto de las ondas de choque sobre cepas de *Leuconostoc*. Encontramos que la población se redujo en 2.7 Log UFC/ml al aplicar 8000 ondas de choque y genera una población estresada adicional a la reducción de 4.2 Log UFC/ml (Zúñiga, 2012). Sin embargo, en jugo de manzana no se observó una reducción significativa sobre las poblaciones (Espinoza, 2015).

Por su parte, la presión hidrostática ha sido uno de los tratamientos físicos aplicados a los alimentos que más ha crecido en las últimas décadas. Muestra un efecto antimicrobiano generalizado entre los microorganismos y homogeneidad en el alimento, además de que se puede aplicar a alimento ya envasado y no requiere de temperaturas elevadas (Meloni 2019, p. 2).

En la Figura 6 se muestra el desarrollo de *Leuconostoc* en jamón cocido y rebanado con (línea azul) y sin (línea naranja) la aplicación de presión hidrostática, y almacenado a 4 °C por ocho semanas.

FIGURA 6. DESARROLLO DE *LEUCONOSTOC* EN JAMÓN COCIDO, REBANADO Y EMPACADO AL VACÍO DESPUÉS DE RECIBIR UN TRATAMIENTO DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA DE 600 MPa POR CINCO MINUTOS (LÍNEA AZUL) Y SIN TRATAMIENTO (LÍNEA NARANJA)



Las características sensoriales del jamón tratado no se vieron afectadas durante el almacenamiento, mientras que el alimento control sin tratamiento mostró viscosidad, líquido lechoso y pérdida de vacío desde la primera semana (Zúñiga, 2012). Esta tecnología se ha empleado para la inactivación de microorganismos patógenos como *L. monocytogenes*, que comparte ciertas características con las bacterias lácticas (Meloni, 2019, p. 7). Otros autores que evaluaron la aplicación de presión hidrostática sobre jamón encontraron que *Lactiplantibacillus (Lactobacillus) sakei* y *L. curvatus* fueron muy sensibles al tratamiento (600 Mpa/10 min/22 °C), mientras que *Weissella viridescens* y *Leuconostoc mesenteroides* fueron capaces de sobrevivir

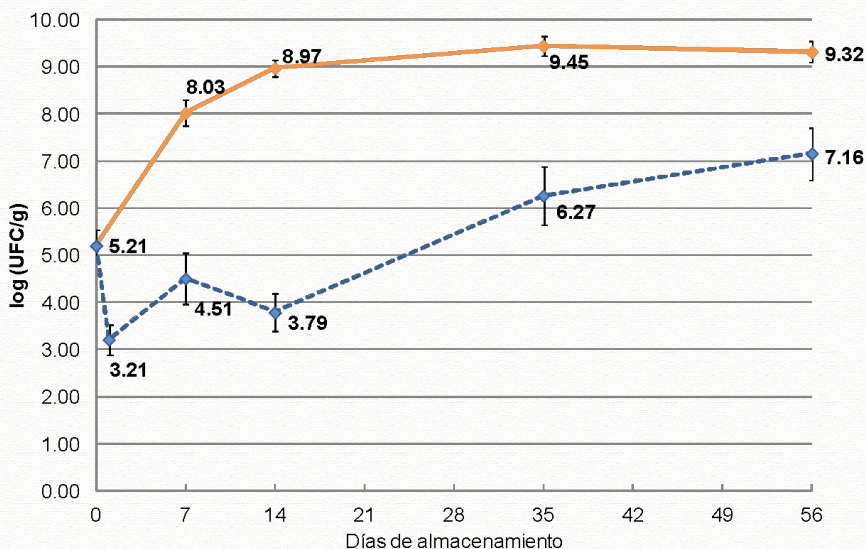
y deteriorar el alimento durante su almacenamiento en refrigeración (Han *et al.*, 2011, p. 687).

Una tendencia en la tecnología de alimentos en las últimas décadas es la aplicación de varias estrategias antimicrobianas de manera simultánea para el control de microorganismos patógenos y deterioradores (barreras múltiples) con la intención de impactar en varios microorganismos blanco y mantener o mejorar características sensoriales y nutricionales del alimento al aplicar estas tecnologías en niveles menos agresivos (Singh y Shalini, 2016, p. 641). El uso de esta estrategia requiere una inversión financiera fuerte y, aunque fue considerada, los estudios de costo beneficio indican que se necesita un periodo prolongado para recuperar la inversión.

La cadena de frío es un elemento fundamental para mantener las características sensoriales del alimento desde su producción hasta el momento de consumo (Jia-Wei *et al.*, 2021, p. 536). La temperatura es uno de los factores de mayor influencia sobre el desarrollo de los microorganismos en los alimentos: a medida que la temperatura se encuentra más cercana del nivel óptimo de desarrollo, el metabolismo del microorganismo se acelera, lo que se ve reflejado en una fase de latencia más corta y una velocidad de desarrollo más grande (IFT, 2003, p. 28). La Figura 7 nos muestra el desarrollo de *Leuconostoc* a diferentes temperaturas de almacenamiento, desde 2 °C, que se considera la óptima, hasta un nivel de abuso de temperatura (10 °C) que podría percibirse como frío.

Los niveles iniciales del microorganismo son bajos, entre 10 y 100 células por gramo de alimento, los cuales son compatibles con salchichas naturalmente contaminadas (Vela, 2013). Se observa claramente como a 2 °C el desarrollo del microorganismo inicia hasta después de tres semanas e incrementa paulatinamente hasta alcanzar los 7 Log UFC/g, concentraciones compatibles con el comienzo del deterioro, mientras que a 10 °C el microorganismo inicia su multiplicación en menos de tres días y se presentan signos de deterioro 32 días antes que el alimento que se mantuvo a 2 °C. En la etapa posterior a la cocción, con cierta frecuencia se acumulaba vapor y se incrementaba la temperatura. Con cambios en la infraestructura, se logró eliminar el vapor y mantener una temperatura y humedad relativas menos propicias para el desarrollo microbiano y, de esta manera, prevenir la formación de biopelículas en superficies de equipos en la etapa previa a su empaçado, que es crítica para la vida útil del alimento.

FIGURA 7. DESARROLLO DE *LEUCONOSTOC* EN SALCHICHA EMPACADA AL VACÍO Y ALMACENADA A 2, 4, 7 Y 10 °C



Se ha reportado que la temperatura en refrigeradores domésticos presenta una media de 7 °C, pero puede variar entre 0 y 13 °C (Roccato *et al.*, 2017, p. 174). Mediante un estudio realizado por nuestro grupo, le dimos seguimiento a la temperatura en exhibidores de alimentos listos para consumo en diferentes puntos de venta y encontramos que, en tiendas de autoservicio, la temperatura varió entre 1 y 12 °C. En tiendas de abarrotes, por su parte, se llegaron a registrar hasta 19 °C (Vela, 2013).

Durante el desarrollo de la investigación, de manera periódica y frecuente, se llevaron a cabo reuniones con las personas responsables de los departamentos de producción, calidad y desarrollo de productos para analizar los resultados que se generaban y tomar decisiones sobre las evaluaciones posteriores, los cambios en las prácticas y el proceso de producción del alimento, y los programas de sanidad y de seguimiento de la calidad. Se implementaron acciones de capacitación y validación de técnicas con personal que participa en el laboratorio de calidad de la empresa para promover su desarrollo y autonomía. Las capacitaciones se impartieron tanto en la empresa como en las instalaciones de la universidad, dependiendo de la naturaleza de cada una.

IMPACTO

La comunicación y el análisis de la información con las personas encargadas del proceso y la calidad de la empresa permitieron realizar una interpretación integral de los resultados y tomar decisiones oportunas para aplicarlos de manera eficiente. El compromiso, seguimiento y aportaciones de las personas de la empresa retroalimentaron y ayudaron a seleccionar los factores y niveles incluidos en las diferentes evaluaciones realizadas. Por ello, se puede señalar que hubo un impacto en las dos direcciones de la vinculación, pues tanto la empresa como todas las personas de la universidad que nos involucramos obtuvimos beneficios.

El impacto generado en la evolución del proceso, las prácticas sanitarias de los operadores, el manejo de residuos y control del ambiente de producción, así como la adopción de nuevas tecnologías y acciones en el proceso fueron posibles debido a la apertura de la empresa al cambio y a recibir de manera constructiva los señalamientos, así como al espíritu de nuestro equipo de trabajo de aportar y promover la mejora en la calidad del alimento. No obstante, algunas problemáticas que se encontraron estuvieron asociadas a la parte administrativa de ambas partes; los procedimientos y tiempos entre la universidad y las empresas no se sincronizan con facilidad. Además, no se estableció ningún mecanismo de coevaluación para identificar áreas de oportunidad.

La Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) define puntualmente la vinculación como: “una actividad estratégica de las IES que contribuye significativamente a las tareas de formación integral de los estudiantes; la producción y transferencia de conocimientos socialmente útiles que aporten soluciones a los problemas más urgentes de la sociedad y que incidan en el bienestar social, el crecimiento económico y la preservación de la riqueza de los recursos naturales; y la transferencia de conocimientos a la sociedad, así como la difusión de la cultura, el arte y el deporte en la sociedad” (ANUIES, 2019, p. 1). Sin embargo, en México, las interacciones universidad-empresa han sido irregulares, problema relacionado con la baja generación, diseminación y absorción de conocimiento tecnológico por parte del sector productivo (Sarabia-Altamirano, 2016, p. 20).

La interacción universidad-empresa suele agruparse en (Dutrénit *et al.*, 2010, p. 5):

1. La vía unidireccional, en la cual el conocimiento va de la universidad a la empresa mediante la contratación de graduados, conferencias, publicaciones, suministro de servicios, capacitación, adquisición de patentes, licencias o incubadoras.
2. La vía bidireccional, en la cual el conocimiento va de la universidad a la empresa y viceversa, propiciando innovación en las empresas y experiencia y visión en las universidades. Este tipo de interacción suele mediar por la investigación, el desarrollo tecnológico conjunto y la participación en redes a largo plazo.

Existen pocos estudios que miden la vinculación de las universidades con el entorno en Latinoamérica. Estos reportan un bajo nivel de interacción con actividades enfocadas en la incubación de empresas, proyectos de investigación y desarrollo o prestación de servicios especializados (Di Meglio, 2018, p. 59). En este sentido, se han identificado los siguientes factores que pueden propiciar las actividades de vinculación:

Cabrero *et al.* (2011, p. 198) proponen resolver las siguientes problemáticas para favorecer la vinculación de las universidades en México:

1. Incrementar la complejidad de las actividades de vinculación para que ésta conduzca al desarrollo y transferencia de tecnología y conocimiento.
2. Eliminar los factores inhibidores en las políticas y normativas de las universidades que hacen compleja la formalización de las actividades de vinculación.
3. Mejorar la percepción de los beneficios de la vinculación en profesores, estudiantes, autoridades de las universidades y otros sectores de la sociedad.
4. Incrementar el grado de empleabilidad de los egresados para generar redes de colaboración entre los profesores y los egresados de las universidades.

Por otra parte, se debe evaluar de manera objetiva los beneficios de los elementos que participan en las actividades de vinculación para conocer la eficiencia de estos procesos y los aspectos que pueden trabajarse. Se han llevado a cabo estudios sobre los beneficios para los estudiantes universitarios que participan en actividades de vinculación con otros sectores de la sociedad y se señala que ganan conocimiento y habilidades que promueven la confianza e independencia necesarias para obtener empleo con mayor facilidad (Ngambi y Chakanika, 2019, p. 30).

LECCIONES APRENDIDAS

- El microorganismo deteriorador persistió en el ambiente de producción por al menos dos años gracias a su capacidad de adhesión y de formación de biopelículas.
- La aplicación de prácticas sanitarias y procesos de desinfección sistemáticos y eficientes minimiza la contaminación de los alimentos con microorganismos deterioradores, que es el primer paso para prevenir el deterioro.
- La aplicación de diversas estrategias antimicrobianas de manera simultánea generará mayor inhibición de los microorganismos deterioradores, con lo que se prolongará la vida útil del alimento.
- Para establecer estrategias de control de microorganismos en alimentos es necesario considerar la variabilidad biológica inherente a estos seres vivos.
- Las universidades pueden ser un catalizador de la resolución de problemas técnicos en las empresas que les permita ser más eficientes y competitivas en el mercado. En contraparte, el panorama de las problemáticas que viven las empresas puede ser aprovechado para generar aprendizajes significativos en estudiantes y profesores de la universidad.
- Se requiere diversificar y dar a conocer herramientas eficaces para medir el impacto de la vinculación y retroalimentar los procesos.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, U.M. y Loske, A.M. (2010). Bactericidal effect of shock waves: state of the art. En Loske, A.M. (editor), *New trends in shock wave applications to medicine and biotechnology* (pp. 225-244).
- ANANOU, S., Garriga, M., Jofré, A., Aymerich, T., Gálvez, A., Maqueda, M., Martínez, M. y Valdivia, E. (2010). Combined effect of enterocin AS-48 and high hydrostatic pressure to control food-borne pathogens inoculated in low acid fermented sausages. *Meat Science*, 84(4), pp. 594-600.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE UNIVERSIDADES E INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR. (2019). Vinculación de las IES con el entorno. ANUIES. Recuperado el 3 de enero del 2022 de: <http://www.anui.es/programas-y-proyectos/proyectos-academicos/vinculacion-de-las-ies-con-el-entorno>
- AVILA, M.G., Navarrete, V., González, J.P., Novoa, C., Guerrero, P.J., García, R., Martínez, L., Martínez, N.E. y Gutiérrez, M. (2021). Conditions of in vitro biofilm formation by serogroups of *Listeria monocytogenes* isolated from hass avocados sold at markets in Mexico. *Foods*, 10(9), 2021. <https://doi.org/10.3390/foods10092097>
- BAI, X., Nakatsu, C.H. y Bhunia, A.K. (2021). Bacterial biofilms and their implications in pathogenesis and food safety. *Foods*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/foods10092117>
- BAUTISTA, E.G. (2015). La importancia de la vinculación universidad-empresa-gobierno en México. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo: RIDE*, 5(2). Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5014960.pdf>
- BEDOYA, C.M., Dacanal, G.C., Fernandes y A.M., Pinho, S.C. (2018). Antifungal activity of nanoemulsions encapsulating oregano (*Origanum vulgare*) essential oil: in vitro study and application in Minas Padrão cheese. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49(4), pp. 929-935. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2018.05.004>
- CABRERO, E., Cárdenas, S., Arellano, D. y Ramírez, E. (2011). La vinculación entre la universidad y la industria en México. Una revisión a los hallazgos de la Encuesta Nacional de Vinculación. *Perfiles educativos*, 33, pp. 187-199. Recuperado el 12 de febrero del 2022 de: <http://www.scielo.org>.

[mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So185-26982011000500016&lng=es&tlng=es](https://doi.org/10.15446/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So185-26982011000500016&lng=es&tlng=es)

- CEPEDA, M.L.G. y Fernández, E. (2009). *Detección de fuentes de contaminación e inactivación de Leuconostoc mesenteroides en salchicha viena en una planta procesadora*. [Tesis]. Universidad Autónoma de Querétaro.
- DE OLIVEIRA, J., Boué, G., Prévost, H., Maillet, A., Jaffres, E., Maignien, T., Arnich, N., Sanaa, M. y Federighi, M. (2021). Environmental monitoring program to support food microbiological safety and quality in food industries: a scoping review of the research and guidelines. *Food Control*, 130.
- DI MEGLIO, F. (2018). Factores que favorecen la vinculación de las universidades con los sectores productivos en Argentina. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 9(24), pp. 58-80. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2018.24.262>
- DOGHRI, I., Cherifi, T., Goetz, C., Malouin, F., Jacques, M. y Fravallo, P. (2021). Counteracting bacterial motility: a promising strategy to narrow *Listeria monocytogenes* biofilm in food processing industry. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.673484>
- DUTRÉNIT, G., De Fuentes, C. y Torres, A. (2010). Channels of interaction between public research organisations and industry and their benefits: evidence from Mexico. *Science and Public Policy*, 37(7), pp. 513-526.
- ESPINOZA, J.A. (2015). *Inactivación de Saccharomyces cerevisiae y Leuconostoc spp en jugo de manzana clarificado comercial utilizando ondas de choque*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma de Querétaro.
- FERREIRA, V., Wiedmann, M., Teixeira, P. y Stasiewicz, M.J. (2014). *Listeria monocytogenes* persistence in food-associated environments: epidemiology, strain characteristics, and implications for public health. *Journal of Food Protection*, 77(1), pp. 150-170. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-13-150>
- HAN, J., Zuo, M., Zhu, W., Zuo, J., Lü, E. y Yang, X. (2021). A comprehensive review of cold chain logistics for fresh agricultural products: current status, challenges, and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, 109, pp. 536-551. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.066>
- HERNÁNDEZ, O. (2011). *Influencia de la temperatura, humedad relativa y concentración de sólidos de salchicha en La colonización de Leuconostoc*

- mesenteroides *adherido a polipropileno*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma de Querétaro.
- INEGI. (2018). Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (Enaproce). Recuperado el 13 de diciembre del 2021 de: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enaproce/2018/doc/ENAPROCE2018Pres.pdf>
- INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. (2003). Factors that influence microbial growth. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(2), pp. 21-32. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00048.x>
- LOSKE, A.M., Álvarez, U.M., Hernández, C., Castaño, E. y Prieto, F.E. (2002). Bactericidal effect of underwater shock waves on *Escherichia coli* ATCC 10536 suspensions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(4), pp. 321-327.
- MACIÁN, M.C., Chenoll, E. y Aznar, R. (2004). Simultaneous detection of *Carnobacterium* and *Leuconostoc* in meat products by multiplex PCR. *Journal of Applied Microbiology International*, 97(2), pp. 384-394. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02317.x>
- MALAGÓN, L.A. (2006). La vinculación Universidad-Sociedad desde una perspectiva social. *Educación y Educadores*, 9(2), pp. 79-93.
- MELONI, D. (2019). High-Hydrostatic-Pressure (HHP) processing technology as a novel control method for *Listeria monocytogenes* occurrence in mediterranean-style dry-fermented sausages. *Foods*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/foods8120672>
- MISRA, V., Solomon, S., Mall, A.K., Prajapati, C.P. y Ansari, M.I. (2020). Impact of chemical treatments on *Leuconostoc* bacteria from harvested stored cane/stale cane. *Biotechnology Reports*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00501>
- NGAMBI, S.N. y Chakanika, W.W. (2019). The benefits of university extension education to its stakeholders and possible improvements. *Journal of Adult Education*, 1(2), pp. 28-38.
- NUCERA, D., Lomonaco, S., Bianchi, D.M., Decastelli, L., Grassi, M.A., Bottero, M.T. y Civera, T. (2010). A five year surveillance report on PFGE types of *Listeria monocytogenes* isolated in Italy from food and food related environments. *International Journal of Food Microbiology*, 140, pp. 271-276. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.04.016>

- PADILLA FRAUSTO, J.J. (2010). *Diversidad genética y capacidad para formar biopelículas de cepas de Leuconostoc spp. aisladas de una planta procesadora de salchichas*. [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Querétaro.
- PAVLI, F., Argyri, A.A., Skandamis, P., Nychas, G.J., Tassou, C. y Chorianopoulos, N. (2019). Antimicrobial activity of oregano essential oil incorporated in sodium alginate edible films: control of *Listeria monocytogenes* and spoilage in ham slices treated with high pressure processing. *Materials*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/ma12223726>. pmid: 31718078; pmcid: pmc6887770.
- PÉREZ, A.G. (2012). *Susceptibilidad a nisina de cepas de Leuconostoc spp. aisladas de una planta procesadora de salchichas y la asociación con su genotipo*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma de Querétaro.
- RAMÍREZ, N. (2010). *Susceptibilidad de Leuconostoc spp aislado de una planta procesadora de salchichas al calor, conservadores y germicidas empleados en la industria*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma de Querétaro.
- _____. (2013). *Inactivación de cerevisiae y Leuconostoc spp en jugo de manzana por pulsos eléctricos de alto voltaje y ondas de choque*. [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Querétaro.
- RASO, J., Pagán, R., Condón, S. y Sala, F.J. (1998). Influence of temperature and pressure on the lethality of ultrasound. *Applied Environmental Microbiology*, 64(2), pp. 465-471.
- ROCCATO, A., Uyttendaele, M. y Membré, J. (2017). Analysis of domestic refrigerator temperatures and home storage time distributions for shelf-life studies and food safety risk assessment. *Food Research International*, 96, pp. 171-181. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.017>
- RODRÍGUEZ, M.A. y Rojas, L.R. (2014). Vinculación universidad empresa estado, algunas experiencias en América y otros países de Europa y Asia. *Negotium*, 10(29), pp. 79-99. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=78232555006>
- SARABIA, G. (2016). La vinculación universidad-empresa y sus canales de interacción desde la perspectiva de la academia, de la empresa y de las políticas públicas. *CienciaUAT*, 10(2), pp. 13-22. Recuperado el 9 de fe-

- brero del 2022 de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582016000100013&lng=es&tlng=es
- SINGH, M., Langsrud, S. y Holck, A. (2001). Disinfectant and antibiotic resistance of lactic acid bacteria isolated from the food industry. *Microbial Drug Resistance*, 7(1). <https://doi.org/10.1089/107662901750152846>
- SINGH, S. y Shalini, R. (2016). Effect of hurdle technology in food preservation: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(4), pp. 641-649. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.761594>
- VELA, I. (2012). *Predicción del comportamiento de Leuconostoc mesenteroides en salchichas bajo condiciones dinámicas de temperatura*. [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Querétaro.
- YANG, X., Wang, H., Hrycauk, S. y Klassen, M.D. (2021). Effects of peroxylacetic acid spray and storage temperature on the microbiota and sensory properties of vacuum-packed subprimal cuts of meat. *Applied and Environmental Microbiology*, 87(11). <https://doi.org/10.1128/AEM.03143-20>
- ZACARÍAS, Y.D. (2012). *Efecto del tratamiento térmico post-empaque sobre la vida de anaquel y las características reológicas y sensoriales de salchichas empacadas al vacío*. [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Querétaro.
- ZÚÑIGA, E. (2013). *Aislamiento de Leuconostoc spp. con capacidad para deteriorar jamón cocido, rebanado y empacado al vacío*. [Tesis maestría]. Universidad Autónoma de Querétaro.

VARIEDADES DE JAMAICA (*HIBISCUS SABDARIFFA L.*)
CULTIVADAS EN MÉXICO; PROCESO DE SECADO
Y DESARROLLO DE PRODUCTOS
DE ALTO VALOR AGREGADO

VARIETIES OF ROSELLE (*HIBISCUS SABDARIFFA L.*)
GROWN IN MEXICO; DRYING PROCESS AND DEVELOPMENT
OF HIGH VALUE-ADDED PRODUCTS

DRA. ROSALÍA REYNOSO CAMACHO¹

DR. GERARDO NAVA MORALES²

DR. LUIS M. SALGADO RODRÍGUEZ³

DR. EDMUNDO MATEO MERCADO SILVA⁴

DR. IZA FERNANDA PÉREZ RAMÍREZ⁵

M.C. ALEXANDRO ESCOBAR ORTIZ⁶

RESUMEN

Los cálices de jamaica (*Hibiscus sabdariffa L.*) son ampliamente consumidos debido a su sabor y efectos en la salud. México es uno de sus principales productores, con 18 mil hectáreas al año, principalmente en zonas marginadas de Nayarit, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Sin embargo, esto ha disminuido debido a los múltiples problemas que enfrentan los agricultores, tales como el bajo rendimiento de producción, las malas prácticas postcosecha durante el proceso de secado que generan problemas de inocuidad y pérdidas de la producción, y la falta de opciones para industrializar y generar un valor agregado a este producto.

¹ Facultad de Química, rrcamachomx@yahoo.com.mx

² Facultad de Química, gerardomnava@gmail.com

³ CíCATA, Instituto Politécnico Nacional, lmsalgador@ipn.mx

⁴ Facultad de Química, mercado501120@gmail.com

⁵ Facultad de Química, iza.perez@hotmail.com

⁶ Facultad de Química, alexandro.escobarortiz@outlook.com

En esta investigación se seleccionaron variedades de jamaica producidas en diferentes estados del país para identificar aquellas con mayor rendimiento y cantidad de fitoquímicos, y se optimizó el proceso de secado y el manejo postcosecha de los cálices. Además, se desarrollaron productos de alto valor agregado utilizando cálices de jamaica y el subproducto de su decocción, y se proporcionó conocimiento técnico-científico a productores de jamaica del estado de Guerrero. Como resultado, se lograron recolectar 26 variedades de jamaica de seis estados del país en colaboración con investigadores del INIFAP. Las variedades se caracterizaron agrónomicamente y morfológicamente, y se determinó su perfil de compuestos fitoquímicos. Las semillas de todas las variedades se almacenaron en el Centro Nacional de Recursos Genéticos de la SAGARPA, ubicado en INIFAP.

Mediante visitas de campo se señalaron consideraciones para mejorar el manejo postcosecha de la jamaica y se optimizó el proceso de secado, disminuyendo el tiempo en 85%, las posibilidades de contaminación y, en consecuencia, las pérdidas de calidad del producto. Aunado a lo anterior, las variedades de jamaica se clasificaron en función de su color y estos parámetros se asociaron con su contenido fitoquímico. Se desarrollaron productos de alto valor agregado a base de jamaica, como bebidas embotelladas, suplementos alimenticios ricos en fibra y botanas extruidas.

Esta investigación logró una amplia vinculación con campesinos de la sierra de Guerrero, una zona con altas tasas de marginación. Entre las actividades de vinculación con impacto social se encuentra el curso “Tecnologías para mejorar la productividad de la flor de jamaica” en el municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero. En dicho curso, se brindó asesoría sobre el proceso de cultivo y cosecha de jamaica para disminuir las pérdidas postcosecha; asistieron 316 productores de veinte localidades de la región. Se creó un padrón de productores interesados en la transferencia tecnológica y se integró un colectivo de ciudadanos interesados en la creación de una microempresa dedicada a la transformación de la jamaica en productos de alto valor agregado. Al mencionado colectivo se le ofreció un taller teórico-práctico donde se les capacitó sobre la metodología de elaboración de productos, buenas prácticas de manufactura, inocuidad, empaque al vacío y esterilización. Con lo anterior, se profesionalizó al colectivo en la transformación de jamaica en productos alimenticios.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y CONCEPTO

La jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es un cultivo ideal para países en desarrollo debido a que es resistente a climas áridos y tropicales, además de tener una buena capacidad de adaptación a suelos aluviales, arcillosos, pedregosos o arenosos que permite producirla fácilmente en las zonas secas de México. Los principales productores de jamaica son Taiwán, China, Corea del sur, India y Sudán. México se posiciona como el séptimo productor a nivel mundial.

En México, la jamaica es parte de la tradición popular, ya que los cálices son deshidratados y usados para preparar bebidas y algunos alimentos (Amaya *et al.*, 2018a). Se cultiva en una superficie de 18,654 hectáreas en los estados de Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Puebla y Nayarit, siendo Guerrero el estado que aporta más a la producción con 76% de la superficie sembrada, 14,294 hectáreas y una producción de 5,180 toneladas, que equivale a 73% de las 7,889 toneladas que se producen anualmente en el país. El rendimiento de la producción promedio es de 350 a 980 kg por hectárea, dependiendo de si la producción es de monocultivo o si la parcela está intercalada con maíz (SIAP, 2019).

Los cálices de jamaica contiene una gran cantidad de fitoquímicos, entre los que destacan las antocianinas. Éstas les confieren a sus extractos su color rojo y su propiedad antioxidante, además de contribuir con 51% de la actividad antioxidante total (Tsai *et al.*, 2002). Las antocianinas mayoritarias en esta flor son la delfinidina (70.9%) y la ciainidina (29%) (Gassama y Sané, 2004). A pesar de que a la jamaica se le han atribuido diversos efectos en la salud como un potente antioxidante (Lin *et al.*, 2012), antiobesogénico (Carvajal *et al.*, 2013) y antilipidémico (Gurrola *et al.*, 2010), el valor agregado que se le da es bastante limitado en el país. Aunado a esto, los problemas de producción y calidad del producto provocan que parte de la producción no cumpla los requerimientos para su comercialización, representando una gran oportunidad para generar productos de valor agregado a partir de este cultivo (Escobar *et al.*, 2021).

En México existe un gran número de variedades de jamaica que presentan diferentes características fenotípicas (Tomas *et al.*, 2011). Esto se atribuye a los planes de mejoramiento genético y selección que han generado

variedades con diferentes niveles de pigmentación, produciendo cálices con tonalidades rojas, moradas, rosadas y hasta blancas (Camelo *et al.*, 2013). Sin embargo, es poca la información disponible sobre la producción, tolerancias a las enfermedades, características agronómicas y fitoquímicas de las principales variedades que se producen en México (Camelo *et al.*, 2013), la cual es necesaria para seleccionar y promover la producción de jamaica, y para que ésta pueda generar valor agregado a la producción.

Uno de los principales problemas en el ciclo productivo de la jamaica es su tratamiento postcosecha. En toda región productora de este cultivo los agricultores llevan a cabo el secado de los cálices en banquetas, pisos, azoteas o en el suelo, lo que hace que el producto sea expuesto a fuentes de contaminación. Una alternativa a este problema es implementar un método de secado como el secado por aire forzado o el solar, el cual puede aumentar la eficiencia y velocidad del mismo, así como proteger el producto de fuentes de contaminación.

Debido a lo anterior, en el presente proyecto se seleccionaron 26 variedades de jamaica producidas en seis estados del país, se evaluaron sus características agronómicas, fisicoquímicas y fitoquímicas, y se optimizó el proceso de secado y el manejo postcosecha. Asimismo, se evaluó el potencial antiobesogénico de sus extractos y se desarrollaron productos de alto valor agregado utilizando cálices de jamaica y el subproducto de su decocción. Además, por medio de una capacitación, se transfirió conocimiento a productores de jamaica del estado de Guerrero.

INVESTIGACIÓN

1. MUESTREO Y RECOLECCIÓN

Dado el gran número de variedades de jamaica que existen en México y la nula información respecto a su contenido fitoquímico y sus características agronómicas, el primer objetivo de este proyecto consistió en seleccionar una muestra representativa de variedades de jamaica cultivadas en las principales zonas productoras de México. Para lograr dicho objetivo, se tomaron en cuenta las estadísticas oficiales de la Secretaría de Agricultu-

ra, Ganadería, Desarrollo rural y Pesca (SAGARPA) a través del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en 2016. A partir de esta información, y tal como se muestra en el Cuadro 1, se registró que el principal estado productor de jamaica del país es Guerrero, con 4,634 toneladas anuales, siendo los municipios de Ayutla de los Libres, Tecoanapa y Acapulco de Juárez los que lideran la producción, sin mencionar los estados de Oaxaca (755 toneladas), específicamente los municipios de Santo Domingo de Morelos y Santa María Tonameca, y Michoacán (800 toneladas), principalmente la Huacana, Aquila y Churumuco. Es importante aclarar que las principales zonas de producción de jamaica se caracterizan por ser municipios con altos índices de marginación, por lo que incrementar la eficiencia de producción de este cultivo y la posterior generación de valor agregado a su cadena productiva puede impactar de manera positiva en estas zonas del país.

CUADRO 1. DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE JAMAICA
POR ESTADO EN MÉXICO DURANTE 2014 (SIAP, 2016)

ESTADO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)
Guerrero	14,274.00	14,274.00	4,634.75
Oaxaca	2,497.73	2,194.73	755.86
Michoacán	1,559.00	1,559.00	800.05
Puebla	471	471	438.13
Nayarit	319	316.5	181.58
Campeche	190	190	73.9
Colima	61.5	61.5	49.2
Jalisco	16	16	9.46
México	4	4	2.4
Sinaloa	4	4	2.24
	19,396.23	19,090.73	6,947.57

Con la información de la producción de jamaica por estado y el porcentaje que aporta cada municipio, se contactó a productores de jamaica de los municipios con mayor producción para la recolección de las variedades. En el cuadro 2 se muestran las que fueron cosechadas (flor y semilla), siendo un total de 26 variedades de jamaica recolectadas en las principales zonas productoras de México. Es destacable la gran diversidad de variedades de jamaica disponibles en el país.

**CUADRO 2. VARIEDADES DE JAMAICA RECOLECTADAS
EN DIFERENTES LOCALIDADES DE LOS ESTADOS
REPORTADOS COMO PRODUCTORES EN MÉXICO EN 2014**

Núm.	VARIEDAD	LOCALIDAD	MUNICIPIO	ESTADO
1	Criolla	El Ranchito	Ayutla de los Libres	Guerrero
2	Taiwán	Zempazulco	Ayutla de los Libres	Guerrero
3	Reyna	San José Cayaco	La Huacana	Michoacán
4	Morada	La Huacana	La Huacana	Michoacán
5	Criolla	La Huacana	La Huacana	Michoacán
6	Negra	Piscila	Colima	Colima
7	Colima	Piscila	Colima	Colima
8	Jalisco	Piscila	Colima	Colima
9	Roja clara	Puerta de Anzar	Colima	Colima
10	Tempranilla	Puerta de Anzar	Colima	Colima
11	Jersey	Chiautla de Tapia	Chiautla de Tapia	Puebla
12	Criolla	Chiautla de Tapia	Chiautla de Tapia	Puebla
13	Sudán Morada	Palma Larga	Santa María Tonameca	Oaxaca

NÚM.	VARIEDAD	LOCALIDAD	MUNICIPIO	ESTADO
14	Sudán Roja	Palma Larga	Santa María Tonameca	Oaxaca
15	Alma Blanca	Palma Larga	Santa María Tonameca	Oaxaca
16	Criolla	Palma Larga	Santa María Tonameca	Oaxaca
17	Tempranilla	Río Grande	Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	Oaxaca
18	Costeña	Río Grande	Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	Oaxaca
19	UAN-8	Río Grande	Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	Oaxaca
20	UAN-13	Río Grande	Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	Oaxaca
21	UAN-16	Río Grande	Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	Oaxaca
22	UAN-29	Río Grande	Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	Oaxaca
23	Criolla	El Venado	Ruiz	Nayarit
24	Colimeña	El Venado	Ruiz	Nayarit
25	Cuarenteña	Hacienda de Mariquita	Acaponeta	Nayarit
26	Cuacoyula	Cuacoyula de Álvarez	Iguala de la Independencia	Guerrero

2. CULTIVO EXPERIMENTAL Y CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA

Para generar materia prima suficiente (cálices o flor seca) para las caracterizaciones agronómicas y químicas, la elaboración de perfiles fitoquímicos y la generación de nuevos productos, se realizó un cultivo experimental con las semillas obtenidas de cada variedad en una parcela ubicada en el municipio de Iguala, Guerrero, donde se sembraron seis surcos de cincuenta metros de largo por cada variedad, dejando un surco libre entre cada una. El área total sembrada fue de una hectárea.

FIGURA 1. CAMPO DE PRODUCCIÓN DE JAMAICA



De la parcela sembrada anteriormente, se seleccionaron cinco plantas de cada variedad para la caracterización morfológica de las variedades en campo (Figura 2).

FIGURA 2. MEDICIONES EN CAMPO PARA LA CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LAS VARIEDADES DE JAMAICA



- I) Características generales: días transcurridos antes de la primera flor, días transcurridos antes de la última flor, altura cuando brota el primer fruto (cm), altura de la planta (cm), número de ramas por planta, rendimiento (kg ha^{-1}).
- II) Características del tallo: color, diámetro medio, pubescencia en la parte superior, altura de la planta (cm), altura cuando se tenga la primera rama productiva (cm), número de ramas principales y hábito de crecimiento.
- III) Características de la hoja: color de la primera hoja, forma, longitud, ancho, color en etapa de floración; color, forma y tipo de borde, color en etapa de floración; coloración antociánica de la nervadura, longitud y ancho.
- IV) Características de la flor: color de pétalos (corola), color del borde del pétalo (corola), de anteras maduras y estigma; longitud y diámetro de cáliz (cm), color al momento de cosecha y tipo de madurez fisiológica.
- V) Características de la semilla: color y forma de la semilla, y peso seco de cien semillas (g).

Con toda la información obtenida en la caracterización morfológica de las variantes de jamaica recolectadas para este estudio se generó una base de datos. Además, parte de las semillas seleccionadas se almacenó en el Centro Nacional de Recursos Genéticos de la SAGARPA, ubicado en el INIFAP.

3. MEJORA TECNOLÓGICA EN EL PROCESO DE SECADO DE JAMAICA

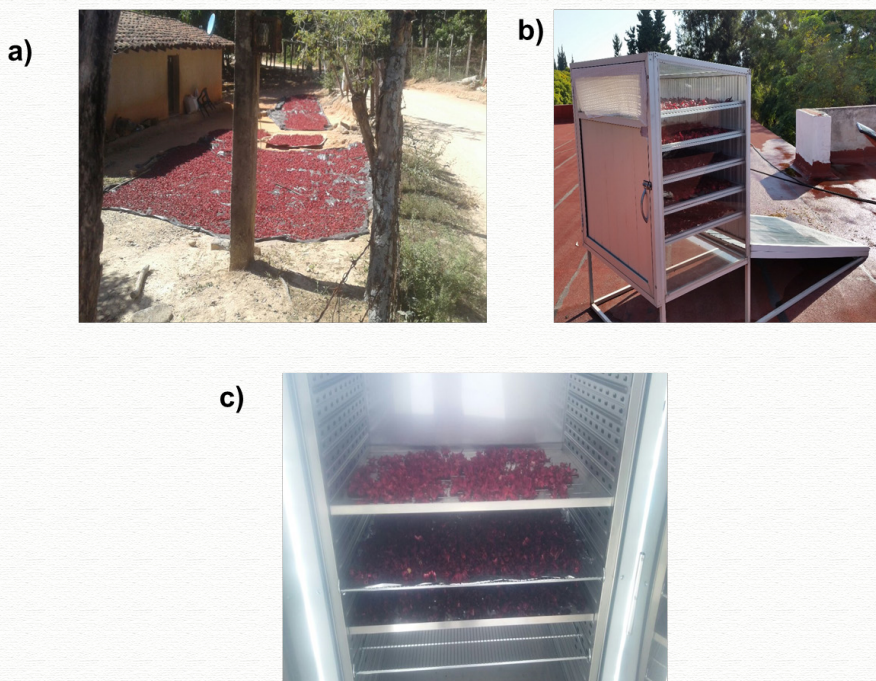
Como parte de las actividades de investigación del proyecto, se realizó una visita de campo a la principal zona de producción de jamaica de México, el municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero. Esto con el fin de observar las operaciones de manejo postcosecha de la jamaica y detectar las áreas de mejora tecnológica en el mencionado proceso productivo. Se observaron procedimientos de cosecha, despique y secado de los cálices y las cápsulas para obtener la semilla, los cuales se resumen a continuación.

Una vez que la flor ha alcanzado un estado de madurez adecuado, se procede con el corte de las flores y ramas para el despicado, el cual consiste en separar los cálices de jamaica de la cápsula. Este proceso se realiza de forma rudimentaria y manual. Una vez que los cálices son despicaados, se separan de hojas y ramas y se llevan al proceso de secado, el cual se realiza utilizando un secado solar tradicional y colocando los cálices directamente sobre una superficie plástica o de concreto expuesta a los rayos solares.

El proceso de secado tradicional tiene un tiempo de duración diversa, dependiendo de la variedad de jamaica, el tamaño de los cálices y la intensidad de la luz solar; el tiempo promedio va de tres a cinco días. El secado tradicional de las flores se hace a la intemperie e, incluso, en la vía pública (Figura 3), lo que provoca que la jamaica esté expuesta al polvo, animales domésticos y salvajes, así como a fauna nociva. Esta última representa un grave problema para la calidad e inocuidad de la jamaica, el cual, a su vez, obstaculiza su comercialización. Además, la exposición solar directa por tantos días puede propiciar la degradación de compuestos fitoquímicos de la jamaica, generando coloraciones indeseables y afectando aún más su calidad y valor en el mercado.

Debido a lo anterior, el aspecto principal identificado para su mejora en la postcosecha de la jamaica fue el proceso de secado, por lo que el siguiente objetivo del proyecto fue optimizar distintos procesos de secado para mejorar la calidad de las flores de jamaica. Para lograrlo, se estudiaron dos equipos de secado disponibles comercialmente: el secado solar y el secado con aire forzado. El solar es el método más largo para deshidratar la flor de jamaica (70 h), mientras que utilizar el aire forzado disminuye el tiempo de secado 85% a 45 °C y 95% a 55 y 65 °C, sin afectar de forma significativa la coloración de la flor y su contenido fitoquímico. Además, este método se realiza en ambientes controlados lejos de fuentes de contaminación (Figura 3) (Ledesma *et al.*, 2018).

FIGURA 3. A) SECADO TRADICIONAL (VISITA AL CAMPO, AYUTLA DE LOS LIBRES, GRO). B) SECADOR SOLAR (FACULTAD DE QUÍMICA, UAQ). C) SECADO POR AIRE FORZADO (FACULTAD DE QUÍMICA, UAQ)



La disminución del tiempo de secado y la conservación de la calidad de la jamaica mediante el uso de aire forzado es una ventaja tecnológica que puede ser usada por los productores para mejorar sus procesos y la calidad final de su producto. Sin embargo, es necesaria la inversión para poder llevar estas tecnologías a los productores de jamaica de las zonas más marginadas del país.

4. CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA DE LAS VARIEDADES DE JAMAICA

Una vez definidas las condiciones óptimas de secado, se procedió a determinar las características fisicoquímicas (color, pH, acidez titulable), el con-

tenido de fenoles y antocianinas, y el perfil fitoquímico por HPLC-MS de las 26 variedades de jamaica recolectadas en el estudio. Lo anterior con el fin de identificar oportunidades de aprovechamiento e industrialización de las variedades de acuerdo con sus características para generar un valor agregado a su producción. Con base en los resultados obtenidos sobre el color de las diferentes variedades de jamaica, éstas se lograron clasificar y agrupar en seis coloraciones: moradas/negras, oscuras, rojas, rojas claras, rosas e incluso blancas. La clasificación por coloración es de suma relevancia, ya que a partir de ésta se puede definir una posible aplicación y uso. Por otro lado, según las preferencias de los consumidores en cuanto a la coloración, se puede promover el cultivo de ciertas variedades, lo que podría ser un diferenciador de la jamaica producida en México respecto a la de otros países.

Respecto a los efectos de la variación en los parámetros de color dependiendo del tipo de jamaica, los valores de L^* fueron más bajos (color más oscuro) en las negras/moradas, seguidas por las rojas oscuras, rojas claras y rosas; el valor de luminosidad más alto (color más claro) lo presentó la variedad Alma blanca. Con respecto a los valores más altos de a^* (la tendencia de rojo a verde), estos los presentaron Criolla Puebla y Sudán morada, mientras que el valor más bajo lo obtuvo Alma blanca. De acuerdo con los valores de b^* , la variedad con una mayor tonalidad amarilla es Alma blanca y aquella con mayor tonalidad azul, la Reyna (Morales-Luna, 2019a).

Por su parte, todas las variedades de jamaica presentaron un pH ácido, siendo las variedades Criolla de Oaxaca y Criolla de Michoacán las que tuvieron los valores más altos de acidez titulable, y las variedades UAN-16 y UAN-29, un pH menos ácido. Los resultados de acidez titulable se comportaron de manera directamente proporcional a la determinación de pH, ya que ésta es una medida indirecta de la cantidad de ácidos orgánicos presentes en una muestra (Morales-Luna, 2019a). Es importante mencionar que la jamaica es una fuente natural de ácidos orgánicos, siendo los mayoritarios el ácido cítrico, el hidroxícitrico y el hibiscus (Izquierdo-Vega *et al.*, 2020).

La determinación de pH y acidez titulable es de gran relevancia, ya que una de las principales formas de consumo e industrialización de la jamaica es en bebidas elaboradas con extractos e infusiones (Da Costa *et al.*, 2014).

Estas determinaciones son una de las mediciones fundamentales en la caracterización fisicoquímica de bebidas (Cardoso de Souza *et al.*, 2020). En cuanto a los compuestos fitoquímicos totales, en el contenido de fenoles totales, se observó que las variedades que presentaron una mayor concentración fueron las moradas, mientras que las variedades blancas y rosas mostraron valores más bajos en esta cuantificación (Morales, 2019a).

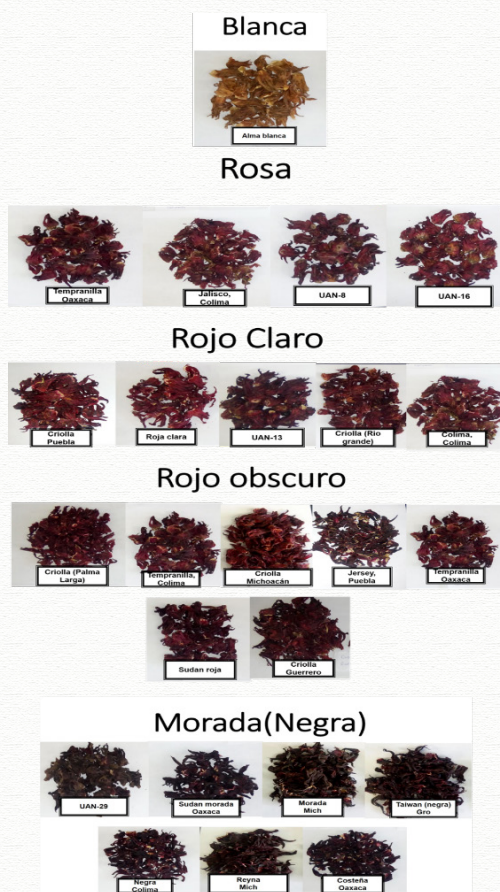
Respecto al contenido de antocianinas, éste fue hasta cuatro veces mayor en las variedades moradas/negras que en las rojas y hasta ocho veces mayor que en las rosas, siendo las variedades Sudán morada, negra y Jersey las que presentaron la cantidad más alta de estos compuestos. Por otro lado, en las variedades blancas, como era de esperarse debido a su coloración, no se encontraron antocianinas en sus cálices (Morales, 2019a). Con relación al perfil fitoquímico de las diferentes variedades de jamaica por UPLC-ESI-QTOF-MS-MS, se pudieron identificar compuestos cuyo consumo está asociado a efectos benéficos en la salud; en el análisis metabólico se identificaron 26 antocianinas, 44 ácidos fenólicos, 16 flavonoides y 8 ácidos orgánicos. Se encontró que antocianinas como la delfinidina 3-sambubiosido se hallan prominentemente en las variedades moradas/negras y las blancas contienen los menores niveles de estos compuestos. En cuanto a los ácidos orgánicos, las variedades con mayor concentración fueron las blancas (Morales, 2019a).

Respecto al contenido de antocianinas, éste fue hasta cuatro veces mayor en las variedades moradas/negras que en las rojas y hasta ocho veces mayor que en las rosas; las variedades Sudán morada, negra y Jersey las que presentaron la cantidad más alta de estos compuestos. Por otro lado, en las variedades blancas, como era de esperarse debido a su coloración, no se encontraron antocianinas en sus flores (Morales, 2019a).

La información generada sobre el color y el contenido fitoquímico de las 26 variedades de jamaica es de gran relevancia, pues a partir de ésta se pueden escoger diferentes variedades para aprovecharlas en la generación de productos de valor agregado. Un ejemplo de esto es su empleo para la extracción de antocianinas y para su posterior aplicación como colorante rojo natural alimentario. Para esta última sería conveniente utilizar una morada/negra como la Sudán morada dado su alto contenido de antocianinas en comparación con otras variedades. Además, con la caracterización de

su perfil fitoquímico se pudieron identificar compuestos reportados como benéficos para la salud; un ejemplo son los ácidos orgánicos, los cuales son mayoritarios en la Alma blanca.

FIGURA 4. FOTOS DE LAS 26 VARIEDADES DE JAMAICA RECOLECTADAS, AGRUPADAS Y CLASIFICADAS DE ACUERDO A SU COLORACIÓN



Es importante mencionar que la variedad Alma blanca, al carecer de la típica coloración roja que les confieren las antocianinas a otras variedades, es difícil de comercializar. Sin embargo, tiene en su composición altas concentraciones de ácidos orgánicos, a algunos de los cuales, como el hidroxicitrico, se les han atribuido efectos reguladores del peso corporal

(Onakpoya *et al.*, 2011). Es por esto que fue de interés evaluar el efecto antiobesogénico de extractos de la variedad Alma blanca y contrastarlo con el de una variedad convencional. Una vez confirmados los efectos benéficos, se podría promover el uso de extractos de jamaica Alma blanca para la preparación de bebidas funcionales con potencial efecto regulador del peso corporal.

5. EVALUACIÓN IN VIVO DEL EFECTO ANTIOBESOGÉNICO DE LA JAMAICA DE COLORACIONES CONTRASTANTES

Para asegurar los beneficios biológicos de los materiales con los que se elaborarían las bebidas funcionales de jamaica, se obtuvieron extractos de dos variedades (Criolla y Alma blanca) y se determinó su efecto en un modelo de obesidad *in vivo* evaluando parámetros relacionados con la disminución de peso corporal y la resistencia a la insulina. Se utilizaron ratas Wistar machos adquiridas en el Instituto de Neurobiología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Querétaro. Las ratas sanas fueron alimentadas con una dieta estándar, mientras que a otras se les dio una dieta hipercalórica, la cual es alta en grasa saturada y fructosa, para incrementar su peso corporal e inducir obesidad.

Los animales se dividieron en 4 grupos: control sano, control obeso, tratamiento con extracto acuoso de jamaica Criolla y tratamiento con extracto acuoso de jamaica Alma blanca. Durante 16 semanas a los grupos con tratamiento se les administraron diariamente extractos preparados (1.5 g de extracto acuoso por cada 100 ml de agua potable) y a los de control se les administró agua potable; ambas bebidas se administraron *ad libitum*. Se evaluó el efecto de estos extractos en ratas alimentadas con una dieta hipercalórica y se encontró que los acuosos de ambas variedades generaron una menor ganancia de peso con respecto a los del control obeso. Esto se puede atribuir al contenido de ácidos orgánicos, seguido de las antocianinas presentes en estos extractos (Morales *et al.*, 2019b). De acuerdo con los hallazgos reportados por Morales Luna (2019b), tanto los extractos obtenidos de las variedades de jamaica con coloración roja como los de las variedades blancas tienen un potencial antiobesogénico, lo cual puede ser aprovecha-

do para su industrialización en la generación de bebidas a base de extractos naturales y para la promoción del consumo de la variedad Alma blanca que, debido a su coloración, tiene poca demanda en el mercado.

6. DESARROLLO DE PRODUCTOS DE VALOR AGREGADO A BASE DE JAMAICA

Una vez definidas las características agronómicas y fisicoquímicas de la jamaica, se procedió a crear nuevos productos a base de jamaica, intentando promover su industrialización y la generación de un valor agregado a este cultivo. Los productos desarrollados en el presente proyecto fueron: bebidas funcionales, suplementos alimenticios y botanas extrudidas.

6.1 BEBIDAS FUNCIONALES

Como parte de este proyecto, se desarrollaron productos alimenticios con el fin de darle un mayor valor comercial a la producción de jamaica nacional, usando como materia prima los cálices deshidratados. Entre estos productos destacan las bebidas funcionales elaboradas con extracto de jamaica Criolla, Alma blanca y la mezcla de ambas. Para el proceso de generación de las diferentes formulaciones se realizó un diseño de mezclas, donde se usaron diferentes proporciones de extracto acuoso de dichas variedades, así como edulcorantes, conservadores y acidulantes.

Después de la formulación de bebidas se procedió al embotellado (Figura 5). Posteriormente, éstas se pasteurizaron con la finalidad de asegurar la calidad microbiológica del producto final. A todas las formulaciones desarrolladas se les realizó una evaluación sensorial, donde se analizaron atributos como color, olor y sabor. Además, se caracterizó el contenido de fenoles totales y antocianinas, y se midieron las características fisicoquímicas de las bebidas. Finalmente, se realizó una prueba de estabilidad acelerada del color y el contenido fitoquímico de las mismas.

FIGURA 5. BEBIDAS YA PREPARADAS CON DIFERENTES CONCENTRACIONES Y MEZCLAS DE EXTRACTOS DE JAMAICA



Como resultado, se desarrollaron seis diferentes formulaciones, cuatro de las cuales se muestran en la Figura 6. Hay que destacar que al mezclar extractos de jamaica con diferentes coloraciones se obtuvieron bebidas con una amplia gama de colores, lo cual puede ser atractivo para los consumidores.

FIGURA 6. BEBIDAS ELABORADAS A BASE DE JAMAICA CRIOLLA, ALMA BLANCA Y MEZCLAS DE AMBAS



En cuanto a la evaluación sensorial, en el parámetro de color, las bebidas realizadas a base de extractos de jamaica Criolla y jamaica Criolla con Alma blanca presentaron 25% más aceptabilidad en comparación con las bebidas realizadas solamente a base de extracto de Alma blanca. Por otro lado, en el parámetro de olor, todas las bebidas fueron igualmente aceptadas independientemente de los extractos con los que fueron hechas. Por último, resulta interesante que las bebidas realizadas con extractos de jamaica Alma blanca y mezcla de Alma blanca y Criolla tuvieran una mayor aceptabilidad sensorial que las bebidas elaboradas solamente con el extracto de Criolla. Esta información es sumamente significativa, ya que la aceptación sensorial de las bebidas elaboradas con extracto de Alma blanca posibilita su industrialización y adición de valor, es decir, el desarrollo de productos diferenciados en el mercado. Debido a ello, algunas fórmulas ya son comercializadas como producto universitario bajo el nombre “AGUAQ” (Figura 7).

FIGURA 7. BEBIDA AGUAQ DE JAMAICA, PRODUCTO UNIVERSITARIO



Es importante destacar que el cuerpo académico de enfermedades metabólicas ya ha generado publicaciones científicas donde se reportan los efectos antiobesogénicos de algunas de estas bebidas (Rubio *et al.*, 2021).

6.2 SUPLEMENTO ALIMENTICIO

Como se mencionó anteriormente, una de las principales formas de consumir jamaica es por medio de bebidas, las cuales son preparadas a partir de extractos obtenidos tras la decocción de flores deshidratadas. En este proceso, los compuestos solubles son separados para filtrar el residuo de los cálices. Comúnmente este subproducto es desechado; sin embargo, posee características nutricionales de interés, como un alto contenido de fibra dietaria insoluble y soluble, compuestos fenólicos como las antocianinas. Por esta razón, dicho residuo es apto para el desarrollo de productos como suplementos alimenticios, los cuales le pueden conferir un valor agregado a un subproducto que de otra manera sería desechado, generando un impacto económico y ambiental. Debido a lo anterior, otro de los productos desarrollados en este proyecto fue un suplemento alimenticio elaborado con subproductos de las variedades Criolla de Ayutla de los Libres, Guerrero, Criolla de Oaxaca y Alma blanca (Figura 8).

FIGURA 8. DE IZQUIERDA A DERECHA SE MUESTRAN LOS SUPLEMENTOS DE JAMAICA ROJA, ROSA, BLANCA Y UN SUPLEMENTO COMERCIAL. ESTE ÚLTIMO PRESENTA UN PRECIPITADO MAYOR EN COMPARACIÓN CON LOS DESARROLLADOS EN ESTE PROYECTO



Se cuantificó la fibra dietaria, los compuestos fenólicos, los flavonoides y las antocianinas totales de los subproductos. También se determinaron parámetros fisicoquímicos y funcionales, como la humectabilidad y la solubilidad.

Además, estos suplementos se compararon con un suplemento de control comercial a base de nopal.

Se generaron distintas tonalidades de suplementos de acuerdo con la variedad de jamaica con la que fueron elaborados, lo cual puede ser atractivo para el consumidor. Asimismo, sobre el contenido de fitoquímicos, se encontró que la fórmula elaborada con subproducto de jamaica roja fue la que contenía un mayor número de compuestos, flavonoides y antocianinas; sin embargo, el subproducto de jamaica blanca contenía más fibra dietaria total. Además, las fórmulas con subproducto de jamaica mostraron cuatro veces más humectabilidad que un suplemento comercial a base de linaza y nopal, y la elaborada con el subproducto de la jamaica de coloración roja mostró una solubilidad mayor que los otros suplementos (Amaya *et al.*, 2018b). Debido esto, el desarrollo de suplementos a partir de subproductos de jamaica es una opción viable para generar un valor agregado a un material que de otra forma sería desechado.

6.3 BOTANAS EXTRUDIDAS

Debido al estilo de vida occidental, caracterizado por el tiempo limitado del que se dispone para preparar alimentos, el consumo de botanas o *snacks* se encuentra en constante crecimiento, pues son productos de fácil acceso para el consumidor. A pesar de lo anterior, el consumo de botanas ha sido señalado como una de las causas del incremento de la obesidad y sus complicaciones, ya que generalmente son ricas en azúcares, grasas y calorías. Es por esto que una de las tendencias en el mercado de las botanas es el desarrollo de *snacks* saludables con alto contenido de fibra o proteína.

Una alternativa innovadora para desarrollar botanas es la tecnología de extrusión, la cual combina el mezclado, calentamiento y cizallamiento. Este proceso puede ser usado para la elaboración de cereales y botanas, pues genera diferentes texturas, se puede incorporar una gran variedad de ingredientes, es de bajo costo y origina productos de alta calidad. En este sentido, se desarrollaron botanas extruidas a base de maíz y jamaica; se elaboraron 5 fórmulas mezclando esta última en diferentes proporciones (0-20% de jamaica) (Cuadro 3).

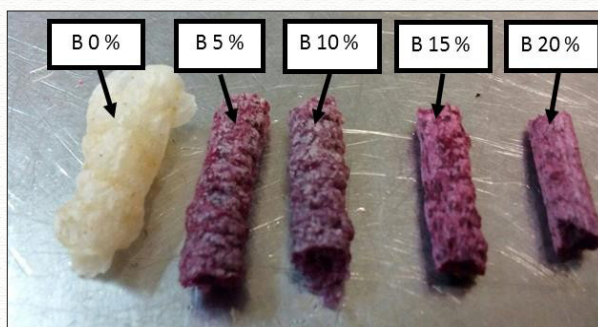
CUADRO 3. PORCENTAJE DE HARINAS UTILIZADAS EN LA FORMULACIÓN DE BOTANAS EXTRUIDAS DE MAÍZ ADICIONADAS CON JAMAICA

BOTANAS	HARINA DE JAMAICA	HARINA DE MAÍZ
B 0%	0%	100%
B 5%	5%	95%
B 10%	10%	90%
B 15%	15%	85%
B 20%	20%	80%

El objetivo del proyecto fue generar un producto de alto valor agregado en forma de botana. Al incorporar harina de jamaica en una mezcla de maíz, se pretendía producir un *snack* con mayores niveles de fibra, compuestos fitoquímicos como antocianinas y flavonoides, y mayor capacidad antioxidante. Se caracterizó el contenido proximal de las fórmulas, su contenido de compuestos fitoquímicos, su capacidad antioxidante y sus características funcionales.

Las botanas se muestran en la Figura 9, donde se puede apreciar que, conforme incrementó el contenido de jamaica en la fórmula, también lo fue la coloración roja. Esto se debe al contenido de antocianinas presente en la harina de jamaica. Por otro lado, a medida que se incrementó, disminuyó el índice de expansión y aumentó la dureza de las botanas.

FIGURA 9. BOTANAS EXTRUIDAS A BASE DE MAÍZ Y DIFERENTES CONCENTRACIONES DE JAMAICA



Ahora bien, la adición de jamaica a la botana extruida incrementó el contenido de cenizas, el cual se duplicó en la concentración más alta de harina de jamaica; sin embargo, no se generaron cambios importantes en el contenido de lípidos y proteínas. Por otro lado, la adición de harina de jamaica en 20% a las fórmulas generó un incremento de hasta 50% de fibra insoluble y 270% de fibra soluble, por lo que la harina de jamaica puede ser una fuente valiosa de fibra en las botanas extruidas. En cuanto al contenido calórico, éste disminuyó conforme aumentó la proporción de harina de jamaica en la formulación de las botanas. Esto se puede atribuir a la cantidad de fibra en el cáliz, que, al usarse en la fórmula, reduce el almidón del *snack* y, por lo tanto, su contenido calórico.

Por último, las botanas con jamaica en su fórmula incrementaron su capacidad antioxidante y su contenido de compuestos fenólicos totales (600%), flavonoides (500%) y antocianinas (100%), mientras que el proceso de extrusión solamente degradó aproximadamente 20% el contenido de estos fitoquímicos debido al corto tiempo en que las harinas estuvieron expuestas a altas temperaturas. El desarrollo de botanas extruidas a base de jamaica con alto contenido de fitoquímicos y fibra, así como reducidos niveles de grasa, es una opción innovadora para darle valor agregado a este cultivo.

7. CURSOS DE CAPACITACIÓN A PRODUCTORES DE JAMAICA PARA LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL ÁREA DE INOCUIDAD Y OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DE VALOR AGREGADO

La última etapa de este proyecto consistió en una serie de capacitaciones cuyo objetivo fue transmitir a los productores de jamaica el conocimiento que se genera en la academia. En este sentido, se desarrollaron dos eventos. El primero fue un ciclo de conferencias realizadas en el municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero, que se impartió a productores de jamaica de la región. Al final del evento, se apoyó a los productores con el asesoramiento para fertilizantes. En el segundo evento se capacitó a un grupo de mujeres emprendedoras del estado de Guerrero, quienes se trasladaron a las instalaciones de la Facultad de Química de la UAQ con la intención de prepararse

para crear una microempresa dedicada a la transformación de la jamaica y el desarrollo de nuevos productos. A continuación, se detallan los dos eventos.

7.1 CAPACITACIÓN DE PRODUCTORES DE JAMAICA DE LA SIERRA DE GUERRERO

El 16 de diciembre del 2016, se llevó a cabo el curso de capacitación “Tecnologías para mejorar la productividad de la flor de jamaica” en la ciudad de Ayutla de los Libres en el estado de Guerrero (Figura 10)

FIGURA 10. PROGRAMA DEL EVENTO “TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR
LA PRODUCTIVIDAD DE LA FLOR DE JAMAICA (2016)”

	TEMA	PONENTE
09:00 - 09:30	Registro	
09:30 - 09:45	Bienvenida	C. Hortencia Aldaco Quintana Presidente Municipal de Ayutla de los Libres, Gro.
09:45 - 10:15	Tecnologías para mejorar la productividad de la flor de Jamaica	Dr. Gerardo M. Nava. Universidad Autónoma de Querétaro
10:15 - 11:00	Inocuidad en la producción de Jamaica	MC. Ricardo Ahumada Cota Universidad Autónoma de Querétaro
11:00 - 11:45	Adelantos tecnológicos y recomendaciones técnicas para el cultivo de Jamaica	Dr. Aristeo Barrios Ayala INIFAP-Iguala
11:45 - 12:00	Receso	
12:00 - 12:45	Manejo y control del manchado del cáliz (<i>Corynespora cassicola</i>) en Guerrero	Ing. Uriel Morales Cruz CESA VEGRO
12:45 - 13:30	Situación actual del hongo <i>Corynespora cassicola</i> en el estado de Guerrero	Ing. Ignacio Mendoza Castro Gerente del Consejo Estatal de la Jamaica
13:30 - 14:15	Jamaica: generación de nuevos productos con valor agregado	PIAI. Alexander Escobar Ortiz Universidad Autónoma de Querétaro

	TEMA	PONENTE
14:15 - 15:00	Mesa Redonda: Problemática y demandas generales de las diversas comu- nidades	Agricultores asistentes - INIFAP - UAQ - CESA VEGRO
15:00 - 17:00	Asuntos Generales (Comida)	Todos los asistentes

De acuerdo con las autoridades del municipio, este evento fue de gran importancia en la integración de esfuerzos para atender las necesidades tecnológicas de los productores de Jamaica, ya que fue la primera vez que se contó con la participación de un grupo multidisciplinario en la región, integrado por la Dirección de Desarrollo Rural, los centros INIFAP, el CESA-VEGRO, Consejo Estatal de la Jamaica y la Universidad Autónoma de Querétaro (Figura 11).

FIGURA 11. INAUGURACIÓN DEL TALLER POR LA PRESIDENTA DE AYUTLA (LA CIUDADANA HORTENCIA ALDACO QUINTANA), EL DOCTOR GERARDO NAVA (UAQ), IGNACIO MENDOZA CASTRO (PRESIDENTE NACIONAL DEL CONSEJO ESTATAL DE LA JAMAICA), EL DOCTOR SALVADOR MONTES (INIFAP) Y EL DOCTOR ARISTEO BARRIOS AYALA (INIFAP)



El programa del evento incluyó seis ponencias y una mesa redonda donde se discutieron a fondo las necesidades específicas de los productores de jamaica. Al evento asistieron 316 productores de veinte localidades de la región. Además, se formó un padrón de aquellos interesados en transferencia tecnológica y un grupo de ciudadanos que buscaban la creación de una microempresa dedicada a la transformación de la jamaica en productos con alto valor agregado (Figura 12).

FIGURA 12. ASISTENTES AL CURSO “TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA FLOR DE JAMAICA (2016)”



De acuerdo con las evaluaciones realizadas por los comisarios regionales, el curso motivó a los productores, con información relevante y novedosa, a producir y procesar jamaica en la región. Es importante mencionar que al terminar el curso se asesoró a los productores asistentes sobre cómo aplicar fertilizante a sus parcelas (Figura 13).

FIGURA 13. ASESORÍA A LOS AGRICULTORES PARA LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES EN EL CAMPO



Al finalizar dicha capacitación, un grupo de mujeres emprendedoras que elaboraban y comercializaban productos artesanales a base de jamaica mostraron su intención de profesionalizarse y perfeccionar sus técnicas de producción, así como de asesorarse en la elaboración de etiquetas nutrimentales para vender sus productos de una forma más profesional. Debido a lo anterior, se les ofreció una capacitación en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro en la Facultad de Química. En la capacitación se abordaron temas como el desarrollo de nuevos productos, las buenas prácticas de manufactura, la inocuidad, el uso de aditivos, las técnicas para la conservación de alimentos y el etiquetado. La descripción del curso se aborda en la siguiente sección.

7.2 CAPACITACIÓN DE MICROEMPRESARIAS EN EL TALLER DE GENERACIÓN DE VALOR AGREGADO

Del 17 al 19 de enero del 2017, se realizó el “Curso-taller: Desarrollo de productos de valor agregado a base de flor de jamaica” en la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro (Figura 14).

FIGURA 14. BIENVENIDA DEL “CURSO-TALLER: DESARROLLO DE PRODUCTOS DE VALOR AGREGADO A BASE DE FLOR DE JAMAICA”



El programa del evento incluyó cinco sesiones prácticas en la planta piloto de alimentos y diez ponencias técnico-científicas donde se abordaron temas de inocuidad, beneficios a la salud asociados al consumo de extractos

de jamaica e innovación de nuevos productos. Éste se impartió a un grupo de productores dedicados a la elaboración de tinga, chorizo, licores y mermeladas a base de jamaica, integrado por ocho personas de escasos recursos provenientes de Mecatepec, municipio de Tecoaapa, Guerrero. La líder asistió al curso celebrado en Ayutla, Guerrero, y solicitó apoyo técnico para la mejora y elaboración de productos a base de jamaica. Se apoyó para transporte, alimentación y hospedaje en la ciudad de Querétaro. También se cubrió el costo total derivado de la adquisición de ingredientes, materiales y utensilios para la elaboración de productos alimenticios a base de jamaica. La asistencia al curso-taller no tuvo costo alguno para los productores (Figura 15).

FIGURA 15. ENTREGA DE INGREDIENTES E INSUMOS PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE JAMAICA A COOPERATIVA DE PRODUCTORES DE ESCASOS RECURSOS



Durante el curso, los participantes aprendieron medidas fundamentales de inocuidad en la elaboración de alimentos, la evidencia científica que respalda los beneficios para la salud derivados del consumo de extractos de jamaica y las metodologías para la elaboración de mermeladas, salsas, licores y dulces. Además, aprendieron el proceso de empaque al vacío y esterilización de productos. En colaboración con los alumnos de posgrado del Departamento de Investigación y Posgrado de Alimentos, los productores desarrollaron empaques y etiquetas para la venta de productos (Figuras 16 y 17).

FIGURA 16. CAPACITACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE JAMAICA EN LA PLANTA PILOTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO



FIGURA 17. PRESENTACIÓN FINAL DE PRODUCTOS A BASE DE JAMAICA ELABORADOS EN EL “CURSO-TALLER: DESARROLLO DE PRODUCTOS DE VALOR AGREGADO A BASE DE FLOR DE JAMAICA”



IMPACTO

IMPACTO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO

Al ser un proyecto de investigación, sin duda uno de los principales impactos del proyecto ocurre tanto en el ámbito científico como en el tecnológico. Prueba de ello es la publicación de seis artículos en revistas arbitradas de impacto internacional (Ledesma-Valladolid *et al.*, 2018; Amaya Cruz *et al.*, 2018a; Amaya Cruz *et al.*, 2019; Morales-Luna *et al.*, 2019; Rubio-Rodríguez *et al.*, 2021; Escobar-Ortiz *et al.*, 2021), la formación de recursos humanos (dos estudiantes de licenciatura, tres de maestría y tres de doctorado), las mejoras en las prácticas postcosecha de la jamaica y el desarrollo de nuevos productos.

Otro impacto científico importante fue la colecta de las 26 variedades de jamaica de todo el país, con las cuales se creó un banco de semillas en las instalaciones del INIFAP campus Celaya, además de su posterior caracterización agronómica y fitoquímica. Lo anterior fue relevante debido a la gran diversidad de jamaica que tiene México y su uso potencial en la generación de productos de valor agregado, sin mencionar que algunos de los nuevos se han consolidado como productos universitarios (AGUAQ), de otros se han evaluado sus características nutricionales, fitoquímicas, su estabilidad y su aceptación sensorial, y de algunos más se ha demostrado el efecto protector contra el desarrollo de obesidad y sus complicaciones *in vivo*.

IMPACTO SOCIAL

Este proyecto estuvo vinculado con el sector primario, por lo que tuvo importantes impactos sociales en diferentes dimensiones. El primero fue que se obtuvo la producción de las diferentes variedades de jamaica que se cultivan en diferentes áreas de todo el país al generar una base de datos de sus características agronómicas; éstas son zonas con altas tasas de marginación.

Otro impacto relevante fue la información generada respecto a los procedimientos postcosecha de secado de la jamaica, pues disminuye de forma

importante los tiempos de secado y ayuda a mantener su calidad e inocuidad. Sin embargo, es necesaria la inversión y la intervención de otros actores de la sociedad (sector gubernamental y asociaciones civiles) para poder aplicar estas tecnologías en las regiones donde más se necesiten, y así mejorar la calidad y productividad de la jamaica. No obstante, sin duda uno de los principales impactos sociales directos fueron las capacitaciones de los productores de jamaica del estado de Guerrero, pues crearon un vínculo entre ellos y el conocimiento de la academia. Además, la capacitaciones brindadas al grupo de mujeres emprendedoras en el desarrollo de nuevos productos a base de jamaica, así como en su etiquetado, empaquetado y comercialización, sentó las bases para que comenzaran con éxito su emprendimiento.

LECCIONES APRENDIDAS

Para llevar a cabo este proyecto de investigación, el grupo de trabajo enfrentó una serie de retos de diversa naturaleza, cuyas soluciones generaron lecciones de suma importancia. El primero, sin duda fue la colecta de variedades de todo el país, debido a que la jamaica es producida regularmente en zonas de difícil acceso y no existía un padrón de productores. Sin embargo, gracias a la colaboración con otras instituciones como el INIFAP, se logró la recolección de 26 variedades de jamaica de 6 estados, además del establecimiento de un cultivo experimental y un banco de semillas.

Otro reto importante fue el desarrollo de nuevos productos a base de jamaica, pues debido al sabor ácido de sus extractos y al contenido de fibra de la planta completa, fue un desafío incorporarla a las fórmulas. Esto sin mencionar que las evaluaciones sensoriales continuas en todo el proceso de formulación son claves en el desarrollo de productos que sean aceptados, viables económicamente y cuya producción pueda ser llevada del laboratorio a la producción industrial.

Otro de los principales retos fue el acceso a las zonas productoras de jamaica y el contacto con los productores, ya que, como se mencionó anteriormente, están alejadas y son de difícil acceso. Sin embargo, fue posible realizar las visitas de campo y, con apoyo de autoridades locales, se orga-

nizó con éxito la capacitación de más de 300 productores de Guerrero. En cuanto a la capacitación del grupo de mujeres del mismo estado, es importante mencionar que un reto, pero también una responsabilidad, fue llevar el conocimiento del desarrollo de nuevos productos desde un lenguaje académico y técnico hacia uno comprendido por el público en general, además de transmitir el conocimiento de una forma práctica. Asimismo, es necesario aclarar que, al ser éste un proyecto de investigación con objetivos, recursos y tiempos de entrega delimitados, es difícil dar seguimiento a lo largo de los años a los grupos de productores, por lo que es de suma importancia que en próximos proyectos se tenga un mayor contacto con agencias gubernamentales y el sector civil para que el impacto de estas acciones pueda ser más duradero y tenga mayores beneficios para la población.

REFERENCIAS

- AMAYA, D.M., Pérez, I.F., Ortega, D., Rodríguez, M.E. y Reynoso, R. (2018a). Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) by-product as functional ingredient: effect of thermal processing and particle size reduction on bioactive constituents and functional, morphological, and structural properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(1), pp. 135-144. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9624-0>
- AMAYA, D.M. (2018b). *Diseño y evaluación de un suplemento alimenticio, a base de subproductos agroindustriales, para la prevención de factores de riesgo cardiovascular*. [Tesis doctoral]. Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado de: <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1096>
- AMAYA, D.M., Pérez, I.F., Pérez, J., Nava, G.M. y Reynoso, R. (2019). Comparison of the bioactive potential of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyx and its by-product: phenolic characterization by UPLC-QTOF MSE and their anti-obesity effect *in vivo*. *Food Research International*, 126. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108589>
- CAMELO, G.A., Ragazzo, J.A., Jiménez, A.R., Vanegas, P.E., Paredes, O. y Villar, A.A. (2013). Comparative study of anthocyanin and volatile compounds content of four varieties of Mexican roselle (*Hibiscus sabdariffa*

- L.) by multivariable analysis. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68(3), pp. 229-234. <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0360-2>
- CARVAJAL, O., Hayward, P.M., Orta, Z., Nolasco, C., Barradas, D.M., Aguilar, M.G. y Pedroza, M.F. (2013). Effect of *Hibiscus sabdariffa* L. dried calyx ethanol extract on fat absorption-excretion, and body weight implication in rats. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, pp. 1-5. <https://doi.org/10.1155/2009/394592>
- CARDOSO DE SOUZA, C., Oliveira, C.A., Pires, J.F., Pimentel, T.C., Raíces, R.S.L. y Nogueira, L.C. (2020). Physicochemical characteristics and sensory acceptance of a mixed beverage based on organic apple juice and cardamom tea (*Elettaria cardamomum*) with allegation of functional properties. *Food Science and Technology*, 40, pp. 669-676. <https://doi.org/10.1590/fst.35419>
- DA COSTA, I., Bonnlaender, B., Sievers, H., Pischel, I. y Heinrich, M. (2014). *Hibiscus sabdariffa* L. A phytochemical and pharmacological review. *Food chemistry*, 165, pp. 424-443. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.002>
- ESCOBAR, A., Castaño, E., Rocha, N.E., Gallegos, J.A. y Reynoso, R. (2021). Anthocyanins extraction from *Hibiscus sabdariffa* and identification of phenolic compounds associated with their stability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(1), pp. 110-119. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10620>
- GASSAMA, Y.K., Sané, D. y Ndoye, M. (2004). Direct genetic transformation of *Hibiscus sabdariffa* L. *African Journal of Biotechnology*, 3(4), pp. 226-228. <https://doi.org/10.5897/AJB2004.000-2041>
- GURROLA, C.M., García, P.M., Sánchez, S., Troyo, R., Andrade, I. y Gómez, J.F. (2010). Effects of *Hibiscus sabdariffa* extract powder and preventive treatment (diet) on the lipid profiles of patients with metabolic syndrome (MeSy). *Phytomedicine*, 17(7), pp. 500-505. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2009.10.014>
- IZQUIERDO, J.A., Arteaga, D.A., Sánchez, M., Morales, J.A., Vargas, N., Gómez, C.A., Castro, J., Delgado, L., Madrigal Bujaidar, E. y Madrigal Santillán, E. (2020). Organic acids from Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). A brief review of its pharmacological effects. *Biomedicines*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/biomedicines8050100>

- LEDESMA, J.P., Reynoso, R., Nava, G.M., Vázquez, M.E., Vázquez, D., Dufoo, M.D. y Mercado, E.M. (2018). Quality properties of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) calyces as affected by drying process. *ISHS Acta Horticulturae*, 1287, pp. 145-15. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1287.19>
- LIN, H., Chan, K., Sheu, J., Hsuan, S., Wang, C. y Chen, J. (2012). *Hibiscus sabdariffa* leaf induces apoptosis of human prostate cancer cells *in vitro* and *in vivo*. *Food Chemistry*, 132(2), pp. 880-891. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.057>
- MORALES, E. (2019a). *Identificación de compuestos con efecto antiobesogénico en diferentes variedades de jamaica (Hibiscus sabdariffa)*. [Tesis doctoral]. Universidad Autónoma de Queretaro. Recuperado de: <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1815>
- MORALES, E., Pérez, I.F., Salgado, L.M., Castaño, E., Gómez, C.A. y Reynoso, R. (2019b). The main beneficial effect of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) on obesity is not only related to its anthocyanin content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2), pp. 596-605. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9220>
- ONAKPOYA, I., Hung, S.K., Perry, R., Wider, B. y Ernst, E. (2011). The use of *Garcinia* extract (hydroxycitric acid) as a weight loss supplement: a systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *Journal of Obesity*, 2011, pp. 1-9. <https://doi.org/10.1155/2011/509038>
- RUBIO, J.C., Reynoso, R., Rocha, N. y Salgado, L.M. (2021). Functional beverages improve insulin resistance and hepatic steatosis modulating lysophospholipids in diet-induced obese rats. *Food Science & Nutrition*, 9(4), pp. 1961-1971.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA. (2019). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Cierre de la producción agrícola por cultivo en Guerrero. SIAP. Recuperado de: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-producción-agrícola-por-estado>
- TSAI, P., McIntosh, J., Pearce, P., Camden, B. y Jordan, B.R. (2002). Anthocyanin and antioxidant capacity in Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. *Food Research International*, 35(4), pp. 351-356. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00129-6](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00129-6)

IMPACTOS EN POLÍTICAS PÚBLICAS, LEGISLACIÓN Y SERVICIOS



LOS ÚLTIMOS PAGAN: IMPUESTOS PATRIMONIALES Y PRESUPUESTO EN EL MUNICIPIO DE QUERÉTARO

THE LAST ONES GET THE BILL: PROPERTY TAXES AND BUDGET IN THE MUNICIPALITY OF QUERETARO

ENRIQUE KATO VIDAL¹

El impuesto predial se ha visto como un cargo por los servicios prestados por el gobierno local, asumiendo que los beneficios son proporcionales a los valores de la propiedad

R. MUSGRAVES y P. MUSGRAVES

Todos los impuestos deben estar diseñados para obtener del bolsillo de las personas lo menos posible, sólo lo necesario para la hacienda pública

A. SMITH

RESUMEN

Los presupuestos públicos son insuficientes para atender las múltiples necesidades sociales. Esta escasez de recursos ocurre también en los municipios, por lo cual es deseable incrementar los ingresos propios para complementar los recursos federales. En ese contexto, se ha colaborado con los regidores de Morena del H. Ayuntamiento del Municipio de Querétaro a lo largo de tres administraciones entre 2016 y 2021. Desde la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), se ha informado e influido en la implementación de la política fiscal para contribuir con una de las funciones que tienen los regidores: analizar, discutir y aprobar el Presupuesto de Egresos y la iniciativa de la Ley de Ingresos del municipio.

¹ Facultad de Contaduría y Administración, enriquekato@uaq.mx

En el periodo analizado, la disponibilidad de recursos presupuestarios aumentó considerablemente tanto en el municipio de Querétaro como en los cuatro que hay en la zona metropolitana del estado. Estos ingresos adicionales provienen de una actualización de la tabla de valores catastrales y de cambios al cobro del impuesto sobre traslado de dominio (ISTD). Esos cambios fiscales provocaron que se rezagara la recaudación del impuesto predial y creciera desproporcionadamente el cobro del ISTD. En 2019, el municipio de Querétaro obtenía 1.5 veces más dinero del ISTD que del predial y en El Marqués esa proporción era 2.5 veces mayor. Se identificaron dos dificultades: a) la subestimación anual de la Ley de Ingresos para anticipar los montos efectivamente recaudados (como consecuencia, surgen excedentes presupuestarios de uso discrecional) y b) la inequitativa carga fiscal que provoca la elevada proporción ISTD-predial, toda vez que el ISTD lo pagan únicamente los nuevos propietarios de vivienda (5% de todos los propietarios) y, contrario a lo esperado, este pequeño grupo de personas financia un porcentaje mayor del presupuesto que todos los cientos de miles de propietarios que pagan el predial.

En ese contexto, la discusión que se ha expuesto en las sesiones de Cabildo ha cumplido lo establecido en el Reglamento del Ayuntamiento: dar identidad democrática a un órgano transparente de multiplicidad política y social. Las interacciones que se han tenido influyeron en las actitudes, conocimientos y creencias de los actores participantes. Los regidores han recibido desde la UAQ evidencia y análisis que han usado como base para sus posicionamientos y para deliberar el sentido de su voto en cada uno de los proyectos fiscales presentados en el Ayuntamiento. Además, existe un efecto indirecto, ya que cada regidor en su comunicación pública informa a la ciudadanía sobre qué decisiones se han tomado en el Cabildo, así como las consecuencias previsibles sobre la vida social en la demarcación.

La investigación realizada ha consistido principalmente en: I) evaluar la subestimación de la Ley de Ingresos, II) estimar los ingresos adicionales por las modificaciones en 2016 a los impuestos patrimoniales de predial y traslado de dominio, y III) cuantificar las diferencias entre el presupuesto aprobado y el reportado al cierre del ejercicio. Los argumentos presentados atienden a criterios de equidad y progresividad fiscal, y buscan conciliar dos objetivos opuestos: la necesidad de contar con un mayor presupuesto

municipal *versus* la búsqueda por minimizar el desembolso ciudadano por impuestos patrimoniales.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA. SUBESTIMACIÓN DE INGRESOS Y RECAUDACIÓN DE IMPUESTOS PATRIMONIALES

Los ciudadanos pagamos impuestos porque son una obligación, no es una transacción comercial en la cual las personas pueden elegir si comprar o no con un determinado vendedor. En contraparte a los impuestos pagados, los contribuyentes esperan que no haya privilegios, que paguen todos los que tengan que pagar, que haya equidad para que el cobro sea justo, que paguen más quienes tengan más ingreso o patrimonio y que haya eficiencia y transparencia en el uso del dinero recibido como impuestos. Para los funcionarios públicos no es sencillo llevar a cabo una labor de gobierno que cumpla con las expectativas de la población, con una recaudación suficiente de impuestos y una amplia rendición de cuentas a la vez.

Normalmente, cada año se repiten los procedimientos administrativos conocidos, la población paga sus impuestos y los funcionarios presentan los resultados operativos y financieros. El 24 de diciembre del 2015 se interrumpió lo conocido y entró en vigor un conjunto de reglas nuevas para el cobro de impuestos municipales aplicables en 2016 y aún vigentes (*El Economista*, 2017). Aquellas modificaciones lograron que la recaudación de impuestos aumentara amplia y sostenidamente, lo que proporcionó más recursos para atender las necesidades del municipio de Querétaro, pero también debió obligar a mantener la equidad en el cobro de impuestos y a redoblar la rendición de cuentas.

CUADRO 1. MUNICIPIO DE QUERÉTARO.
CARACTERÍSTICAS DE LA LEY DE INGRESOS, IMPUESTO PREDIAL
E IMPUESTO SOBRE TRASLADO DE DOMINIO (ISTD)²

EJERCICIO FISCAL	ARTÍCULOS QUE CONTIENE LA LEY	PÁGINAS	ARTÍCULO SOBRE PREDIAL (PALABRAS)	ARTÍCULO SOBRE ISTD (PALABRAS)
2015	48	75	235	30
2016	49	318	1,353	2,636

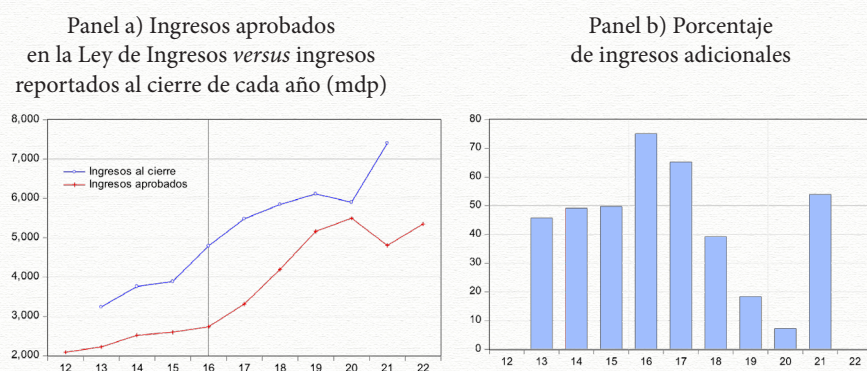
Los detalles y el alcance del cobro de impuestos municipales se publican anualmente en la Ley de Ingresos. En el Cuadro 1 se ofrece evidencia de qué tan profundas fueron las modificaciones del impuesto predial y del traslado de dominio. La Ley de Ingresos del 2015 tenía una extensión de 75 páginas y para 2016 la Ley era cuatro veces más amplia y sumaba más de 300 páginas, a pesar de mantener casi sin cambios el número de artículos. Como se observa en las dos últimas columnas del Cuadro 1, el Cabildo aprobó una Ley de Ingresos más extensa, en parte, debido al mayor número de palabras con que se describen los cobros de predial y de traslado de dominio. En vez de revisar en qué consistieron los cambios a las leyes de ingresos, las siguientes páginas están dedicadas a cuáles han sido los resultados o consecuencias de esas modificaciones legales, sus implicaciones y cómo se ha debatido el tema en las sesiones municipales del Cabildo.

Los cambios que tuvieron el impuesto predial y el de traslado de dominio lograron aumentar la recaudación. En la Figura 1, Panel a, se muestra el disparo en la recaudación a partir de que se reformaron los impuestos en 2016 y años posteriores. También se observa que se agravó un problema de subestimación de ingresos. A lo largo de los años, los ingresos que se reciben superan alrededor de 50% los ingresos aprobados para el presupuesto. Esos ingresos adicionales, en el Panel b, ascendieron a cerca de 70% en los primeros dos años (2016 y 2017) en que se aplicaron los cambios a

² Nota: el cobro del impuesto predial se describió en los artículos 15 y 13 para los ejercicios del 2015 y 2016, respectivamente. A su vez, en los artículos 16 y 14 se detalló el cobro del impuesto sobre traslado de dominio. Elaborado con base en las leyes de ingresos del municipio de Querétaro, Qro., para los ejercicios fiscales 2015 y 2016.

los impuestos. En los años recientes, el porcentaje disminuyó en un contexto de desaceleración económica en 2019 y de crisis en 2020. En el siguiente apartado de este capítulo propongo una sencilla regla fiscal para reducir el porcentaje de ingresos adicionales (*i.e.* la subestimación de los ingresos) para que la autoridad municipal formule un presupuesto más cercano a los ingresos efectivamente recaudados.

FIGURA 1. MUNICIPIO DE QUERÉTARO. CADA AÑO, LOS INGRESOS RECIBIDOS SUPERAN EN 50% LO APROBADO PARA EL EJERCICIO FISCAL, 2013-2021³

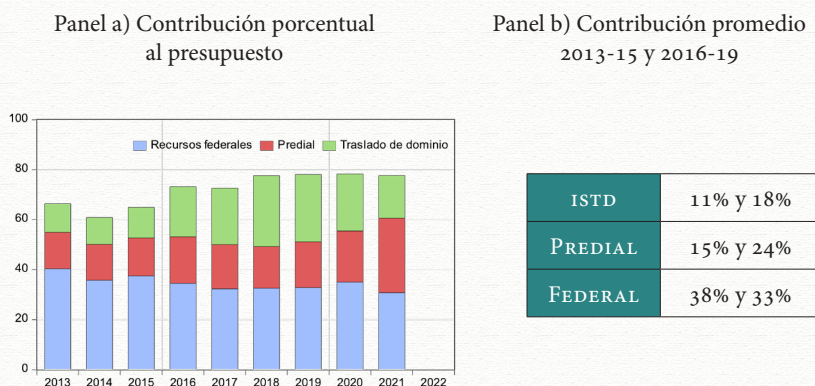


He recalcado que por los cambios a la Ley de Ingresos aumentó la recaudación y hubo, como consecuencia, una recomposición de los ingresos del municipio (Figura 2). Señalaría dos transformaciones visibles. La primera es que ahora el municipio de Querétaro tiene una mayor recaudación propia en relación a los ingresos que recibe de la federación; esta recomposición es más evidente en el periodo 2018-2021, cuando los ingresos por predial y traslado de dominio fueron prácticamente de la misma magnitud que los recursos federales. Una segunda transformación es el predominio

³ Nota: “mdp” es millones de pesos corrientes. La cifra del 2021 está anualizada usando los datos de enero a junio del 2021. Elaborado con base en leyes de ingresos del municipio de Querétaro, Qro., para los ejercicios fiscales 2013-2022 e histórico de los ingresos del municipio. En la legislación, el término equivalente a “ingresos adicionales” es “ingresos excedentes”, definidos como los recursos que durante el ejercicio fiscal se obtienen en exceso de los aprobados en la Ley de Ingresos [Artículo 2 de la Ley de Disciplina Financiera de las Entidades Federativas y los Municipios, *Diario Oficial de la Federación*].

que ganó el impuesto sobre el traslado de dominio (ISTD), el cual aporta, desde 2016, más ingresos que el predial. Es importante notar que la proporción que se muestra del 2021 es incompleta o parcial, ya que las cifras disponibles corresponden sólo a los primeros seis meses del año.

FIGURA 2. MUNICIPIO DE QUERÉTARO. EL IMPUESTO SOBRE TRASLADO DE DOMINIO SE CONVIRTIÓ EN UNO DE LOS PRINCIPALES INGRESOS, INCLUSO POR ENCIMA DEL IMPUESTO PREDIAL⁴



El periodo analizado corresponde a cuatro administraciones municipales; tres han completado su mandato y la más reciente está en su primer año de gestión: I) 2012-2015, II) 2015-2018, III) 2018-2021 y IV) 2021-2024. El caso de impacto que se documenta en este capítulo inició en 2016 a petición de la regiduría de Morena, a cargo de Nadia Edith Alcántara Lagunas. La primera representación del partido Morena comenzó en el periodo 2015-2018, al publicarse los nombres de los integrantes del Ayuntamiento en el periódico oficial *La Sombra de Arteaga* (25/09/2015). Después de seis años, continúa la interacción con la regiduría de Morena a través de la regidora Ivonne Olascoaga Correa.

4 Notas: a) la cifra del 2021 está anualizada usando los datos de enero a junio del 2021, b) los recursos federales son la suma de las participaciones y las aportaciones federales, c) el porcentaje faltante para el 100% corresponde a ingresos por concepto de: impuesto sobre diversiones y espectáculos públicos, impuesto para educación y obras públicas municipales, derechos por la prestación de servicios, convenios, entre otros. Elaborado con base en el histórico de los ingresos del municipio.

El presente capítulo se construyó con base en toda esa experiencia, aunque para fines expositivos se estructuró en torno a la discusión del impuesto sobre el traslado de dominio (ISTD), así como a la contribución del ISTD a la Ley de Ingresos y su impacto sobre el Presupuesto de Egresos. Las interacciones con la regiduría de Morena brindaron elementos de análisis a los funcionarios y formularon un debate sobre la política fiscal municipal basada en evidencia científica. El debate entre los miembros del Ayuntamiento es algo valorado en los considerandos del Reglamento Interno que califica esas discusiones como “la parte que da vida e identidad democrática al mismo como un órgano transparente con ideales fuertes, en todo momento respetuoso de la multiplicidad política y social reflejada en sus miembros”. Entre los considerandos se acota que el debate y los posicionamientos son para representar los intereses de los habitantes del municipio aplicando principios e ideales como la eficiencia, la claridad y la calidad.

LA INVESTIGACIÓN. ENCARECIMIENTO DEL TRASLADO DE DOMINIO Y DISTORSIÓN DEL PRESUPUESTO

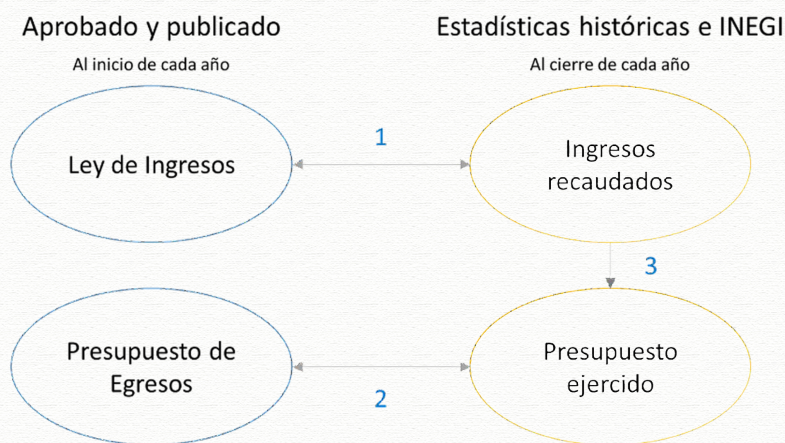
Formalmente, en materia presupuestaria debe aprobarse la Ley de Ingresos y, posteriormente, guardando equilibrio fiscal [Ingresos = Egresos], el Presupuesto de Egresos. Este procedimiento se cumple cabalmente y todo queda listo antes del inicio de cada año. Eventualmente, a lo largo de los doce meses siguientes, durante la vigencia del ejercicio fiscal comienzan a surgir diferencias entre lo aprobado y lo ejercido. En la Figura 3 se muestran análisis complementarios que retoman cifras al cierre del ejercicio. La primera diferencia [1] ha persistido a lo largo de los años y el cambio de las administraciones. Aunque la solución sea relativamente sencilla, existe una muy importante diferencia entre los ingresos previstos en la Ley de Ingresos y los ingresos obtenidos al cierre del año (ver Figuras 1 y 4).

Una segunda diferencia [2], que se ilustra en la Figura 3, son las modificaciones a la estructura del presupuesto. Para simplificar, se puede plantear hipotéticamente qué ocurriría cuando se ejercen cinco mil millones de pesos (mdp) si el presupuesto aprobado es de cuatro mil mdp. En el ejemplo hipotético, la administración municipal no aumentaría proporcionalmente

todos los rubros del gasto y entonces ejercería, en algunas partidas, cifras mucho más altas a las que fueron aprobadas, es decir, el presupuesto ejercido sería diferente a lo aprobado. Más adelante, en la Figura 6b, ofrezco una única estadística de la magnitud en la que se modifica el presupuesto.

Una causa que permite ejercer un presupuesto sustancialmente diferente al aprobado es la obtención de recursos adicionales (v.g. ingresos excedentes). Esta tercera diferencia [3] también se ilustra en la Figura 3. Si bien, por diseño, al inicio del año existe equivalencia o equilibrio entre la Ley de Ingresos y el Presupuesto de Egresos, hacia el final del ejercicio fiscal puede no existir coincidencia entre los ingresos recaudados y el presupuesto ejercido. Este desequilibrio ha sido notorio en cuatro de los siete años estudiados (Figura 6a). En los siguientes párrafos describiré las tres diferencias de la Figura 3, haré especial énfasis en la diferencia [1] y el impuesto sobre traslado de dominio. En la siguiente sección expondré cuál es la relación entre estas evidencias y el impacto que ha tenido en la hacienda municipal.

FIGURA 3. ANÁLISIS DE INGRESOS Y EGRESOS AL INICIO Y CIERRE DEL EJERCICIO FISCAL⁵



5 Notas: [1] se comparan los montos previstos en la Ley de Ingresos con los ingresos efectivamente recaudados al final del ejercicio fiscal, [2] se contrasta la estructura del gasto aprobada en el Presupuesto de Egresos con la estructura ejercida y [3] se verifica si se cumple el equilibrio fiscal entre ingresos y egresos, tal como se establece en la Ley de Ingresos y el Presupuesto de Egresos. Elaborado con base en la información del Portal de Transparencia Fiscal del Municipio de Querétaro y el INEGI.

EL PROBLEMA DE SUBESTIMAR LOS INGRESOS Y UNA PROPUESTA DE REGLA FISCAL

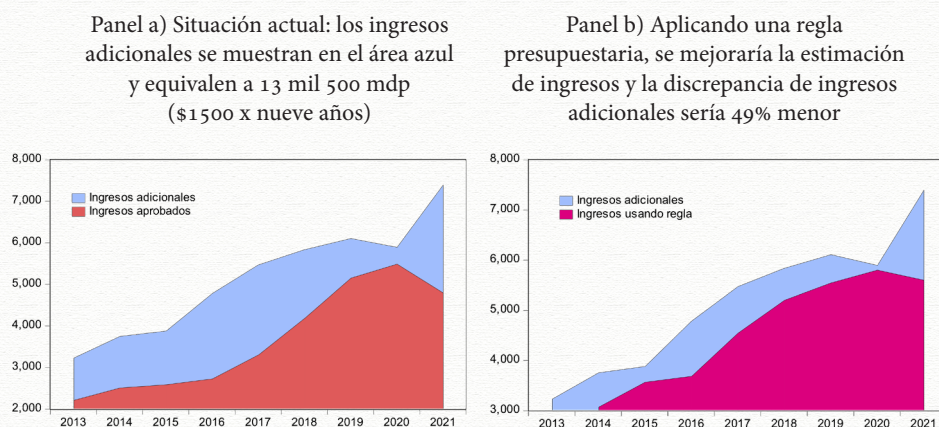
Es claro que el futuro es incierto y las cifras que se aprueban en la Ley de Ingresos son tentativas o preliminares respecto a lo que ocurrirá en el ejercicio fiscal. En la Figura 4a (y en la Figura 1) se muestra el historial (*track record*) de cuatro administraciones municipales y, sin excepción, los ingresos aprobados subestiman fuertemente los ingresos al cierre. Puede aludirse que es problemático lidiar administrativamente con una mala estimación de ingresos, específicamente recaudar menos de lo previsto, dado que, en ese supuesto, habría recortes indeseados —o ahorros forzosos— para ajustar el Presupuesto de Egresos a los ingresos menores a los esperados. Sin embargo, aunque es válido actuar con extrema cautela financiera, podría ser excesivo, ya que se ejercen muchos ingresos fuera del presupuesto aprobado.

A modo de evidencia, en la Figura 4a se observa que todos los años se crea un gran margen de recursos adicionales. En ningún año se observa un esfuerzo intencional por cerrar la distancia entre los ingresos aprobados y los recaudados. Se necesitó de un colapso económico en 2020 (el PIB cayó 9%) para reducir esa distancia y, aun así, la recaudación de ese año fue mayor en 10% a lo publicado en la Ley de Ingresos. Eventualmente volverán las amplias franjas de ingresos adicionales. No es aquí el espacio para discutir o justificar por qué los funcionarios prefieren enormes ingresos adicionales y no una mayor precisión de la Ley de Ingresos que satisfaga el equilibrio presupuestario ingresos-egresos, tanto al inicio como al final de cada ejercicio, y así cumplir lo previsto en la legislación aplicable.

En la pasada Figura 3 se ilustraron los elementos para mantener un equilibrio presupuestario al final de cada año. Estos se encuentran en la diagonal principal (*i.e.* Ley de Ingresos *versus* presupuesto ejercido), pero alternativamente también es factible comparar los elementos de la diagonal secundaria (*i.e.* Ingresos recaudados *versus* Presupuesto de egresos). Al inicio del año no es un problema igualar las cifras de ingresos y egresos, ya que el total de ingresos es sólo una estimación y los egresos aún están por comenzar. En cambio, para lograr igualar al final del año las cifras de ingresos y egresos, se requiere que la estimación de los ingresos que se recaudarán sea certera. En la Figura 4b se muestra lo que hubiera ocurrido

en las últimas dos administraciones municipales si hubieran aplicado una sencilla regla de ingresos.

FIGURA 4. MUNICIPIO DE QUERÉTARO. UNA SENCILLA REGLA DE INGRESOS PUEDE MEJORAR MUCHO LA PRECISIÓN DE LA LEY DE INGRESOS⁶



Comparativamente, aplicar una regla fiscal mejoraría la estimación de ingresos y se reduciría en 49% la discrepancia entre la Ley de Ingresos y los ingresos recaudados (ver Flecha 1 en Figura 3). Lo más importante es mostrar que en ningún año los ingresos obtenidos al cierre son menores a los aprobados. En este sentido, los funcionarios pueden encontrar en esta regla de ingresos la cautela financiera que desean y les evitaría tener que aplicar recortes al gasto por no contar con los ingresos suficientes. En la Figura 4b se muestra una regla donde el ingreso total para el siguiente ejercicio fiscal es igual a 95% de los ingresos obtenidos en el año en curso $\rho = 0.95$. Incluso en la situación actual (v.g. el *statu quo*) hay mejoría usando la versión más sencilla, la cual supone que los ingresos futuros serán exactamente

6 Nota: ingresos adicionales = ingresos al cierre – ingresos aprobados en la Ley de Ingresos. La regla consiste en aplicar expectativas adaptativas (o inerciales). La versión más sencilla es establecer que el siguiente año, $t + 1$, los ingresos serán iguales a los recibidos al cierre del ejercicio fiscal en curso. Si llamamos Y_t a los ingresos del año t en curso, entonces el total de ingresos que deberían aprobarse en la Ley de Ingresos del año siguiente se podría calcular como: $Y_{t+1} = \rho \times Y_t$, donde $\rho \approx 1$. Elaborado con base en la Figura 1.

iguales a los pasados $\rho \equiv 1$. En ese caso, el único año en que se obtendrían ingresos insuficientes sería 2020, el año de una gran crisis, y la estimación se alejaría muy poco de lo aprobado (-3.5%).

La implementación de esta regla podría acompañar la elaboración de la Ley de Ingresos y la elección del parámetro puede hacerse de forma conservadora usando valores para ρ de 0.85, 0.90 o 0.95; en cualquiera de esos casos, mejoraría la estimación de los ingresos totales. La regla propuesta sólo utiliza los ingresos totales, pues ciertamente se requiere revisar cada partida de ingresos para lograr una estimación realista. A pesar de ello, la regla podría ser usada por los funcionarios de finanzas municipales para comparar el monto estimado con el monto obtenido con sus procedimientos. A nivel nacional, el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2021) ha compartido con México experiencias internacionales de reglas fiscales que pueden adoptar los gobiernos sin necesidad de que haya una obligación legal.

INGRESOS ELEVADOS POR TRASLADO DE DOMINIO Y CONGELAMIENTO PARCIAL DEL PREDIAL

Actualmente, para la opinión pública, la ausencia de deuda es un indicador de la buena salud de las finanzas públicas. En principio, la deuda o los déficits son una posibilidad financiera y ciertamente pueden debilitar las finanzas cuando se vuelven crónicos o excesivos. A pesar de ello, un instrumento fiscal es la contratación de deuda para complementar los ingresos dadas las necesidades previstas o imprevistas en los presupuestos. Una situación positiva donde no se requiere deuda ocurre cuando los ingresos son altos y crecientes, como ha acontecido en el municipio de Querétaro (ver más adelante Figura 5a). En los siguientes párrafos muestro cómo los ingresos municipales se fortalecieron a través del impuesto predial y de traslado de dominio, y haré inferencias para indagar en la salud financiera y las bases de la alta recaudación.

Una hacienda municipal sin deuda implica que existen ingresos suficientes. En el caso del municipio de Querétaro, la mayor recaudación se obtiene por ingresos propios, esto es, a través del cobro de impuestos (Kato, 2021).

Por una parte, todos los habitantes de la ciudad de Querétaro se benefician de un presupuesto elevado y de más servicios públicos. Por otra, esos servicios se financian con las aportaciones de los propietarios de vivienda. Faltaría confirmar si se cumple el principio de equidad en el cobro de los impuestos, de tal forma que sean proporcionales y justos los cobros que se hacen a los ciudadanos para financiar el presupuesto. Las autoridades municipales no ofrecen información sobre las características de los contribuyentes ni sobre la equidad en el pago de los impuestos. Para subsanar esa carencia, se ofrecen cifras promedio que muestran cómo se distribuye la carga fiscal y quiénes son los principales contribuyentes.

En el Cuadro 2 combiné los montos recibidos de los impuestos patrimoniales (predial e ISTD) con el número de viviendas en el municipio de Querétaro. El resultado fue el impuesto promedio pagado por los propietarios de vivienda o de inmuebles. La comparación se hizo respecto al año 2016, cuando se reformaron los impuestos patrimoniales. En ésta, se usaron dos periodos, uno previo al 2016 (*i.e.* 2013-2015) y otro posterior (2017-2019) (ver Cuadro 2). Como corroboración, en la última columna, Final (II), se presenta un promedio que incluye el año atípico (2020), sin que haya conclusiones sustancialmente diferentes al incluir o excluirlo del análisis. Una tendencia que puede observarse es que aumentó la recaudación total de ambos impuestos: se duplicaron los ingresos por predial y casi se triplicaron los ingresos por ISTD. En consecuencia, la boleta predial promedio aumentó entre 30% y 60%, dependiendo el periodo que se quiera comparar. El impacto mayor ocurrió en los contribuyentes del ISTD, quienes, en los años posteriores al 2016, pagaron un traslado de dominio cuatro veces mayor, es decir, un aumento de 300%.

Si bien aumentó la recaudación por predial, el incremento de ingresos por traslado de dominio fue tan elevado que superó en recaudación al impuesto predial (Cuadro 2, final I). Esta disparidad tiene dos complicaciones. La primera alude a la estabilidad de las finanzas municipales, ya que los ingresos por traslado de dominio provienen de la compra-venta de viviendas. En este sentido, en años de alta dinámica inmobiliaria residencial e industrial, la recaudación es abundante y crece el presupuesto, mientras que las dificultades surgen en años de “vacas flacas” o contracción económica, cuando se reducen las ventas de vivienda y desaparecen algunos ingresos

para solventar el presupuesto. Preferentemente, el presupuesto anual debería financiarse con ingresos estables —en oposición a volátiles—, como son los ingresos del predial, ya que las viviendas permanecen a lo largo del tiempo y crean un flujo constante y predecible de ingresos.

CUADRO 2. MUNICIPIO DE QUERÉTARO: DESEMBOLSO PROMEDIO POR IMPUESTO A LA PROPIEDAD⁷

INDICADORES (PESOS POR VIVIENDA)	INICIAL 2013-2015	FINAL (I) 2017-2019	FINAL (II) 2016-2020
Predial promedio [a]/[d]	2,639	4,214	3,390
ISTD promedio [b]/[c]	22,526	90,216	86,436
Impuestos (mdp)			
Predial [a]	535	1,023	1,034
ISTD [b]	418	1,515	1,023
Base contribuyente (número de viviendas)			
Viviendas nuevas [c]	18,557	16,793	15,861
Total de viviendas [d]	202,702	242,786	305,046

Una segunda complicación consiste en la inequitativa carga fiscal, como ocurre con el traslado del dominio. Puede observarse en el Cuadro 2, Columna final II, que tanto el impuesto predial como el traslado de dominio aportan cada uno mil millones de pesos. Sin embargo, el número de contribuyentes es extremadamente distinto: apenas 16 mil nuevos propietarios de vivienda aportan a la recaudación total de traslado de dominio, en comparación a los más de 300 mil propietarios que contribuyen con el predial. Podría haber varias causas para explicar esta gran disparidad, pero aquí sólo citaré una: el parcial “congelamiento” del predial. Desde el 2016, cuan-

⁷ Nota: se ofrecen dos cifras finales: (I) es un promedio que excluye la crisis del 2020, mientras que en (II) se reporta el periodo completo. Elaborado con base en la Estadística de las Finanzas Públicas Estatales y Municipales (EFIPEM) y el Censo de Población y Vivienda 2010-2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Se usó como variable de apoyo el número de créditos otorgados por el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (Infonavit).

do se modificaron los cobros de predial y traslado de dominio, que siguen vigentes, se incluye un artículo transitorio en la Ley de Ingresos para que administrativamente no suba el pago del predial. Ciertamente existe una contradicción al establecer un procedimiento para el cobro del predial y transitoriamente evitar que se aplique.

En la práctica, seguramente la mayoría de las personas que compraron vivienda antes del 2016 desconocen cuánto ha subido el valor de sus propiedades y cuál es el verdadero monto de impuesto predial que deberían pagar, por ejemplo, por el aumento anual en la tabla de valores del suelo y las construcciones. A estos antiguos propietarios se les protege con la redacción de ese artículo transitorio que, en su esencia, dice “el importe del impuesto [predial] [...] no podrá ser superior respecto [al] ejercicio fiscal inmediato anterior”. A partir del 2016, a los nuevos propietarios se les aplican tanto las tarifas vigentes como la redacción de la Ley de Ingresos del año en curso. Entonces, no sólo los dueños nuevos contribuyen fuertemente a la hacienda municipal por el traslado de dominio, sino que cada año se les aplica un monto predial mucho mayor en comparación al de los vecinos que compraron sus propiedades antes del 2016. Resulta difícil justificar por qué dos propiedades relativamente similares tendrían pagos de predial notoriamente diferentes, dado que ambas viviendas comparten el mismo entorno y seguramente los mismos servicios públicos.

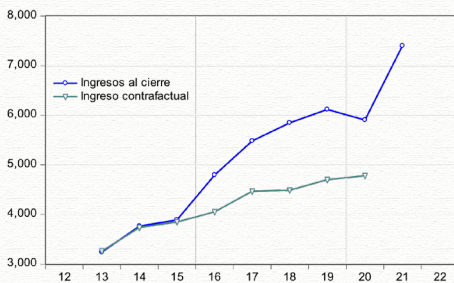
Independientemente de cuál sea la justificación, el congelamiento parcial del impuesto predial crea una importante desigualdad intergeneracional e inequitativa que afecta principalmente a los más jóvenes. Así, aquellos que buscan comprar por primera vez una vivienda deberán liquidar un precio elevado tanto por las fuertes actualizaciones del valor del suelo como por la suma del impuesto predial y el pago por traslado de dominio. A causa del citado artículo transitorio, este grupo de jóvenes compradores de vivienda está subsidiando indirectamente a todos los contribuyentes (mayoritariamente no jóvenes) que pagan una boleta predial sin actualización. Dado que se afirma que el costo de vivir en la ciudad de Querétaro es alto respecto a otras regiones de México porque se disfruta de una mayor calidad de vida, debería concluirse que el costo del presupuesto municipal es cubierto con aportaciones equitativas o proporcionales de todos los contribuyentes, tanto propietarios como compradores de vivienda. En cambio, en los

últimos años la carga fiscal municipal ha recaído mayormente en los nuevos contribuyentes, específicamente en los compradores de vivienda. Este mecanismo podría describirse como: los últimos en llegar se encargan de la cuenta fiscal o, en síntesis, los últimos son los que pagan.

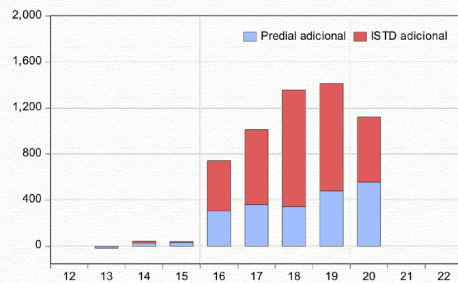
Para evidenciar la actual dependencia que tiene el presupuesto municipal de los nuevos contribuyentes y de la compra-venta de vivienda, en la Figura 5 se muestra cuánto del aumento de ingresos se debe a la recaudación del impuesto sobre traslado de dominio. El ejercicio consistió en recrear contrafactualmente cuál hubiera sido la evolución de los ingresos sin los cambios a los impuestos patrimoniales (Figura 5a) y después mostrar la contribución del ISTD (Figura 5b). Se revela que los cambios legales del 2016 lograron un aumento sostenido de los ingresos municipales y que la mayor parte de esos nuevos ingresos se deben al cobro de traslado de dominio. Cabe mencionar que el nivel de ingresos podría ser todavía mayor si a todos los contribuyentes se les aplicara exactamente lo que se dispone en la Ley de Ingresos, sin la salvaguarda del artículo transitorio.

FIGURA 5. MUNICIPIO DE QUERÉTARO. LA RECAUDACIÓN ADICIONAL DE PREDIAL Y DE ISTD DISPARÓ LOS INGRESOS MUNICIPALES A SEIS MIL MDP. CONTRAFACTUALMENTE, LOS INGRESOS TOTALES RONDAN LOS CINCO MIL MDP⁸

Panel a) A partir del 2016, los ingresos aumentaron de forma permanente debido a los nuevos cobros de predial y de ISTD



Panel b) Se estimó un ingreso adicional de mil mdp cada año por el nuevo cobro de predial y de ISTD



⁸ Nota: el ingreso contrafactual = ingresos al cierre – ingreso adicionales (Panel b). La descripción del Panel b) está en el Anexo 1. Panel a) elaborado con base en el histórico de los ingresos del municipio.

La existencia del artículo transitorio que congela el impuesto predial revela que se requiere modificar el fisco municipal para que pueda aplicarse sin necesidad de excepciones o disposiciones transitorias. Por mi parte, planteo dos posibilidades: 1) cobrar los impuestos patrimoniales tal y como se estipula en la Ley de Ingresos y ajustar el presupuesto municipal al alza tanto como sea necesario, o 11) mantener el nivel de recaudación actual y hacer más equitativa la recaudación entre los contribuyentes de predial y de traslado de dominio. Para ello, se requeriría hacer las modificaciones a la baja de los impuestos y, a su vez, descongelar el cobro del predial para que todos los contribuyentes aporten conforme al estado vigente del costo de vida.

DESEQUILIBRIO DE INGRESOS-EGRESOS Y LA NECESIDAD DE APROBAR INGRESOS FISCALES CERTEROS

Cuando inician los ejercicios fiscales en enero de cada año, el Presupuesto de Egresos aprobado coincide, está en equilibrio, con la Ley de Ingresos. Esa coincidencia entre ingresos y gastos desaparece con el transcurso de los meses. Al llegar el cierre del ejercicio fiscal en diciembre, en algunos años, como 2016 o 2019, quedan cientos de millones de pesos de ingresos que no se ejercieron. También puede ocurrir lo contrario, se puede ejercer un presupuesto mayor a los ingresos anuales, como en 2018 o 2020. Esas variaciones exógenas del presupuesto público subnacional se ha utilizado en la literatura para analizar el efecto de la política fiscal local en el ciclo económico (Clemens y Miran, 2012). Evaluar el impacto en la economía es algo fuera del alcance de este capítulo, pero es necesario su estudio. En Querétaro, la experiencia de los años recientes (Figura 6a) muestra que hay variaciones importantes en el presupuesto y que el procedimiento actual —aprobar un presupuesto en línea con la Ley de Ingresos— no es una garantía suficiente para que el presupuesto ejercido sea proporcional o cercano a los ingresos recaudados al cierre del año, ni tampoco a lo aprobado en la Ley de Ingresos.

Debería, entonces, surgir la inquietud de si la aprobación del presupuesto anual es parte de una planeación financiera o solamente un formalismo legal. Más allá del deseo de lograr el equilibrio fiscal o de ejercer un presu-

puesto usando todos los ingresos disponibles (Figura 3), sería recomendable que el presupuesto aprobado sirviera como un instrumento de análisis y de evaluación. En la medida en que el monto y la composición del presupuesto aprobado se aleja de lo ejercido, se pierde su utilidad como instrumento o guía para la evaluación del presupuesto.

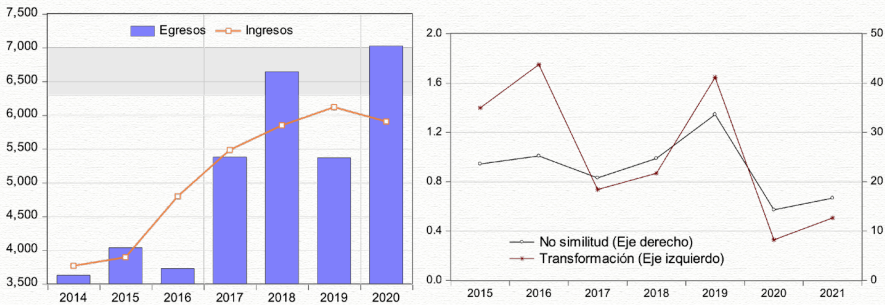
En la Figura 6b se compara el presupuesto ejercido con el presupuesto aprobado; se sobreponen dos indicadores para medir la cercanía (o lejanía) entre lo aprobado al iniciar el año y lo ejercido al terminarse éste. Aunque es razonable que el presupuesto tenga algunos ajustes con el paso de los meses, también se esperaría que el final se asemeje lo más posible a lo aprobado. No es así para todos los años analizados (2015-2021), pues la evidencia muestra que hay importantes diferencias entre lo ejercido y lo aprobado (Figura 6b). Paradójicamente, en 2020 —un año de crisis—, cuando el presupuesto pudo haber tenido los mayores cambios, se logró mayor similitud. Las cifras preliminares del 2021 muestran que la discrepancia entre lo ejercido y lo aprobado vuelve a crecer.

Se podrían diseñar diversas políticas para que lo ejercido y lo presupuestado estén en correspondencia o concordancia. Una posible solución se expuso en la sección 3.1 a través de una regla para mejorar la estimación de ingresos que estarán disponibles durante el ejercicio fiscal. Así, la clave para reducir las diferencias entre el presupuesto ejercido y el aprobado consistiría en aprobar una Ley de Ingresos con una estimación certera respecto a lo que se recaudará (ver Figura 3). En la medida en que crezca la similitud presupuestaria al inicio y al final de cada ejercicio fiscal, los presupuestos aprobados podrían ser un insumo valioso de planeación y evaluación. Mientras tanto, estos carecen de suficiente valía para anticipar hacia dónde se canalizarán los recursos municipales.

FIGURA 6. MUNICIPIO DE QUERÉTARO. DIFERENCIAS ENTRE LOS INGRESOS Y LOS EGRESOS; ALTOS ÍNDICES DE NO SIMILITUD PRESUPUESTARIA EN 2016 Y 2019⁹

Panel a) Sin causa aparente, se reprimió el gasto en 2016 y 2019; meses adelante se dispararon los egresos (gastos), superando en 16% los ingresos recaudados

Panel b) Presupuesto aprobado *versus* presupuesto ejercido (índices de no similitud y de transformación)



IMPACTO: DEBATE PRESUPUESTARIO MUNICIPAL

Hay diversos documentos que funguen como testimonio de que las interacciones entre la investigación académica desde la Universidad Autónoma de Querétaro y la regiduría de Morena en el municipio fueron productivas. Como se ha señalado en la descripción del problema, las interacciones iniciaron en 2016 y ocurren cada año, la última en 2021. Un antecedente de éstas ocurrió el 28 de enero del 2016. Aquel día, en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro, se realizó el foro Austeridad y Ahorro en el Gasto Público, organizado por la fracción del Movimiento

9 Nota: los valores son anuales, excepto los índices del 2021 que corresponden a cifras de enero a junio. El índice de no similitud se interpreta como el porcentaje del presupuesto ejercido que tendría que reasignarse para lograr una estructura similar con el presupuesto aprobado (Sanz y Velázquez, 2004). Para corroborar, se presenta el índice de transformación (Cavalieri, 2020), el cual evalúa las diferencias entre los rubros de gasto ejercidos respecto a lo previsto en el presupuesto. Las fórmulas se pueden consultar en el Anexo 2. Panel a) (millones de pesos) elaborado con base en el histórico de los ingresos y egresos del municipio de Querétaro. Panel b) elaborado con base en i) Presupuesto de Egresos del Municipio de Querétaro, Qro., ii) Estadística de Finanzas Públicas Estatales y Municipales 2015-2020 (EPIPEM, INEGI), e iii) histórico de los egresos del municipio de Querétaro.

Regeneración Nacional (Morena) de la LVIII Legislatura local (*Gazzeta Universitaria* 185). Para entonces, habían transcurrido pocas semanas desde que tomaron posesión las primeras representantes del partido Morena, y fue hasta unos meses después cuando comenzó la colaboración directa a nivel municipal que se describe en este capítulo.

a) *Productos académicos*. De la primera etapa de la colaboración (2016-2018) hay pocos documentos públicos disponibles, ya que con el cambio de las administraciones municipales se borran las publicaciones oficiales previas y se reinician los contenidos de las redes sociales del gobierno, al igual que el sitio de internet. A pesar de ello, del lado universitario se podrían destacar dos publicaciones: en 2017, el autor de este capítulo fue director invitado en el número 819 del semanario *Tribuna de Querétaro* (16/01/2017), dedicado a los presupuestos estatal y municipal de Querétaro, edición que contó con la participación de profesores invitados y con tres textos de estudiantes de licenciatura. Tiempo después, con la experiencia de la primera etapa, se publicó en 2019 el artículo académico “Recaudación municipal: el impacto de duplicar los impuestos patrimoniales” (Kato, 2019), donde se agradece explícitamente a la regidora Ivonne Olascoaga por las invitaciones a analizar las finanzas municipales (p. 72).

b) *Debate del presupuesto*. También se podrían citar como evidencia de las interacciones los posicionamientos en las sesiones de Cabildo. A modo de ejemplo, en la transcripción de la sesión del 27 de noviembre del 2018 se puede leer que la regidora Ivonne Olascoaga declaró: “Quiero expresarles que después de un análisis hecho con algunos expertos en el tema en torno a la Ley de Ingresos...” En esa misma intervención, la regidora expuso que la Ley de Ingresos se aprueba con un monto inferior a la recaudación y planteó el caso particular del impuesto sobre traslado de dominio, afirmando que

La actual administración considera que pudieran recaudarse, [...] (mil millones de pesos) por traslado de dominio, sin embargo, derivado de este análisis, en la práctica, podrían obtenerse entre [...] (mil setecientos millones de pesos) o [...] (dos mil setecientos millones de pesos). Esto significa que no deberíamos asombrarnos que el traslado de dominio sea la principal fuente de recursos propios del municipio de Querétaro, lo sorprendente podría

ser el elevado grado de subestimación al momento de elaborar la Ley de Ingresos (transcripción de la sesión de Cabildo del 27 de noviembre del 2018, p. 5).

Al finalizar el 2019, la Secretaría de Finanzas municipal reportó una recaudación de mil 646 millones de pesos, una cifra muy superior a lo aprobado. Por su parte, también se ha hecho alusión a las diferencias entre el presupuesto aprobado y el ejercido. Así, la regidora Ivonne Olascoaga señaló: “Este municipio cada año está recaudando más dinero de la población, no menos, así que para encontrar un presupuesto tan bajo debemos remontarnos seis años en las finanzas municipales para poder hallar una cifra similar a la que se propone este 2021 [...] en otras palabras existe una discordancia entre lo que se nos presenta y lo que efectivamente se gastará en el 2021” (transcripción de la sesión de Cabildo del 15 de diciembre del 2020, p. 3).

Al finalizar la intervención participaron dos regidores, uno de los cuales se identificó como integrante de la Comisión de Hacienda y descartó que pudiera haber ingresos excedentes. Aunque aún no hay cifras definitivas del 2021, con el reporte de los primeros seis meses del año se ha ejercido 67% de lo presupuestado y se ha recaudado 77% del monto aprobado en la Ley de Ingresos.¹⁰ Es decir, al igual que en años previos, en 2021 volverán a haber ingresos excedentes (*cfr.* Figura 1) y se volverán a registrar importantes diferencias entre lo aprobado y lo ejercido (*cfr.* Figura 6). Adenda: con datos al cierre del 2021, se recaudó 37% más ingresos de lo aprobado, esto es, mil 756 millones más que lo previsto en la Ley de Ingresos.

c) *Proyecto de investigación.* Por último, la interacción también ha servido para posicionar a Querétaro y el bajío en el contexto mexicano. Al tener institucionalmente un proyecto de investigación registrado en la UAQ, durante el 2021 se autorizó a un estudiante de licenciatura una estancia de Verano de la Ciencia, en la cual realizó el informe “Incremento de impuestos a la vivienda en México” (Olvera, Kato y Cázares, 2021). Entre las conclusiones del informe se destaca el papel recaudador del traslado de dominio y su impacto en la demanda de vivienda.

10 Ver: <https://portalfiscal.municipiodequeretaro.gob.mx/>

En la descripción del problema de este capítulo ya se ha señalado que la autoridad hacendaria municipal está conformada por los integrantes del Ayuntamiento (*i.e.* presidente municipal, regidores y síndicos) y que, para comprender el grado de influencia de los mismos sobre los ingresos y egresos, se requiere revisar los artículos 106 a 110 de la Ley Orgánica Municipal del Estado de Querétaro. En esos artículos se establece que la Ley de Ingresos y el Presupuesto de Egresos se originan en el titular de la dependencia encargada de las finanzas públicas (*v.g.* el secretario de finanzas). Posteriormente se turna al presidente municipal y, al final, el Ayuntamiento debe resolver. De manera formal, ese procedimiento unidireccional se cumple sin que haya retroalimentación o conversación multilateral entre los diversos integrantes que conforman la autoridad hacendaria municipal.

Institucionalmente, no existen otros mecanismos adicionales a lo previsto en la Ley Orgánica Municipal y ello implica que, aunque haya amplias deliberaciones en las sesiones de Cabildo —o constante comunicación entre los integrantes del Ayuntamiento—, se aprueban sin cambios la Ley de Ingresos y el Presupuesto de Egresos, dada la representación mayoritaria del partido político del presidente municipal. En este sentido, el ejercicio presupuestal continúa realizándose conforme al conocimiento vigente de la administración en turno, sin que la multiplicidad política y social de los miembros del Ayuntamiento pueda tener una influencia institucional en el diseño o detalles del presupuesto.

PRINCIPALES LECCIONES APRENDIDAS DE LA INVESTIGACIÓN

- A nivel municipal, se ha privilegiado el fortalecimiento de ingresos propios y la cancelación de la deuda. Por ello se requiere de diversos análisis respecto a quiénes conforman la base de contribuyentes, cuánta equidad fiscal existe en el cobro de impuestos y cuál es el nivel sostenible de ingresos propios. La normatividad vigente no contempla este tipo de análisis, así que corresponde a actores externos realizarlos.
- Existe un conjunto de normas legales que contiene las directrices generales sobre cómo elaborar la Ley de Ingresos y el Presupuesto de Egresos. Aunque son necesarios, otros criterios para el diseño y la ejecución

de las finanzas municipales no están contemplados en la legislación, pero tampoco existen los mecanismos institucionales para debatir o documentar cuáles serían las mejores prácticas. En este sentido, se podría avanzar en eficiencia presupuestaria a través del diálogo y la colaboración con la comunidad académica.

- El proceso presupuestario actual se centra en los documentos de ingresos y egresos que se aprueban al inicio de cada ejercicio fiscal. Posteriormente, el Ayuntamiento no revisa ni tiene conocimiento del avance financiero de los presupuestos. Así cada año los ingresos y egresos se aprueban con base en lo presupuestado la ocasión anterior, en vez de utilizar como insumo los montos ejercidos. Es decir, los presupuestos se aprueban comparando los presupuestos previos, sin que la realidad, el avance financiero o las partidas ejecutadas sean elementos de consideración. Al respecto, convendría ofrecer el informe parcial y el final del presupuesto aprobado, de tal manera que al someter a votación el siguiente presupuesto se cuente con los elementos y juicios de valor no sólo de lo que fue publicado al inicio del ejercicio, sino también de cómo cerró el ejercicio fiscal.

REFERENCIAS

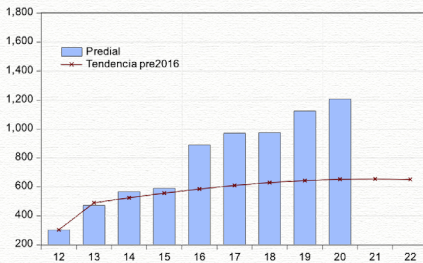
- AYUNTAMIENTO DEL MUNICIPIO DE QUERÉTARO. (25 de septiembre del 2015). Acuerdo sobre la Integración del Ayuntamiento del Municipio de Querétaro para el periodo 2015-2018. *La Sombra de Arteaga*.
- CAVALIERI, A. (2020). Responsiveness, responsibility and the role of parliament. Public budgeting in Italy in the time of techno-populism. *Italian Political Science*, 15(2), pp. 150-172.
- CLEMENS, J. y Miran, S. (2012). Fiscal policy multipliers on subnational government spending. *American Economic Journal: Economic Policy*, 4(2), pp. 46-68.
- ESTRELLA, V. (27 de enero del 2017). Impuesto en Qro pone en jaque a inmobiliarios. *El Economista*. Recuperado de: <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Impuesto-en-Qro-pone-en-jaque-a-inmobiliarios-20170127-0081.html>

- INTERNATIONAL MONETARY FUND. (2021). Mexico: technical assistance report-strengthening public assets and liabilities management. *IMF STAFF Country Reports*, (2021/261).
- KATO, E. (7 de noviembre del 2021). Todo el mundo necesita oro: el predial municipal. *Sistema Informativo Ciudadano*. Recuperado de: <https://sicmx.org/2021/11/07/todo-el-mundo-necesita-oro-el-predial-municipal/>
- _____. (2019). Recaudación municipal: el impacto de duplicar los impuestos patrimoniales. *Revista Superación Académica*, 28(52), pp. 65-73.
- LEY ORGÁNICA MUNICIPAL DEL ESTADO DE QUERÉTARO. (29 de septiembre del 2015). *La Sombra de Arteaga*.
- OLVERA, A., Kato, E.L. y Cázares, I.V. (2021). *Gobiernos recaudadores: Incremento de impuestos a la vivienda en México*. Informe del Verano de la Ciencia 2021. Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado de: <https://dip.uaq.mx/docs/Memoria-Verano-de-las-ciencias-2021.pdf>
- REGLAMENTO INTERIOR DEL AYUNTAMIENTO DE QUERÉTARO. (19 de febrero del 2019). *Gaceta Oficial del Municipio de Querétaro*.
- SANZ, I. y Velázquez, F. (2004). The evolution and convergence of the government expenditure composition in the OECD countries. *Public Choice*, 119, pp. 61-72.
- TRIBUNA DE QUERÉTARO. (16 de enero del 2017). En año de “recortes”... más presupuesto. *Tribuna de Querétaro*, (819). Recuperado de: https://tribunadequeretaro.com/wp-content/uploads/2018/03/tribuna_819.pdf
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO. (2016). Austeridad y Ahorro en el Gasto Público. *Gazzeta Universitaria*, (185), p. 15. Recuperado de: https://issuu.com/universidadautonomadequeretaro/docs/gazzeta_185

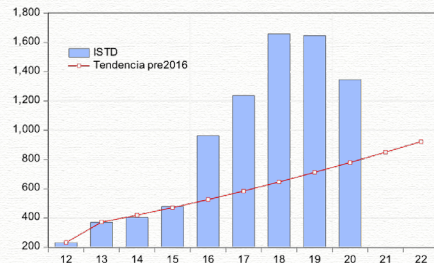
ANEXOS

ANEXO 1. MUNICIPIO DE QUERÉTARO. INGRESO ADICIONAL POR CAMBIOS EN EL COBRO DEL PREDIAL Y DEL TRASLADO DE DOMINIO¹¹

Panel a) El ingreso adicional por predial se puede inferir calculando la diferencia entre el predial recaudado y el valor de la tendencia



Panel b) El ingreso adicional por traslado de dominio ha sido notoriamente mayor, excepto en 2020



ANEXO 2. ÍNDICE DE NO SIMILITUD E ÍNDICE DE TRANSFORMACIÓN (FIGURA 5B)¹²

El índice de no similitud o diferencia D se calcula como

$$D_t = \frac{1}{2} \sum_i \left| \frac{f_i}{F} - \frac{a_i}{A} \right| \times 100$$

donde t indica los años de estudio 2015-2021, i corresponde a cada uno de los quince rubros de gastos analizados, A y F son, respectivamente, el presupuesto aprobado para el ejercicio fiscal y el presupuesto final o ejercido al cierre del año, y las minúsculas a y f se refieren a cada uno de los rubros de gasto. Por su parte, el índice de transformación I se obtiene sumando el cuadrado de las diferencias de las proporciones de gasto. En vez de usar

¹¹ Nota: las tendencias del predial y del ISTD son proyecciones propias usando las cifras de 1992 a 2015. Fuente: Paneles a) y b): EPIEM del INEGI.

¹² Fuente: clasificación usada en las de INEGI y emitida por el Conac.

el promedio simple, como en Cavalieri (2020, p. 156), el índice se calcula como un promedio ponderado

$$I_t = \sum_i (\omega_i \times (f_i/F - a_i/A)^2)$$

donde ω es el resultado de la importancia relativa del rubro i en el presupuesto ejercido. Nuevamente a_i/A y f_i/F se refieren a la proporción de cada uno de los rubros en el gasto, en el presupuesto aprobado y en el presupuesto final ejercido, respectivamente.

Los rubros de gasto utilizados para comparar el presupuesto aprobado y el presupuesto ejercido en la Figura 5b fueron los siguientes:

TOTAL DE PRESUPUESTO DE EGRESOS	SERVICIOS GENERALES
1. Servicios personales 2. Materiales y suministros 3. Transferencias, asignaciones, subsidios y otras ayudas 4. Bienes muebles, inmuebles e intangibles 5. Inversión pública 6. Deuda pública	7. Servicios básicos 8. Servicios de arrendamiento 9. Servicios profesionales, científicos, técnicos y otros 10. Servicios financieros, bancarios y comerciales 11. Servicios de instalación, reparación, mantenimiento y conservación 12. Servicios de comunicación social y publicidad 13. Servicios de traslado y viáticos 14. Servicios oficiales 15. Otros servicios generales

ANEXO 3. INGRESOS MUNICIPALES E IMPUESTOS PATRIMONIALES (OLVERA, KATO Y CÁZARES, 2021, PP. 22-23)

Las tesorerías municipales reciben un ingreso total por predial dependiendo de la tarifa (o monto) que cobran y el número de propiedades en su territorio, tal que

$$\text{Recaudación} = \text{tarifa} \times \text{viviendas}$$

[1]

donde la recaudación son los ingresos totales por el cobro del impuesto predial, la tarifa es el monto promedio pagado por las propiedades y las viviendas son el número de claves catastrales en el municipio. Si se aplica una de las reglas de tasas de crecimiento y se sigue la ecuación [1], la recaudación aumenta cuando crece la tarifa, el número de viviendas o ambos. La ecuación [1] expresada con tasas de crecimiento quedaría de la siguiente manera

$$g(R) = g(T) + g(V) \quad [2]$$

donde $g(.)$ indica la variación porcentual en el tiempo o tasa de crecimiento de una variable. Así, $g(R)$ es la tasa de crecimiento de la recaudación, $g(T)$ la tasa de crecimiento de la tarifa promedio y $g(V)$ la del acervo de viviendas.

Adicionalmente, los gobiernos municipales generan una segunda fuente de ingresos relacionados con la vivienda a través de los impuestos por la compra-venta de bienes inmuebles. Podemos plantear que los ingresos obtenidos por los impuestos municipales al patrimonio es la suma de los ingresos por predial más el traslado de dominio:

$$\begin{aligned} \text{ingresos patrimoniales} &= \text{recaudación por predial} \\ &+ \text{traslado de dominio} \end{aligned} \quad [3]$$

donde los ingresos patrimoniales son la suma de lo recaudado por impuestos al patrimonio, la recaudación por predial se refiere a lo especificado en la ecuación [1] y el traslado de dominio son los ingresos obtenidos bajo impuestos con diversos nombres según el estado, pero que, en cualquier caso, se obtienen por la compra-venta de bienes inmuebles. Nuevamente, usando tasas de crecimiento, la ecuación [3] se transforma en

$$\begin{aligned} g(I) &= g(R) + g(D) \\ &= [g(T) + g(V)] + g(D) \end{aligned} \quad [4]$$

donde $g(I)$ es la tasa de crecimiento de los ingresos patrimoniales y $g(D)$ es la tasa de crecimiento por traslados de dominio. Dado que T es la tarifa promedio por vivienda ($= \text{Predial} / \text{Viviendas}$), la expresión queda de la

siguiente manera: $(T) \sim [g(R) - g(V)]$. Ésta puede validarse con la ecuación [2]. De esta forma, la ecuación [4] nos es de interés porque puede analizarse como

$$\begin{aligned} g(I) &= [g(R) - g(V)] + g(V) + g(D) \\ &= g(r) + g(V) + g(D) \end{aligned} \quad [5]$$

Así, los gobiernos municipales pueden obtener más ingresos por tres formas: por intensidad, incrementando la tarifa predial [$g(r) = g(R) - g(V)$], por volumen, al tener más viviendas [$g(V)$] o aumentando el cobro de traslado de dominio [$g(D)$], ya sea con una tarifa más grande o con un mayor número de transacciones.

DISEÑO DE UN MODELO DE CONTINUIDAD EDUCATIVA ANTE CONTINGENCIAS SANITARIAS

DESIGN OF A MODEL OF EDUCATIONAL CONTINUITY IN THE FACE OF HEALTH CONTINGENCIES

ALEXANDRO ESCUDERO NAHÓN¹

RESUMEN

La pandemia de covid-19 obligó a las instituciones de educación superior (IES) a suspender las clases presenciales y a crear alternativas docentes para continuar con los procesos educativos formales. La mayoría de las IES respondieron con docencia remota de emergencia, que es una reacción habitual cuando no existen planes de continuidad educativa. La docencia remota de emergencia suele provocar resultados indeseables a largo plazo porque provoca estragos en la comunidad discente, como falta de interés y deserción; en la comunidad docente, por su parte, frecuentemente causa desorientación y estrés laboral.

Por el contrario, los planes de continuidad educativa son documentos de carácter estratégico que describen los procedimientos oportunos y coordinados que deben adoptar las instituciones educativas ante las contingencias que amenazan la educación regular. Estos procedimientos ofrecen criterios para enseñar, aprender y evaluar durante la contingencia en cuestión. El objetivo de esta investigación fue crear entre varios actores sociales un modelo de plan de continuidad educativa para la educación superior a partir de la contingencia sanitaria provocada por la pandemia de covid-19. Existen evidencias para considerar que la investigación fue realizada dentro de los parámetros de la ciencia comprometida porque en el proceso participaron varios sectores sociales y sus resultados benefician, precisamente,

¹ Facultad de Informática, alexandro.escudero@uaq.mx

a esos sectores participantes. Además, ahora se proyectan nuevas líneas de investigación y colaboración en conjunto para mejorar los modelos de continuidad educativa.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SU CONTEXTO

En marzo del 2020 las IES mexicanas se vieron obligadas a suspender las clases presenciales por indicación de las autoridades educativas con el objetivo de ralentizar la propagación de la pandemia por covid-19. La reacción generalizada ante esta contingencia sanitaria fue impartir docencia remota de emergencia. Es decir, las IES permitieron que cada docente tomara decisiones individuales sobre cómo incorporar la tecnología digital en sus procesos educativos con base en sus conocimientos y habilidades, invirtiendo sus propios recursos económicos y de acuerdo con su responsabilidad profesional (Shim y Lee, 2020).

Ahora bien, la pandemia se extendió más tiempo de lo previsto y la docencia remota de emergencia se convirtió en un nuevo problema, más que en una solución. Las transposiciones bienintencionadas, apresuradas y simplistas de la educación presencial a la virtual provocaron, paulatinamente, efectos indeseables: algunos miembros de la comunidad discente perdieron interés en el proceso educativo y, en el peor de los casos, desertaron. Por otra parte, la comunidad docente lidió con un alud de trabajo virtual que provocó desorientación y estrés laboral (Álvarez, 2020, párrafo 3).

De manera trillada podría decirse que la pandemia afectó en México a casi 5.3 millones de personas (4.7 millones de estudiantes; 429,495 docentes; y 188,646 personas que realizan actividades no docentes) que componen la educación superior. Sin embargo, no fue la pandemia la que afectó gravemente a este sector, sino la falta de planes de continuidad educativa. Esta grave carencia ha obligado a 6,404 IES (de las cuales 2,455 son públicas y 3,949 son privadas) (Narro Robles *et al.*, 2012; SEP, 2020) a adaptar su educación presencial apresuradamente, *sobre la marcha*, con las desventajas que implica este procedimiento de ensayo y error para las instituciones y sus comunidades educativas.

Los planes de continuidad educativa son documentos de carácter estratégico que describen los procedimientos oportunos y coordinados que deben adoptar las instituciones educativas ante una contingencia que amenaza la educación regular; son documentos que detallan cómo garantizar servicios educativos de calidad durante una contingencia. Asimismo, explican cómo se atienden las funciones sustantivas de las instituciones educativas en los aspectos prioritarios e ineludibles durante una crisis. La naturaleza de esos documentos es anticipatoria porque determina quién, cómo y cuándo deben tomarse medidas de carácter organizativo, técnico y procedimental para garantizar la continuidad de las funciones primordiales de la institución.

Es revelador que, según un registro realizado por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) acerca de las acciones educativas realizadas para enfrentar la pandemia en la educación superior (ANUIES, 2020a), sólo diez universidades de las 203 que conforman esta asociación declararon contar con un plan de continuidad de servicios educativos: Universidad Autónoma de Guerrero (2020b, 2020a), Universidad de las Américas Puebla (2020c, 2020a, 2020b), Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (2020), Universidad Nacional Autónoma de México (2020a, 2020b), Instituto Politécnico Nacional (2020), Universidad Anáhuac (2020), Universidad Iberoamericana CDMX (2020b, 2020a), Tecnológico de Monterrey (2020b, 2020a), Universidad Tecnológica de Jalisco (2020), así como Universidad Autónoma de Baja California (2020).

La falta de planes de continuidad educativa en las IES es una negligencia que impide que éstas cumplan con uno de sus compromisos y responsabilidades sociales: garantizar servicios educativos de calidad. Por todo lo anterior, las instituciones educativas están llamadas a diseñar y gestionar planes de continuidad educativa ante la contingencia sanitaria que ha provocado la pandemia por covid-19, pero también podrían anticiparse a contingencias de carácter natural (como las lluvias torrenciales o terremotos), ambiental (como las inundaciones o la mala calidad del aire), de inseguridad pública (como la violencia del crimen organizado o la violencia contra las mujeres) y políticas (como la toma de instalaciones o las marchas). En definitiva, el diseño de planes de continuidad educativa es

una acción estratégica que expresa claramente la responsabilidad social que una institución tiene con su comunidad.

UNA INVESTIGACIÓN CON COMPROMISO SOCIAL

Desde hace varias décadas, la comunidad científica ha reflexionado respecto a la necesidad de realizar y evaluar la producción del conocimiento científico con nuevos criterios. La ciencia con compromiso social es una propuesta relativamente nueva que pugna por crear un sistema de producción de conocimiento *socialmente distribuido*. Esto significa que la producción de conocimiento, que solía realizarse únicamente en instituciones científicas (universidades, institutos gubernamentales y laboratorios de investigación industrial) y estaba estructurada por disciplinas científicas tradicionales y autónomas, podría realizarse con la participación de sectores sociales tradicionalmente excluidos, con procedimientos novedosos y en sedes más heterogéneas. Lo anterior supone superar el contexto académico como único espacio de creación de conocimiento socialmente válido, incorporar la transdisciplinariedad para provocar heterogeneidad en los resultados de las investigaciones y plantear alternativas sobre el control de calidad de los productos de la ciencia (Hessels y Van Lente, 2008) (Cuadro 1).

CUADRO 1. COMPARACIÓN ENTRE LOS PRINCIPIOS
DE LA CIENCIA TRADICIONAL Y LA CIENCIA CON COMPROMISO SOCIAL²

CIENCIA TRADICIONAL	CIENCIA CON COMPROMISO SOCIAL
Se realiza en el contexto académico	Se realiza en el contexto de aplicación
Es una investigación disciplinar	Es una investigación transdisciplinar
Prioriza la homogeneidad	Prioriza la heterogeneidad
Valora la autonomía	Promueve la reflexión y la responsabilidad social
El control de calidad se hace por revisión de pares	Propone controles de calidad novedosos que involucran a todos los actores del contexto de aplicación

2 Fuente: adaptado de Hessels y Van Lente (2008, p. 741).

El problema específico de la falta planes de continuidad educativa fue muy pertinente para ser abordado desde un enfoque de ciencia con compromiso social. Esto permitió la participación plural de todos los sectores afectados y sus resultados están siendo aplicados, precisamente, en beneficio de esos sectores.

OBJETIVO Y MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Con el objetivo de proponer un modelo de plan de continuidad educativa ante contingencias sanitarias, se diseñó un método de investigación adecuado a la contingencia sanitaria, tomando en cuenta dos condiciones. En primer lugar, puesto que la pandemia por covid-19 era una contingencia sanitaria muy reciente al momento de iniciar la investigación, aún no se habían publicado resultados de investigación empírica al respecto. Esta situación impidió que ésta comenzara con la habitual fase documental en bases de datos científicos para conocer el *estado de la cuestión* (Leary y Walker, 2018). En segundo lugar, debido a que la estrategia oficial del gobierno de la república mexicana para evitar los contagios del virus SARS-CoV-2, denominada “sana distancia”, comprendió varias medidas para fomentar el confinamiento en los hogares (Gobierno de México, 2020), no fue posible realizar un estudio de campo.

El proceso de investigación, entonces, se realizó vía remota en tres fases principales: comprensión conjunta del problema, cocreación de soluciones y aplicaciones sociales (Cuadro 2). Cada una de esas fases comprendió métodos de investigación que lindaron con estrategias de gestión, puesto que la convocatoria a los sectores participantes fue un desafío mayúsculo. No obstante, las evidencias sugieren que sí se tuvo un poder de convocatoria adecuado y una participación plural.

CUADRO 2. PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN³

FASE	MÉTODO(S)	ACTORES INVOLUCRADOS	EVIDENCIA(S)
Comprensión conjunta del problema	Gestión de seminarios virtuales	48 representantes de instituciones de educación superior, empresas, industrias y sociedad civil	15 reuniones virtuales con un total de 1,532 minutos de grabación
	Metasíntesis documental	Tres investigadoras e investigadores del IPN, Tec de Monterrey y UAQ	- Dos artículos de investigación - Un artículo de divulgación
		Siete investigadoras e investigadores de cinco IES públicas y privadas	Financiamiento de Conacyt para realizar investigación
Cocreación de soluciones	Cartografía conceptual de 33 páginas web oficiales de universidades con información pertinente	Tres investigadoras e investigadores del IPN, Tec de Monterrey y UAQ	- Siete reuniones virtuales - Un libro con principios para diseñar planes de continuidad educativa
	Construcción de un estándar de competencia	13 representantes de instituciones de educación superior, empresas, industrias y sociedad civil	30 reuniones virtuales - Estándar de competencia EC1378 en Conocer
Aplicaciones sociales	Diseño de un diplomado para construir el plan de continuidad educativa y aplicación en las sedes de la Universidad Pedagógica Nacional en Tampico	Cinco directoras y directores de las sedes de la UPN en Tampico y ocho subdirectores	Hasta el momento, tres reuniones virtuales
	Presentación de los resultados de la investigación a la comunidad interesada	Tres presentaciones virtuales	Agenda de investigación para el 2022
	Obtención de un galardón de ANUIES como mejor investigación del 2021	Una reunión virtual para recibir el galardón	Premio y constancia

3 Fuente: basado en datos de Conocer (2020), Escudero Nahón (2021b), ANUIES, AUIES-TIC, Red LaTE, CUDI (2020) y ANUIES (2020a).

COMPRENSIÓN CONJUNTA DEL PROBLEMA

La primera fase de la investigación fue realizada por cuatro organismos mexicanos de reconocido prestigio especializados en tecnología educativa: la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), el Comité de Tecnologías de Información y Comunicaciones de la ANUIES (ANUIES-TIC), la Red Temática Mexicana para el Desarrollo e Incorporación de Tecnología Educativa (Red LaTE) y la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI).

La ANUIES agremia a las principales instituciones de educación superior de México y produce información relevante sobre los ámbitos de la docencia, la investigación y la extensión de la cultura. Actualmente, está conformada por 203 universidades e instituciones de educación superior, tanto públicas como particulares, de todo el país (ANUIES, 2020b). El Comité de Tecnologías de Información y Comunicaciones de la ANUIES (ANUIES-TIC) asesora a las IES asociadas a dicha institución sobre temas relativos al ámbito de las tecnologías de la información y las comunicaciones para mejorar la calidad, la eficacia y la eficiencia de los servicios académico-administrativos (ANUIES, 2020c). La Red LaTE es la Red Temática del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) desde el 2015; asesora en materia de diseño de políticas educativas, culturales y científico-tecnológicas, realiza investigación, innovación y desarrollo tecnológico especializado, y formula iniciativas legislativas asociadas a temas de informática educativa, cómputo educativo, robótica pedagógica y, en general, a todas las áreas afines a la tecnología educativa (Red LaTE, 2020). La CUDI, fundada en 1999, es una asociación civil sin fines de lucro orientada a promover el desarrollo tecnológico de México (CUDI, 2020).

Estos organismos cuentan con un buen poder de convocatoria entre las y los especialistas en tecnología educativa y lograron gestionar una serie de seminarios virtuales para analizar los problemas educativos que planteó la contingencia sanitaria por covid-19 y los desafíos que serían enfrentados en el periodo postcovid (Anexo 1). La información obtenida en las 15 reuniones virtuales, con un total de 1,532 minutos de grabación, fue pertinente para realizar una metasíntesis de los principales problemas que las IES enfrentaban en la contingencia sanitaria. La metasíntesis es un método

de investigación documental con enfoque cualitativo. Debido a lo anterior, el análisis de la información se condujo de manera inductiva, es decir, sin categorías de análisis predefinidas, pues éstas se construyeron a lo largo del estudio (Finlayson y Dixon, 2008; Leary y Walker, 2018). El resultado de la metasíntesis fue una comprensión amplia y profunda de un problema específico de la comunidad educativa del nivel superior.

La gestión de los seminarios virtuales y la metasíntesis permitieron tener insumos para solicitar financiamiento de la Convocatoria 2020-1 Apoyo para Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Salud ante la Contingencia por Covid-19 del Conacyt. El equipo de investigación se conformó, gracias a las interacciones productivas entre la sociedad civil, la industria y la academia, por siete miembros pertenecientes a cinco IES. Asimismo, se obtuvo el financiamiento para desarrollar la investigación titulada “Modelo de continuidad educativa para las situaciones de crisis sanitaria, a partir del análisis de buenas prácticas, lecciones y retos en las IES mexicanas durante la pandemia por covid-19”.

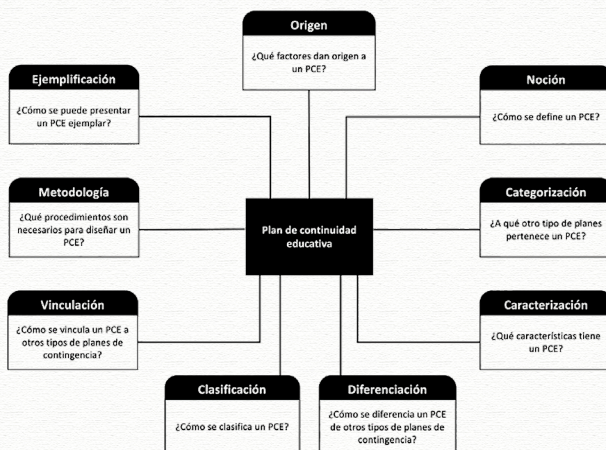
COCREACIÓN DE SOLUCIONES

En la segunda fase de la investigación se desarrolló un método de investigación muy útil para diseñar modelos conceptuales de intervención: la cartografía conceptual. Este método consistió en revisar sistemáticamente documentos con la intención de responder preguntas de investigación y diseño (Figura 1). En este caso, los documentos fueron páginas web oficiales de las IES mexicanas que declararon ante la ANUIES haber realizado acciones específicas para garantizar la continuidad educativa ante la pandemia por covid-19. Se revisaron 33 páginas web oficiales con 44 acciones específicas al respecto (Anexo 2).

La revisión y el análisis suscitaron 13 reuniones virtuales de tres investigadoras e investigadores del IPN, el Tec de Monterrey y la UAQ, quienes tuvieron a su cargo la redacción de dos capítulos del libro *Modelo de continuidad de servicios educativos ante un contexto de emergencia y sus etapas de crisis* (Vicario et al., 2021). La obra fue un producto conjunto de la iniciativa de la academia y la sociedad civil. El proceso de diseño de este

modelo pronto reveló que era necesario influir en las instituciones dedicadas a la certificación de competencias educativas. Por eso, como parte de la cocreación de soluciones, se convocó a representantes de la ANUIES, el Conacyt, la Coordinación General @prende.mx de la SEP, la CUDI, el Espacio Común de Educación Superior a Distancia (ECOESAD), el Instituto de Innovación y Robótica Educativa (INIRE), el Instituto Latinoamericano de Desarrollo Institucional (ILADE), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), la Red LaTE México, la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), la UAQ y la Universidad Veracruzana (UV) a participar en la construcción de la competencia “Diseño del Plan de Continuidad de los Servicios Educativos ante una condición de emergencia y sus etapas de crisis”. Ésta fue inscrita en el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales con el número EC1378 (Conocer, 2020).

FIGURA 1. CARTOGRAFÍA CONCEPTUAL PARA EL DISEÑO DE PLANES DE CONTINUIDAD EDUCATIVA



Estas 12 instituciones, empresas y organismos gubernamentales y civiles generaron el insumo para redactar otros dos capítulos del libro *Modelo de continuidad de servicios educativos ante un contexto de emergencia y sus etapas de crisis* (Vicario et al., 2021). En suma, la segunda fase sentó las bases

de los principios de un modelo de continuidad educativa susceptible de ser aplicado en las IES interesadas en tal fin.

APLICACIONES SOCIALES

Las aplicaciones sociales han sido, principalmente, de tres tipos: la labor interinstitucional, la divulgación de los resultados entre audiencias interesadas y la obtención de un reconocimiento por los resultados logrados. Actualmente, se está diseñando un diplomado con las cinco sedes de la UPN Tampico con el objetivo de que esas universidades construyan un modelo de continuidad educativa propio. Esta fase de la investigación, eminentemente aplicada, tiene el objetivo de intervenir y mejorar las condiciones de las instituciones sobre el tema en cuestión. Asimismo, es una oportunidad privilegiada para realizar ajustes al modelo.

Por otra parte, es menester del grupo de investigación solicitar a varios medios de comunicación e instituciones que incluyan en su agenda la presentación de los resultados de la investigación a la comunidad interesada. Hasta ahora, se han realizado dos presentaciones que han servido para tomar en cuenta, a partir de las preguntas de la audiencia, nuevos derroteros de la investigación. Además, los resultados de la misma se han inscrito en diversos concursos para, en principio, dar difusión de sus resultados y, posteriormente, tratar de influir en las líneas de investigación o de trabajo de esas instituciones. Hasta ahora, se ha obtenido un galardón por parte de la ANUIES, quien consideró que ésta fue la mejor investigación del 2021.

EL IMPACTO SOCIAL Y CIENTÍFICO

Como se ha dicho antes en este texto, la investigación con compromiso social implica un proceso inclusivo de varios sectores que tradicionalmente no participan en la generación de conocimiento, pero que sí son capaces de generar información relevante y propuestas pertinentes para solucionar problemas que afectan a la sociedad. Este proceso inclusivo requiere una reflexión constante y una valoración colectiva para saber cómo se pueden

mejorar los procesos de investigación. Al inicio de la indagación sobre el diseño de los principios para un modelo de continuidad educativa ante contingencias sanitarias, se identificaron los impactos científicos y sociales, y las oportunidades de mejora (Cuadro 3).

CUADRO 3. IMPACTO CIENTÍFICO Y SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

IMPACTO SOCIAL	OPORTUNIDADES DE MEJORA
Se logró consolidar una red de investigación más plural con empresas, industria y sociedad civil	Falta incluir personal capacitado para redactar iniciativas de ley
Se construyó una competencia en Conocer	Falta que las personas participantes en la investigación se certifiquen en la competencia EC1378 de Conocer
Se obtuvo un galardón de la ANUIES como mejor investigación 2021	Falta que los resultados se vuelvan insumos para el diseño de políticas públicas
Actualmente se están realizando un diplomado y una intervención en las sedes de la UPN Tampico	- Falta diseñar un programa de capacitación virtual para beneficiar a más instituciones - Falta aplicar los principios obtenidos en más IES para realizar ajustes a la propuesta
IMPACTO CIENTÍFICO	OPORTUNIDADES DE MEJORA
Se obtuvieron un libro, un capítulo de libro, un artículo científico y un artículo de divulgación científica	Falta publicar en inglés para aumentar la difusión de los textos; esto implica incluir a personal competente al respecto
Se dio una conferencia magistral para el gobierno de Tampico	Falta influir en los instrumentos de planeación de los gobiernos estatales y municipales; esto implica incorporar a las y los funcionarios de estos niveles de gobierno
Se dieron dos presentaciones de divulgación de resultados ante la comunidad interesada	Falta ofrecer entrevistas radiofónicas y televisivas como actividades de acceso universal al conocimiento; esto implica incluir a los medios de comunicación

EL IMPACTO SOCIAL

Desde el punto de vista del impacto social, los resultados de la investigación han sido relevantes. Se fortaleció una red de colaboración interinstitucional

a la que cada día se van sumando más integrantes. Sin embargo, durante la 6a Reunión Anual Red LaTE mx: Lecciones Aprendidas hacia una Educación Transdigital e Intermodal se detectó la necesidad de incorporar personal que pueda redactar iniciativas de ley en los tres niveles de gobierno (Red LaTE, 2021). Lo anterior se debe a que una manera de lograr transformaciones de largo aliento es modificar la normatividad imperante.

Se diseñó e integró el estándar de competencia número 1378 ante el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (Conocer), que establece las funciones elementales para que las personas interesadas sean competentes en el diseño de planes de continuidad de los servicios educativos ante un contexto de emergencia y sus etapas de crisis (Conocer, 2020). Esto significa que los resultados de la investigación han influido en la actualización de una institución gubernamental: la Secretaría de Educación Pública. No obstante, ahora es imprescindible que las personas que han diseñado la competencia se certifiquen al respecto. Este procedimiento, que suena un poco absurdo, es necesario para que Conocer otorgue su constancia respectiva al equipo.

La investigación fue galardonada en octubre del 2021 con el Reconocimiento ANUIES-TIC 2021 en la categoría Innovación de la Gestión mediante las TIC. Esto significa que ANUIES usará los resultados de la investigación para proponer cambios a las políticas públicas en educación superior (ANUIES, 2021). No obstante, es necesario garantizar que los resultados de la investigación, además de ser reconocidos por una asociación dedicada a proponer insumos para el diseño de políticas públicas, sean efectivamente enviados a las secretarías que podrían diseñar modelos de continuidad educativa.

Finalmente, desde el punto de vista del impacto social, vale la pena mencionar que, actualmente, cinco unidades de la Universidad Pedagógica Nacional sede Tampico (Ciudad Victoria, Tampico, Matamoros, Nuevo Laredo y Reynosa) están diseñando un diplomado intrainstitucional para realizar sus planes de continuidad educativa con los principios obtenidos tras la investigación. Esto indica que los resultados de ésta mejorarán la condición de la educación superior en ese estado. Se planeó que el proceso se desarrollara plenamente durante el 2022.

EL IMPACTO CIENTÍFICO

Desde el punto de vista del impacto científico convencional, se publicó el libro *Modelo de continuidad de servicios educativos ante un contexto de emergencia y sus etapas de crisis*, financiado por cinco organismos especializados en tecnología educativa (Vicario *et al.*, 2021). Esto supuso la consolidación de una red de interacciones de triple hélice: academia, organizaciones civiles y gobierno. Además, se publicó un artículo en una revista científica nacional de alto impacto (Escudero, 2021b), un artículo de divulgación (Escudero, 2021a) y un capítulo de libro (Escudero *et al.*, 2020). Si bien este tipo de impacto corresponde a los indicadores tradicionales de la ciencia, diversos miembros de la red de investigación han recibido invitaciones para ofrecer conferencias magistrales tras dichas publicaciones.

La colaboración entre los miembros de la red no ha cesado. Realizamos presentaciones de los resultados de la investigación en diversos foros de carácter académico, como el Congreso Internacional de Innovación Educativa 2021 del Tec de Monterrey (CIE, 2021) o el Sindicato Único del Personal Académico de la Universidad Autónoma de Querétaro (SUPAUAQ, 2021). Finalmente, desde el punto de vista del impacto científico, fue posible diseñar un método de trabajo totalmente remoto haciendo uso de diversas aplicaciones digitales con servicio en la nube. Al respecto, se ha iniciado una línea de investigación emergente (Escudero y De Fuentes, 2021).

LECCIONES APRENDIDAS

La conducción de investigaciones con compromiso social implica una labor de gestión extraordinaria. Por eso, es importante que en el grupo de investigación exista una persona con carisma y habilidades de liderazgo. Su labor es fundamental para convocar a los sectores sociales tradicionalmente excluidos de los procesos de creación de conocimiento y para mantener la motivación en general.

Los procesos de trabajo de las industrias, las empresas, la sociedad civil y la academia son muy distintos entre sí. Una de las primeras fases cruciales de la investigación comprometida tiene el objetivo de lograr un am-

biente donde todas las personas representantes de esos sectores se sientan cómodas y suficientemente incluidas. Es importante contar con una persona con tacto y sensibilidad para conformar subgrupos plurales de trabajo e interrumpir la tendencia natural de crear subgrupos homogéneos. Además, para que los resultados de las investigaciones con compromiso social logren transformaciones consistentes y de largo plazo es necesario incorporar en los grupos de trabajo a personas que puedan influir en la normatividad imperante. Por eso es necesario incluir desde el principio a representantes del poder legislativo o a personas que puedan influir en ese ámbito.

La divulgación del proceso de investigación, así como de los resultados, es un proceso fundamental. A través de éste es posible convocar a más sectores sociales al tiempo que se les informa sobre los beneficios que la investigación ha obtenido. Es esencial contar con personal especializado en la publicidad digital y en la gestión de redes sociales. Asimismo, la colaboración remota requiere de personal especializado en tecnología educativa para hacer un uso correcto de la tecnología digital.

Finalmente, puesto que la investigación con compromiso social pone especial atención en indicadores no convencionales, como el número de reuniones multilaterales concertadas entre diversos sectores sociales, la creación de procesos educativos o la producción de manuales, por ejemplo, es necesario crear repositorios digitales donde se puedan archivar todos estos documentos. Actualmente, existen diversas opciones gratuitas para cumplir con lo anterior. Sin embargo, es un procedimiento que debe ser incorporado al flujo de trabajo para no perder esas evidencias.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, G. (2020). *Covid-19. Cambiar de paradigma educativo*. Blog “Abran sus Cuadernos.”
- ANUIES. (2020a). Acciones ante la contingencia y la continuidad de las universidades. Recuperado de: <https://recursosdigitales.anui.es.mx/acciones-de-contingencia-y-continuidad-de-las-universidades/>
- _____. (2020b). ANUIES. Recuperado de: <http://www.anui.es.mx>
- _____. (2020c). ANUIES-TIC. Recuperado de: <https://anui.es-tic.anui.es.mx/web/>

- _____. (27 de octubre del 2021). Reconocimientos ANUIES-TIC. Recuperado de: <https://anuies-tic.anuies.mx/web/reconocimientos-anuies-tic/>
- ANUIES, ANUIES-TIC, RedLaTE y CUDI. (2020). Seminario: Cómo prepararse ante contingencias en instituciones educativas. *ANUIES-TIC*. Recuperado de: <https://recursosdigitales.anuies.mx/seminario-como-prepararse-ante-contingencias-en-instituciones-educativas/>
- BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA. (2020). Continuidad académica. Recuperado de: <https://dcytic.buap.mx/continuidad-academica/>
- CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA Y SUPERIOR. (2020). Sobre el covid-19. Recuperado de: <https://www.cetys.mx/alertascoronavirus/>
- CIIIE. [Transdigital]. (1 de diciembre del 2021). *Presentación del libro Modelo de Continuidad de Servicios Educativos en CIIIE 2021* [Video]. Youtube. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=5HEdtMhejRk>
- CONOCER. (2020). Estándar de competencia 1378. En *Estándar de competencia*. Recuperado de: https://www.conocer.gob.mx/contenido/publicaciones_dof/2021/EC1378.pdf
- CUDI. (2020). *CUDI*. Recuperado de: <https://www.cudi.edu.mx>
- EL COLEGIO DE MÉXICO A.C. (2020). Información sobre covid-19. Recuperado de: <https://www.colmex.mx/es/informacion-covid19>
- ESCUDERO, A. (2021a). Diseño y gestión de planes de continuidad de servicios educativos ante la pandemia de covid-19. *Multiversidad Management*, pp. 44-49.
- _____. (2021b). Metasíntesis sobre la narrativa educativa durante la pandemia por covid-19. *Diálogos sobre Educación*, 12(22), pp. 1-28. <https://doi.org/10.32870/dse.voi22.849>
- ESCUDERO, A., Chaparro, R., García, M.T. y Canchola, S.L. (2020). Hacia el diseño de planes de continuidad académica. En R. Pineda, M. García, A. Ochoa y J. Hernández (editores), *Análisis y perspectivas sobre la pandemia de covid-19 en Querétaro* (1ª edición, pp. 270-312). Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado de: https://www.uaq.mx/docs/Analisis_Perspectivas_COVID-19_Queretaro.pdf
- ESCUDERO, A. y De Fuentes, A. (2021). Metodología de gestión del conocimiento en la nube complementaria a la fase heurística de la metodología para el desarrollo de los estados del conocimiento del COMIE. En COMIE

- (editor), *XVI Congreso Nacional de Investigación Educativa CNIE 2021* (pp. 1-18). COMIE. Recuperado de: <https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v16/doc/1498.pdf>
- FINLAYSON, K. y Dixon, A. (2008). Qualitative meta-synthesis: a guide for the novice. *Nurse Researcher*, 15(2), pp. 59-71.
- GOBIERNO DE MÉXICO. (2020). Sana distancia covid-19. Recuperado de: <https://www.gob.mx/salud/documentos/sana-distancia>
- HESSELS, L.K. y Van Lente, H. (2008). Re-thinking new knowledge production: a literature review and a research agenda. *Research Policy*, 37(4), pp. 740-760. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.01.008>
- INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. (2020). Plan de Continuidad Académica en el IPN. *Elementos de aprendizaje*. Recuperado de: <https://elementosdeaprendizaje.ipn.mx>
- LEARY, H. y Walker, A. (2018). Meta-analysis and meta-synthesis methodologies: rigorously piecing together research. *TechTrends*, 62, pp. 525-534. <https://doi.org/10.1007/s11528-018-0312-7>
- NARRO, J., Martuscelli, J. y Barzana, E. (coordinadores). (2012). *Plan de diez años para desarrollar el Sistema Educativo Nacional*. México: Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, UNAM.
- RedLaTE. (2020). RedLaTE. Recuperado de: <https://redlate.net>
- _____. (2021). 6a Reunión Anual RedLaTE 2021. Lecciones aprendidas hacia una educación transdigital y multimodal. Recuperado de: <https://redlate.net/6a-reunion-anual-redlate-mx-lecciones-aprendidas-hacia-una-educacion-transdigital-y-multimodal/>
- SEP. (2020). SIGED Sistema de Información y Gestión Educativa. *SIGED*. Recuperado de: <https://www.siged.sep.gob.mx/SIGED/principalesCifras.html>
- SHIM, T.E. y Lee, S.Y. (2020). College students' experience of emergency remote teaching due to covid-19. *Children and Youth Services Review*, 119. <https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2020.105578>
- SUPAUAQ. (11 de junio del 2021). Presentación del libro: “Modelo de continuidad de servicios educativos ante un contexto de emergencia y sus etapas de crisis” en el SUPAUAQ. *Fan Page de Facebook del Sindicato Único del Personal Académico de la Universidad Autónoma de Querétaro*. Recuperado de: <https://www.facebook.com/supauaq.gro/videos/488202042294679>

- TECNOLÓGICO DE MONTERREY. (2020a). Covid-19. Recursos educativos: Observatorio de Innovación Educativa. Recuperado de: <https://observatorio.tec.mx/covid19-recursos-educativos>
- _____. (2020b). Transforma tu práctica docente para la continuidad académica. *Institute for the Future of Education*. Recuperado de: <https://innovacioneducativa.tec.mx/continuidad-academica/>
- TECNOLÓGICO SUPERIOR DE IRAPUATO. (2020). Plataforma de Educación a Distancia. Recuperado de: <https://ead.itesi.edu.mx>
- UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE TULA-TEPEJI. (2020). Mi universidad en casa. Recuperado de: <http://www.utt.edu.mx/miuniversidadencasa/>
- UNIVERSIDAD ANÁHUAC. (2020). Coronavirus covid-19. Recuperado de: <https://www.anahuac.mx/mexico/covid-19>
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA. (2020). UABC Informa: Coronavirus. Recuperado de: <http://gaceta.uabc.mx/coronavirus/>
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ. (2020). Programa de Continuidad Académica Virtual. Recuperado de: http://www3.uacj.mx/CSB/BIVIR/Paginas/BD_open.aspx
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO. (2020a). Plan de contingencia académica utilizando tecnologías de información y comunicación (TIC). Recuperado de: <http://virtual.uagro.mx/plancontingencia.pdf>
- _____. (2020b). Plan de continuidad académica “UAGro en Línea”. Recuperado de: <http://virtual.uagro.mx/plancontinuidad/documentos/ssss.pdf>
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN. (2020). Estrategia digital para contingencia covid-19. Recuperado de: <https://www.uanl.mx/covid-19/>
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO. (2020). Acciones importantes para la prevención, cuidado y seguimiento de la propagación del covid-19. Recuperado de: <https://www.uaeh.edu.mx/covid-19/>
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO. (2020a). Aula FaCiCo. Recuperado de: <https://www.facico-uaemex.mx/2018-2022/aulafacico.html>
- _____. (2020b). Clases virtuales ante contingencia. Recuperado de: <https://campusvirtual.uaemex.mx/contingencia/index.php>
- _____. (2020c). Clases virtuales ante la contingencia sanitaria. Recuperado de: https://revado.uaemex.mx/avisos/Clases_virtuales_ante_la_continuencia_sanitaria.pdf

- _____. (2020d). Dirección de Educación Continua y a Distancia. SEDUCA. Recuperado de: <https://www.seduca.uaemex.mx/>
- _____. (2020e). Herramientas TIC. Recuperado de: <http://tics.uaemex.mx/>
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS. (2020). UAEM-VA: Protocolo de continuidad virtual del aprendizaje. Recuperado de: <http://portal.e-uaem.mx/uaem-va/>
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA AZCAPOTZALCO. (2020a). Contingencia covid-19. Recuperado de: <http://contingencia.azc.uam.mx/>
- _____. (2020b). Tutoriales. Contingencia covid-19. Recuperado de: <http://contingencia.azc.uam.mx/tutoriales.php>
- UNIVERSIDAD CRISTÓBAL COLÓN. (2020). Continuidad académica UCC en caso de contingencia. *Micrositio ante contingencias*. Recuperado de: <https://sites.google.com/ucc.mx/docencia-y-contingencia/>
- UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. (2020a). Plan de contingencia. Recuperado de: <https://contingencia.unicach.mx>
- _____. (2020b). Plan de continuidad académica UNICACH. *Universidad de Colima*. Recuperado de: <https://portal.ucol.mx/covid-19/>
- UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO. (2020a). Programa eduTICS UG. Recuperado de: <https://edutics.ugto.mx/>
- _____. (2020b). UG en tu casa. Recuperado de: <https://www.ugto.mx/ugen-tucasa/>
- UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA. (2020a). Campañas de salud mental durante el autoaislamiento. Recuperado de: <https://www.udlap.mx/covid19/cuidate.aspx#saludFisica>
- _____. (2020b). Implantación de medidas sanitarias en sitio. Recuperado de: <https://www.udlap.mx/covid19/informate-y-previene.aspx>
- _____. (2020c). Respuesta de la Universidad de las Américas Puebla ante el covid-19 (coronavirus). Recuperado de: <https://www.udlap.mx/covid19/>
- UNIVERSIDAD DE SONORA. (2020). Plan de continuidad académica-docencia por contingencia covid-19. Recuperado de: <http://www.continuidadacademica.unison.mx/>
- UNIVERSIDAD DEL CARIBE. (2020). Herramientas digitales. Recuperado de: <https://www.unicaribe.mx/files/covid-19/avisos-covid-19-biblioteca.pdf>

- UNIVERSIDAD DEL VALLE DE MÉXICO. (2020). ¿Tienes duda sobre las clases virtuales y el uso de la plataforma teams? Recuperado de: <https://landing.uvm.mx/intro-teams/>
- UNIVERSIDAD IBERO CDMX. (2020a). IBERO covid-19. Recuperado de: <https://contingencia-covid.iberomex.mx>
- _____. (2020b). Lleva tu curso a la red. Recuperado de: <https://sites.google.com/view/tucursovirtual/>
- UNIVERSIDAD LA SALLE. (2020). Covid-19. Comunicados institucionales. Recuperado de: <https://lasalle.mx/covid/>
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. (2020a). Campus Virtual CUAED. Recuperado de: <https://distancia.cuaed.unam.mx/campus-virtual.html>
- _____. (2020b). ¿Cómo puedo continuar mi curso ante una contingencia? Recuperado de: https://www.codeic.unam.mx/index.php/contingencia_cursos/
- UNIVERSIDAD PANAMERICANA. (2020). Tu salud es primero. Recuperado de: <https://universidadpanamericanacovid19.com/%0D%0D%0A>
- UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA DEL ESTADO DE PUEBLA. (2020). UPAEP sigue adelante. Recuperado de: <https://upaep.mx/plandecontinuidad/>
- UNIVERSIDAD REGIOMONTANA. (2020). Informes sobre covid-19. Recuperado de: <https://www.covid19.u-erre.mx/>
- UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE JALISCO. (2020). Contingencia covid-19. *Plataforma Abierta de Innovación*. Recuperado de: <https://plai.mx/>
- UNIVERSIDAD VERACRUZANA. (2020). Plan de contingencia covid-19. Recuperado de: <https://www.uv.mx/plandecontingencia/>
- VICARIO, C.M., Huerta, R., Escudero, A., Ramírez, M.S., Espinosa, Y., Solórzano, M.A. y Trejo, G.E. (2021). *Modelo de continuidad de servicios educativos ante un contexto de emergencia y sus etapas de crisis* (1a edición). México: ANUIES/ CUDI. Recuperado de: <https://redlate.net/publicaciones/>

**ANEXO 1. SEMINARIO “CÓMO PREPARARSE ANTE CONTINGENCIAS
EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS” DE ANUIES, CUDI Y RED LATE⁴**

SESIÓN	FECHA / DURACIÓN	INSTITUCIONES PARTICIPANTES
1	12 de marzo del 2020 80 minutos	“El uso de la tecnología educativa en momentos de crisis: de la visión remedial a la incorporación cotidiana”, María Luisa Zorrilla Abascal, Universidad Autónoma del Estado de Morelos; “Plan de Continuidad Académica de la Universidad Autónoma de Baja California, Yéssica Espinosa Díaz, Universidad Autónoma de Baja California; “Perspectiva de Microsoft México”, Ediel Cortés, consultor de tecnología en educación. Microsoft México; “Perspectiva de Google for Education”, Juan José Arroyo Co-founder ApiSec Cloud Services CEO, ieducando México; Laura Camacho, Dirección de Pedagogía ieducando México partners de Google for Education
2	19 de marzo del 2020 94 minutos	“Plan de contingencia en las IES frente al covid-19”, Luis Alberto Gutiérrez Díaz de León, investigador de la Universidad de Guadalajara; “Acciones en la Universidad Autónoma Metropolitana frente al covid-19”, Max de Mendizábal, director de tecnologías de la información de la Universidad Autónoma Metropolitana; “Soluciones AWS para la continuidad de operaciones”, Carlos González Villegas, gerente de los territorios de Puerto Rico y México del sector público de AWS
3	26 de marzo del 2020 123 minutos	“Plan de continuidad académica del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey”; “Plan de continuidad académica del Instituto Politécnico Nacional”; “Plan de continuidad académica de la Universidad ORT México”
4	16 de abril del 2020 105 minutos	“Plan de contingencia en el Instituto Tecnológico Autónomo de México frente al covid-19”, Ana Lidia Franzoni Velázquez, Instituto Tecnológico Autónomo de México; “Plan de contingencia en la Universidad La Salle Ciudad de México”, María del Carmen de Urquijo Carmona, Universidad La Salle Ciudad de México; “Higiene digital: recomendaciones generales de ciberseguridad”, Erick Yesser Rodríguez Arreola, Universidad Autónoma de Chihuahua
5	23 de abril del 2020 74 minutos	“Plan de contingencia Campus Virtual UNAM”, Concepción Barrón Tirado y Jorge León Martínez, Universidad Nacional Autónoma de México; “Plan de contingencia en el Tecnológico Nacional de México”, Mireya Sarai García Vázquez, Tecnológico Nacional de México; “Soluciones Cisco ante la contingencia por el covid-19”, Manuel Acosta, Cisco Systems de México

⁴ Fuente: ANUIES, ANUIES-TIC, CUDI y Red LaTE (2020).

SESIÓN	FECHA / DURACIÓN	INSTITUCIONES PARTICIPANTES
6	30 de abril del 2020 99 minutos	“Plan de contingencia en la Universidad Pedagógica Nacional”, Mtro. Víctor Álvarez Castorela, Universidad Pedagógica Nacional; “Plan de contingencia en la Universidad Autónoma de Yucatán”, Sergio Antonio Cervera Loeza, Universidad Autónoma de Yucatán; “Herramientas alternativas de aprendizaje ante contextos de distanciamiento social”, Ricardo Vázquez Gutiérrez, Cofundador Oruka
7	7 de mayo del 2020 73 minutos	“Plan de contingencia en la Universidad Autónoma del Carmen”, José Antonio Ruz Hernández, Universidad Autónoma del Carmen y Erika Sánchez Chablé, Coordinación General de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Universidad Autónoma del Carmen; “Plan de contingencia en la Universidad Veracruzana”, Juan Carlos Jiménez Márquez, Universidad Veracruzana; “Plan de contingencia en la Universidad Autónoma de Nuevo León”, Joaquín Huante Hernández, Universidad Autónoma de Nuevo León
8	14 de mayo del 2020 109 minutos	“Implementación de herramientas de <i>proctoring</i> en la Universidad Autónoma de Chihuahua”, Mtro. Miguel Ángel López Santillán, Universidad Autónoma de Chihuahua, y Huber Macías, SEN3 Group; “Implementación de herramientas de <i>proctoring</i> en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey”, Sadie Lissette Guerrero Solís, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey; “Implementación de herramientas de <i>proctoring</i> en el Instituto Politécnico Nacional”, Chadwick Carreto Arellano, Instituto Politécnico Nacional
9	21 de mayo del 2020 101 minutos	“Implementación de herramientas de <i>proctoring</i> en la Universidad Internacional de la Rioja”, Julieta Palma Anda, Universidad Internacional de la Rioja en México, y David Marina Osle, Universidad Internacional de la Rioja; “Implementación de herramientas de <i>proctoring</i> en Universidad Autónoma de Guerrero”, Tomás Iván Benítez Castro y Efrén Marmolejo Valle, Universidad Autónoma de Guerrero
10	28 de mayo del 2020 93 minutos	“Plan de contingencia en la Universidad de las Américas Puebla”, Fernando Thompson de la Rosa, director general de tecnologías de la información de la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP); “Programa académico de QuestionPro”, Emiliano Orduña, Academic Project Lead, Latin America y QuestionPRO
11	4 de junio del 2020 98 minutos	“Proyecto emergente de enseñanza remota”, Max de Mendizábal, director de tecnologías de la información de la Universidad Autónoma Metropolitana; “Plan de contingencia en la Universidad Autónoma del Estado de México”, Alberto Torres Gutiérrez, director de educación continua y a distancia de la Universidad Autónoma del Estado de México; “Servicios Coursera en tiempos de contingencia por covid-19”, Francisco Forero Bonell, Coursera

SESIÓN	FECHA / DURACIÓN	INSTITUCIONES PARTICIPANTES
12	11 de junio del 2020 113 minutos	“Plan de contingencia en la Universidad de Guadalajara”, Guadalupe Cid, Coordinación General de Servicios Administrativos e Infraestructura Tecnológica de la Universidad de Guadalajara; “Plan de contingencia en Instituto Tecnológico de Sonora”, Mario Acosta Ramírez, Coordinador Oficial de Seguridad Informática del Instituto Tecnológico de Sonora; “Plan de contingencia en la Universidad Autónoma de Tamaulipas”, Carlos Enrique Portes Flores, Dirección de Tecnologías de Información de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, y Marco Antonio Treviño Rodríguez, director de información académica y administrativa de la Universidad Autónoma de Tamaulipas
13	18 de junio del 2020 111 minutos	“Plan de contingencia en la Universidad Anáhuac”, José Valdez, CIO de la Red de Universidades Anáhuac; “Plan de contingencia en El Colegio de México”, Canek Ramírez, coordinador de servicios de cómputo en El Colegio de México; “Plan de contingencia en la Universidad de Colima”, José Contreras, coordinador general de tecnologías de información de la Universidad de Colima
14	25 de junio del 2020 121 minutos	“Acciones realizadas por las instituciones de educación superior para mantener los servicios educativos ante el covid-19, así como contribuir a la salud y bienestar de la sociedad”, Carmen Enedina Rodríguez Armenta, directora general de educación superior universitaria/SEP; “Perspectiva ECOESAD/UANL ante la contingencia por el covid-19”, Lucero Cavazos, directora de educación a distancia de la Universidad Autónoma de Nuevo León (ECOESAD); “Perspectiva UDUAL ante la contingencia por el covid-19”, Germán Ruiz Méndez, Dirección General de Televisión Educativa, Unión de Universidades de América Latina y el Caribe (UDUAL)
15	2 de julio del 2020 138 minutos	“Perspectiva en la educación superior en España ante la contingencia por el covid-19”, Faraón Llorens; “Perspectiva en la educación superior en Argentina ante la contingencia por el covid-19”, Ernesto Chinkes; “Perspectiva en la educación superior en Cuba ante la contingencia por el covid-19”, Alain Lamadrid, Ministerio de Educación Superior en Cuba; “Perspectiva en la educación superior en México ante la contingencia por el covid-19”, Marina Vicario, Instituto Politécnico Nacional

**ANEXO 2. INSTITUCIONES ASOCIADAS A LA ANUIES
QUE PRESENTAN INFORMACIÓN PERTINENTE
SOBRE ACCIONES EDUCATIVAS ANTE EL COVID-19⁵**

REGIÓN	UNIVERSIDAD /INSTITUCIÓN	ACCIONES	SÍNTESIS
Región sur-sureste	Universidad Veracruzana (2020)	1. Plan de contingencia covid-19	Presenta planes de acción durante la contingencia, comunicados oficiales de la universidad y una campaña informativa
	Universidad del Caribe (2020)	2. Herramientas digitales	Presenta cinco buscadores de literatura científica
	Universidad Autónoma de Yucatán	3. Información sobre el covid-19	Presenta información médica sobre el covid-19
	Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (2020a, 2020b)	4. Plan de continuidad académica UNICACH	Presenta cinco opciones de capacitación sobre educación en línea (acceso limitado a la comunidad de la UNICACH)
		5. Plan de contingencia	Acceso limitado a la comunidad de la UNICACH
	Universidad Cristóbal Colón (2020)	6. Continuidad académica UCC en caso de contingencia	Presenta un micrositio con sugerencias frente a contingencias en diversos ámbitos, como la comunicación, formatos, agendas de estudio y directrices para evaluar durante la contingencia, además de varios <i>links</i> a recursos en línea y a sitios de otros organismos nacionales que abordan el problema de la falta de planes de continuidad académica

⁵ Fuente: ANUIES (2020a).

REGIÓN	UNIVERSIDAD /INSTITUCIÓN	ACCIONES	SÍNTESIS
Región centrosur	Universidad Autónoma de Guerrero (2020a, 2020b)	7. Plan de continuidad académica "UAGro en Línea"	Presenta propuestas de capacitación a docentes y alumnos, y un plan de gestión de crisis con estrategias reactivas, proactivas y accesibles, así como algunas acciones y responsables institucionales
		8. Plan de contingencia académica utilizando las TIC	Presenta un plan de contingencia con cinco fases, un plan de gestión de crisis y un plan operativo de monitoreo
	Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji (2020)	9. Mi universidad en casa	Presenta el acceso a las aulas virtuales de los programas de grado y posgrado, así como <i>links</i> de sitios de cultura
	Universidad de las Américas Puebla (2020a, 2020b, 2020c)	10. Respuesta de la Universidad de las Américas Puebla ante el covid-19	Presenta protocolos de acción para enseñar, aprender y trabajar en línea, comunicados oficiales del rector y sugerencias de prevención
	Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (2020)	11. UPAEP sigue adelante	Micrositio dirigido a docentes, alumnos, administrativos, familiares y aspirantes que presenta recursos tecnológicos disponibles para acompañar el proceso de migración, los avisos y comunicaciones oficiales emitidos por las diversas áreas, las últimas noticias sobre el covid-19 y una serie de recomendaciones higiénico-sanitarias
	Universidad Autónoma del Estado de Morelos (2020)	12. UAEM-va: Protocolo de continuidad virtual del aprendizaje	Presenta el protocolo para crear aulas virtuales de manera expedita y las vías para capacitarse en su uso. La información está dirigida a docentes y alumnos
	Universidad Autónoma del Estado de México (2020a, 2020b, 2020c, 2020d, 2020e)	13. Clases Virtuales ante contingencia	Presenta información sobre el ecosistema de educación virtual y mixta: Moodle, Microsoft Teams y SEDUCA. Dirigido a docentes.
		14. Dirección de Educación Continua y a Distancia	Dirección de Educación Continua y a Distancia
		15. Herramientas TIC	Presenta el ingreso a Moodle, Microsoft Teams, Seduca y G Suite for Education. Acceso limitado con usuario y contraseña
		16. Clases virtuales ante la contingencia sanitaria	Presenta acciones didácticas para sustituir las clases presenciales con aplicaciones de tecnología digital
		17. Aula FaCiCo	Presenta información sobre aplicaciones digitales, recursos web y MOOC
	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (2020)	18. Acciones importantes	Presenta acceso a su plataforma institucional y a la biblioteca digital con acceso limitado por usuario y contraseña. Además, pone a disposición el repositorio institucional e información médica sobre el covid-19
	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (2020)	19. Continuidad académica	Presenta tutoriales sobre Microsoft Teams y G Suite for Education, entre otros recursos en línea

REGIÓN	UNIVERSIDAD /INSTITUCIÓN	ACCIONES	SÍNTESIS
Región metropolitana	El Colegio de México A.C. (2020)	20. Información sobre el covid-19	Presenta información sobre el covid-19, acceso al Moodle institucional, los servicios de la biblioteca e información de acceso abierto sobre las clases remotas
	Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco (2020a, 2020b)	21. Contingencia covid-19	Presenta información para que el alumnado pueda identificar a las y los profesores asignados para las evaluaciones de recuperación
		22. Tutoriales. Contingencia covid-19	Presenta tutoriales de Moodle y aplicaciones para hacer videoconferencias y repositorios en la nube
	Universidad del Valle de México (2020)	23. ¿Tienes duda sobre las clases virtuales y el uso de la plataforma Teams?	Presenta un tutorial sobre Microsoft Teams
	Universidad La Salle (2020)	24. Covid-19: disposiciones oficiales	Presenta comunicados institucionales, convocatorias, servicios a la comunidad y noticias
	Universidad Nacional Autónoma de México (2020a, 2020b)	25. Campus Virtual CUAED	Presenta tutoriales y acceso restringido por usuario y contraseña a su plataforma institucional CUAED y a Google Meet, Blackboard Collaborate, Zoom, Facebook, Google Suite o Microsoft Office 365
		26. ¿Cómo puedo continuar mi curso ante una contingencia?	Presenta infografías que explican adecuadamente cómo adaptar la planeación de los cursos, cómo preparar el encuadre didáctico de un curso no presencial, cómo compartir información con los estudiantes y cómo realizar el proceso de evaluación de los aprendizajes
	Universidad Panamericana (2020)	27. Tu salud es primero	Presenta comunicados oficiales y una oferta de <i>webinars</i> y cursos
	Instituto Politécnico Nacional (2020)	28. Plan de continuidad académica en el IPN	Presenta su plan virtual de continuidad académica dirigido a docentes y alumnado de grado y posgrado
	Universidad Anáhuac (2020)	29. Coronavirus covid-19	Presenta su plan de continuidad académica dirigido a docentes. La página web está muy bien estructurada
	Universidad Iberoamericana Ciudad de México (2020b, 2020a)	30. Lleva tu curso a la red	Presenta de manera ordenada información y recursos para elaborar cursos virtuales: una guía sintética, procesos de digitalización, modelos de cursos, metodologías didácticas para la virtualidad, herramientas para digitalizar y criterios para evaluar los cursos virtuales
		31. IBERO covid-19	Presenta información médica, comunicados, noticias, pero también una guía para profesoras y profesores para el cierre del semestre a distancia. Esta guía contiene varios temas sencillos y útiles

REGIÓN	UNIVERSIDAD /INSTITUCIÓN	ACCIONES	SÍNTESIS
Región noreste	Tecnológico de Monterrey (2020a, 2020b)	32. Transforma tu práctica docente para la continuidad académica	Presenta una guía muy completa y ordenada para migrar cursos a la educación virtual. Contiene formatos y recursos
		33. Covid-19. Recursos educativos: Observatorio de Innovación Educativa	Presenta una compilación nutrida de <i>webinars</i> , recursos para docentes, para el alumnado y personal no docente frente a la contingencia sanitaria. Todo lo anterior dentro de su Observatorio de Innovación Educativa
	Universidad Autónoma de Nuevo León (2020)	34. Estrategia digital para contingencia covid-19	Presenta guías para docentes y alumnado para adaptar los procesos de enseñanza y aprendizaje presencial a la modalidad en línea
	Universidad Regiomontana (2020)	35. Informes sobre el covid-19	Presenta comunicados oficiales en forma de blog
Región centro-occidente	Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (2020)	36. Plataforma de Educación a Distancia	Presenta la Plataforma de Educación a Distancia institucional sin especificaciones sobre la contingencia sanitaria
	Universidad de Guanajuato (2020b) (2020a)	37. UG en tu casa	Presenta recursos sobre ciencia, academia, cultura y recreación virtual. Dentro de esta oferta presenta un <i>link</i> a tutoriales para implementar estrategias didácticas digitales
		38. Programa educativo TICS UG	Presenta la página oficial del programa institucional eduTICS que contiene cursos e información sobre Microsoft Teams, Webex, One Drive, SharePoint y Skype
	Universidad de Colima (2020)	39. Universidad de Colima ante el covid-19	Presenta comunicados, infografías, recursos digitales y un micrositio titulado <i>Continuidad Educativa</i> . En esta sección hay un PDF detallado sobre su Programa Universitario de Contingencia ante el covid-19
	Universidad Tecnológica de Jalisco (2020)	40. Contingencia covid-19	Presenta la Plataforma Abierta de Innovación (PLAi) del gobierno del estado de Jalisco operada por la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología (SICyT) del estado de Jalisco

REGIÓN	UNIVERSIDAD /INSTITUCIÓN	ACCIONES	SÍNTESIS
Región noroeste	Universidad de Sonora (2020)	41. Plan de continuidad académica-docencia por contingencia covid-19	Presenta los recursos institucionales (Microsoft 365 y Moodle), buenas prácticas para la continuidad académica y actividades sencillas y básicas para asegurar esta última durante la contingencia del covid-19
	Centro de Enseñanza Técnica y Superior (2020)	42. Sobre el covid-19	Presenta un comunicado mencionando que la institución ha habilitado más de 100 cursos y talleres y más de 33 salas de apoyos virtuales, que ha fortalecido la infraestructura de docencia remota y ha adquirido más de 850 licencias profesionales de Zoom
	Universidad Autónoma de Baja California (2020)	43. UABC Informa: Coronavirus	Presenta información médica, medidas de protección, comunicados oficiales, avisos y el plan de continuidad académica. Éste contiene información para docentes y alumnos
	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (2020)	44. Programa de Continuidad Académica Virtual	Presenta un repositorio de páginas web relacionadas con recursos digitales, pero no existe un plan de continuidad académica

IMPACTOS SOCIALES
QUE INFLUYERON
EN LA CALIDAD
DE VIDA, INCLUSIÓN,
OPORTUNIDADES
Y DERECHOS
DE COMUNIDADES



ARQUITECTURA PARTICIPATIVA. CASOS DE ESTUDIO EN ESPACIOS DE APRENDIZAJE EN LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO

COMMUNITY ARCHITECTURE. CASE STUDIES ON LEARNING SPACES IN THE SIERRA GORDA OF QUERÉTARO

M.A.A. GUILLERMO IVÁN LÓPEZ DOMÍNGUEZ¹
ARQ. GRACIELA DEL CARMEN MÁRQUEZ SANTOYO²
ARQ. FERNANDA DENISSE DUARTE ARRIAGA³
ARQ. HUGO HUMBERTO ARTEAGA ESPÍNDOLA⁴
ARQ. EBER GRANADOS ÁVALOS⁵

RESUMEN

La arquitectura, como la mayoría de las disciplinas relacionadas con el diseño, suele ser agregadora, sintética y tiene la responsabilidad casi explícita de acercar la investigación y transformarla en experiencias con impacto positivo para la sociedad. El proyecto que se presenta fue realizado en la Sierra Gorda de Querétaro en zonas de alta y muy alta marginación, y consistió en el trabajo de diseño y acompañamiento en cuatro comunidades para la materialización de tres escuelas Conafe (Consejo Nacional de Fomento Educativo) y un CIAC (Centro Integral de Aprendizaje Comunitario). El proyecto se realizó en el marco del acuerdo de colaboración entre la Universidad Autónoma de Querétaro, a través de la Facultad de Ingeniería, y la Secretaría del Bienestar del gobierno federal en el programa La Escuela

¹ Facultad de Ingeniería, guillermo.lopez@uaq.edu.mx

² Facultad de Ingeniería, graciela.marquez@uaq.mx

³ Facultad de Ingeniería, f.denisseduarte@gmail.com

⁴ Facultad de Ingeniería, hugo.hae@outlook.com

⁵ Facultad de Ingeniería, eber.granados81@gmail.com

es Nuestra (LEEN). Éste se ejerce a nivel nacional y consiste en la habilitación y rehabilitación de escuelas en zonas marginadas. Su peculiaridad es que el recurso se entrega directamente a los comités de padres y madres de familia, quienes se encargan de su correcto uso, aplicación y, en muchos casos, construcción.

Al equipo universitario, conformado por egresados, estudiantes, pasantes y docentes de las carreras de arquitectura y diseño industrial de la Facultad de Ingeniería, se le convoca para el acompañamiento técnico en la autogestión del hábitat en las comunidades donde se construirán aulas nuevas, con la intención de que éstas aprovechen los recursos de la manera más eficiente y, sobre todo, de que sean protagonistas del proceso de toma de decisiones sobre las prioridades y necesidades de su escuela. En las primeras etapas, los participantes del equipo concurren por interés personal. En etapas subsecuentes se considera un proyecto de servicio social o dentro de becas ocupacionales.

El objetivo general de esta investigación, en este caso aplicada, es acompañar a las comunidades, a través de un proceso de diseño social del hábitat, en el diseño y la gestión de los espacios escolares, considerando las necesidad y expectativas de las personas involucradas, principalmente de niñas y niños. Para lograrlo, los objetivos particulares involucran recabar datos, expectativas y necesidades de las niñas y los niños y sus comunidades, implementando estrategias de diseño participativo, entrevistas y actividades moderadas a partir de las cuales se irán afinando las propuestas y alternativas que tiene la comunidad. El equipo universitario plasma, diseña y representa estos proyectos de modo que la comunidad pueda interactuar con modelos y dibujos y, de esta manera, se puedan establecer las prioridades y la imagen final del proyecto. Otro objetivo particular es acompañarla en el proceso de gestión de recursos para la materialización de sus escuelas, involucrándonos en la medida en que la comunidad lo solicite.

En la primera etapa se atendieron, en el municipio de Pinal de Amoles, las comunidades de El Cantoncito y El Pedregal; en Peñamiller, El Moral y, en Cadereyta, El Naranjo. El proyecto tuvo un alto valor participativo desde el inicio, pues esta forma organizativa de trabajo refuerza los lazos colectivos y promueve las capacidades autogestivas de las comunidades, reduciendo así la dependencia de agentes y asistencias externas. Rompe

con el esquema tradicional de construcción de infraestructura pública en entornos rurales, donde comúnmente se llevan proyectos previamente diseñados por terceros y donde la posibilidad supuestamente beneficiaria de que la comunidad opine es prácticamente nula.

Otro punto a destacar es que una parte significativa de la obra se ejecutó durante la pandemia de covid-19. Al ser éstas comunidades que dependen en gran medida del trabajo en otras localidades como la cabecera municipal, la capital del estado o incluso ciudades de Estados Unidos, la pandemia vino a impactar profundamente en la vida laboral de las personas. El proyecto de las escuelas comunitarias fue una oportunidad para sostenerse económicamente y a su vez aumentar sus capacidades técnicas y autogestivas. También para nosotros, como agentes externos, fue un reto personal tener que supervisar una obra a distancia, pero esto permitió innovar con otras formas de mantener contacto sin estar presentes, tan necesarias en el contexto actual. Este proyecto tiene escuelas nuevas habilitadas para estudiantes de educación básica y pretende contribuir a combatir la deserción escolar, así como a dar una dignidad renovada a los espacios educativos y a la participación comunitaria y, desde luego, dar sentido a la misión de extensión que tenemos como universitarios.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y DEL CONTEXTO

ANTECEDENTES

La arquitectura es un proceso complejo muy doméstico y familiar para todos los que son partícipes de ella, desde la construcción, producción y diseño, hasta su forma más experimental e intuitiva, que es el habitar. Sin embargo, las formas y procesos en las que las arquitecturas son llevadas a cabo han ido cambiando a lo largo de la historia. Desde su aparición en la tierra, la especie humana ha tenido que lidiar con su entorno adaptándolo a sus necesidades, sueños y deseos, pero no fue hasta que decidió asentarse en un sitio que tuvo que desarrollar técnicas apropiadas a éste para subsistir en su nuevo entorno, como la agricultura y, desde luego, la arquitectura (Romero, 2004, p. 27).

Las culturas y civilizaciones antiguas no sólo levantaban edificaciones que funcionaban como resguardo de las inclemencias del tiempo, sino que implementaban procesos de construcción y habitar ligados a sus tradiciones, costumbres y cosmovisiones. Como prueba de ello, las viviendas vernáculas alrededor del mundo aún son hechas con saberes tradicionales. Lo mismo ocurría con edificios comunes o públicos donde los patrones, formas, materiales y ornamentos eran representados y trabajados por las comunidades. Sin embargo, hoy en día ha cambiado la manera en que se piensan, diseñan y construyen las edificaciones. Por una parte la globalización ha traído consigo nuevos materiales y procesos constructivos que han desplazado a los tradicionales. El problema es que han sido impuestos por parte del Estado de la mano del poder económico, ya que por lo general las políticas de vivienda, desarrollo urbano y programas de financiamiento están orientadas y pensadas con materiales industriales como solución a los proyectos de vivienda y edificios públicos, discriminando, a su vez, los materiales y técnicas locales y catalogándolos como precarios o de mala calidad (Ordoñez y Amescua, 2021). Por otra parte, la “especialización” de la disciplina de diseñar y construir ha privado a los diferentes usuarios de tomar las decisiones en sus espacios, tanto individuales como colectivos, y han tenido que adaptarse a los prototipos y soluciones genéricas por parte de “profesionales” y que muchas veces responden a “diseños de escritorio”, es decir, proyectos sin un entendimiento del contexto, hábitos, deseos, necesidades y demás variables que constituyen un espacio colectivo (Ordoñez y Amescua, 2021).

“Frente a problemas de desigualdad, opresión, pobreza y colonialismo —consecuencia del desarrollo industrial capitalista y socialista— tienen lugar (principalmente en EE.UU. y Gran Bretaña) una serie de iniciativas denominadas *Planeación Comunitaria y Participativa*, y como parte de ellas, el *Diseño Participativo* (DP)”. A partir de esto fue que, en muchos países, especialmente en América Latina, se comenzó la búsqueda por el derecho a la vivienda apoyado en la premisa del concepto de la producción social del hábitat y la vivienda (Romero *et al.*, 2017). La producción social del hábitat nace a mediados del siglo xx como una práctica que realizaban las personas desde tiempo atrás y consiste en la autoproducción de su hábitat, de objetos que no se terminan y se entregan (como la vivienda en serie), sino que son

autoproducidos evolutivamente al paso de los años y, conforme avanzan sus necesidades, responden a sus posibilidades con base en sus recursos materiales, sociales, económicos y políticos (Romero *et al.*, 2017).

Por mucho tiempo la arquitectura doméstica ha funcionado a través de la producción social, dando voz a quienes habitan sus espacios y respondiendo a sus técnicas, procesos y saberes. La producción social del hábitat se desarrolla por medio de la escucha y el diálogo, en el que todos los actores del proceso productivo son partícipes. Si bien los seres humanos han sido siempre capaces de construir sus entornos por sí mismos, existe una apuesta por la producción social del hábitat asistida, que consiste en crear un espacio colectivo y de producción del hábitat en el que quienes tienen la voz principal son los habitantes trabajando en conjunto con otros actores, el Estado, apoyo privado, instituciones no gubernamentales y la asistencia por parte de profesionales especializados como arquitectos, diseñadores, antropólogos, politólogos, etcétera, con el fin de conjugar saberes y técnicas colectivas.

Para hacer efectivo el diseño participativo es preciso que exista la participación, entendida como un derecho que permite darle espacio a las voces que alguna vez fueron silenciadas por estructuras dominantes de poder, y que exista un intercambio de opiniones y decisiones que sean tomadas en cuenta. Cabe mencionar que no hay que confundir dicho término con un acto de asistencialismo, voluntarismo o acción altruista, pues es, más bien, una oportunidad de compartir conocimientos y dar seguridad a las personas que son capaces de tomar decisiones sobre la producción de su hábitat. De este modo, la estructura de conocimiento vertical que por lo regular nos enseñan a los profesionales a llevar a la práctica pasa a ser una estructura del conocimiento horizontal donde todos los involucrados son parte de la toma de decisiones. El diseño participativo es una postura ideológico-política (Romero *et al.*, 2017), y compartir el conocimiento y recibir el aprendizaje de otros, además de ser un acto justo y democrático, permite disolver las prácticas comunes que nos enseñan en la educación tradicional, la cual implica sólo trabajar con selectos sectores sociales, económicos y políticos, y concebir a la o al arquitecto como héroe que se sienta en un escritorio a resolverle la vida a las personas.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y CONTEXTO

A finales del 2019, en el marco de un convenio entre la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro y la Secretaría del Bienestar del gobierno federal, se concretó la participación de un equipo universitario para realizar trabajo de diseño participativo y acompañamiento en comunidades de alta y muy alta marginación en el estado. Estos proyectos son de índole educativo, en escuelas Conafe y en un CIAC. Todos forman parte del programa federal La Escuela es Nuestra (LEEN).

Del universo de escuelas contempladas en el programa, nos concentramos en algunas que requieren un proyecto nuevo, porque la mayoría solo contemplan acciones de mantenimiento. La particularidad del programa es que el recurso es otorgado directamente a las comunidades y son éstas quienes lo ejercen a través de comités integrados fundamentalmente por madres y, en algunos casos, por padres de familia, además de docentes de las escuelas en cuestión. La participación del equipo universitario de la Facultad de Ingeniería consiste en acompañar y asistir técnicamente a estas comunidades durante todo el proceso del proyecto desde la parte de diseño, la gestión del recurso y la construcción del espacio.

LEEN luce como una buena prueba orientada a la autogestión de recursos para autoconstrucción de escuelas rurales en comunidades de alta marginación y, en ese sentido, se vincula directamente tanto con las líneas de investigación del cuerpo académico de la materia como con algunas de las líneas generales de trabajo de las licenciaturas en arquitectura y diseño industrial. Además, el contexto rural, pero en particular su condición de alta y muy alta marginación, hace pertinente la participación de la comunidad universitaria. Si bien el programa tiene un alcance nacional, las comunidades en las que nos ha tocado intervenir están principalmente en la Sierra Gorda del estado de Querétaro. Sólo son accesibles a través de caminos de terracería, que no siempre están en buenas condiciones, y distan entre una y tres horas de la carretera estatal más cercana. Los servicios públicos no necesariamente están presentes en todas y, en algunas, aquellos como la electricidad apenas han llegado hace unos pocos años. Por otro lado, el paisaje natural es muy rico y la relación de la comunidad con este entorno es estrecha. Esto alienta otras posibilidades pedagógicas en escuelas que de

otra manera estarían limitadas. No hay un modelo de participación específico, de modo que cada comunidad establece en buena medida el tono de la colaboración.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

El proceso de trabajo se desarrolló durante los últimos meses del 2019, cuando se realizaron las primeras visitas a diferentes comunidades del estado. En esta primera etapa, el equipo de investigación recorrió comunidades principalmente del municipio de Pinal de Amoles, además de Peñamiller, San Joaquín y Cadereyta, todas en el estado de Querétaro. Estas primeras visitas sirvieron para establecer los criterios en torno a los cuales se haría la selección de las comunidades para la realización de la investigación, proyecto y construcción de las escuelas.

El programa LEEN contempla recursos tanto para proyectos nuevos como para mantenimiento (pintura, bardas perimetrales, instalaciones, reparaciones, etcétera). Para el proyecto, arrancar un proceso desde el principio, más que participar en procesos de mantenimiento, permitiría trabajar de manera más estrecha con las comunidades, desde plantear sus expectativas y prioridades hasta acompañarlas en la materialización. No obstante, era importante que fueran comunidades que estuvieran ya contempladas en la repartición del recurso. Las primeras entrevistas, empezando por los niños y niñas, padres y madres de familia, docentes y demás personas, fueron otro factor de peso para seleccionar la comunidad indicada, pues nos permitieron tener un primer acercamiento, exponer nuestras intenciones, proceso de trabajo y alcances para trabajar colectivamente, además de pedirles el compromiso de trabajar para lograr satisfactoriamente los objetivos.

La intención de esta investigación ha sido siempre la puesta en práctica de los resultados. La experiencia con este tipo de proyectos indica que la gestión de las expectativas de la comunidad es muy importante, y si los objetivos se postergan por cualquier razón intrínseca o extrínseca, los participantes se desmotivan, lo que se traduce en su baja participación o en la posibilidad de conflictos sobre la gestión. Si bien este texto se concentrará primordialmente en el proyecto del CIAC en El Moral, Peñamiller, que por

sus dimensiones ha sido el más representativo, el proceso metodológico implementado ha sido similar en todos los casos. Aunque la metodología tuvo algunos ajustes locales de acuerdo con las particularidades de cada comunidad, de manera general se puede describir en los términos que se presentan a continuación.

En primer lugar están los acercamientos con la comunidad, normalmente de la mano de la Secretaría del Bienestar y de Conafe, quienes tienen identificadas las escuelas, sus comunidades y sus necesidades. Se establece diálogo con los actores relevantes, identificándonos como un equipo universitario que ofrece apoyo de acompañamiento en el desarrollo del proyecto para sus escuelas. En las primeras sesiones se determina y localiza la diversidad de actores involucrados, tales como alumnos, miembros del comité de padres y madres de familia, grupo de tesoreras, equipo de construcción, instancias, facilitadores gubernamentales y demás participantes que tendrán cabida en el proyecto en sus diferentes etapas. Desde el inicio, es importante dejarles muy claro a las comunidades quiénes somos, para qué estamos aquí, por cuánto tiempo, qué actividades desempeñamos y demás cuestiones básicas que les permiten tanto a ellas como a nosotros trazar objetivos y metas colectivas e individuales.

Es preciso mencionar que nuestro grado de involucramiento es diferente en cada comunidad y éste es acordado con las mismas. En algunas fungimos como acompañantes integrales en todas las etapas del proceso y en otras sólo como acompañantes técnicos en alguna de las fases. Creemos que estas decisiones de las comunidades ayudan a alcanzar el objetivo principal, que es la autonomía en la gestión, producción y construcción de sus espacios. Por otra parte, las metodologías no funcionan como una receta o manual, y por esto se van adaptando a cada etapa del proyecto según sea el caso. En algún momento, incluso, a una de las comunidades se le planteó la posibilidad de tener a un contratista, a quien se le pagaría por ejecutar el proyecto y la obra, pero era importante que los miembros de ésta consideraran detenidamente dicha alternativa para decidir qué camino tomar.

FIGURA 1. REUNIÓN CON LOS ACTORES DEL PROYECTO
Y HABITANTES DE LA COMUNIDAD⁶



Una vez establecido el primer contacto, se inicia un proceso de análisis y reconocimiento del contexto social, natural, construido, educativo, geográfico, etcétera, y demás temas relacionados con el proyecto de escuela. Así, debido a la importancia del trabajo multidisciplinario con otros campos de estudio que aportan su visión y lectura de los diferentes contextos, se trabajó con politólogos, profesores y antropólogos para tener un diagnóstico más certero.

⁶ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2019).

FIGURA 2. PROPUESTAS DE DISEÑO POR PARTE DE LA COMUNIDAD⁷

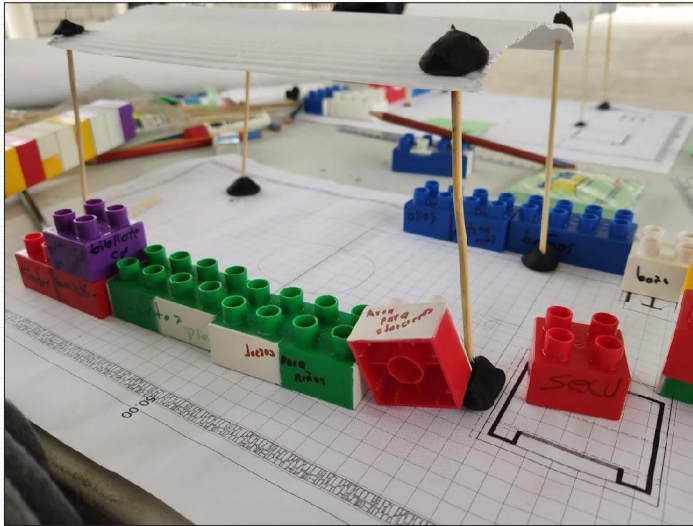
Estas dinámicas iniciales no sólo sirven como encuestas y levantamiento de datos o estadísticas, sino que forjan un lazo de empatía y confianza con las comunidades. Una de estas actividades es el mapeo y dibujo de las mismas. Esta herramienta es una forma más fácil de entablar una conversación y obtener información a modo de dibujo y relato. El objetivo es dibujar los diferentes lugares, cosas o eventos de interés y cómo está conformada la comunidad. De esta forma, los participantes van develando los hitos, sus casas, caminos y carreteras, lugares de ocio, fiestas tradicionales, rituales, familias, elementos naturales que son importantes para ellos como ríos y montañas, elementos que constituyen su día a día cotidiano y demás información relevante. Además de las charlas surgidas en las sesiones, algo esencial es poder experimentar el día a día de las comunidades el mayor tiempo posible, caminar sus trayectos y entender sus dinámicas y hábitos diarios. En algunos casos, pudimos vivir unos días con familias locales.

⁷ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2019).

FIGURA 3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE IDEAS PROPUESTAS⁸

En este proceso se suele trabajar por grupos, habitualmente un grupo de madres, otro de padres y otro más de niños. Cada grupo aporta una visión y perspectiva particulares que después se platican para articular una especie de programa arquitectónico donde se establecen las prioridades, el objetivo del programa, las expectativas actuales y las áreas de oportunidad que se han identificado. Este proceso en principio parece sencillo, pero es un momento que implica mucha capacidad de negociación. Suele pasar que hay quienes ven prioridad, por ejemplo, en los espacios educativos, otros en los recreativos, las rutas de acceso y los elementos de seguridad. Estas aportaciones se clasifican y se procura empezar por lo prioritario, sin descartar el resto de las preocupaciones que potencialmente se pueden atender en etapas futuras.

⁸ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

FIGURA 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE IDEAS PROPUESTAS⁹

En el siguiente paso, se hace un trabajo de interpretación de los datos y en una visita posterior se presenta a la comunidad una propuesta que pretende condensar los esfuerzos; ésta se revisa con los diversos grupos que se mencionaron anteriormente. Desde luego, tener una imagen impresa o un modelo a escala activa otra ronda de comentarios, opiniones, observaciones y jerarquizaciones. Este proceso vuelve a ser un punto crucial en términos de negociación y acuerdo, y es particularmente importante que la comunidad mantenga el control de esas prioridades. El proceso se puede repetir más de una vez de ser necesario o se puede ir aproximando en las mismas sesiones de trabajo.

⁹ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

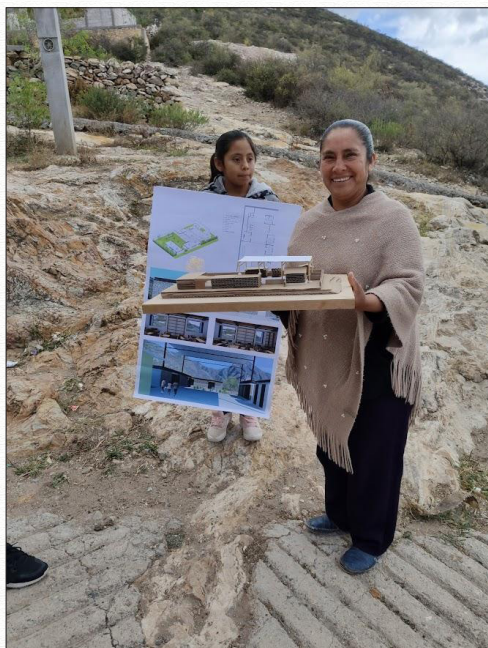
FIGURA 5. REVISIÓN DE PROPUESTAS DE ANTEPROYECTO
DEL CIAC CON EL MORAL Y PUERTO BLANCO¹⁰



Una vez acordadas las prioridades, se presenta un anteproyecto arquitectónico y se procede a la parte más técnica del proceso junto con los padres de familia, que suelen ser los albañiles a cargo de la construcción, y el comité que se ha conformado para este efecto. Se establecen las funciones de cada parte involucrada y éstas reciben indicaciones de las dependencias correspondientes sobre cómo administrar el dinero y reportar los gastos que se realicen.

¹⁰ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

FIGURA 6. HABITANTES CON LA ENTREGA DE MAQUETA Y LÁMINAS DEL PROYECTO CIAC¹¹



El arranque de la obra, tanto desde la perspectiva técnica como simbólica, es un momento importante. Técnicamente debido a todos los detalles de trazado, orientación, cimentación y demás que hay que tener en cuenta, y simbólicamente debido a que la comunidad se involucra en un escenario particular de colaboración y cooperación, que es también una toma de responsabilidad. A partir de ahora, la comunicación tiende a resolver asuntos de obra, imprevistos de proyecto y asuntos administrativos.

¹¹ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

FIGURA 7. TRAZO INICIAL DEL CIAC¹²

Hay muchas visitas en el proceso, lo cual es una función fundamental del acompañamiento. Estas visitas sirven para estrechar lazos con la comunidad y afinar mejor la sensibilidad para entender las preocupaciones y pendientes que se van gestando en el proceso. En paralelo, las instancias públicas a cargo han establecido programas de regularización para estudiantes y docentes, quienes, en el plazo de unas cuantas semanas, han visto un realce en el espíritu académico y una transformación de su espacio gracias a la intervención de sus mayores, en concreto de sus padres y madres de familia.

¹² Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

FIGURA 8. REUNIÓN DE ACUERDOS PARA EL INICIO DE OBRA DEL CIAC¹³

La siguiente etapa del proceso concluye con la inauguración de los espacios educativos y la intervención de estudiantes, docentes y autoridades. Sin embargo, usualmente la inercia de trabajo se percibe y se realizan algunas actividades de acompañamiento posteriores, ya sean de convivencia social o académicas que permiten consolidar el trabajo realizado y, sobre todo, mantener el espacio de trabajo abierto para futuras intervenciones.

¹³ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

FIGURA 9. INAUGURACIÓN DEL CIAC
EN EL MORAL Y PUERTO BLANCO, PEÑAMILLER¹⁴



Aunque aparentemente es muy lineal, esta metodología de trabajo siempre plantea el reto de construir acuerdos entre la comunidad, desde las primeras lecturas del entorno, el tipo de materiales a utilizar y la escucha de proyectos precedentes que han fracasado hasta las particularidades de la obra, la gestión de los recursos y la traducción no sólo en espacios construidos sino en espacios habitados de estas aspiraciones. A continuación se abordará de manera breve el caso del CIAC en El Moral y Puerto Blanco en el municipio de Peñamiller.

CASO DE ESTUDIO: CIAC DE EL MORAL Y PUERTO BLANCO

En la Sierra Gorda de Querétaro se encuentran las comunidades de El Moral y Puerto Blanco en medio del semidesierto. La lejanía y el difícil acceso a las comunidades hacen más notorias las carencias sociales, educativas y económicas que se viven en estos contextos, aunados a la falta de servicios básicos y oportunidades. A finales del 2019, ambas comunidades participaron en el programa para la mejora de escuelas LEEN, lo cual les dio oportu-

¹⁴ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

nidad de tomar decisiones sobre su nuevo espacio durante todo el proceso, acompañadas por asistencia técnica.

FIGURA 10. VISTA PANORÁMICA DE LA ESCUELA Y SU CONTEXTO¹⁵



Con base en los protocolos de sana distancia, se llevaron a cabo las primeras sesiones participativas. Éstas fueron de mucho diálogo y reflexión acerca de qué significaba este nuevo espacio para los miembros de las comunidades. Concluyeron que la escuela debía funcionar como un centro de desarrollo para todos, lo que significó la primera gran decisión tomada por las comunidades y, en parte, el rechazo de lo que el programa arquitectónico inicial proporcionado por Conafe pedía. Se propusieron espacios más adecuados a los deseos de los habitantes, se designaron algunos roles de acuerdo con la experiencia e interés participativo de los habitantes, y se acordó que las mujeres se hicieran cargo de la tesorería y administración, y los hombres de la construcción.

Al ser comunidades alejadas y de difícil acceso, fue necesario idear estrategias que redujeran tiempos y costos, por lo que fue muy útil hacer uso de

¹⁵ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

fuentes de materia prima local como sus bancos de piedra. Ésta fue extraída y utilizada en la cimentación y en algunos muros de los salones. Asimismo, algunas casas de materiales se sumaron al proyecto mediante diferentes acuerdos, al brindar descuentos y aportes de materiales, lo que también se tradujo en una derrama económica regional. Una vez identificadas las habilidades y conocimientos constructivos locales, se optó por un aula tipo que pudiera alojar los diferentes usos actuales y futuros, y a la par optimizar recursos, tiempos y costos.

FIGURA 11. CIAC DURANTE SU CONSTRUCCIÓN¹⁶

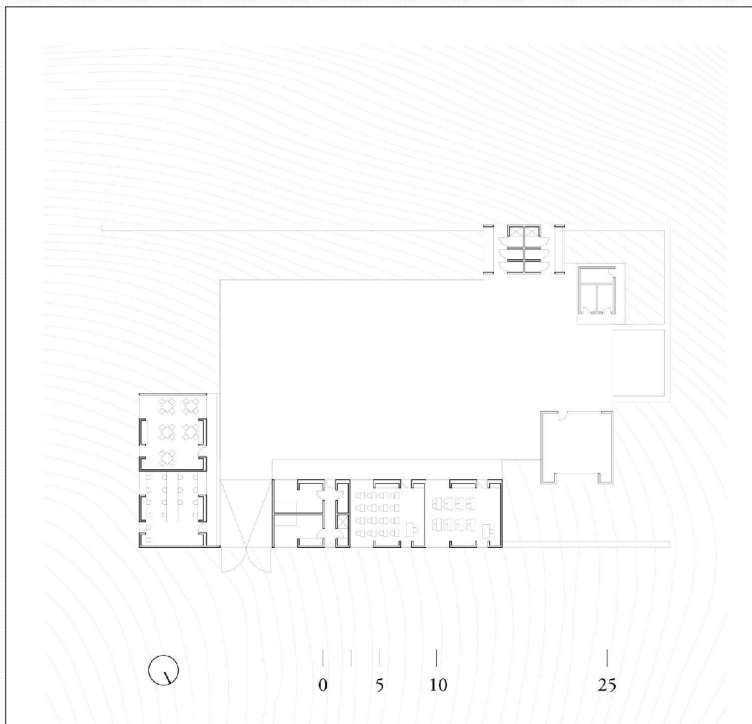


La escuela se ubica en un punto medio entre las dos comunidades. Aunque está un poco retirada, tiene una vista privilegiada hacia los cerros y montañas de la Sierra Gorda. En el sitio se encuentran un salón de secundaria, unos baños y una pequeña plaza cívica. El proyecto plantea consolidar un conjunto entre los espacios nuevos y los ya existentes para así potenciar la idea de escuela comunitaria. Entre las decisiones de las comunidades se encuentra la inserción de una serie de aulas modulares dispuestas alrededor de la explanada existente para así delimitar el terreno y proteger las

¹⁶ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

colindancias. El acceso a la escuela es por medio de una rampa contenida por dos bloques. Sobre el límite norte se emplaza un bloque con tres aulas que recibirá al preescolar, dormitorios para maestros y un aula multiusos; sobre el oriente se dispone otro bloque con dos módulos que aloja un comedor-cocina y un aula de cómputo, así como otro módulo de baños a un lado de los ya establecidos.

FIGURA 12. PLANO GENERAL DEL CIAC¹⁷



La mencionada aula tipo está hecha a base de mampostería de piedra de sitio y tiene una estructura de marcos rígidos soportada por muros de carga de piedra y *blocks* de cemento cubiertos por una losa maciza. Para aprovechar de manera más eficiente el recurso, se acordó que la mayoría de los materiales y elementos constructivos tuvieran un carácter aparente, por lo que

¹⁷ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

FIGURA 14. FACHADA SUR¹⁹

Aunado a la eficiencia en el aprovechamiento de recursos, se implementaron diferentes estrategias bioclimáticas. El uso de materiales locales como la roca brinda mayor resistencia térmica, pues son empleados en las fachadas con mayor insolación. Por otra parte, las aulas cuentan con una iluminación ideal gracias a los grandes vanos, los cuales permiten la ventilación cruzada de los salones.

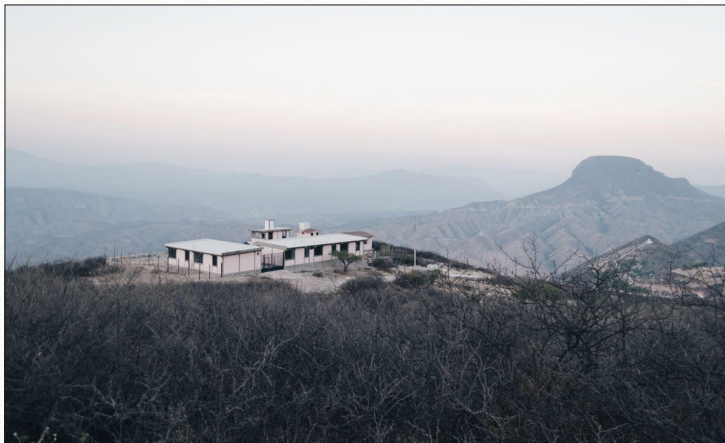
¹⁹ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).



El sitio no contaba con servicios de agua, drenaje y electricidad, por lo que se destinó parte del recurso a la colocación de línea eléctrica y la construcción de una fosa séptica. Al estar situada en el semidesierto, el agua es un bien muy escaso y valorado por los habitantes de la comunidad, por lo que se propone captar agua y usar muebles de baño ecológicos.

FIGURA 16. CIAC²¹

Aunque la construcción terminó en medio de la pandemia, poco a poco se empieza a utilizar el espacio: se imparten algunas clases y talleres en las aulas, los profesores se quedan a dormir en las habitaciones y las familias bajan por la tarde a regar los árboles y jugar un rato en su nuevo espacio.

FIGURA 17. VISTA PANORÁMICA DEL CIAC CONCLUIDO²²

²¹ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

²² Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

IMPACTO

Por el tipo de programa público, desde su inicio la obra fue planteada como un proyecto en el que las comunidades tienen total control sobre los recursos económicos, humanos y materiales a través de un comité comunitario. Al tener el dinero, también tienen el poder de decidir qué, cómo y con quién construir, por lo que las decisiones no pueden ser impuestas por agentes externos ni por individuos de la misma comunidad, todo debe ser previamente concertado. Desde el principio, el proyecto tuvo un alto valor participativo. El diagnóstico, diseño, construcción y administración de obra se llevaron a cabo de manera que todos los habitantes pudieran opinar y hacer contrapropuestas. Nuestro rol en el proyecto fue principalmente de asistentes técnicos de diseño y construcción, así como facilitadores para la toma de decisiones grupales.

Esta forma organizativa del trabajo refuerza los lazos colectivos y promueve las capacidades autogestivas de las comunidades, reduciendo así su dependencia de agentes y asistencias externas. Además, rompe con el esquema tradicional de construcción de infraestructura pública en entornos rurales, donde comúnmente se llevan proyectos previamente diseñados por terceros y supuestamente beneficiaria. Por supuesto, esto conlleva una serie de problemas, como la imposición de proyectos ajenos al contexto, el bajo sentido de pertenencia respecto a la obra y el encarecimiento de la construcción al ser ejecutada habitualmente por un tercero con materiales industrializados.

Desde las primeras pláticas con los habitantes, donde se discutió y reflexionó sobre el valor del proyecto, se cuestionó el mismo programa y sus objetivos. Bajo la idea de que la escuela es, en sus propias palabras, “un lugar a donde se va a aprender para vivir mejor”, se decidió que los alcances debían ser más ambiciosos y que el nuevo espacio colectivo debía funcionar como un centro de desarrollo para toda la comunidad donde no sólo se llevaran a cabo las clases tradicionales, sino también talleres productivos, aunque fuera en etapas posteriores. Creemos que este tipo de reflexiones colectivas son las que, por una parte, dan identidad a los habitantes y sentido de pertenencia hacia el lugar que habitan, y por otra, arrojan una mirada hacia el lugar que desean ser como comunidad, planteando objetivos de de-

sarrollo comunitario que nacen de su propia experiencia como habitantes y expertos en las problemáticas de su territorio.

El impacto de estas reflexiones colectivas se vio ejemplificado en una sesión donde colectivamente se decidió incluir a las mujeres en la construcción, trabajo que por tradición es asignado a los varones. En dicha sesión los mismos habitantes identificaron y reflexionaron sobre el machismo que impera en la cotidianidad de la comunidad. Reconocieron que impedir el acceso de la mujer a las labores del área de construcción es un gesto discriminatorio, y a partir de allí se decidió incluirlas en algunas tareas en las que éstas participaron con mucho ímpetu.

FIGURA 18. MUJERES PARTICIPANDO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA²³



²³ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

Un aspecto importante de la obra es que partimos de los conocimientos de los habitantes. Al respetar las técnicas locales se asegura que sea exitosa no solamente en su construcción, sino también en su mantenimiento y aceptación. Si bien en algunas cuestiones materiales se experimentó, siempre fue bajo la decisión concertada de la comunidad y con la idea de reducir costos y depender menos de los materiales industrializados.

FIGURA 19. PRUEBA DE ACABADOS DURANTE LA OBRA²⁴



Otro punto a destacar fue que la obra se ejecutó en gran parte durante la pandemia de covid-19. Al ser una comunidad que depende en gran medida del trabajo en otras localidades como la cabecera municipal, la capital del estado o incluso ciudades de Estados Unidos, la pandemia vino a impactar profundamente en la vida laboral de las personas. El proyecto de las escuelas comunitarias fue una oportunidad para sostenerse económicamente y a su vez aumentar sus capacidades técnicas y autogestivas. También para nosotros, como agentes externos, fue un reto personal tener que supervisar una obra a distancia, pero esto permitió innovar con otras formas de mantener contacto sin estar presentes, tan necesarias en el contexto actual. En este sentido, la autogestión y autoconstrucción significaron una fuente

²⁴ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

de ingresos para las familias que les permitió afrontar la crisis durante los meses de pandemia. Tras la construcción, los habitantes se han mostrado muy contentos y orgullosos de ésta, que es un reflejo de su riqueza cultural, paisajística y, sobre todo, social: de lo que pueden lograr como comunidad cuando trabajan en conjunto.

FIGURA 20. CIAC Y SU PAISAJE²⁵



LECCIONES APRENDIDAS

La experiencia en esta etapa del proyecto ha sido enriquecedora desde diferentes perspectivas. En primera instancia, las visiones centralizadas desde los entornos urbanos o las capitales estatales, e incluso municipales, enmascaran la realidad que viven los habitantes de buena parte del territorio. Los contrastes entre los espacios, en este caso educativos, son muy amplios, y suelen disimularse en los discursos oficiales. Sin embargo, son esas brechas las que hacen que prevalezcan los rezagos locales que finalmente se traducen en falta de desarrollo, pero sobre todo de igualdad de oportunidades en la escala global.

²⁵ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

En el caso de la educación, el contexto social y físico juega un papel preponderante para que la experiencia académica de la mayoría de las y los estudiantes sea un fracaso anunciado. La infraestructura en lugares de alta y muy alta marginación suele estar en condiciones lamentables y las vías de comunicación hacen que muchas de estas comunidades estén hasta a tres horas de distancia de su cabecera municipal y a casi seis horas de la capital del estado. Esto implica sobre todo la necesidad de contar con infraestructura apropiada para docentes y estudiantes a una distancia adecuada.

Si con muchas dificultades las y los estudiantes de nivel básico tienen acceso a la educación, los niveles subsecuentes son prácticamente inalcanzables. Visitamos comunidades donde las alumnas de secundaria tienen que caminar tres horas de ida y otras tantas de vuelta para asistir a clases, lo cual es un viaje imposible de realizar a diario, de modo que asisten sólo un par de días a la semana a la escuela. Es importante dejar de invisibilizar estas realidades a escala nacional y estatal, y que los habitantes del estado tengan condiciones similares o análogas para poder generalizar el discurso de progreso que suele prevalecer en los medios.

La escuela definitivamente no es la solución a muchas de estas problemáticas; sin embargo, es un elemento catalizador porque involucra a las generaciones jóvenes y mayores, y suele haber consenso sobre su importancia. Lejos de ser un problema, el hecho de estar en parajes rurales debería representar la gran ventaja de estos espacios, incluso atendiendo a criterios educativos contemporáneos. El contacto con la naturaleza debería alentar la formación y la curiosidad de quienes están en esa etapa de la vida, en vez de convertirse en una gran limitante física y geográfica. La oportunidad de colaborar con las comunidades en el desarrollo de espacios educativos nos ha permitido replantear también algunas aproximaciones a nuestro trabajo, pero sobre todo nos ha alentado a hacer de esta experiencia un proyecto más consolidado. Como universitarias y universitarios estamos ahora mismo por iniciar una segunda etapa en el proceso de arquitectura participativa en el estado, acompañando comunidades en el desarrollo de espacios educativos para la infancia queretana. Esto fue la semilla de un proyecto de investigación registrado para desarrollar en 2022. En la segunda etapa contemplamos alcanzar más espacios educativos y trabajar en diferentes regiones climáticas y físicas del estado.

FIGURA 21. ESCUELITA RURAL EN EL NARANJO²⁶

Por otro lado, para quienes participaron en el equipo universitario se ha abierto un panorama amplio y generoso sobre la realidad del estado de Querétaro. Si bien los indicadores a escala nacional suelen situar a la entidad por encima de la media nacional en la mayoría de los rubros relacionados con la calidad de vida, y en particular en términos económicos y de empleo, estos parecen ignorar la realidad de queretanas y queretanos en todo el territorio. Los números hablan de una realidad metropolitana y urbana, pero ignoran estos espacios de alta y muy alta marginación que necesitan urgentemente infraestructura no sólo educativa, sino también de transporte y sanitaria, entre otras. Esta visión ha permitido hacer una relectura tanto de las realidades rurales como de las urbanas, sobre todo en el contexto de la pandemia.

Para las y los estudiantes egresados y en proceso de titulación durante el desarrollo del proyecto, éste ha significado un paso acelerado en la práctica profesional, lleno de retos positivos y con un impacto social relevante. A lo largo de la vida profesional, pero de manera muy especial en ese tránsito

²⁶ Fuente: Recinto Taller de Arquitectura (2020).

entre la formación y el mundo laboral, se definen muchas de las preocupaciones que han de funcionar como motor. Para quienes se involucraron mientras cursaban la parte media de su carrera, este proyecto funcionó como punto de partida para otros. Algunos de ellos siguen en curso y están relacionados con la siguiente etapa de este proyecto, como los baños secos que están en desarrollo.

En términos generales, la metodología y la aproximación se han mantenido iguales; no obstante, la experiencia ha permitido afinar el proceso de acuerdo con las necesidades de cada comunidad, pero sobre todo con las expectativas y liderazgos locales. Este aprendizaje es en buena medida intangible, mas facilita su réplica en proyectos futuros. En un contexto particularmente limitado por los recursos y los asuntos sanitarios, la experiencia ayuda a no subestimar las dificultades a las que se enfrentan las personas en estas comunidades, en particular niñas y niños. Asimismo, para nuestro equipo, estas limitaciones fomentan la creatividad. Un aporte invaluable como integrantes de la comunidad universitaria es poder tener una retroalimentación casi en tiempo real con las personas que habitarán el espacio, y cada visita, sea durante el diseño, la construcción o el uso, permite que se aprendan lecciones sobre lo que se ha hecho bien y lo que se puede mejorar.

Finalmente, es importante reiterar el alcance de este proyecto de investigación, porque aun con un calendario muy ajustado (atendiendo, entre otras cosas, a los tiempos de ejercicio del recurso presupuestal), se pudieron diseñar y construir tres escuelas y un CIAC en la Sierra Gorda de Querétaro, con la participación activa de las comunidades y sin la intermediación de contratistas u otros actores que pudieran encarecer el proceso. Hoy hay una generación de estudiantes que ha tenido la ocasión de ver de primera mano las posibilidades de lograr cosas dentro de su comunidad, con los recursos que tienen y sin necesidad de migrar. Si bien la arquitectura no es en sí misma la solución a muchas de las problemáticas sociales a las que nos enfrentamos, sí funciona como marco, incluyendo su gestión, materialización y uso acelerado, en la facilitación de otros procesos sociales y comunitarios.

REFERENCIAS

- ORDOÑEZ, M. y Amescua, J. (15 de junio del 2021). Arquitectura y racismo: cuando el diseño se aplica como herramienta colonial. *ArchDaily*. Recuperado el 1 de diciembre del 2022 de: <https://www.archdaily.mx/mx/941748/arquitectura-y-racismo-el-diseno-como-herramienta-colonial>
- _____. (5 de diciembre del 2021). Fetichización de la arquitectura: el objeto por encima del sujeto y los procesos. *ArchDaily*. Recuperado el 1 de diciembre del 2022 de: <https://www.archdaily.mx/mx/972717/fetichizacion-de-la-arquitectura-el-objeto-por-encima-del-sujeto-y-los-procesos#:~:text=La%20fetichizaci%C3%B3n%20de%20la%20arquitectura%20es%20conveniente%20para%20la%20producci%C3%B3n,anula%20y%20oculta%20el%20trabajo>
- ROMERO, G., Mesías, R., Enet, M., Oliveras, R., García, L., Coipel, M. y Osorio, D. (2004). *La participación en el diseño urbano y arquitectónico en la producción social del hábitat*. México: CYTED.
- ROMERO, G., Salceda, J.U., Hernández, J. y Castañeda, U. (2017). Diseño participativo: de la crítica a la praxis. *Webinar PyGSH: diseño participativo*. Recuperado de: https://issuu.com/hic-al/docs/texto_dp_definitivo

BAJO TIERRA MUSEO. DE LA CIENCIA TRADICIONAL DE ESCRITORIO A LA CIENCIA COMPROMETIDA CON EL TERRITORIO

BAJO TIERRA MUSEO. FROM TRADITIONAL DESK SCIENCE TO SCIENCE COMMITTED TO THE TERRITORY

GENARO GARCÍA GUZMÁN¹

KARLA JUDITH OLVERA RODRÍGUEZ²

CLAUDIA ELVIRA ROMERO HERRERA³

RESUMEN

El agua y la justicia hídrica son temas ineludibles e impostergables para las ciudades contemporáneas. Las alteraciones de su ciclo vital se expresan en el corazón de la crisis ambiental-civilizatoria y en los dilemas de gobernanza de los bienes naturales comunes. La ciudad de Querétaro resulta icónica para comprender cómo se manifiestan las problemáticas hídricas en el territorio, así como para crear iniciativas emergentes que planteen alternativas al horizonte que se avecina. La iniciativa presentada en este texto visibiliza la capacidad de fusionar diálogos de saberes de distintos ámbitos del conocimiento: la investigación “tradicional”, la divulgación científica, la producción cultural, la ciencia ciudadana y el activismo.

Bajo Tierra Museo es una iniciativa académico-ciudadana que nace de la interacción entre cuatro investigaciones sobre el análisis crítico del manejo del agua en el contexto urbano desde el enfoque de la cuenca, la historiografía, la cultura, el espectro jurídico y las relaciones de poder. El principal

1 Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, genaro.garcia@uaq.mx

2 Coordinación de Sustentabilidad e Innovación Académica, karla.judith.olvera@uaq.mx

3 Facultad de Filosofía, cerh88@hotmail.com

punto de encuentro entre estas investigaciones fue su potencial explicativo sistémico en conjunto, es decir, una vez engranadas fue posible visibilizar patrones y tendencias territoriales, así como la propia inquietud de trascender el texto y colocar la palabra “en la ciudad”. De los trabajos académicos que “salieron” al encuentro con el territorio, emergieron procesos creativos artístico-académicos, primero de divulgación de hallazgos de investigación, luego de continuidad de líneas de investigación y, finalmente, de estrategias para la acción territorial.

En un primer momento, Bajo Tierra se concibió como una producción cinematográfica documental de divulgación que posteriormente evolucionó para convertirse en un proyecto museográfico. El primer museo del agua virtual, itinerante y autogestivo en Querétaro surgió a partir de la colaboración entre más de 28 colectivos aliados y 70 personas voluntarias. Esta plataforma irrumpe y cuestiona las formas verticales y extractivistas de la investigación tradicional. Por un lado, pretende abrir procesos de diálogo con la diversidad de saberes y, por el otro, pone el conocimiento derivado al servicio de la acción. De forma dialéctica, construye nuevas líneas de investigación a partir de las necesidades que dicta la realidad local, los intereses y las preocupaciones de los actores urbanos. A diferencia de los proyectos de escritorio, Bajo Tierra es un proyecto de territorio: surge desde la necesidad de divulgar los resultados de investigaciones académicas y transita hacia la consolidación de una comunidad de aprendizaje y plataforma de acción.

A tres años de su apertura, el museo ha fomentado la construcción de redes ciudadanas interesadas en cuestionar la relación naturaleza-ciudad y articular estrategias para enfrentar la compleja situación del agua. Sobre la marcha han confluído diferentes lenguajes, métodos y aproximaciones al saber: lo periodístico, lo cinematográfico, lo artístico y lo académico. Nuestro proceso de divulgación difuminó las fronteras disciplinares entre la ciencia y el arte desde la potencialidad de las narrativas multimedia y transmedia (Jenkins, 2003). De la misma forma en que la investigación traspasó el papel para migrar al ciberespacio, la teoría trascendió el aula para anidar en la ciudad.

ADVERTENCIA Y SUGERENCIA A LAS Y LOS LECTORES:

El presente artículo no pretende plantear una disertación teórica y conceptual sobre la relación entre ciencia, conocimiento e investigación; por el contrario, expresa un ejercicio de sistematización de un proyecto concreto que se presenta a partir de una narrativa clara y digerible con la intención de mostrar los caminos y vicisitudes que configuran la experiencia de Bajo Tierra Museo del Agua. Para el acercamiento a las siguientes líneas se sugieren dos formas de lectura: la primera está diseñada de una forma “tradicional” en la que se puede leer el documento “de corrido”. La segunda está diseñada para aquellas y aquellos lectores con mayor interés y tiempo para dejarse llevar en un recorrido menos breve pero más significativo. Para ello se sugiere una lectura multimedia, la cual debe realizarse con el apoyo de una conexión a internet que posibilita adentrarse en las profundidades y detalles del proyecto. Notarán que en el transcurso de la lectura hay referencias (*links*) a diferentes espacios digitales propios del museo, de sus redes sociales, notas de medios de comunicación locales, materiales audiovisuales y páginas web de las organizaciones y colectivos que han colaborado con nosotras y nosotros, y sin cuya participación el Museo no sería posible. Esperamos que esta estrategia sea suficientemente significativa para quien opte por explorarla, disfrutarla y, ¿por qué no?, decida acompañar y colaborar de forma solidaria con ella. Así se construyó y así resiste.

LA COMPLEJIDAD Y URGENCIA DE LA CRISIS DEL AGUA EN QUERÉTARO

Actualmente nos enfrentamos a una crisis civilizatoria manifiesta en el colapso de los procesos ecológicos en diversos territorios como consecuencia de un modelo económico neoextractivista (Gudynas, 2012; Composto y Pérez, 2012) que, irónicamente, destruye su propia fuente de vida. La alteración mediante la deforestación, los cambios de uso de suelo, la destrucción o mercantilización de la biodiversidad, el acaparamiento y privatización del agua, la producción, consumo y desecho masivo de bienes y servicios, y la contaminación por industrialización y otras formas de degradación

socioambiental por turistificación, gentrificación o urbanización, están íntimamente relacionados con el denominado cambio climático, que requiere nuevos abordajes creativos e interdisciplinarios.

Los efectos de este fenómeno, como las sequías e inundaciones, tienen importantes impactos en cada esfera del planeta. Así mismo, se sabe que los efectos del cambio climático perjudican más severamente a grupos social, económica y ambientalmente vulnerables, producto de una distribución desigual sistemática de los bienes y la riqueza. La evidencia parece apuntar a que la justicia hídrica será una de las más afectadas.

La zona metropolitana de Querétaro (ZMQ), al igual que la gran mayoría de metrópolis latinoamericanas, enfrenta graves problemáticas socioambientales de cara al siglo XXI. Existe información clara de que la subcuenca del río Querétaro (Romero, 2021), sobre la cual se asienta, se encuentra en un proceso de degradación socioambiental ligado al fenómeno de la urbanización que, a partir del 2000, experimentó un nuevo *boom* inmobiliario e industrial. Aunque este proceso de urbanización comenzó en las últimas décadas del siglo XX, es en las dos más recientes cuando se ha consolidado como una de las actividades más rentables para el capital local, nacional y transnacional, y ha generado que la mancha urbana haya traspasado sus antiguas fronteras, generando presión sobre áreas de protección ecológica y zonas agrícolas-forestales que albergan biodiversidad y los servicios ambientales que sostienen la ciudad (Romero, 2021; Olvera, 2019; García, 2017). En la actualidad, una lectura simple del paisaje periurbano puede demostrar cómo las principales zonas que están (o podrían estar) sujetas a políticas de conservación ambiental (por su valor eco hidrológico) y donde existen tierras ejidales, prácticas y saberes campesinos, están siendo presionadas por la voracidad de la industria inmobiliaria. Ejemplo de esto son las zonas con una gran vocación por la conservación ambiental, como Peña Colorada (al nororiente), El Tángano, el Cimatario, El Batán (al sur-sureste) y la Zona Occidental de Microcuencas, en las que se experimenta una fragmentación biofísica y un cercamiento urbano sin precedentes.

Desarrollos residenciales, industriales o comerciales han ejercido una fuerte presión sobre estas zonas porque consumen grandes volúmenes de suelos, vegetación y agua. Sólo en los últimos diez años, el Ayuntamiento de Querétaro ha autorizado cambios de uso de suelo de preservación eco-

lógica, protección especial, protección ecológica agrícola y espacio abierto para urbanización en una superficie territorial de más de mil hectáreas. Los conflictos socioecológicos también han ido en aumento a medida que la alteración dentro de la subcuenca excede la capacidad natural, social e institucional para absorber los impactos. Esto ha servido como justificación para las administraciones municipales y organismos estatales que han optado por validar la propiedad, gestión o administración de los bienes comunes naturales por parte de entidades mercantiles, dando pie a la configuración de empresas privadas con la capacidad de controlar servicios “públicos” fundamentales como el agua potable, drenaje y alcantarillado en amplios polígonos de la ZMQ (Romero, 2021; García, 2017).

En un contexto que vincula de forma indisoluble el proceso de urbanización con la crisis socioambiental y climática que vivimos, se vuelve urgente la exploración, investigación, divulgación e incidencia sobre las relaciones complejas entre el sistema socioecológico y un proyecto de ciudad impuesto desde un tipo de racionalidad económica que obedece únicamente a la lógica de la rentabilidad. En ese tenor, el proyecto Bajo Tierra Museo es una iniciativa académico-artístico-ciudadana que intenta promover ese diálogo urgente y necesario ante la inminente crisis que se cierne sobre nuestros territorios.

DE LA INVESTIGACIÓN INDIVIDUAL Y PARCELARIA A LA COLECTIVA E INTERDISCIPLINARIA: LOS PRIMEROS PASOS Y ENCUENTROS

En el contexto de la crisis del agua en la ZMQ emergieron tres investigaciones de programas de posgrado vinculados a la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Facultad de Ciencias Naturales y Facultad de Filosofía de la Universidad Autónoma de Querétaro: “Aguas suntuarias, aguas tributarias: artificios hidráulicos, fragmentación urbana y segregación residencial en la periferia metropolitana Querétaro-El Marqués 2000-2017” (García, 2017); “Acceso, distribución y disponibilidad del agua en la microcuenca San José el Alto, Querétaro” (Olvera, 2019), y “El agua en la encrucijada de lo común: análisis del manejo político cultural del agua en la Eco zona metropolitana de Querétaro 1” (Romero, 2021).

La investigación individual nos mostró que la comprensión y resolución de esta problemática requerían traspasar las fronteras disciplinarias. Fue durante un intercambio de resultados y experiencias dentro del Seminario Permanente de Estudios Interdisciplinarios del Agua ([Sepia](#)), realizado en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UAQ en noviembre del 2018, cuando refrendamos el potencial explicativo sistémico de las investigaciones en su conjunto, abordado desde el enfoque de la cuenca, el territorio, la historiografía, la cultura, el espectro jurídico y las relaciones de poder. Una vez socializadas y engranadas fue posible visualizar patrones, vinculaciones y dimensiones que entretajan la relación entre agua y ciudad: lo biofísico, lo cultural, lo económico, lo social y lo político. También se hizo visible la necesidad de una perspectiva multiescalar que trascendiera los contornos e intersticios de la colonia popular o el fraccionamiento residencial; del complejo industrial o el desarrollo comercial; de los ejidos y la tenencia de la tierra en las fronteras metropolitanas; de las cuencas urbanas, sus suelos, ecosistemas y ríos; y del sistema urbano regional y sus articulaciones con la economía global. En todas estas relaciones, una y otra vez, el agua aparecía como elemento narrativo capaz de articular la historia de la urbanización, la alteración de la cuenca, la producción desigual de la ciudad contemporánea y el retrato de la vida cotidiana de sus habitantes.

La preocupación compartida por los conflictos del agua en las periferias urbanas de la ciudad de Querétaro por desabasto, escasez inducida, acaparamiento, privatización, corrupción y despojo nos marcó un objetivo claro: poner el conocimiento científico (producido en los espacios académicos públicos) al servicio de la acción colectiva y la defensa, conservación y reapropiación de los territorios. Asimismo, vislumbramos la necesidad de un diálogo de saberes entre investigaciones, disciplinas y actores para analizar la situación y las condiciones de desigualdad social urbana desde una perspectiva integral e interdisciplinar que considere la diversidad biocultural en los territorios, así como la potencialidad de cambio socioambiental en la ciudad y su ciudadanía.

Esta reflexión colectiva nos llevó a cuestionar los paradigmas dominantes del conocimiento, las formas tradicionales de la investigación básica, las parcelas disciplinarias y las estrategias poco efectivas de difusión y divulgación académicas. En ese sentido, la pregunta base de la que surgió nues-

tro proyecto fue: ¿cómo podemos poner toda la información contenida en capítulos de tesis y ponencias al alcance de las personas que la buscan y la necesitan? A partir de este cuestionamiento, comenzamos a discutir estrategias para traspasar las burbujas del aula, los estantes de las bibliotecas, los foros entre pares ya conocidos y los espacios universitarios aislados para colocar la mirada en la ciudad.

Como primera idea, y con el riesgo de no contar con ningún tipo de experiencia profesional previa en el campo artístico-cultural, decidimos hacer un documental de impacto titulado primero *Aguas arriba* y luego *Cortina de agua*, que funcionara como una estrategia inicial de divulgación de “todo” el conocimiento clave encontrado en las investigaciones en torno al manejo y la gestión del agua en la cuenca del río Querétaro, específicamente en la zona metropolitana. Así, en enero del 2019 formalmente iniciamos la travesía de la creación del documental con la *casa productora Ademán*, que se sumó al proyecto de manera solidaria y autogestiva. En esta interacción, nos enfrentamos al primer desafío de traducir los trabajos de tesis a un guion cinematográfico con su propio formato y lenguaje. Por supuesto, nuestro primer aprendizaje con la casa productora fue que la cantidad de información y datos que buscábamos divulgar respecto a la crisis del agua de la ciudad no cabía en un largometraje. Por lo anterior, optamos por tomar un segundo riesgo y crear, paralelamente, una campaña de movilización artístico-política que incluyera el documental como una de sus fases y herramientas de impacto que, a su vez, incentivara la discusión pública sobre el acaparamiento y despojo del agua a través de la privatización de los servicios “públicos” de agua potable, drenaje y alcantarillado, de cara a la inminente creación de la Ley de Aguas del Estado de Querétaro y la reforma a la Ley General de Aguas.

La campaña de movilización fue diseñada en parte también porque no queríamos reproducir o perpetuar un discurso unilateral sobre la crisis de agua de la ciudad, sino dialogar con las experiencias, testimonios y saberes de los diferentes actores urbanos que decidieran sumarse al ejercicio. De esta forma surgió la campaña Dehe-Ximhai, que en otomí significa Agua-Tierra, dividida en dos fases: la primera estaba enfocada en difundir información clave para la comprensión integral de la problemática y de la relación entre agua, tierra, ciudad y cuenca; y la segunda en diseñar herramientas para fortalecer procesos de gestión ciudadana y comunitaria del agua.

Después de un arduo trabajo de planeación, ejecución y rodaje de las primeras fases del documental, en agosto del 2019 habilitamos la campaña Dehe-Ximhai, sostenida en una plataforma web que funcionó como repositorio digital. A la par, su contenido se nutrió con la intensa movilización ciudadana por temas del agua a través de limpiezas convocadas por los colectivos [H2Qro](#) y [Habitantes del Río](#), así como con la creación de espacios de interacción entre organizaciones de vecinos, colectivos y actores académicos, como la Red de Emergencia Climática, los diálogos comunitarios ColocaTierra y el incipiente Consejo Alternativo del Agua —que congregaba temas de sustentabilidad, movilidad y paz—, en los que se vislumbraba el agua como hilo conductor.

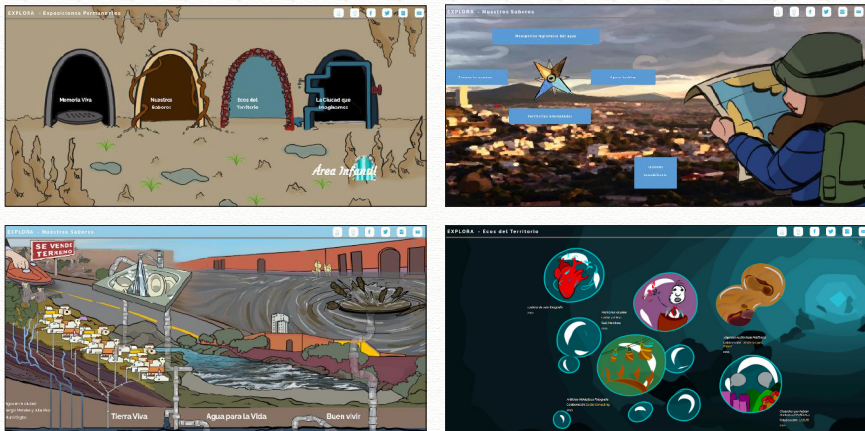
En este contexto, y con la inercia de una movilización cada vez más visible en diferentes (ciber)espacios de la ciudad, encontramos un impulso para comenzar a diversificar los formatos de salida de la información al fusionarla con expresiones creativas y artísticas que facilitaran su divulgación, consumo, diálogo, articulación y, ¿por qué no?, su producción en colaboración con la ciudadanía. De esta forma, un tercer riesgo que se tomó fue convertir la plataforma web en un museo, el primer museo ecológico totalmente virtual en Querétaro: [Bajo Tierra](#). En este espacio, nuestro documental (ahora acogido por la sala Ecos del Territorio) formaría parte de una colección creciente de productos curados a partir de una innovadora concepción museográfica, lo cual constituyó un parteaguas en el desarrollo del proyecto y la posibilidad de consolidarse como un interlocutor clave.

INVESTIGACIÓN AUTOGESTIVA Y CREACIÓN ARTÍSTICO-POLÍTICA: EL RECORRIDO SUBTERRÁNEO Y EL AFLORAMIENTO PÚBLICO DE BAJO TIERRA MUSEO DEL AGUA

Por su propia naturaleza, el proceso museográfico significó la entrada al equipo de compañeras y compañeros provenientes ya no de las ciencias sociales o naturales, sino de las disciplinas de bellas artes, museografía y curaduría, diseño gráfico, desarrollo tecnológico, informática y programación. Así se conceptualizó y consolidó [Bajo Tierra](#) como un museo digital situado en algún lugar de la cuenca del río Querétaro. Para consolidar es-

téticamente esta plataforma de innovación tecnológica, se creó una museografía que tomó como inspiración el recorrido hidrosocial y los paisajes del agua propios de la cuenca y la ciudad que descansa sobre ella para el desarrollo de las salas y las obras.

FIGURA 1. MUSEOGRAFÍA BAJO TIERRA⁴



Durante la segunda mitad del 2019, el trabajo de diseño y desarrollo web de Bajo Tierra Museo del Agua se llevó a cabo con la [colaboración](#) de 53 [voluntarias](#), [voluntarios](#) y [estudiantes](#) de servicio social y prácticas profesionales de la [Universidad Autónoma de Querétaro](#), el [Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey Campus Querétaro \(ITESM\)](#) y la [Universidad Mondragón](#), gracias al apoyo de la [asociación civil EcoMaxei](#). Entre diciembre del 2019 y marzo del 2020, se llevó a cabo una campaña publicitaria para acompañar el lanzamiento inaugural del museo, que incluyó la apertura de las redes sociales del proyecto: [Facebook](#), [Instagram](#), [Twitter](#) y [Youtube](#).

⁴ Fuente: Bajo Tierra Museo.

FIGURA 2. ASPECTOS DE LA CAMPAÑA PUBLICITARIA
EN REDES SOCIALES DE BAJO TIERRA MUSEO⁵



Bajo Tierra Museo se inauguró en marzo del 2020 de manera virtual debido al comienzo de la contingencia sanitaria por la pandemia por covid-19. En los meses venideros, nuestro principal objetivo fue divulgar información clave sobre la relación del agua y la tierra en la ciudad y la cuenca del río Querétaro. Asimismo, nuestro trabajo se enfocó en vincularnos con diversos actores locales, nacionales e internacionales para cocrear obras museográficas y fomentar espacios de encuentro y discusión.

Gracias al impacto de las obras, mapas, colaboraciones y alianzas generadas durante el primer año del museo, logramos articular la *Red de Defensa Territorial* (2020), que posteriormente derivó en la *Agenda Agua y Clima de Querétaro* (2021) —a la que se sumaron 41 colectivos, asociaciones civiles y proyectos autogestivos— y, más adelante, el *Festival Agua que Corre* (2022). Progresivamente hemos ido obteniendo menciones en medios impresos, radiofónicos, televisivos, blogs-revistas y *podcasts* debido a la percepción del museo como generador de información crítica en materia hídrica en la ciudad. Asimismo, impulsamos más de 50 acciones de vinculación que comprendieron conferencias, charlas virtuales, creación de obras museográficas y materiales de divulgación. También cocreamos producciones audiovisuales y consolidamos cuatro nuevas líneas de investigación.

Hoy, el recorrido de las salas del museo está curado cuidadosamente por todas las herramientas de divulgación y obras artísticas que se produjeron

5 Fuente: Bajo Tierra Museo.

socioambientales en la ciudad. Estos materiales cartográficos comenzaron utilizando formatos “tradicionales”, pero pronto se diversificaron en formatos animados, evolutivos, interactivos, colaborativos y ciudadanos. Descubrimos en el mapeo colaborativo un ejercicio narrativo de representación y producción política del espacio, una herramienta para mostrar las contradicciones de nuestra ciudad y visibilizar nuestras historias y geografías diversas, nuestros dolores, luchas y esperanzas.

FIGURA 4. COLLAGE CARTOGRÁFICO DE BAJO TIERRA MUSEO⁷

Ante las dificultades propias de los proyectos autogestivos (como la falta de recursos económicos), se planteó que el sostenimiento y la consolidación del proyecto tendría que darse a partir de diferentes ejes: su constitución legal como Espacio Creativo Bajo Tierra A.C., la continuidad de nuestro trabajo museográfico y el posicionamiento del colectivo como un actor en el debate ciudadano. El trabajo consolidado durante el primer año de operación nos permitió vincularnos con espacios de diálogo de política pública y académicos formales que permitieron la creación de líneas de investigación e incidencia social propias. Ejemplo de esto es la incorporación de Bajo Tierra a la Coordinadora Agua para Tod@s como enlace de Querétaro, a raíz de la invitación de Eco Maxei A.C. a participar en los foros de discusión de

7 Fuente: basado en las salas Nuestros Saberes de Bajo Tierra Museo.

la Ley General de Aguas convocados por la Comisión Nacional del Agua (Conagua). Otro ejemplo es la invitación al proyecto “Los trasvases como dispositivos de desigualdad e inseguridad hídrica. Prácticas colectivas para la justicia hídrica”, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Pronaces-Conacyt) y coordinado por investigadores del Colegio de San Luis, en el que participan 19 investigadores pertenecientes a cuatro universidades públicas (Universidad Autónoma del Estado de México, Universidad Autónoma de Querétaro, Universidad Autónoma Chapingo y Universidad Nacional Autónoma de México) y tres centros públicos de investigación del Conacyt (Colef, Colsan, CIESAS), así como 12 colectivos y organizaciones sociales de base de diferentes regiones de México.

En 2021, el museo se posicionó como un actor de divulgación, investigación y diálogo. Desde entonces, se perfilaron o fortalecieron los ejes de trabajo: investigación autogestiva, divulgación y ciencia ciudadana, promoción cultural y acompañamiento de luchas e iniciativas ciudadanas. En cada uno de ellos, las labores se enfocaron en generar capacidades locales para reconocer críticamente el territorio en su geografía, historia y complejidad socioambiental; dimensionar causas y efectos de la crisis hídrica para concebir alternativas a las actuales formas de gestión; resignificar procesos de creación artística en un contexto de emergencia climática e integrar capacidades para la exigencia de derechos, particularmente al agua, al medio ambiente sano, a la salud y a la ciudad.

Más allá de los productos “tangibles” del proyecto Bajo Tierra Museo, existen otros indicadores de impacto que dimensionamos como experiencias, procesos e interacciones productivas (Luna y Pineda, 2021) capaces de generar nuevos conocimientos, establecer consensos, desarrollar habilidades y fortalecer redes de colaboración. El camino andado del proyecto ha permitido desarrollar estrategias y acciones en esas direcciones, de las cuales se muestran algunas a continuación.

En primer lugar, a comienzos del 2022 consolidamos el Diplomado en Acción Climática. Investigación interdisciplinaria para la incidencia en problemas urbanos socioambientales, que forma parte de la oferta de educación continua 2021-2 y 2022-1 de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UAQ y está aprobado como vía de titulación para diversas licenciaturas.

FIGURA 5. DIPLOMADO EN ACCIÓN CLIMÁTICA. BAJO TIERRA Y FCPS-UAQ⁸

En septiembre del 2021 publicamos la investigación “Agua sin feudos” en colaboración con el [Laboratorio de Investigación Periodística Labip-UAQ](#) y el [Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación \(PODER\)](#). La investigación congrega el informe especial “Acaparamiento de lo público y mercantilización de lo común. Manejo del agua potable en la ciudad de Querétaro”, el documental *Los feudales del agua* y el reportaje “Los feudos que secaron Querétaro”, donde se revelan las relaciones político-empresariales de los negocios inmobiliarios en el contexto del incremento de las concesiones privadas del agua en la zona metropolitana de Querétaro.

8 Fuente: perfil de Facebook de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales-uaq.

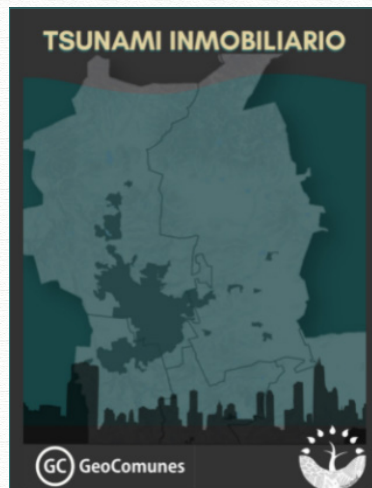
FIGURA 6. “LOS FEUDALES DEL AGUA. QUERÉTARO A LA VENTA”⁹

Durante febrero y marzo del 2021 implementamos cuatro recorridos a pie y bicicleta realizados en conjunto con Asteria Noticias, Libre a Bordo, Tre-pacerros y México Lindo y Qué Limpio como una estrategia de monito-reo comunitario de descargas de agua residual sobre ríos y cauces de la ciudad (río Querétaro, río El Pueblito y arroyo Jurica, principalmente). La información obtenida de dicho monitoreo, así como la obtenida por transparencia e investigaciones académico-institucionales, se condensó en el mapa colaborativo e interactivo “[Aguas turbias](#)”, que refleja más de 130 puntos de descarga de agua contaminada.

⁹ Fuente: [perfil de Facebook de Labip](#).

FIGURA 7. CARTOGRAFÍA COLABORATIVA “AGUAS TURBIAS”¹⁰

En colaboración y bajo la dirección del colectivo **Geocomunes** elaboramos la investigación cartográfica “**Tsunami inmobiliario**”, la cual muestra el avance de la industria inmobiliaria sobre las periferias urbanas de la zona metropolitana de Querétaro en la última década. Se destacan las dinámicas de cambio de uso de suelo y su conversión hacia nuevos desarrollos industriales y habitacionales.

FIGURA 8. “TSUNAMI INMOBILIARIO”¹¹

¹⁰ Fuente: perfil de Facebook de Bajo Tierra Museo.

¹¹ Fuente: página web de Bajo Tierra Museo.

En 2021 y 2022 realizamos el festival autogestivo de cine documental sobre agua en la ciudad **Hidrofest**, abierto a todo público, con el fin de dar a conocer la situación del agua en Querétaro a través de la cinematografía. En este espacio compartimos reflexiones con distintos colectivos, miembros de organizaciones y movimientos sociales, como PODER, Isla Urbana, Parlamento Mexicano Juvenil por el Agua, Caminos de Agua, H2Qro, Mexicali Resiste y la casa productora Ademán, entre otros.

FIGURA 9. FESTIVAL DOCUMENTAL HIDROFEST¹²



En julio del 2021 organizamos la Mega Reforestación Comunitaria en conjunto con Reforestemos Querétaro, **Trascendencia Social**, **ColocaTierra**, **BamBas**, **Zona Viva Huerto Urbano** y **Casa Xantuario** y con el apoyo de 750 personas voluntarias. Esta iniciativa se concibió como una respuesta ciudadana ante la problemática de los incendios en el primer semestre del 2021, concretamente para regenerar el cerro Santa Rosa, El Terrero, cuya microcuenca es clave para el municipio de Amealco.

¹² Fuente: perfil de Facebook de Bajo Tierra Museo.

FIGURA 10. REFORESTACIÓN COMUNITARIA¹³

Mega Reforestación comunitaria

Lugar: Cerro de Santa Rosa, el Terrero
Amecalco Querétaro (Rancho El Ameyal)

Fecha: 26 y 27 de junio 2021

8:00 am Salida Oro- Amecalco
11:00 am Charla comunitaria
11:30 am Capacitación
12:00 pm Plantación por brigadas
2:00 pm Comida (traer lunch para pic-nic)

Punto de encuentro: Alameda Hidalgo sobre Pasteur

No llevar desechables ni dejar basura

Traer: sombrero, impermeable, zapato cerrado o bota, termo cubeta y pico o pala (quienes puedan)

ORA Transcendencia Social Zona Viva CASA XANTUARIO

Esta es una acción completamente ciudadana y apartidista.

En octubre del 2021 liberamos la campaña permanente [Actúa por el Agua: Herramientas para la Incidencia](#), que comprende diversas obras, manuales y herramientas para la acción por el agua clasificada en cinco ejes: 1) ríos de la ciudad ([#ActúaPorLosRíos](#)), 2) áreas de valor ecohidrológico ([#VigilaTuCuenca](#)), 3) privatización ([#AguaSinFeudos](#)), 4) buen vivir para la salud ecosistémica ([#ReduceTuImpacto](#)) y 5) gobernanza ([#UsaTuPoder](#)). Los materiales se han elaborado en conjunto con diversas organizaciones, colectivos y movimientos locales, y tienen como objetivos divulgar la información sobre el agua de la cuenca del río Querétaro, fomentar la participación ciudadana e incidir en la toma de decisiones.

¹³ Fuente: perfil de Facebook de Bajo Tierra Museo.

FIGURA 11. CAMPAÑA PERMANENTE ACTÚA POR EL AGUA¹⁴

A finales del 2021 impulsamos y ejecutamos el Festival [Agua que Corre con la temática posibilidades ciudadanas para el agua](#), en colaboración con 30 organizaciones y colectivos, con el objetivo de visibilizar las problemáticas y alternativas ciudadanas de la crisis del agua de Querétaro. A través de charlas, talleres y presentaciones musicales en seis sedes diferentes de la ciudad, así como de un recorrido por las zonas en riesgo de urbanización, impulsamos la discusión de las diversas caras de la crisis del agua y colectivamente vislumbramos horizontes de acción ciudadanos. El carácter autogestivo y colaborativo del festival permitió su continuidad para el 2022, ahora con nuevos formatos y temporalidades.

¹⁴ Fuente: [perfil de Facebook de Bajo Tierra Museo](#).

FIGURA 12. FESTIVAL AGUA QUE CORRE.
POSIBILIDADES CIUDADANAS PARA EL AGUA¹⁵



En marzo del 2021 Espacio Creativo Bajo Tierra A.C. se integró formalmente a la Comisión de Cuenca, reactivada en 2020, como vocalía de grupos ambientalistas. La comisión está integrada por autoridades de los tres niveles de gobierno, representaciones de usuarios del agua y diversas vocalías ciudadanas. Actualmente somos parte activa de la discusión, seguimiento y propuestas de recuperación de la estructura y función de la cuenca.

En marzo del 2022 participamos en el Foro Mundial del Agua como parte de las organizaciones consultadas dentro de la coalición global Butterfly Effect, en la que participaron más de 200 organizaciones de los cinco continentes y en 2023 en la Conferencia Mundial del Agua de la ONU.

Aun hoy, y a pesar del ejercicio de sistematización que posibilita la redacción de este texto, es difícil dimensionar en su justa medida y realizar un balance o evaluación de los impactos de todas las acciones de investigación, creación e incidencia, ya que muchos de ellos escapan a nuestra mirada y control. Lo anterior también complica su cuantificación o cualificación a

¹⁵ Fuente: perfil de Facebook de Bajo Tierra Museo.

corto plazo, pues se trata de procesos y experiencias vivas, de un flujo de materia y energía a veces latente y silencioso, otras emergente y manifiesto. Es precisamente esta ambivalencia la que hace pertinente y necesario preguntarnos sobre la influencia real de nuestro trabajo en el debate, en la toma de decisiones, en la movilización social, en el cambio cultural y en la visibilización y transformación de las relaciones de poder que influyen en nuestras percepciones, discursos y prácticas sobre la tierra, el agua y la naturaleza en esta ciudad.

A priori, la respuesta nos parece clara: en el posicionamiento del tema del agua en la ciudad hay un antes y un después en relación con la aparición de Bajo Tierra. ¿Qué tanto esto es un indicador del esfuerzo conjunto de una multiplicidad de individualidades, colectivos y universidades, mediada en gran parte por Bajo Tierra? ¿Qué tanto el surgimiento de Bajo Tierra es producto de esta movilización? Es difícil saberlo y quizá sea estéril el planteamiento, pues tal vez sea eso de lo que se trata: desatar movilizaciones horizontales sin líderes visibles ni protagonismos, pero con un importante músculo artístico-intelectual-popular capaz de elaborar, mediante el diálogo de saberes, argumentos sólidos como crítica al modelo hegemónico de urbanización que tiene, en la ciudad de Querétaro, un siniestro laboratorio de experimentación.

Lo que resulta indudable es la necesidad de explorar nuevas metodologías de autodiagnóstico y autoevaluación que contribuyan a evidenciar de forma concreta la pertinencia del proyecto, de su continuidad y fuerza y, a su vez, a consolidar los indicadores que otros actores institucionales locales, nacionales o internacionales buscan al apoyar iniciativas. Desafortunadamente, como para la gran mayoría de los proyectos autogestionados, la falta de recursos económicos es uno de nuestros principales obstáculos. Aun así, el posicionamiento es claro: Bajo Tierra Museo ha sido una experiencia que ha sabido articular investigación tradicional con procesos de exploración colaborativa; divulgación científica con creación artística popular; denuncia crítica con capacitación, acompañamiento y movilización social.

EN LAS GRIETAS DE LA CIUDAD: LOS CAMINOS DE HOY Y LOS NUEVOS HORIZONTES

Es indudable que, para los integrantes de este proyecto, el punto de partida fue la investigación y la ciencia comprometida que elaboramos desde nuestros espacios académicos universitarios, en el afán de continuar alimentándolo con conocimientos frescos y pertinentes, y formas de traducción situada, de tal forma que, actualmente, nos hemos consolidado como cuatro museos en uno. Funcionamos a través de un museo virtual, donde diseñamos una experiencia museográfica totalmente edificada en la web, como pocas en el mundo. Exploramos la influencia de las tecnologías digitales en la creación y el desarrollo de nuevas expresiones culturales, así como en su tránsito hacia nuevas formas de interactividad, para promover experiencias nuevas y significativas. Somos también un museo popular que conjuga conocimiento científico, saberes locales y expresiones artísticas. La naturaleza colaborativa de las obras sitúa al visitante en un espacio dialógico y polifónico en construcción permanente de herramientas de acción. Asimismo, somos un museo territorial que invita a explorar, recordar, reconocer, reconectar e imaginar el espacio que habitamos. El agua nos guía tierra adentro, revinculada con su condición ecosistémica, su valor cultural y su integralidad territorial. Fuera de la web, somos un museo itinerante que sirve como plataforma para la acción, pues llevamos la divulgación de las obras del mismo a espacios físicos educativos, culturales y populares donde acompañamos diversos procesos de reflexión colectiva.

En tres años, hemos logramos establecer dos galerías con nueve salas, 51 obras y siete exposiciones permanentes, y recibido más de 4,000 visitantes locales, nacionales e internacionales. Hemos consolidado acciones de vinculación, conversatorios virtuales, estrenos en vivo, conferencias, convocatorias para exposiciones, exposiciones itinerantes, cursos, talleres, acciones de movilización, recorridos guiados y publicaciones contenidas y difundidas a partir de la plataforma del museo y la página web. El primer museo ciudadano sobre el agua en Querétaro surge del deseo compartido de contribuir a la transformación cultural en relación con el manejo del agua en la ciudad y ser de ayuda a las sociedades del conocimiento, la creatividad y la imaginación. A tres años de su creación, el proyecto se ha

reconfigurado constantemente debido a las interacciones con otros actores y a las coyunturas locales, regionales y nacionales. En estos caminos hemos redescubierto facetas del museo y nuevas etapas se figuran en el horizonte. En nuestro andar, hemos reafirmado que el conocimiento popular es tan importante como el conocimiento científico en la resolución de los conflictos socioambientales a los que nos enfrentamos. Apostamos por su permanente diálogo como un proceso indispensable para el diseño y la implementación de cualquier solución. Cuestionamos las salidas tradicionales de las investigaciones (las nuestras incluidas) y replanteamos nuevas posibilidades de interacción del conocimiento impulsando investigaciones autogestivas, intergeneracionales y transdisciplinarias como fundamento para la acción.

Nuestros resultados pueden ser cuantificados en términos de las obras realizadas por y para el museo: los informes especiales publicados digitalmente; el número tanto de estudiantes de servicio social, prácticas profesionales y pasantías, como de las y los ponentes y asistentes a nuestros conversatorios, talleres y foros; el número de visitantes del museo, seguidores locales, nacionales e internacionales en redes sociales; el número de convenios de colaboración con universidades, etcétera. Sin embargo, el impacto sobre el cual posicionamos toda nuestra atención radica en los procesos, experiencias y redes de acción con diversos actores que, en la mayoría de los casos, resultan invisibilizadas y demeritadas por los procedimientos de medición de impacto científico del mundo académico tradicional. Como estudiantes, docentes, investigadoras, investigadores, trabajadoras y trabajadores administrativos de la Universidad Autónoma de Querétaro, celebramos que se abran espacios que tiendan puentes de diálogo y reconocimiento del trabajo colaborativo y solidario, tal como lo hace Bajo Tierra Museo. Éste, aunque tuvo su origen en las aulas y pasillos del espacio universitario, logró trascender sus fronteras para buscar formas creativas de convertir la ciencia tradicional de escritorio en una ciencia comprometida con el territorio.

REFERENCIAS

- COMPOSTO, C. y Pérez, D. (2012). Presentación. Trazos de sangre y fuego: ¿continuidad de la acumulación originaria en nuestra época? *Theomai*, (26), pp. 1-22. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/124/12426097001.pdf>
- GARCÍA, G. (2017). *Aguasuntuarias, aguas tributarias: artificios hidráulicos, fragmentación urbana y segregación residencial en la periferia metropolitana Querétaro-El Marqués 2000-2017*. [Tesis doctoral]. Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado de: <https://colsan.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1013/642>
- GRANADOS, L. (2015). *Historia de las gentes y las cosas del Acueducto II de Querétaro: emulación hidráulica, nobleza y negocios*. [Tesis doctoral]. El Colegio de San Luis. Recuperado de: <http://colsan.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1013/237>
- GUDYNAS, E. (2012). Desarrollo, extractivismo y postextractivismo. En A. Alayza y E. Gudynas (editores), *Transiciones, postextractivismo y alternativas al extractivismo en Perú* (p. 199). Perú: RedGE/Cepes. Recuperado de: <http://www.redge.org.pe/sites/default/files/DesarrolloExtractivismo-PostExtractivismo-EGudynas.pdf>
- JENKINS, H. (2003). Transmedia Storytelling: Moving Characters from Books to Films to Video Games Can Make Them Stronger and More Compelling. *MIT Technology Review*. Recuperado de: <https://www.technologyreview.com/s/401760/transmedia-storytelling/>
- LUNA, E. y Pineda, R. (2021) ¿Qué es la ciencia orientada al impacto social? Manuscrito inédito en preparación.
- OLVERA, K. (2019). *Acceso, distribución y disponibilidad del agua en la microcuenca San José el Alto, Querétaro*. [Tesis maestría]. Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado de: <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1851>
- ROMERO, C. (2021). *El agua en la encrucijada de lo común: Análisis del manejo político cultural del agua en la Eco zona metropolitana de Querétaro 1*. [Tesis doctoral]. Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado de: <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/2820>

EL IMPACTO DE LAS ASOCIACIONES COMUNITARIAS DE AHORRO Y PRÉSTAMO EN UNA LOCALIDAD RURAL DE LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO

THE IMPACT OF COMMUNITY SAVINGS AND LOAN ASSOCIATIONS IN A RURAL TOWN IN THE SIERRA GORDA OF QUERÉTARO

MAYRA JULIANA CHÁVEZ ALCALÁ¹

RESUMEN

En México, más de la mitad de la población rural se encuentra en situación de pobreza. Esta condición se agrava en grupos vulnerables como mujeres y jóvenes, quienes tienden a tener dificultades para acceder a la tierra y al financiamiento formal. Actualmente, una de las principales preguntas de investigación en el campo del desarrollo es cómo promover que estos grupos construyan por sí mismos alternativas para atender sus necesidades.

En los últimos años, el acceso a servicios microfinancieros ha sido uno de los mecanismos más utilizados para conseguir dicho objetivo. A diferencia de otros programas que, desde supuestos sobre las necesidades de los hogares pobres, ofrecen soluciones predefinidas sin involucrar a los afectados, la promoción del ahorro y el acceso a créditos colocan en el centro la capacidad de agencia de las personas para plantearse los objetivos que desean conseguir. Sin embargo, las estrategias más radicales han trascendido la oferta de microcréditos y, en cambio, han basado la prestación de servicios financieros en los propios recursos de los hogares pobres, los cuales acceden a préstamos sin depender de la infusión de capital exógeno. Esta estrategia de atención a la pobreza busca constituir agrupaciones autoges-

¹ Facultad de Ciencias Naturales, mayra.chavez@uaq.mx

tivas que sean responsables de manejar su propio dinero. En concreto, funcionan al captar los ahorros de sus integrantes y usar ese fondo para brindar préstamos solamente a quienes integran el grupo.

El proyecto de investigación evaluó los efectos asociados a la transferencia de una herramienta para formar grupos comunitarios de ahorro y préstamo en una localidad de Landa de Matamoros, Querétaro. Como resultado, 73 personas se han organizado en ocho grupos autogestivos que se reúnen mes con mes; una vez capacitados en el uso de la herramienta, éstos no dependen de la presencia de los facilitadores para sus sesiones mensuales. A través del proyecto, los colectivos han financiado iniciativas propias, tales como el equipamiento de viviendas, la consolidación de proyectos productivos y la cobertura de gastos médicos, escolares y de alimentación. La estrategia ha demostrado ser efectiva en el fortalecimiento del tejido social, así como de la educación y la inclusión financiera, al demostrar, en primer lugar, que existe un capital social entre las familias de localidades rurales, pues éstas movilizaron sus recursos para emprender proyectos que mejoraron sus condiciones de vida; y en segundo lugar, al sustituir esquemas de crédito rotativo (en México conocidos como “tandas”) que no permiten que los ahorros grupales incrementen con el tiempo.

EL ACCESO A SERVICIOS FINANCIEROS COMO MECANISMO PARA ATENDER LA POBREZA RURAL

En México, la incidencia de pobreza en áreas rurales es mucho mayor que en las urbanas. Uno de cada dos habitantes rurales experimenta carencias asociadas a vivir en una situación de pobreza y, si se es hablante de una lengua indígena, esa proporción asciende a tres de cada cuatro (Coneval, 2021). Lo anterior implica la existencia de limitaciones en el acceso a ingresos, así como en el cumplimiento de derechos sociales relacionados con la educación, la salud y la alimentación, entre otros (Villagómez, 2019).

Sin lugar a dudas, la crisis social provocada por la pandemia del covid-19 agravó la situación. En el país, entre 2018 y 2020, el porcentaje de la población en situación de pobreza extrema incrementó de 7% a 8.5%, y el número de personas pobres ascendió a 55.7 millones (Coneval, 2021).

En este contexto, las brechas entre grupos de población se hicieron más evidentes. Antes de la pandemia, las mujeres y los jóvenes rurales ya enfrentaban enormes obstáculos para acceder a oportunidades de desarrollo que les permitieran mejorar sus condiciones de vida, pero ahora, debido a las afectaciones económicas, sus condiciones laborales se han precarizado aún más (FAO, 2020; Cepal, 2021).

A lo largo de los años, se han desarrollado múltiples políticas públicas e intervenciones para atender la pobreza en el país. Muchas de ellas han hecho énfasis en la importancia de incrementar los ingresos de hogares pobres y, por tanto, se han basado en la promoción de proyectos productivos para vincularlos con el mercado. Sin embargo, no se puede deducir que incrementar los ingresos es suficiente para mejorar de forma sostenida la vida de las personas. En buena medida, eso depende de la forma en que los hogares pobres eligen invertir los recursos (Richards, 2012).

Con frecuencia los programas de desarrollo suelen ofrecer soluciones predefinidas, también llamadas “apoyos”, las cuales no involucran de manera activa a las personas. Así, debido a que generalmente implican una transferencia de recursos, “compran” su participación mediante el otorgamiento de incentivos directos sin promover la autonomía de dichas personas (Giger, 2000; Kessler, 2006). Aunque recurrentemente este tipo de proyectos fracasan, han sido todo un éxito para instaurar una cultura política clientelar que mantiene relaciones de dependencia con los hogares pobres (Torres, 2012).

Dada su complejidad, la pobreza no puede reducirse a un asunto de ingresos. Es necesario reconocerla como un fenómeno multidimensional que implica experimentar condiciones de vida que, a) atentan contra la dignidad, b) limitan el acceso a derechos sociales, c) impiden el cumplimiento de necesidades básicas y d) obstaculizan la integración social (Villagómez, 2019, p. 2). Desde esta óptica, integrada en la Ley General de Desarrollo Social promulgada en 2004, la pobreza se asocia tanto a la carencia de recursos económicos como a la falta de acceso a derechos sociales básicos como la alimentación, vivienda digna, seguridad social y educación.

Con base en esta concepción multidimensional de la pobreza, se han implementado programas integrales para promover el desarrollo social de los hogares pobres. El más emblemático de los últimos años fue el Progre-

sa-Oportunidades-Prospera. Éste transfería a las familias recursos económicos condicionados a la realización de acciones que se esperaba incidieran en tres factores considerados como un obstáculo para romper la “transmisión intergeneracional de pobreza”: deficiencias nutricionales, problemas de salud y una baja inversión en educación (Yaschine, 2019).

El programa finalizó en 2018, luego de dos décadas de operación. Como todo programa que aborda una problemática tan compleja, tuvo resultados mixtos. Por un lado, mejoró diversos indicadores educativos, nutricionales y de salud; por el otro, asumió erróneamente que los jóvenes beneficiarios podrían insertarse exitosamente en el mercado de trabajo y que los servicios educativos y de salud ofertados por el Estado eran de calidad en todo el territorio rural (Yaschine, 2019). Sin embargo, dado que las transferencias comúnmente representaban buena parte del ingreso en los hogares más pobres, una posible distorsión fue la paradoja de que las personas no invertían en la mejora de ciertas condiciones de vida por temor a ser excluidos de la lista de receptores de apoyo.

Investigaciones recientes sobre economía del comportamiento han resaltado el rol que juegan los factores psicológicos en la limitación del desarrollo de los hogares pobres. En general, estas variables internas generan una serie de restricciones autoimpuestas que restringen el uso de los recursos y capacidades disponibles, funcionando como una trampa que les impide mejorar sus condiciones (Duflo, 2012; *The World Development Report*, 2015; Lybbert y Wydick, 2016; Flechtner, 2017; Esopo *et al.*, 2018; Steinert, 2018). Por este motivo, un objetivo central de proyectos de desarrollo es promover el empoderamiento de las personas, de forma que perciban su capacidad para conseguir metas y decidir, por sus propios intereses, mejorar sus condiciones. Actualmente, una de las principales preguntas de investigación en el campo del desarrollo es cómo promover este proceso en poblaciones vulnerables, de manera que construyan por sí mismas alternativas para atender sus necesidades (Cornwall, 2016; Hammler y Pane, 2018).

En los últimos años, el acceso a servicios microfinancieros ha sido uno de los mecanismos más utilizados para conseguir dicho propósito. A diferencia de muchos programas que, desde supuestos sobre las necesidades de los hogares pobres, etiquetan las acciones que se realizarán sin involucrar a las personas, la promoción del ahorro y el acceso a créditos colocan

en el centro la capacidad de agencia de éstas para que se planteen, por sí mismas, los objetivos que desean conseguir (Banerjee y Duflo, 2011; Lybbert y Wydick, 2016; Steinert, 2018). Las estrategias más radicales han trascendido la oferta de microcréditos y, en cambio, han basado la prestación de servicios financieros en los propios recursos de los hogares pobres, los cuales acceden a préstamos sin depender de capital exógeno. Este tipo de organizaciones comunitarias reciben el nombre genérico de Asociaciones Comunitarias de Ahorro y Préstamo (Martín, 2014).

Dicha estrategia de atención a la pobreza busca constituir agrupaciones autogestivas que sean responsables de manejar su propio dinero. En concreto, funcionan al captar los ahorros de sus integrantes; el fondo grupal se usa para brindar préstamos que se otorgan solamente a quienes forman parte del grupo. Por lo anterior, a diferencia de esquemas de crédito rotativo (en México conocidos como “tandas”), los ahorros grupales sí incrementan con el tiempo y generan ganancias para sus integrantes. El éxito de este modelo demuestra que existe un capital potencial en las comunidades pobres, las cuales pueden financiarse a sí mismas para comenzar proyectos (Rodríguez, 2006; Torcat *et al.*, 2011). Desde su desarrollo en África por la ONG Care International en 1991, su uso se ha difundido a nivel internacional. En Iberoamérica, las metodologías más conocidas son los Bankomunales de Colombia y las Comunidades Autofinanciadas de España (Rodríguez, 2006; Torcat *et al.*, 2011). A continuación, se expone el proceso de transferencia de la herramienta para la conformación de grupos autofinanciados de ahorro y préstamo. Este proceso se deriva de un proyecto de intervención comunitaria iniciado hace más de seis años en una localidad rural de la Sierra Gorda de Querétaro.

EL PROCESO DE ADOPCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE AUTOFINANCIAMIENTO

En 2016 se planteó una investigación longitudinal para evaluar la adopción de una herramienta de autofinanciamiento basada en la metodología de las Comunidades Autofinanciadas (Cuadro 1), la cual fue desarrollada originalmente por ACAF, una organización sin ánimo de lucro en Barcelona, España.

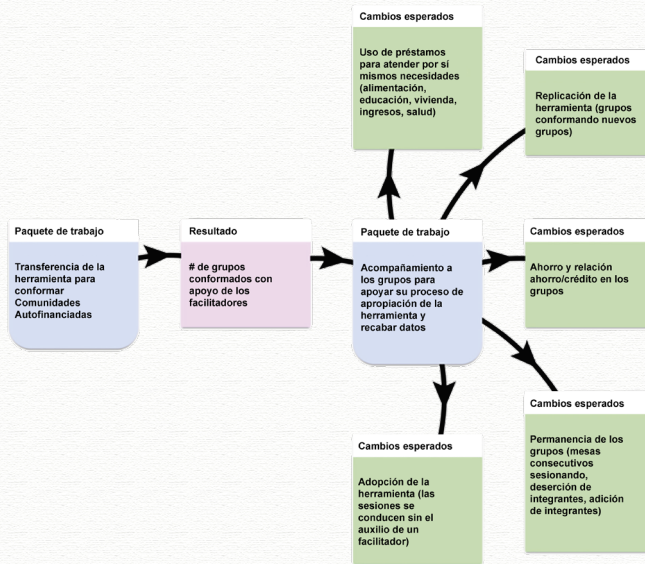
CUADRO 1. MECÁNICA DE LOS GRUPOS DE AHORRO Y PRÉSTAMO

La metodología de las Comunidades Autofinanciadas (CAF) es una alternativa no bancaria que permite acceder a servicios financieros a través del capital social de las personas participantes. Los grupos funcionan de la siguiente manera. En primera instancia, los integrantes definen una serie de acuerdos para regular el funcionamiento del fondo común, como las tasas de interés, los plazos o los mecanismos de ingreso y retiro de integrantes. Una vez realizadas las primeras aportaciones, los recursos son administrados por y para ellos mismos, pues asumen cargos rotativos que permiten conducir las sesiones y los ahorros se utilizan para realizar préstamos que se otorgan únicamente a quienes forman parte del grupo. En este sentido, existe un doble rol en los socios de los grupos, pues éstos son, al mismo tiempo, beneficiarios de crédito e inversionistas que reciben dividendos a cambio de sus ahorros.

El proceso implicó:

- a) La construcción de una teoría del cambio que especificaba las variables causales a medir (Figura 1), es decir, los cambios de comportamiento a monitorear entre los hogares participantes, los cuales se esperaba causar como resultado de la intervención. Los indicadores de efecto monitoreados fueron: la adopción y replicación de la herramienta, la permanencia de los grupos, el ahorro y la relación ahorro-crédito, y el uso de los préstamos para atender necesidades.
- b) La ejecución de paquetes de trabajo para transferir la herramienta a una localidad rural del municipio de Landa de Matamoros, en la sierra del estado de Querétaro.
- c) La promoción y el posterior acompañamiento de los grupos por parte del equipo de facilitación para apoyar su proceso de apropiación de la herramienta y recabar datos.

FIGURA 1. TEORÍA DEL CAMBIO DEL PROYECTO



A continuación, se explica a detalle el proceso que se llevó a cabo para definir la herramienta, la zona de estudio y los pasos para la conformación de los grupos de trabajo y el posterior análisis de los resultados.

a. Selección de la herramienta

La herramienta utilizada para la conformación de los fondos autogestionados se diseñó a partir de la propuesta de las Comunidades Autofinanciadas (CAF), elaborada por Torcat, Rodríguez y Raydán (2011). No obstante, los formatos originales fueron modificados para que pudieran utilizarlos personas con instrucción básica completa o trunca.

Los criterios para la selección de la herramienta fueron:

- Simplicidad: los formatos de trabajo debían ser fáciles de entender y llenar.
- Practicidad: debía haber poco requerimiento de material de bajo costo y fácil de conseguir: carpetas, hojas impresas, lápices, lapiceros, goma, corrector, calculadora y caja con llave para guardar el dinero.

- Adaptabilidad: los formatos serían modificados de acuerdo con las necesidades del grupo, intentando hacerlos aún más esquemáticos para que personas con instrucción básica completa o trunca pudieran utilizarlos con facilidad.
- Bajo requerimiento de capacitación: la simplicidad de los formatos de trabajo facilitaría que en poco tiempo el grupo pudiera llevar las sesiones por sí mismo, sin la presencia de facilitadores.
- Promueve la participación: era importante que la herramienta promoviera que, a través de la dinámica de las sesiones de trabajo, los integrantes del grupo tomaran decisiones de manera colectiva e incluyente, incrementando con ello su capacidad de agencia en los acuerdos grupales.

b. Selección de la zona de estudio

La selección de la zona de estudio requirió cumplir con una serie de condiciones para acercarse a las personas que pudieran estar interesadas en participar en el proyecto. Las condiciones fueron las siguientes:

- Localidad rural: contar con una población con menos de 2,500 habitantes.
- Contacto con organización local: tener contacto con alguna organización local con influencia en la zona de estudio, a fin de contar con su respaldo y confianza al momento de presentar el proyecto a participantes potenciales.
- Acceso limitado a la zona: no contar con alternativas de transporte público y estar a una distancia considerable de zonas comerciales que dificulte el acceso a productos y servicios y, por ende, incrementen el costo de traslado para sus habitantes cada vez que requieran acceder a los mismos.
- Ausencia de instituciones formales de financiamiento: no contar con cajeros o sucursales de instituciones formales ubicadas en la zona de estudio.
- Inestabilidad laboral y de ingresos: contar con una predominancia de actividades productivas con perfil informal o temporal, generalmente asociadas al sector primario.
- Intensidad migratoria: contar con un alto porcentaje de habitantes de la

localidad que migren a nivel regional, nacional o internacional, de manera temporal y frecuente, para encontrar alternativas laborales y acceso a servicios.

c. Procedimiento para la conformación de grupos

La serie de pasos que se llevaron a cabo para establecer contacto con el primer grupo de trabajo, y la forma en que se esperaba que podría difundirse la información con más personas, fue la siguiente:

Contacto con la organización local: se estableció comunicación con una organización de la sociedad civil que tuviera presencia en la localidad y se le explicó el proyecto. Una vez que la organización mostró interés, se convocó, a través de una de sus integrantes, a un primer grupo de personas para que una facilitadora del proyecto les explicara en qué consistía la herramienta.

- Primer encuentro con participantes potenciales: mediante una reunión se le explicó a un grupo de personas en qué consistía la herramienta para conformar una Comunidad Autofinanciada, se explicaron los aspectos más básicos de ésta y se atendieron las dudas que surgieron.
- Formación del primer grupo: una vez que las personas se animaron a conformar el primer grupo, se les dio asesoría para llevar a cabo las sesiones y definir sus acuerdos. El periodo de acompañamiento, sólo a este primer grupo, fue de un año (12 sesiones).
- Difusión de la información y conformación de los demás grupos de trabajo: una vez que las primeras personas tuvieron la experiencia de formar su propio grupo y comprendieron cómo se llevan a cabo las sesiones de trabajo, algunos de sus integrantes comenzaron a difundir entre sus familiares y conocidos cómo funciona una sesión grupal y los beneficios que se obtienen. Después de esto, hubo más personas interesadas en formar grupos. Cada vez que había alguna persona interesada, ésta contactaba a otras a quienes les tuviera confianza, les planteaba la posibilidad y, a través de integrantes de otros grupos, solicitaban el apoyo del equipo de facilitadores del proyecto para que les explicaran a detalle

cómo funciona la herramienta, aclararan sus dudas y les apoyaran con la elaboración de sus primeros acuerdos grupales.

- Acompañamiento y asesoría a los grupos de trabajo: una vez que se conforma un nuevo grupo, éste comienza a llevar sus sesiones por sí mismo. Únicamente se llega a solicitar la asesoría del equipo de facilitadores del proyecto cuando se tiene alguna duda en cuanto a los acuerdos, surge algún desacuerdo entre los integrantes o se tiene alguna inquietud acerca del funcionamiento de las sesiones. Además, debido a que se han encontrado varios errores en el llenado de los formatos, el equipo de facilitadores se ha visto en la necesidad de pedir a los grupos que envíen periódicamente la información general de sus sesiones grupales. Esto con el objetivo de revisar e identificar posibles errores, tener un respaldo de la información y apoyarlos con el cálculo del reparto anual de las ganancias.

d. Monitoreo de indicadores

Con el objetivo de conocer la experiencia de quienes integran los grupos de trabajo, analizar los resultados del proyecto y sistematizar la información más relevante, se definieron los siguientes mecanismos:

- Contacto periódico con integrantes de cada grupo de trabajo: a través de la comunicación mediante dispositivos móviles y tecnologías de la información, así como de visitas de campo, se ha podido mantener contacto con los diferentes grupos para conocer información relevante acerca de cómo han estado trabajando.
- Sistematización de la información: mediante el envío frecuente de la información de cada sesión y de la comunicación con integrantes de los grupos, se ha sistematizado la información mensual de cada uno de éstos y los indicadores clave. En los diferentes formatos que se diseñaron, los grupos organizan su información y los movimientos mensuales. En la siguiente imagen se puede observar uno de los formatos donde los grupos registran en qué se utilizará el crédito solicitado.

FIGURA 2. FORMATO DE PRÉSTAMOS

PRÉSTAMOS Y PAGO DE CRÉDITOS		RESPONSABLE	
Nombre soci@:	Cantidad de prestada: \$	Interés: %	Plazo en sesiones:
Número y mes de préstamo:	monto	interés	
Objetivo inicial del préstamo:		Destino final del préstamo:	
Fecha	Abono	Adeudo	Avaless y monto con que avalan

e. Caracterización de la zona de estudio

La localidad donde se lleva a cabo el proyecto de investigación se encuentra ubicada al noroeste del estado de Querétaro, en el municipio de Landa de Matamoros, dentro de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda. Dicho municipio ocupa, a nivel estatal, el primer lugar en intensidad migratoria hacia Estados Unidos y el tercer lugar en bajo índice de desarrollo humano, precedido solo por Pinal de Amoles y San Joaquín (PNUD, 2014). Lo anterior ha dado como resultado que la población total del municipio se haya reducido en los últimos diez años (Cuadro 2).

CUADRO 2. REDUCCIÓN DE LA POBLACIÓN
EN EL MUNICIPIO DE LANDA DE MATAMOROS²

MUNICIPIO	POBLACIÓN TOTAL 2010	POBLACIÓN TOTAL 2015	POBLACIÓN TOTAL 2020
Landa de Matamoros	25,469 habitantes	19,020 habitantes	18,564 habitantes

² Fuente: basado en el Censo de Población y Vivienda 2010, 2015 y 2020.

Otro indicador del efecto migratorio es el incremento en el número de hogares con jefatura femenina, fenómeno que puede observarse en la localidad del estudio (Cuadro 3).

**CUADRO 3. HOGARES CON JEFATURA FEMENINA
EN LA LOCALIDAD DE ESTUDIO³**

CENSO	POBLACIÓN TOTAL	MUJERES	HOMBRES	TOTAL DE HOGARES	HOGARES CON JEFATURA FEMENINA	HOGARES CON JEFATURA MASCULINA
2010	907	455	452	239	64	175
2020	786	392	394	239	68	171

Es importante considerar que, dentro del fenómeno de la pobreza multidimensional, la carencia no es únicamente a nivel de ingresos económicos. Un aspecto clave es la falta de acceso a derechos sociales como la alimentación, la vivienda, la seguridad y la educación. De acuerdo con información del INEGI, la principal carencia al interior del municipio es la seguridad social. Es decir, la precariedad en las condiciones de trabajo, así como el acceso a los servicios básicos en la vivienda.

**CUADRO 4. PORCENTAJE DE POBREZA
EN EL MUNICIPIO DE LANDA DE MATAMOROS⁴**

LANDA DE MATAMOROS	PORCENTAJE 2010	PORCENTAJE 2015	PORCENTAJE 2020
Pobreza	82.4	60.3	59.4
Población con al menos una carencia social	98.1	97.9	98.4
Población con tres o más carencias sociales	38.6	35.7	36.5
Población con ingreso inferior a la línea de pobreza por ingresos	83.0	60.6	59.7

³ Fuente: basado en el Censo de Población y Vivienda 2010 y 2020.

⁴ Fuente: basado en información del Coneval 2020.

LANDA DE MATAMOROS	PORCENTAJE 2010	PORCENTAJE 2015	PORCENTAJE 2020
Población con ingreso inferior a la línea de pobreza extrema por ingresos	52.2	22.5	24.8
Rezago educativo	35.3	33.5	32.2
Carencia por acceso a los servicios de salud	8.6	6.5	4.9
Carencia por acceso a la seguridad social	94.0	87.2	89.6
Carencia por calidad y espacios de vivienda	10.1	8.4	6.7
Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda	43.7	74.9	65.4
Carencia por acceso a la alimentación	34.4	13.6	19.9

En el siguiente apartado se podrán observar los resultados de los indicadores definidos inicialmente y el impacto derivado de la implementación del proyecto. A través de ello se dará cuenta del éxito en el proceso de transferencia de la herramienta, así como de la cantidad de grupos y participantes que forman parte de este proyecto hasta el momento.

IMPACTO

El impacto del proyecto se puede explicar a través del análisis de diferentes aspectos que se observan en la dinámica de los grupos conformados actualmente. De entre lo más destacable se consideró lo relacionado con la adopción de la herramienta, haciendo referencia a la cantidad de grupos y personas que la implementan. Asimismo, la participación de mujeres ha sido visible en tanto que son el actor que más interés ha puesto en formar parte del proyecto, y que, al tener su propio grupo, cuentan con la disponibilidad de apoyar en la conformación de nuevos. Además, para el análisis del fortalecimiento de las redes de apoyo que integran los grupos, se consideró el promedio de desertión y el de adición de nuevos socios a cada uno; es decir, la estabilidad de los grupos y las relaciones al interior de los mismos. Posteriormente, se revisó la continuidad en el ahorro, el acceso a crédito y la relación ahorro-crédito como aspectos que pueden demostrar

la confianza de las personas en su grupo y viceversa. Finalmente, se elaboró un listado de las principales necesidades atendidas por los integrantes a través del destino que dan a los créditos que solicitan. Esto es importante puesto que hace referencia a las prioridades a atender por parte de los integrantes de los grupos. No obstante, es importante recalcar que es necesario continuar con el análisis de más indicadores que sirvan para seguir dimensionando el impacto de las finanzas comunitarias como estrategia de desarrollo y así atender la pobreza rural a través de grupos autogestivos. Algunos de los principales cambios considerados como indicadores del impacto del proyecto son los siguientes:

a) Adopción de la herramienta

En el periodo que comprende del 2016 al 2021 se han conformado ocho grupos de trabajo con 73 personas. En promedio, la frecuencia en la formación es de 1.3 grupos por año. Cabe mencionar que únicamente los primeros cuatro requirieron asesoría del equipo de facilitadores del proyecto para iniciar, mientras que los últimos cuatro sólo la requirieron para aclarar algunas dudas muy puntuales. Esto quiere decir que personas de los grupos formados fungieron como capacitadores del uso de la herramienta para comenzar nuevas asociaciones. En cuanto a la adopción de la herramienta, es importante hacer énfasis en que tres de los últimos cuatro comenzaron a operar con el apoyo de mujeres de otros grupos. Es decir, más de una tercera parte de los grupos conformados han sido iniciados por mujeres que ya conocen la herramienta y tienen interés y disponibilidad para apoyar en ello mientras amplían su red de apoyo, siendo integrantes de dos grupos (Cuadro 5).

CUADRO 5. CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS SEGÚN SU FORMACIÓN⁵

2016		2017		2018		2019		2020		2021	
SEM 1	SEM 2	SEM 1	SEM 2	SEM 1	SEM 2	SEM 1	SEM 2	SEM 1	SEM 2	SEM 1	SEM 2
G1											
	G2										
			G3								
			G4								
						G5					
						G6					
									G7		
										G8	

CARACTERÍSTICA DE GRUPO	SIMBOLOGÍA
Requirieron asesoría para iniciar	
No requirieron asesoría para iniciar	
Fueron formados por mujeres de otros grupos	

b) Fortalecimiento de las redes de apoyo

La red de apoyo que sostiene a cada uno de los grupos es el insumo más importante para su fortalecimiento y permanencia. Una muestra de ello es el promedio de dos aspectos importantes: la deserción de integrantes y la integración de nuevos socios. La relación entre el primer y segundo aspecto indica un incremento positivo, ya que muestra que llegan más personas de las que salen de los grupos (Cuadro 6). Además, hasta el momento, no se ha disuelto ninguno; el más antiguo está próximo a cumplir 6 años. Los datos se muestran a continuación:

⁵ Fuente: basado en la información de los grupos.

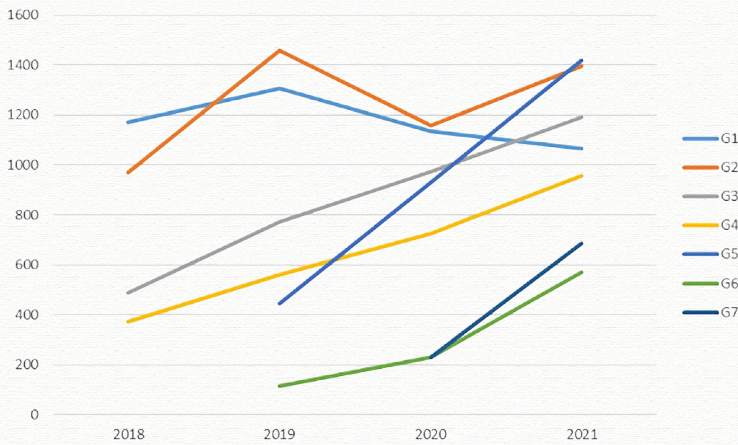
CUADRO 6. DESERCIÓN Y SUMA DE NUEVOS INTEGRANTES

GRUPO	MESES DE ANTIGÜEDAD	DESERCIÓN DE INTEGRANTES	SUMA DE INTEGRANTES
1	67	1	5
2	62	2	2
3	50	0	1
4	48	0	1
5	33	0	1
6	32	4	5
7	17	0	0
8	8	0	0
PROMEDIO		0.875	1.875

c) Continuidad de ahorro, acceso a crédito y relación ahorro-crédito

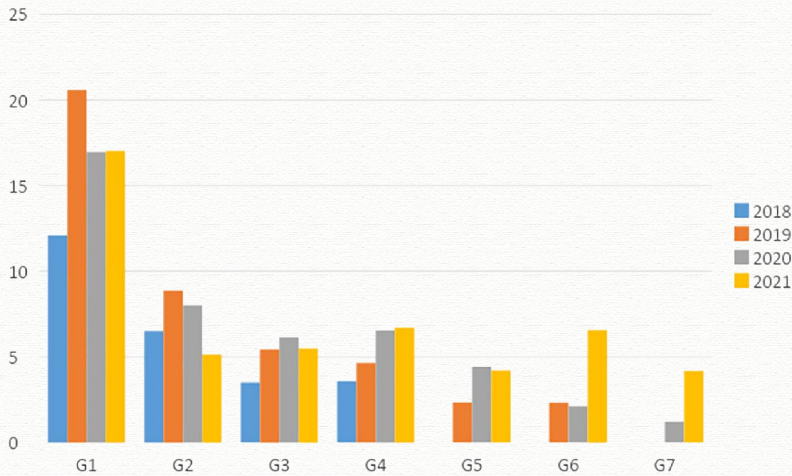
Uno de los principales riesgos del proyecto se encuentra en la morosidad o posible impago por parte de los integrantes de los grupos de autofinanciamiento. En este sentido, es importante enfatizar que, hasta la fecha, sólo se ha registrado un caso de impago a lo largo de los más de cinco años que el proyecto lleva funcionando. Esto se relaciona con los diversos dispositivos de autorregulación de cada uno de los grupos, los cuales apoyan en el fortalecimiento del capital social al construir acuerdos incluyentes que permiten manejar de forma equilibrada los recursos. Un indicador importante que demuestra la confianza de las personas en su propio grupo es el promedio de ahorro mensual grupal, el cual se calculó en siete de los ocho grupos que operan actualmente, ya que el último aún no cumple el año de haberse conformado. El periodo analizado abarca cuatro años, desde enero del 2018 hasta diciembre del 2021. Los resultados refieren un incremento en el monto promedio en seis de los siete grupos, independientemente de la antigüedad de cada uno (Figura 3).

FIGURA 3. PROMEDIO ANUAL DE AHORRO EN CADA GRUPO



Así como el ahorro es una muestra de la confianza de los socios en su grupo, el incremento en los préstamos da cuenta del respaldo del grupo hacia sus integrantes. Para ello, se estimó el monto anual promedio de préstamos mensuales por integrante. Los datos obtenidos reflejan un incremento significativo en los créditos individuales en la mayoría de los grupos con respecto al 2018. Además, es necesario tener en consideración que durante el 2020 el efecto de la pandemia provocó cambios significativos, ya que en cuatro de los siete grupos los integrantes aprovecharon para solicitar más crédito debido a los cambios en su economía familiar por el confinamiento. No obstante, en tres de los mismos se redujo el monto promedio de crédito. Cuando se les preguntó a qué se debía, los grupos comentaron que temían no poder liquidar sus adeudos por una posible pérdida de empleo y demás desafíos económicos que hubieran tenido que enfrentar. El periodo analizado es el mismo que en el caso del ahorro. Los resultados son los siguientes:

FIGURA 4. PROMEDIO ANUAL DE CRÉDITO



d. Acceso a bienes y servicios

Otro de los aspectos relevantes para analizar el impacto del proyecto son las necesidades atendidas a través de los créditos solicitados al interior de los grupos. Esto es una muestra de las prioridades que identifican las personas y que determinan hacia dónde orientan sus recursos. La clasificación del destino de los créditos es la siguiente:

- Ampliación o mejoramiento de la vivienda: pedir créditos para atender necesidades de infraestructura y acondicionamiento del hogar, tales como acceso a agua entubada, filtraciones por la lluvia, ampliación de espacios, entre otras.
- Acceso a servicios de salud y medicamentos: cubrir costos por servicio médico, mismos que van desde cirugías, programadas y de urgencia, hasta la atención de malestares menores que requieren tratamiento y atención médica.
- Alimentación: cubrir gastos de alimentación de manera que se pueda comprar lo necesario hasta que llegue nuevamente el recurso económico para cubrir la deuda adquirida.
- Gastos escolares: cubrir cuotas de inscripción y comprar material de apoyo.

- Fortalecimiento de actividades productivas: desarrollar o fortalecer alternativas para incrementar los ingresos económicos familiares.
- Pago de adeudos en instituciones financieras: realizar el pago anticipado de adeudos en instituciones financieras formales que cobran mayores tasas de interés.
- Reparación o compra de automóvil: reparar o comprar vehículos para llevar a cabo actividades productivas y recreativas.
- Actividades recreativas y de ocio: comprar bienes y servicios para fines recreativos familiares y sociales.

Finalmente, en el último apartado se comparten algunos aspectos observados durante la implementación del proyecto y que han dado pauta a nuevas fases del mismo, así como aquellos aprendizajes derivados de la experiencia de cada uno de los grupos y las áreas que se requiere atender para fortalecer esta estrategia.

LECCIONES APRENDIDAS

La evaluación del proceso de transferencia probó que los grupos de ahorro y préstamo, nutridos con el capital social de las personas, pueden autofinanciar los hogares pobres para que por sí mismos atiendan algunas de sus necesidades. Este mecanismo autogestivo podría, por lo tanto, engarzarse con otros esquemas de financiamiento (p. ej. microcréditos, subsidios o remesas) para acelerar la iniciativa de las personas, de forma que mejoren sus condiciones de vida. Uno de los mayores desafíos identificados está en la promoción de proyectos de inversión de mediano plazo que partan de un diagnóstico de problemas a escala personal, familiar y comunitaria. Con regularidad se detectó en los grupos un uso reactivo de los préstamos para atender necesidades emergentes (como enfermedades o gastos alimenticios) por sobre un uso proyectivo para generar beneficios a mediano plazo.

La frecuencia de estas decisiones entre hogares pobres ha sido considerada como un “sesgo del presente”, que implica la preferencia de alternativas de corto plazo sobre soluciones cuyos efectos ocurrirían en el futuro. Esto sucede por una aversión al riesgo, dado que se anticipa que podrían venir

limitaciones que impidan el logro de los planes (Porcelli y Delgado, 2009). Dicho de otra forma, vivir en una situación de pobreza puede disminuir las aspiraciones que se tienen y, por lo tanto, el interés por actividades de planeación (Haushofer y Fehr, 2014; Genicot y Ray, 2017). Por ello, a futuro, un aspecto medular para el proyecto es desarrollar la percepción de autoeficacia de los integrantes de los grupos, es decir, la creencia en la propia capacidad para planear y conseguir metas (Bandura, 1977). Esto implica, por un lado, poner a prueba diferentes mecanismos para lograrlo y, por el otro, seleccionar indicadores válidos para establecer cambios en esta percepción.

Con respecto al primer punto, actualmente se está realizando una prueba de concepto para validar el potencial práctico de una serie de mecanismos. En el campo del desarrollo, este tipo de investigaciones generan datos y reflexiones que retroalimentan la viabilidad de una teoría sobre cómo ocurrirá el cambio. Esto permite aislar áreas de mejora a un bajo costo y acelerar la implementación de ideas innovadoras (Gulbranson y Audretsch, 2008; Ravichander, 2019). En concreto, los mecanismos son los siguientes:

- Promover que los socios de los grupos realicen un autodiagnóstico de necesidades y que, con base en ellas, definan metas, desarrollen proyectos, inviertan recursos y reflexionen en torno a los logros obtenidos en distintas áreas (ingresos, educación, salud, habilidades, conexiones, vivienda).
- Promover el intercambio de experiencias entre los grupos de forma que entre pares se compartan desafíos, redes y soluciones.
- Fomentar que los préstamos obtenidos funjan como contrapartidas para gestionar fondos adicionales provenientes de instituciones financieras, programas de gobierno o redes de financiamiento colectivo (*crowdfunding*).
- Emplear estrategias de la economía del comportamiento para fomentar el ahorro y la planeación de metas.

Con relación a las variables a evaluar, consideramos que el endeudamiento para cumplir una meta asociada a una necesidad previamente identificada podría ser un buen indicador para medir la percepción de autoeficacia. El

razonamiento, basado en investigaciones del campo de la toma de decisión, es el siguiente:

- La motivación por conseguir algo se asocia directamente a 1) que se considera que hay probabilidad de tener éxito y 2) que algo es importante (Vroom, 1964). En oposición, si las expectativas o el interés por conseguirlo no superan cierto umbral, no se definirá una meta (Vancouver *et al.*, 2008).
- Una vez que se cruza ese umbral, en los procesos de toma de decisión asociados a las metas, éstas primero se desean y seleccionan, después se planean y finalmente se revisa su cumplimiento (Austin y Vancouver, 1996).
- En la fase de planeación de metas, el grado en el que un individuo está dispuesto a invertir sus recursos limitados representa una medida directa de su motivación por cumplirlas (Seo e Ilies, 2009). Por lo tanto, la solicitud de un préstamo para atender una necesidad previamente elegida podría ser un buen indicador *proxy* de la percepción de autoeficacia de los integrantes de grupos de ahorro y préstamo.

Un segundo desafío identificado es la regularidad con la que algunos grupos cometen errores aritméticos en el desarrollo de las sesiones, lo cual requiere del auxilio de facilitadores para identificarlos y corregir las cuentas. Además, a la mayor parte de dichos grupos se les ha dificultado estimar las ganancias obtenidas con el cobro de intereses. Como respuesta a esta situación, actualmente se está desarrollando una aplicación móvil que, se espera, elimine este tipo de fallas y agilice las sesiones. En el proceso, se busca que los integrantes de los grupos realicen pruebas de uso y evaluaciones sumativas para retroalimentar el desarrollo de la aplicación. Sin embargo, independientemente de las sesiones, el uso de ésta permitirá generar una base de datos que reunirá información de todos los grupos que utilicen la herramienta, reduciendo el tiempo de análisis y facilitando la evaluación de los efectos que nuevos tratamientos podrían tener en su desempeño.

REFERENCIAS

- AUSTIN, J. y Vancouver J. (1996). Goal constructs in psychology: structure, process, and content. *Psychological Bulletin*, 120(3), pp. 338-375.
- BANDURA, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), pp. 191-215.
- BANERJEE, A. y Duflo, E. (2011). *Poor economics: a radical rethinking of the way to fight global poverty*. Estados Unidos: Public Affairs.
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. (2021). *Panorama social de América Latina, 2020*. Santiago de Chile: Cepal.
- CONEVAL. (2020). Medición de la pobreza 2010 y 2020. Recuperado de: <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx>
- CONEVAL. (5 de agosto del 2021). Coneval presenta las estimaciones de pobreza multidimensional 2018 y 2020. Recuperado de: https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/2021/COMUNICADO_009_MEDICION_POBREZA_2020.pdf
- CORNWALL, A. (2016). Women's empowerment: what works? *Journal of International Development*, 28(3), pp. 342-359.
- DUFLO, E. (2012). Human values and the design of the fight against poverty. *Poverty Action Lab*. Recuperado de: https://www.povertyactionlab.org/sites/default/files/documents/TannerLectures_EstherDuflo_draft.pdf
- ESOPO, K., Mellow, D., Thomas, C., Uckat, H., Abraham, J., Jain, P., Jang, C., Otis, N., Riis, M., Starcev, A., Orkin, K. y Haushofer, J. (2018). Measuring self-efficacy, executive function, and temporal discounting in Kenya. *Behaviour Research and Therapy*, 101, pp. 30-45.
- FAO. (2020). Rural youth and the covid-19 pandemic. Recuperado de: <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1376216/>
- FLECHTNER, S. (2017). Should aspirations be a matter of policy concern? *Journal of Human Development and Capabilities*, 18(4), pp. 517-530.
- GENICOT, G. y Ray, D. (2017). Aspirations and inequality. *Econometrica*, 85(2), pp. 489-519.
- GIGER, M. (2000). *Evitando la trampa: más allá del empleo de incentivos directos. Una sistematización de experiencias con el empleo de incentivos en proyectos de gestión sostenible de la tierra*. Berna: Centro para el Desarrollo y el Medio Ambiente/Instituto de Geografía/Universidad de Berna.

- GULBRANSON, A. y Audretsch, D. (2008). Proof of concept centers: accelerating the commercialization of university innovation. *The Journal of Technology Transfer*, 33(3), pp. 249-258.
- HAMMLER, K., Pane, J. y Vaccotti, B. (30 de agosto-1 de septiembre del 2018). *Potenciar el empoderamiento en las intervenciones de pobreza multidimensional a través de la autoevaluación y la tutoría*. Documento presentado en la Conferencia de la Asociación de Desarrollo Humano y Capacidades en Buenos Aires, Argentina.
- HAUSHOFER, J. y Fehr, E. (2014). On the psychology of poverty. *Science*, 344(6186), pp. 862-867.
- IFAD. (2017). Investing in rural people in México. Recuperado de: https://www.ifad.org/documents/38714170/39972349/mexico_e.pdf/f458074c3-ed5a-4675-979c-a2535ec5477b
- KESSLER, A. (2006). *Moving people: towards collective action in soil and water conservation: experiences from the bolivian mountain valleys*. Holanda: Wageningen University.
- LYBBERT, T. y Wydick, B. (2016). *Hope as aspirations, agency, and pathways: poverty dynamics and microfinance in Oaxaca, México*. Estados Unidos: National Bureau of Economic Research.
- MARTÍN, X. (2014). *¿Qué son los grupos de ahorro? Evolución de los mecanismos grupales de ahorro y crédito*. Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- MOLOTLA, F. (2018). Hogares rurales, ocupación y pobreza por ingreso en México. *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales*, 3(5).
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. (2014). *Índice de Desarrollo Humano Municipal en México: nueva metodología*. México: PNUD.
- PORCELLI, A. y Delgado, M. (2009). Acute stress modulates risk taking in financial decision making. *Psychological Science*, 20(3), pp. 278-283.
- RAVICHANDER, A. (18 de septiembre del 2019). Proof of concept: a marketing tool for research projects. [Mensaje en un blog]. *Politics and Ideas*. Recuperado de: <http://politicsandideas.org/proof-of-concept-a-marketing-tool-for-research-projects/>
- RODRÍGUEZ, J.C. (2006). *Metodologías microfinancieras grupales. Una aplicación de Latinoamérica a Catalunya*. [Tesis doctoral]. Universidad Ramon Llull, España.

- SEO, M., y Ilies, R. (2009). The role of self-efficacy, goal, and affect in dynamic motivational self-regulation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 109(2), pp. 120-133.
- STEINERT, J. (2018). *Building financial resilience in the context of deprivation: experimental evidence from a family financial literacy and parenting programme in South Africa*. [Tesis doctoral]. Universidad de Oxford, Reino Unido.
- TORCAT, M., Rodríguez, J.C. y Raydán, S. (2011). *La otra microfinanza. Una estrategia distinta y complementaria para masificar los servicios financieros a los más pobres*. Venezuela: Fundefir.
- TORRES, G. (2012). *La ruralidad urbanizada en el centro de México: reflexiones sobre la reconfiguración local del espacio rural en un contexto neoliberal*. México: UNAM.
- VANCOUVER, J.B., More, K.M. y Yoder, R.J. (2008). Self-efficacy and resource allocation: support for a nonmonotonic, discontinuous model. *Journal of Applied Psychology*, 93(1), pp. 35-47.
- VILLAGÓMEZ, P. (2019) Rural poverty in Mexico: prevalence and challenges. *Coneval*.
- VIZCARRA, I. (2001). Y La lucha sigue entre sombreros y rebozos. Historia de una tierra de subsistencia “marginal” mazahua. *Estudios Agrarios*, (18). Recuperado de: www.pa.gob.mx/publica/cd_estudios/pdf/18.pdf#page=9
- VROOM, V.H. (1964). *Work and motivation*. Nueva York: John Wiley and Sons.
- WORLD BANK. (2015). *The world development report. Mind, society, and behaviour*. Estados Unidos: World Bank Group.
- YASCHINE, I. (2019). Progres- Oportunidades- Prospera, veinte años de historia. En G. Hernández, T. De la Garza, J. Zamudio e I. Yachine (coordinadores). (2019). *El Progres- Oportunidades- Prospera, a 20 años de su creación*. Ciudad de México: Coneval.

IMPACTOS EN LA SALUD Y BIENESTAR DE LAS PERSONAS



DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO PARA LA DETECCIÓN MOLECULAR DE SARS-COV-2 DURANTE LA PANDEMIA DE COVID-19

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A METHOD FOR THE MOLECULAR DETECTION OF SARS-COV-2 DURING THE COVID-19 PANDEMIC

BERTHA ISABEL CARVAJAL GAMEZ¹

MARGARITA TERESA DE JESÚS GARCÍA GASCA²

ANDREA MARGARITA OLVERA RAMÍREZ³

AÍDA OLGUÍN BARRERA⁴

JORGE CHÁVEZ SERVÍN⁵

CORAL ARIAS ARIAS⁶

FRANCISCO LUJÁN MÉNDEZ⁷

EDGAR BARAJAS CARRILLO⁸

JUAN MOSQUEDA⁹

RESUMEN

En México, el primer caso de covid-19 fue reportado en febrero del 2020; el 11 de marzo del mismo año, la Secretaría de Salud de Querétaro reportó el primer caso en el estado. El número aumentó rápidamente debido a la alta prevalencia de enfermedades no transmisibles en la población mexicana. Al mismo tiempo, la demanda de reactivos ocasionó su escasez

¹ Facultad de Ciencias Naturales, bicarvajal@uaq.mx

² Rectoría, tggasca@uaq.edu.mx

³ Facultad de Ciencias Naturales, andrea.olvera@uaq.mx

⁴ Facultad de Ciencias Naturales, olguin_oba@hotmail.com

⁵ Facultad de Ciencias Naturales, jorge.chavez@uaq.mx

⁶ Secretaría Particular, coralarias@uaq.mx

⁷ Servicio Universitario de Salud, francisco.lujan@uaq.mx

⁸ Secretaría Académica, web@uaq.mx

⁹ Facultad de Ciencias Naturales, joel.mosqueda@uaq.mx

e incrementó el costo para la prueba de RT-PCR, por lo que fue necesario buscar alternativas para la detección molecular del virus y que se atendiera la demanda. El 17 de marzo la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) suspendió clases presenciales y dio inicio a las clases virtuales. A la par, y en respuesta a la contingencia sanitaria, el Laboratorio de Inmunología y Vacunas de la Facultad de Ciencias Naturales (FCN) desarrolló un método de retrotranscriptasa inversa —amplificación isotérmica en tiempo real y colorimétrica (RT-LAMP y QRT-LAMP) para la detección del gen M del coronavirus tipo 2, causante del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2)—.

Las técnicas de RT-LAMP y QRT-LAMP son técnicas de amplificación isotérmica que se realizan utilizando una enzima Bst polimerasa y seis oligonucleótidos. Estas pruebas son igual o más sensibles y específicas que la prueba oficial de RT-PCR y son 60% más económicas que ésta, considerando un costo promedio de \$2,000.00 pesos. Para desarrollar dichas técnicas primero se diseñaron oligonucleótidos específicos al gen M de SARS-CoV-2. Posteriormente se estandarizaron los parámetros de especificidad y sensibilidad para ponerlas a punto y utilizarlas como método de detección. Ambas técnicas mostraron una sensibilidad de 0.23 ng para la detección del RNA de SARS-CoV-2. Además, mostraron tener una alta especificidad, pues no presentaron reacciones cruzadas con otros virus o microorganismos respiratorios.

Después del proceso anterior, las técnicas de RT-LAMP y QRT-LAMP se implementaron como pruebas de tamizaje para la población y las empresas de Querétaro, y se ofrecieron como servicio brindado por la UAQ. Las primeras pruebas se comenzaron a realizar el 17 de junio del 2020. Adicionalmente, se hizo necesario contar con un espacio que ofreciera una infraestructura adecuada para la toma de muestras. Por lo anterior, la Clínica Universitaria de Santa Rosa Jáuregui se convirtió temporalmente en Clínica Covid-19 (Figura 1). Para la atención en dicha clínica, se desarrolló e implementó la logística y ruta crítica correspondiente a cuatro áreas: I. área de ingreso a las instalaciones; II. área de explicación y firma de consentimiento informado; III. área de toma de muestras, donde personal capacitado tomaba las muestras de exudado orofaríngeo; y IV. área de almacenamiento de muestras biológicas y preparación para traslado.

En este proyecto trabajaron 35 personas, voluntarias y voluntarios. Como resultado, se analizaron 14,128 muestras, de las cuales 3,059 fueron positivas, es decir, un promedio de 21.65%. Actualmente, la prueba de QRT-LAMP se ofrece como un servicio a empresas, con un costo de recuperación. Esta prueba ha permitido detectar 7,567 portadores sintomáticos y asintomáticos de SARS-CoV-2 en la población queretana, contribuyendo a la detección oportuna del coronavirus causante del covid-19 y evitando su diseminación.

FIGURA 1. CONVERSIÓN DE LA CLÍNICA UNIVERSITARIA DE SANTA ROSA JÁUREGUI EN CLÍNICA COVID-19



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y CONTEXTO

La enfermedad por coronavirus-2019, mejor conocido como covid-19, es ocasionada por el coronavirus de tipo 2 que causa el síndrome respiratorio agudo, o SARS-CoV-2. Esta enfermedad apareció por primera vez en la ciudad de Wuhan, provincia china de Hubei, en diciembre del 2019 (Zhu *et al.*, 2020). A nivel mundial, hasta el 14 de enero del 2022 se notificaron a la OMS 318,076,642 casos confirmados de covid-19, incluidas 5,518,343 muertes (WHO, 2022). En México, las cifras son preocupantes: para la misma fecha se reportaron 4,349,182 casos confirmados y 301,334 defunciones, mientras que en el estado de Querétaro hubo 107,283 confirmados y 6,139 muertes (Conacyt, 2022).

El SARS-CoV-2 es un virus envuelto de la familia *Coronaviridae*, con un genoma monocatenario de RNA de sentido positivo y una talla de casi 30

Kpb. Los genomas de SARS-CoV-2 y SARS-CoV-2 son similares en más del 79% de sus secuencias, y sus proteínas S comparten el 76.47% de identidad (Zhou *et al.*, 2020). El diagnóstico oportuno y preciso de la infección por SARS-CoV-2 es la piedra angular de los esfuerzos para proporcionar un tratamiento adecuado a los pacientes, limitar la propagación del virus y, en última instancia, eliminarlo.

La detección del virus se realiza extrayendo el RNA viral y amplificándolo el cDNA después de un paso de retrotranscripción. Usualmente, esto se hace mediante qRT-PCR, una técnica altamente sensible y específica (Corman *et al.*, 2020), pero que presenta desventajas importantes que limitan su aplicación generalizada, como su elevado costo, tiempo prolongado para el diagnóstico y requerimiento de equipo altamente tecnificado. En México, al inicio de la pandemia, los diagnósticos de SARS-CoV-2 tardaban de tres a siete días en promedio, lo cual dificultaba la implementación adecuada de medidas de control como el aislamiento, la atención clínica y el seguimiento del paciente. Técnicas de diagnóstico moleculares más rápidas y económicas eran urgentes en nuestro país.

La prueba de amplificación isotérmica basada en horquillas (LAMP), que consiste en la amplificación de cDNA dependiente de una Bst polimerasa con desplazamiento de hebra y seis oligonucleótidos (Notomi *et al.*, 2000), es igual o más sensible y específica que la prueba oficial de RT-PCR y 60% más económica, considerando un costo promedio de \$2,000.00 pesos. Por todo lo anterior, la UAQ implementó un plan estratégico que incluyó el diseño y puesta en práctica de un ensayo RT-LAMP y qRT-LAMP para la detección del SARS-CoV-2, una clínica de covid-19 para la toma y procesamiento de las muestras y un laboratorio con nivel de bioseguridad 2 para su procesamiento y análisis.

GENERALIDADES DEL DIAGNÓSTICO MOLECULAR DEL SARS-CoV-2

La crisis sanitaria ocasionada por el SARS-CoV-2 provocó una amplia respuesta de investigadores a nivel mundial con la intención de desarrollar y aplicar técnicas tanto inmunológicas como de biología molecular para de-

tectar el virus. Hasta la fecha, se ha desarrollado una gran cantidad de métodos de detección, dentro de los cuales el más utilizado es la reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa inversa, conocida comúnmente como RT-PCR. Esta técnica se basa en la amplificación de un fragmento del material genético, también llamado genes, del virus aislado de una muestra clínica. Los genes que se han utilizado con mayor frecuencia son los siguientes: S, E, N, RdRp y ORF1a/b (Corman *et al.*, 2020; Chu *et al.*, 2020 y Sule *et al.*, 2020).

La detección de la amplificación en una muestra positiva se lleva a cabo a través de agentes químicos fluorescentes. Cada vez que se detecta una copia del material genético durante los diferentes ciclos de amplificación de la RT-PCR se libera una señal fluorescente; cada marca de fluorescencia se registra en la computadora representada como un valor calculable denominado Ct. Debido a la gran variedad genética del SARS-CoV-2, es decir, a la capacidad de mutar del virus, se han desarrollado diferentes estrategias de RT-PCR. Primero se detectan dos regiones específicas. Se recomienda la amplificación del gen N para la detección y ORF1b para la confirmación (CDC, 2020), pero cada método de detección comercial presenta sus propios parámetros para determinar si las muestras son positivas o negativas.

La RT-PCR presenta algunas desventajas importantes, como el alto costo de los reactivos y el requerimiento de equipo especializado y personal capacitado. Adicionalmente, a inicios de la pandemia los reactivos se agotaron y encarecieron, por lo que se desarrollaron otras técnicas de detección basadas en amplificación como el RT-LAMP. Las ventajas y desventajas de esta técnica se analizarán en un apartado posterior. Los genes detectados con ésta son: el gen nucleocápside (N), el gen RdRp, el gen E y el gen espiga (S) (Yan *et al.*, 2019; Corman *et al.*, 2020; Chu *et al.*, 2020; Huang *et al.*, 2020 y Taki *et al.*, 2020). Además, dicho método ha sufrido varias modificaciones con la intención de volverlo más accesible, específico y sensible para la detección del SARS-CoV-2, desde el cambio de agentes colorimétricos para su determinación visual hasta el uso de múltiples sondas, proceso conocido como la técnica RT-LAMP múltiple (Schermer *et al.*, 2020; Zhu *et al.*, 2020 y Wang *et al.*, 2021). Se utilizan agentes fluorescentes de diferentes colores para detectar múltiples genes en una sola reacción y, más recientemente, plataformas de pruebas rápidas, las cuales se pretende, incluso, que puedan

ser utilizadas de manera individual en personas en cuarentena (Augustine *et al.*, 2020).

El método más recientemente reportado es el uso de herramientas biotecnológicas como el sistema CRISPR-Cas12, basado en una tira de flujo lateral. Esta técnica promete resultados en 40 minutos y hay estudios en proceso de determinar su sensibilidad y especificidad para que pueda ser utilizada como un método de detección oficial (Broughton *et al.*, 2020). A pesar de todas las tecnologías desarrolladas para la detección de SARS-CoV-2, un factor importante para la confirmación de la secuencia y, sobre todo, la identificación de nuevas variantes del virus, es el costo de los equipos y la necesidad de personal altamente capacitado. Actualmente, la técnica más utilizada es la detección de antígenos, la cual detecta específicamente la presencia de la proteína espiga. En el mercado están disponibles diferentes kits que utilizan dos tipos de muestra: nasofaríngea y de saliva. Este método es considerado como una prueba rápida o *point of care*, y arroja resultados en un total de entre 15 y 30 minutos.

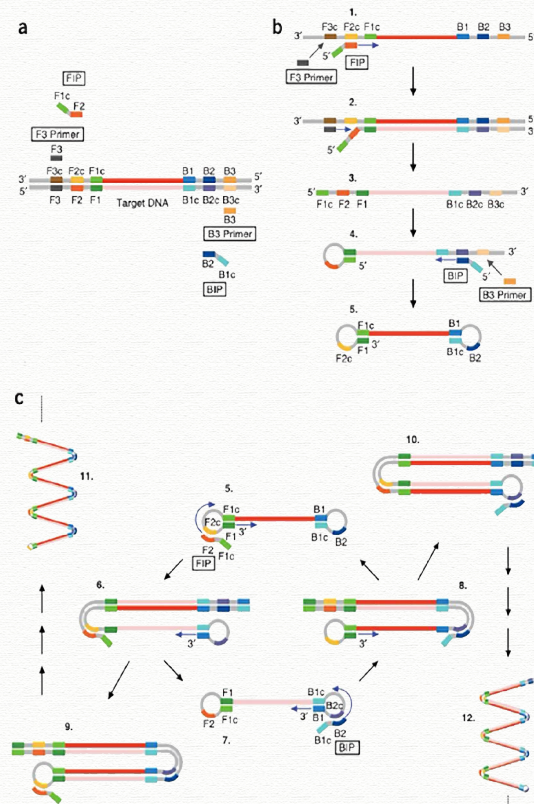
La desventaja de las pruebas moleculares es que su sensibilidad puede variar en un rango de 56% a 95%, dependiendo de la cantidad de antígenos presente en la muestra, por lo que se recomienda realizarla cuando el cuadro clínico esté desarrollado, ya que de esta manera la prueba tendrá mayor sensibilidad (WHO, 2020). Dentro de las técnicas inmunológicas está la técnica de enzimo-inmunoensayo, mejor conocida como ELISA. Ésta detecta anticuerpos IgG y IgM, la proteína nucleocápside (N) o la proteína S en suero; nos sugiere la exposición con el virus y suele realizarse días o semanas después de la exposición (Deeks *et al.*, 2020; Caini *et al.*, 2020; Lisboa *et al.*, 2020; GeurtsvanKessel *et al.*, 2020; CDC, 2020 y Cheng *et al.*, 2020).

QUÉ ES EL LAMP, VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La técnica LAMP, desarrollada en 2000 por Notomi y colaboradores, es un método basado en una amplificación isotérmica, es decir, se desarrolla en un rango de temperatura de 60 a 65 °C, lo que permite llevarlo a cabo en un baño María y prescindir de equipos tecnificados, como el termociclador. Adicionalmente, se requieren de seis a ocho oligonucleótidos, motivo por

el cual esta técnica es más sensible y específica que la de PCR, la cual requiere de dos. Los oligonucleótidos son pequeñas secuencias de ácidos nucleicos que reconocen, de manera específica, diferentes partes de la secuencia de ADN que se quiere evidenciar. La enzima que se utiliza en esta técnica es una Bst polimerasa, llamada también desplazadora de hebra. Ésta permite amplificar grandes fragmentos de ADN de forma exponencial y estable. Por lo anterior, la técnica LAMP se ha convertido en una técnica molecular para la detección específica y sensible de secuencias que se encuentran en el ADN (Notomi *et al.*, 2000) (Figura 2a).

FIGURA 2. REACCIÓN DE LAMP: A) OLIGONUCLEÓTIDOS DE LA REACCIÓN DE LAMP, B) FORMACIÓN TALLO-HORQUILLA Y C) CICLO DE AMPLIFICACIÓN¹⁰



¹⁰ Fuente: Tomita *et al.*, 2008.

La Figura 2 muestra cómo se lleva a cabo la técnica LAMP en un tubo, el cual contiene los componentes necesarios para desarrollar la amplificación. Esta reacción consta de tres pasos: en el primero se da la formación de ADN de tallo-horquilla, que sirve como material de inicio para la reacción (Figura 2b); el segundo paso es el ciclo de amplificación. Aquí comienza la síntesis de ADN por desplazamiento de cadena, la cual produce una estructura tallo-horquilla original y una nueva estructura tallo-horquilla, donde el tallo es del doble de largo. El paso final es la elongación, donde se forman varias repeticiones invertidas del ADN blanco y una estructura en forma de coliflor con múltiples horquillas (Figura 2c) (Nagamine *et al.*, 2002).

Una de las ventajas de la técnica LAMP es que la eficiencia de amplificación es extremadamente alta (10^9 copias de DNA blanco en menos de una hora) debido a su característica isotérmica. Además, este método sintetiza de 10 a 20 μg de ADN específico para una mezcla de reacción de 25 μl en 30 a 60 minutos (Mori *et al.*, 2001), y presenta una alta especificidad, sensibilidad, rapidez y fácil detección del material genético. Por otro lado, cuando se combina con la transcripción inversa, éste también puede amplificar secuencias de ARN en forma de cDNA con alta eficiencia (Nagamine *et al.*, 2002).

LAMP es un método que tiene la ventaja de que se puede modificar y optimizar para realizar reacciones aceleradas, amplificaciones multiplex, así como automatizarse e integrarse con otras tecnologías para la detección de sus productos. Sin embargo, su aplicación en condiciones de campo ha sido limitada debido a las tecnologías asociadas poco asequibles y a que los métodos de extracción del material genético no están optimizados para campo (Njiru, 2012).

LA INVESTIGACIÓN

El objetivo planteado fue desarrollar un método de detección del gen M de SARS-CoV-2 mediante la técnica LAMP e introducirla como una prueba de tamizaje molecular. Para ello, en marzo del 2020, se organizó la introducción de la técnica de RT-LAMP y QRT-LAMP para la detección de SARS-CoV-2, utilizada como una prueba de tamizaje, por la Universidad Autónoma de Querétaro. Ésta consistió en:

- Búsqueda bibliográfica con el objetivo de entender la estructura genética del SARS-CoV-2.
- Selección de genes candidatos. Se analizaron las secuencias y funciones de los genes y las proteínas del SARS-CoV-2.
- Análisis computacional, llamado también análisis bioinformático, de las secuencias de los genes de SARS-CoV-2. Este análisis sirve para determinar qué secuencias son únicas para la detección del virus, así se evitan reacciones cruzadas, es decir, que la técnica detecte otros virus además del que se quiere detectar.
- Selección de las secuencias conservadas, que son exclusivas de SARS-CoV-2, utilizadas para el diseño de oligonucleótidos (secuencias de ácidos nucleicos complementarios que se unen a las secuencias genéticas del SARS-CoV-2 y que son utilizados en las reacciones de amplificación).
- Diseño de oligonucleótidos para la detección específica de SARS-CoV-2. Uno de los mayores retos de la técnica RT-LAMP es el diseño de seis a ocho oligonucleótidos que se unan de manera específica a las secuencias blanco.
- Desarrollo y estandarización de la técnica de RT-LAMP y QRT-LAMP. Se desarrollan las condiciones ideales de temperatura y concentración de reactivos para que una técnica se ponga a punto. Es decir, que pueda ser utilizada con muestras clínicas con diferente carga viral y que los resultados sean reproducibles.
- Implementación de la técnica de RT-LAMP y QRT-LAMP en un laboratorio de bioseguridad nivel 2 (BSL-2) utilizando muestras clínicas. Esta última etapa entra en la fase 3 del plan estratégico universitario.

INTRODUCCIÓN DE LA TÉCNICA LAMP EN LA SOCIEDAD

Una vez que la técnica QRT-LAMP fue estandarizada, obtuvimos una sensibilidad de 0.23 ng para la detección del gen M de SARS-CoV-2. Adicionalmente, la técnica mostró una alta especificidad, debido a que no detecta material genético de virus u otros microorganismos respiratorios. Una vez obtenidos estos resultados, el método QRT-LAMP entró en la etapa tres del

plan de acciones universitarias covid-19 como una prueba de tamizaje, por lo que se aplicaron 3,700 pruebas gratuitas.

Esta etapa inició el 17 de mayo del 2020 y se difundió a través de medios digitales, como el portal y la página de Facebook de la UAQ. Para acceder a la prueba gratuita se debía realizar un registro en línea. Posteriormente se enviaba un correo electrónico con la información del día, hora y lugar de la cita. Las muestras nasofaríngeas se realizaban en la Clínica Santa Rosa Jáuregui de la UAQ; una vez que el paciente se encontraba en el área de toma de muestras, se le informaba del procedimiento y se le pedía firmar un consentimiento informado. El resultado se enviaba en un tiempo máximo de 24 horas vía correo electrónico. En esta etapa se detectaron 539 portadores del virus, a quienes se les dio aviso y seguimiento en casa.

Una vez finalizada la tercera etapa, se realizó la difusión de la cuarta a través de redes sociales y el portal de la UAQ. La técnica LAMP, al ser económicamente más accesible, además de específica y sensible, tuvo un buen recibimiento en la población queretana y las industrias. En el caso de que alguien necesitara la prueba y no pudiera cubrir el costo de recuperación, se analizaba el caso y se exentaba el pago. Dicho costo de recuperación incluía la toma de muestra, el análisis por QRT-LAMP y el seguimiento de servicio médico a quienes resultaban positivos. El desarrollo del método QRT-LAMP ha sido una muestra más de que la investigación puede vincularse directamente con un servicio a la comunidad.

PARTICIPACIÓN DEL LABORATORIO

BSL-2 DEL CAMPUS JURIQUILLA

El laboratorio BSL-2 está localizado en el tercer piso de la Facultad de Ciencias Naturales, Campus Juriquilla, de la Universidad Autónoma de Querétaro, y fue adaptado para trabajar con muestras sospechosas de SARS-CoV-2. Éste contiene diferentes áreas: área de cambio, área de recepción de muestras, área de almacén, área de extracción de ARN y área de RT-LAMP. El área de extracción cuenta con presión negativa y una lámpara UV, y está dividida en dos vestíbulos y un laboratorio, los cuales se describen a continuación: a) el vestíbulo 1 (v1) es donde se reciben las muestras; b) el vestíbulo 2 (v2) es

donde el personal complementa su vestimenta de protección (overol Tyvek, guantes y careta), ya que antes de entrar trae pijama, botas, guantes, cubrebocas y lentes; c) el laboratorio de extracción cuenta con una campana de flujo laminar de tipo 2, una centrífuga refrigerada, un refrigerador y una esclusa que lo comunica con el área de RT-LAMP. El área de QRT-LAMP cuenta con un espectrofotómetro, un termociclador de tiempo real y una cabina de PCR, así como con una centrífuga, un refrigerador y un congelador.

RECEPCIÓN DE MUESTRAS EN BSL-2

Las muestras de exudados faríngeos de personas sospechosas de SARS-CoV-2 obtenidas en la Clínica Santa Rosa Jaúregui de la UAQ o en otras empresas fueron almacenadas en tubos con el medio de transporte viral Hanks a temperaturas de aproximadamente 4 °C. Posteriormente fueron transportadas de acuerdo a lo estipulado en la *Guía sobre la reglamentación relativa al transporte de sustancias infecciosas 2019–2020* (Organización Mundial de la Salud, 2019). Al llegar al laboratorio BLS-2, el contenedor de transporte se recibió en el área de recepción. Las muestras se etiquetaron con un folio, fecha y hora cada día, por lo que, al llegar, el personal solamente revisaba si los contenedores no tenían fugas; estos se desinfectaban y posteriormente se abrían para obtener las muestras y almacenarlas a -20 °C. En caso de que existiera algún derrame en uno de los contenedores, éste se desinfectaba para controlar cualquier contaminación.

PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA

Una vez recibidas las muestras, éstas se procesan siguiendo los siguientes pasos: a) inactivación, b) extracción de RNA en una campana de flujo laminar BSL-2 (Park *et al.*, 2020), c) cuantificación de RNA, d) RT-LAMP (Notomi *et al.*, 2000), y e) lectura y análisis de resultados. Por su parte, los desechos generados y la vestimenta de protección son debidamente dispuestos en los recipientes pertinentes (bolsas rojas), y las muestras de exudado son inactivadas con Viroflex de acuerdo con lo descrito en la norma oficial (NOM-

087-ECOL-SSA1-2002). Posteriormente, las muestras son esterilizadas y etiquetadas como “residuo peligroso biológico-infeccioso” y almacenadas para su correcto transporte e incineración por una empresa especializada (Trirsa). (Figura 3).

FIGURA 3. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS CLÍNICAS EN BSL-2, CAMPUS JURQUILLA, UAQ



IMPACTO

Durante la fase de transmisión comunitaria del virus SARS-CoV-2 en México, la UAQ implementó protocolos para el desarrollo de técnicas moleculares de tamizaje y detección. Las técnicas desarrolladas y de diseño propio tuvieron sus objetivos y momentos específicos. Particularmente entre marzo y diciembre del 2020, la UAQ llevó a cabo acciones enfocadas en la detección del contagio y de anticuerpos, cuando a nivel nacional se había implementado el modelo Centinela y se realizaban muy pocas pruebas en comparación con otros países. Por lo anterior, una de las primeras acciones fue contactar con autoridades de la Secretaría de Salud del Estado de Querétaro (Seseq) a fin de sumar esfuerzos para detectar el mayor número posible de personas asintomáticas y, con ello, achatar la curva de contagio.

Dadas las circunstancias mundiales de emergencia sanitaria, la UAQ optó por implementar dos estrategias. La primera fue montar pruebas oficiales para la detección del virus en la Facultad de Química, para lo cual fue necesario adaptar la Unidad de Diagnóstico Molecular (UDM), a cargo de la doctora Silvia Amaya Llano, el doctor Gerardo Manuel Nava Morales y el M. en C. David Gustavo García Gutiérrez, e implementar dos protocolos

reconocidos por el Indre para mayo del 2020. A la fecha (febrero del 2022) la UDM continúa ofreciendo pruebas de PCR, pruebas rápidas de antígenos y pruebas de detección de anticuerpos.

La segunda estrategia consistió en desarrollar métodos de diseño para la detección del virus ante la escasez de pruebas disponibles. En la primera etapa de este proyecto se desarrolló una prueba de detección de SARS-CoV-2 a través de la amplificación de un fragmento del gen que codifica para la proteína N viral mediante RT-PCR en punto final. El desarrollo consistió en la generación de oligos específicos para la detección de SARS-CoV-2 mediante un análisis bioinformático que utilizó la base de datos GenBank. Esta prueba se aplicó a 4,197 personas del 1 de abril al 13 de junio del 2020, 301 (7%) de las cuales resultaron ser portadoras del virus. Es importante mencionar que desde el arranque de las pruebas hasta el 9 de mayo del 2020, éstas fueron aplicadas de forma gratuita gracias a las aportaciones de la UAQ y de la Seseq, así como a donativos de empresas. Las personas únicamente debían realizar un registro a través de una plataforma en línea donde se requería proporcionar datos básicos y llenar un cuestionario para generar cita con día y hora para asistir a la Clínica UAQ. Posteriormente, se solicitó una cuota mínima de recuperación para cubrir los costos del material.

A la par, se desarrolló otra técnica molecular más sensible y específica que sustituiría a la primera a partir del 17 junio del 2020: la prueba de amplificación isotérmica QRT-LAMP, basada en el gen M viral y diseñada por la doctora Bertha Isabel Carvajal Gamez, el doctor Juan Joel Mosqueda Gualito y la doctora Teresa de Jesús García Gasca. En la estandarización también contribuyeron la doctora Andrea Margarita Olvera Ramírez y la médica veterinaria zootecnista Aída Olguín Barrera. Asimismo, se incluyó la prueba de detección de anticuerpos, igualmente de diseño propio. Hasta diciembre del 2020 se realizó la prueba LAMP a 7,567 personas y la detección de anticuerpos a 9,344. Además, se recibió solicitud de 17 empresas que requerían este servicio para la detección oportuna del virus en espacios laborales. A partir de esta etapa se implementó también la modalidad de visita a domicilio o a centros de trabajo para la toma de muestras, que posteriormente se analizaban en el laboratorio BSL-2 de la Facultad de Ciencias Naturales.

Desde la primera etapa se hizo necesario contar con un espacio que ofreciera una infraestructura adecuada para la toma de muestras. Por lo anterior, se convirtió temporalmente la Clínica Universitaria de Santa Rosa Jáuregui en Clínica Covid-19 para citar a las personas después de explicarles detenidamente el proyecto y las dudas que pudieran surgir. Posteriormente, se realizaba la toma de muestras orofaríngeas, se almacenaban y se enviaban al laboratorio BSL-2 en la Facultad de Ciencias Naturales para su análisis.

Para la atención en la Clínica Covid-19 se desarrolló e implementó la logística y ruta crítica correspondiente a cuatro áreas: I. ingreso a las instalaciones, donde se aplicaba el filtro de triage y se verificaba la cita; II. área de explicación y firma de consentimiento informado, donde una persona capacitada informaba en qué consistía el proyecto, cómo se obtenía la muestra, que la participación era voluntaria, qué posibles resultados podía arrojar la prueba y qué significaba cada uno de ellos, para la posterior firma de consentimiento; III. área de toma de muestras, donde personal capacitado tomaba una muestra de exudado orofaríngeo o de sangre; y IV. área de almacenamiento de muestras biológicas y preparación para traslado. En paralelo se llevó a cabo, dentro del plan estratégico, la promoción del proyecto en diversos medios de comunicación.

Todo el personal participante fue previamente capacitado y contó con equipo de protección personal adecuado, así como con la aplicación de pruebas de detección de SARS-CoV-2 al menos una vez a la semana. Por lo que se refiere al desempeño de sus funciones, éste fue bajo un modelo de rotación periódica, siempre observando los protocolos de activación, desactivación y manejo de residuos biológicos y material biológico infectocontagioso. Asimismo, se llevó a cabo la instalación de señalética en pisos y paredes para seguir la ruta de acceso, transición y salida de las instalaciones de la Clínica Covid-19. A partir de enero del 2021, ésta se trasladó al Campus Aeropuerto, donde presta servicios para la detección del virus mediante pruebas rápidas de antígenos y, dadas las necesidades actuales de la pandemia, de rehabilitación a pacientes que han padecido la enfermedad.

Además de las pruebas de detección mencionadas, se desarrolló y aplicó una prueba ELISA indirecta para la detección de anticuerpos específica para SARS-CoV-2, mediante la cual se analizaron un total de 11,366 muestras.

De éstas, 5,207 (46%) resultaron positivas, ya que presentaron niveles detectables de anticuerpos contra este virus. Con la detección de los primeros portadores, quedó rápidamente manifiesta la necesidad de habilitar un canal de comunicación con los usuarios del servicio. Dicha medida permitiría la entrega sistematizada de los resultados de la prueba y brindar al usuario portador indicaciones pertinentes para su confinamiento hasta la resolución de la infección, que es la principal acción para cortar las cadenas de contagio hasta nuestros días.

El 10 de abril del 2020 entró en operaciones un equipo de seis médicos generales, coordinados por un salubrista. Su primera tarea consistió en revisar la literatura científica, a fin de establecer las pautas para atender a los usuarios con un resultado positivo. Dicho ejercicio condujo a una serie de lineamientos que, basados en la mejor evidencia disponible, confirmaban la necesidad de enfatizar que aquellos individuos con enfermedades preexistentes tenían un mayor riesgo de enfermar gravemente, pues al igual que en otras poblaciones humanas, los mexicanos fallecidos a causa de neumonía por covid-19 se caracterizan por la preexistencia de una o múltiples comorbilidades, principalmente hipertensión (45.53%), diabetes (39.39%) y obesidad (30.4%) (Suárez *et al.*, 2020). Por lo anterior, se convino iniciar el trato con los pacientes mediante una exhortación a apegarse al tratamiento médico, o bien a tomar medidas para minimizar el riesgo de exposición de personas con tales afecciones que habitaran en la misma vivienda que el portador detectado.

Para tal efecto, se implementaron diez medidas higiénicas domiciliarias que, además del distanciamiento social, uso de cubrebocas y soluciones desinfectantes, incluyeron un aspecto hoy considerado fundamental, pero poco atendido entre las guías de asistencia domiciliaria entonces vigentes: la ventilación de la atmósfera del paciente con infección activa. Si bien a inicios del 2020 algunas fuentes ya postulaban la conveniencia de dicha medida, lo hacían sobre una base empírica y no exenta de cuestionamientos (Seminara *et al.*, 2020). Posteriormente, diversos estudios sobre el patrón espacial y temporal de los casos suscitados en espacios interiores comenzaron a aportar evidencia contundente de que la transmisión de fluidos liberados al toser, estornudar e incluso al hablar fomenta la transmisión aérea del SARS-CoV-2 y, contrario a lo que se pensaba, constituye una vía

de contagio más eficiente que las superficies contaminadas (Chirico *et al.*, 2020). Dicho conocimiento fue prontamente asimilado y trasladado a las guías de cuidado domiciliario por parte de organizaciones y agencias en todo el mundo, incluidas las del Servicio Universitario de Salud UAQ.

Tras una operación de poco más de cuatro meses, el equipo encargado de notificar y dar seguimiento a los pacientes realizó un total de 1,885 llamadas telefónicas (63% de las cuales fueron de seguimiento y asesoría clínica y su principal objetivo fue orientar en la toma de decisiones de cara a la institucionalización de pacientes con datos de alarma). Lo anterior permitió poner en cuarentena a poco más de 698 portadores del virus (9,700 días de confinamiento), lo que supuso un ejercicio de salud pública sin precedentes en la UAQ y en Querétaro. Por su parte, en mayo del 2020 se llevó a cabo también un programa de seguimiento domiciliario de personas positivas asintomáticas o con síntomas leves o moderados para valorar la progresión de la enfermedad y ofrecer apoyo médico integral. En las visitas se verificaban signos vitales y de anosmia, y se daba seguimiento en caso de ser necesario.

Es importante mencionar que todo el trabajo desarrollado fue posible gracias a la colaboración de docentes, estudiantes y personal administrativo de diferentes áreas de la UAQ, desde las de investigación hasta las de comunicación, que con su compromiso y solidaridad trabajaron arduamente con el único incentivo de hacer algo positivo por la sociedad en momentos difíciles (Acciones de la UAQ contra el covid-19, 2020). El objetivo se cumplió y, aunque es muy difícil cuantificarlo dadas las condiciones de emergencia, la UAQ prestó un servicio único para la sociedad que hoy continúa a través del desarrollo de una vacuna, de la rehabilitación de pacientes en la Clínica Covid-19 UAQ, del servicio de la UDM y de servicios intermitentes a través del programa SUSalud cuando incrementa el número de contagios con las diferentes oleadas y variantes. Así continuaremos sirviendo.

LECCIONES APRENDIDAS

Con la llegada de la pandemia a México, la Universidad Autónoma de Querétaro reconoció la importancia de las pruebas moleculares para detectar individuos portadores del virus y alertar a sus contactos sobre el riesgo de

contagio, ya que, ante un resultado positivo de una prueba de detección, los portadores del virus deben aislarse en casa y llevar a cabo un seguimiento médico. En este sentido, la universidad desarrolló tres técnicas para la detección del coronavirus SARS-CoV-2 con la intención de detectar personas asintomáticas y así disminuir el número de contagios en Querétaro. La primera consiste en la reacción en cadena de la polimerasa con transcripción reversa (RT-PCR), la cual detecta la proteína N del SARS-CoV-2, y las otras dos en la amplificación isotérmica mediada por bucle de la transcripción reversa (RT-LAMP). Ambas detectan la proteína M del SARS-CoV-2, pero son dos tipos diferentes de ensayos: colorimétrico y fluorimétrico. El ensayo de QRT-LAMP fluorimétrico demostró ser más rápido, reproducible y de mayor sensibilidad.

La detección del SARS-CoV-2 se llevó a cabo durante 289 días, de los cuales en 44 se utilizó la técnica de RT-PCR y en 245 la QRT-LAMP. En total se procesaron 18,325 muestras, de las cuales 3,360 fueron positivas. Además, 14,128 muestras fueron evaluadas mediante QRT-LAMP, arrojando 3,059 pruebas positivas. En el Cuadro 1 se describe el total de muestras corridas de cada técnica, así como el número de positivas y negativas, y la prevalencia. Respecto a los costos, en una primera etapa todas las pruebas para la detección de SARS-CoV-2 se ofrecieron de manera gratuita, y posteriormente se requirió una cuota mínima de recuperación para cubrir costos de materiales. Gracias a ello, la UAQ pudo apoyar a personas de distintas edades y sectores de la sociedad queretana, sin afectar ni su economía ni la de la universidad.

CUADRO 1. NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS CORRIDAS DE PERSONAS SOSPECHOSAS DE SARS-CoV-2 POR DIFERENTES TÉCNICAS MOLECULARES EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

TÉCNICA	MUESTRAS			PREVALENCIA (%)
	TOTAL	POSITIVAS	NEGATIVAS	
RT-PCR	4,197	301	3,896	7.2
RT-LAMP COLORIMÉTRICA	1,997	230	1,767	11.5
QRT-LAMP FLUORIMÉTRICA	12,131	2,829	9,291	23.3
TOTAL	18,325	3,360	11,058	18.3

La pandemia causada por covid-19 ha sido la más devastadora de los últimos tiempos, causando la muerte de más de cinco millones de personas a nivel mundial en tan solo dos años. En muchos países del mundo, incluyendo México, ha causado pérdidas económicas valuadas en billones de dólares. Querétaro, al igual que los demás estados, implementó estrategias de detección del virus, aunadas a las de distanciamiento social y aislamiento. La Universidad Autónoma de Querétaro vio afectada su labor al suspender sus actividades presenciales académicas y administrativas. Sin embargo, el compromiso de ésta con la sociedad, el *expertise* de sus investigadores y el liderazgo institucional hicieron posible desarrollar e implementar medidas que coadyuvaran a mitigar la pandemia.

Entre dichas medidas se encuentra la técnica QRT-LAMP, una prueba diagnóstica molecular novedosa, rápida, sensible y económica. Ésta permitió una detección rápida de personas asintomáticas o con signología leve. Asimismo, el desarrollo y la estandarización de la misma, aunados a la implementación de un centro de recolección de muestras y un laboratorio de procesamiento y análisis con el nivel de bioseguridad necesario, permitieron a la UAQ analizar un total de 14,128 muestras, de las cuales 3,059 resultaron positivas. El impacto social, económico y humano de este esfuerzo conjunto de autoridades universitarias, investigadores, personal administrativo, alumnos y voluntarios no ha sido cuantificado. Sin embargo, la universidad ha demostrado que está lista para enfrentar retos como la pandemia de covid-19 y salir triunfante. Con el apoyo de las autoridades municipales estatales y nacionales, la UAQ es capaz de contribuir al bienestar de la sociedad, salvaguardando siempre el educar en la verdad y en el honor.

REFERENCIAS

- AUGUSTINE, R., Hasan, A., Das, S., Ahmed, R., Mori, Y., Notomi, T., Kevadiya, B.D. y Thakor, A.S. (2020). Loop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP): a rapid, sensitive, specific, and cost-effective point-of-care test for coronaviruses in the context of covid-19 pandemic. *Biology*, 9(8). <http://doi: 10.3390/biology9080182>

- BROUGHTON, J.P., Deng, X., Yu, G., Fasching, C.L., Singh, J., Streithorst, J., Granados, A., Sotomayor, A., Zorn, K., Gopez, A., Hsu, E., Gu, W., Miller, S., Pan, C., Guevara, H., Wadford, D.A., Chen, J.S. y Chiu, C.Y. (2020). Rapid detection of 2019 novel coronavirus SARS-CoV-2 using a CRISPR-based DETECTR Lateral Flow Assay. *medRxiv*, 27. [http://doi: 10.1101/2020.03.06.20032334](http://doi:10.1101/2020.03.06.20032334)
- CAINI, S., Bellerba, F., Corso, F., Díaz, A., Natoli, G., Paget, J., Facciotti, F., De Angelis, S.P., Raimondi, S., Palli, D., Mazzarella, L., Pelicci, P.G., Vineis, P. y Gandini, S. (2020). Meta-analysis of diagnostic performance of serological tests for SARS-CoV-2 antibodies up to 25 April 2020 and public health implications. *Eurosurveillance*, 25(23). [http://doi: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.23.2000980](http://doi:10.2807/1560-7917.ES.2020.25.23.2000980)
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Interim Guidelines for covid-19 antibody testing in clinical and public health settings. Recuperado de: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/testing/antibody-tests-guidelines.html#:~:text=Antibody%20testing%20should%20not%20be,vaccination%20in%20an%20unvaccinated%20person>.
- CHENG, M.P., Yansouni, C.P., Basta, N.E., Desjardins, M., Kanjilal, S., Paquette, K., Caya, C., Semret, M., Quach, C., Libman, M., Mazzola, L., Sacks, J.A., Dittrich, S. y Papenburg, J. (2020). Serodiagnostics for severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2: a narrative review. *Annals of Internal Medicine*, 173(6), pp. 450-460. [http://doi: 10.7326/M20-2854](http://doi:10.7326/M20-2854)
- CHIRICO, F., Sacco, A., Bragazzi, N.L., Magnavita, N. (2020). Can air-conditioning systems contribute to the spread of SARS/MERS/covid-19 infection? Insights from a rapid review of the literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17). [http://doi: 10.3390/ijerph17176052](http://doi:10.3390/ijerph17176052)
- CHU, D., Pan, Y., Cheng, S., Hui, K., Krishnan, P., Liu, Y., Ng, D., Wan, C., Yang, P., Wang, Q., Peiris, M., Poon, L. (2020). Molecular diagnosis of a novel coronavirus (2019-nCoV) causing an outbreak of pneumonia. *Clinical Chemistry*, 66(4), pp. 549-555. [http://doi: 10.1093/clinchem/hvaa029](http://doi:10.1093/clinchem/hvaa029)

- CORMAN, V.M., Landt, O., Kaiser, M., Molenkamp, R., Meijer, A., Chu, D.K., Bleicker, T., Brünink, S., Schneider, J., Schmidt, M.L., Mulders, D.G., Haagmans, B.L., Van der Veer, B., Van den Brink, S., Wijsman, L., Goderski, G., Romette, J.L., Ellis, J., Zambon, M., Peiris, M., Goossens, H., Reusken, C., Koopmans, M.P., Drosten, C. (2020). Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. *Eurosurveillance*, 25(3). [http://doi: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.3.2000045](http://doi:10.2807/1560-7917.ES.2020.25.3.2000045)
- DEEKS, J.J., Dinnes, J., Takwoingi, Y., Davenport, C., Spijker, R., Taylor, S., Adriano, A., Beese, S., Dretzke, J., Ferrante di Ruffano, L., Harris, I.M., Price, M.J., Ditttrich, S., Emperador, D., Hooft, L., Leeftang, M.M. y Van den Bruel, A. (2020). Covid-19 diagnostic test accuracy group. Antibody tests for identification of current and past infection with SARS-CoV-2. *Cochrane Database Systematic Reviews*, (6). [http://doi: 10.1002/14651858.CD013652](http://doi:10.1002/14651858.CD013652)
- GEURTS VAN KESSEL, C.H., Okba, N.M., Igloi, Z., Bogers, S., Embregts, C.W., Laksono, B.M., Leijten, L., Rokx, C., Rijnders, B., Rahamat, J., Van den Akker, J.P., Van Kampen, J.J., Van der Eijk, A.A., Van Binnendijk, R.S., Haagmans, B. y Koopmans, M. (2020). An evaluation of covid-19 serological assays informs future diagnostics and exposure assessment. *Nature Communications*, 11. [http://doi: 10.1038/s41467-020-17317-y](http://doi:10.1038/s41467-020-17317-y)
- HUANG, W.E., Lim, B., Hsu, C.C., Xiong, D., Wu, W., Yu, Y., Jia, H., Wang, Y., Zeng, Y., Ji, M., Chang, H., Zhang, X., Wang, H. y Cui, Z. (2020). RT-LAMP for rapid diagnosis of coronavirus SARS-CoV-2. *Microbial Biotechnology*, 13(4), pp. 950-961. [http://doi: 10.1111/1751-7915.13586](http://doi:10.1111/1751-7915.13586)
- LISBOA, M., Tavaziva, G., Abidi, S.K., Campbell, J.R., Haraoui, L.P., Johnston, J.C., Lan, Z., Law, S., MacLean, E., Trajman, A., Menzies, D., Benedetti, A. y Ahmad, F. (2020). Diagnostic accuracy of serological tests for covid-19: systematic review and meta-analysis. *British Medical Journal*. [http://doi: 10.1136/bmj.m2516](http://doi:10.1136/bmj.m2516)
- MORI, Y., Nagamine, K., Tomita, N. y Notomi, T. (2001). Detection of loop-mediated isothermal amplification reaction by turbidity derived from magnesium pyrophosphate formation. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 289(1), pp. 150-154. <http://doi.org/10.1006/bbrc.2001.5921>

- NAGAMINE, K., Hase, T. y Notomi, T. (2002). Accelerated reaction by loop-mediated isothermal amplification using loop primers. *Molecular and Cellular Probes*, 16(3), pp. 223-229. <http://doi.org/10.1006/mcpr.2002.0415>
- NJIRU, Z.K. (2012). Loop-mediated isothermal amplification technology: towards point of care diagnostics. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 6(6). <http://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001572>
- NOTOMI, T., Okayama, H., Masubuchi, H., Yonekawa, T., Watanabe, K., Amino, N. y Hase, T. (2000). Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Research*, 28(12). <http://doi.org/10.1093/nar/28.12.e63>
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2019). Guía sobre la reglamentación relativa al transporte de sustancias infecciosas 2019-2020: aplicable a partir del 1 de enero de 2019. *Who*. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/327978>
- PARK, M., Won, J., Choi, B. Y. y Lee, C.J. (2020). Optimization of primer sets and detection protocols for SARS-CoV-2 of coronavirus disease 2019 (covid-19) using PCR and real-time PCR. *Experimental & Molecular Medicine*, 52(6), pp. 963-977. <http://doi.org/10.1038/s12276-020-0452-7>
- SEMARNAT. (17 de febrero del 2003). Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002. Protección ambiental-salud ambiental-residuos peligrosos biológico-infecciosos-clasificación y especificaciones de manejo. *Diario Oficial*.
- SCHERMER, B., Fabretti, F., Damagnez, M., Di Cristanziano, V., Heger, E., Arjune, S., Tanner, N.A., Imhof, T., Koch, M., Ladha, A., Joung, J., Gootenberg, J.S., Abudayyeh, O., Burst, V., Zhang, F., Klein, F., Benzing, T. y Müller, R. (2020). Rapid SARS-CoV-2 testing in primary material based on a novel multiplex RT-LAMP assay. *PLOS One*, 15(11). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0238612>
- SECRETARÍA DE SALUD DE MÉXICO. (2022). Covid-19 México. Información general. *Conacyt*. Recuperada el 14 de enero del 2022 de: <https://datos.covid-19.conacyt.mx/>
- SEMINARA, G., Carli, B., Forni, G., Fuzzi, S., Mazzino, A. y Rinaldo, A. (2020). Biological fluid dynamics of airborne covid-19 infection. *Ren-*

- diconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali, 31, pp. 505-537. <http://doi.org/10.1007/s12210-020-00938-2>
- SUÁREZ, V., Suárez, M., Oros, S. y Ronquillo, E. (2020). Epidemiología of covid-19 en Mexico: del 27 de febrero al 30 de abril de 2020. *Revista Clínica Española*, 220(8), pp. 463-471. <http://doi.org/10.1016/j.rce.2020.05.007>
- SULE, W.F. y Oluwayelu, D.O. (2020). Real-time RT-PCR for covid-19 diagnosis: challenges and prospects. *Pan African Medical Journal*, 35(2). doi: [10.11604/pamj.suppl.2020.35.24258](https://doi.org/10.11604/pamj.suppl.2020.35.24258)
- TAKI, K., Yokota, I., Fukumoto, T., Iwasaki, S., Fujisawa, S., Takahashi, M., Negishi, S., Hayasaka, K., Sato, K., Oguri, S., Nishida, M., Sugita, J., Konno, S., Saito, T. y Teshima, T. (2021). SARS-CoV-2 detection by fluorescence loop-mediated isothermal amplification with and without RNA extraction. *Journal of Infection and Chemotherapy*, 27(2), pp. 410-412. [http://doi: 10.1016/j.jiac.2020.10.029](http://doi:10.1016/j.jiac.2020.10.029)
- TOMITA, N., Kanda, H., Mori, Y. y Notomi, T. (2008). Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) of gene sequences and simple visual detection of products. *Nature Protocols*, 3, pp. 877-882. <http://doi.org/10.1038/nprot.2008.57>
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO. Acciones de la UAQ contra el covid-19. 2020. *Yumpu*. Recuperado de: <https://www.yumpu.com/es/document/read/64705425/acciones-de-la-uaq-contra-el-covid-19>
- WANG, R., Qian, C., Pang, Y., Li, M., Yang, Y., Ma, H., Zhao, M., Qian, F., Yu, H., Liu, Z., Ni, T., Zheng, Y. y Wang, Y. (2021). opvCRISPR: One-pot visual RT-LAMP-CRISPR platform for SARS-CoV-2 detection. *Biosensors and Bioelectronics*, 172. [http://doi: 10.1016/j.bios.2020.112766](http://doi:10.1016/j.bios.2020.112766)
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. (8 de abril del 2020). Scientific Brief. Advice on the use of point-of-care immunodiagnostic tests for covid-19. Recuperado de: <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/advice-on-the-use-of-point-of-care-immunodiagnostic-tests-for-covid-19>
- _____. (2019). WHO Coronavirus (covid-19) Dashboard. Recuperado el 14 de enero del 2022 de: <https://covid19.who.int/>
- _____. (2020). Antigen-detection in the diagnosis of SARS-CoV-2 infection using rapid immunoassays: interim Guidance, 11 september 2020. Recuperado de: <https://www.who.int/publications/i/item/antigen-de>

tection-in-the-diagnosis-of-sars-cov-2-infection-using-rapid-immunoassays

- YAN, C., Cui, J., Huang, L., Du, B., Chen, L., Xue, G., Li, S., Zhang, W., Zhao, L., Sun, Y., Yao, H., Li, N., Zhao, H., Feng, Y., Liu, S., Zhang, Q., Liu, D. y Yuan, J. (2020). Rapid and visual detection of 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2) by a reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay. *Clinical Microbiology and Infection*, 26(6), pp. 773-779. <http://doi:10.1016/j.cmi.2020.04.001>
- ZHOU, P., Yang, X.L., Wang, X., Hu, B., Zhang, L., Zhang, W., Si, H., Zhu, Y., Li, B., Huang, C.L., Chen, H., Chen, J., Luo, Y., Guo, H., Jiang, R., Liu, M., Chen, Y., Shen, X., Wang, X., Zheng, X., Zhao, K., Chen, Q., Deng, F., Liu, L., Yan, B., Zhan, F., Wang, Y., Xiao, G. y Shi, Z. (2020). A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*, 579, pp. 270-273. <http://doi:10.1038/s41586-020-2012-7>
- ZHU, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., Zhao, X., Huang, B., Shi, W., Lu, R., Niu, P., Zhan, F., Ma, X., Wang, D., Xu, W., Wu, G., Gao, G.F. y Tan, W. (2019). China Novel Coronavirus Investigating and Research Team. (2019). A novel coronavirus from patients with pneumonia in China. *New England Journal of Medicine*, 382(8), pp. 727-733. <http://doi:10.1056/NEJMoa2001017>
- ZHU, X., Wang, X., Han, L., Chen, T., Wang, L., Li, H., Li, S., He, L., Fu, X., Chen, S., Xing, M., Chen, H. y Wang, Y. (2020). Multiplex reverse transcription loop-mediated isothermal amplification combined with nanoparticle-based lateral flow biosensor for the diagnosis of covid-19. *Biosensors & Bioelectronics*, 166. <http://doi:10.1016/j.bios.2020.112437>

APLICACIÓN DE LA PRUEBA MOCA-B
PARA LA DETECCIÓN DE DETERIORO COGNITIVO
EN ADULTOS MAYORES DEL MUNICIPIO DOCTOR MORA,
GUANAJUATO

*APPLICATION OF THE MOCA-B TEST FOR THE DETECTION
OF COGNITIVE IMPAIRMENT IN OLDER ADULTS
OF DOCTOR MORA MUNICIPALITY IN GUANAJUATO*

ANA GABRIELA CÁRDENAS PÉREZ¹

ANA LAURA VEGA RODRÍGUEZ²

JUANA SUSANA FLORES ROBLES³

DAVID GUSTAVO GARCÍA GUTIÉRREZ⁴

MARCO ANTONIO MERAZ RÍOS⁵

BEATRIZ HERNÁNDEZ CARLOS⁶

NORMA FRANCENIA SANTOS SÁNCHEZ⁷

RAÚL SALAS CORONADO⁸

KARLA ISABEL LIRA DE LEÓN⁹

RESUMEN

El deterioro cognitivo (DC) en los ancianos es una alteración que culturalmente se asocia a la edad e incluso es una condición esperada. Sin embargo, está sujeto a cambios interindividuales que no necesariamente deben presentarse en los adultos mayores. En la actualidad, existen varios mecanismos que evitan o retrasan el DC, permitiendo mejores condicio-

¹ Facultad de Química, ana.gabriela.cp@gmail.com

² Facultad de Química, ana_vegauaq@hotmail.com

³ Facultad de Química, juana.susana.flores@uaq.mx

⁴ Facultad de Química, davidg3@uaq.mx

⁵ Cinvestav-IPN, mmeraz@cinvestav.mx

⁶ Universidad Tecnológica de la Mixteca, bhcarlos@mixteco.utm.mx

⁷ Universidad Tecnológica de la Mixteca, nsantos@mixteco.utm.mx

⁸ Universidad Tecnológica de la Mixteca, rsalas@mixteco.utm.mx

⁹ Facultad de Química, karla.lira@uaq.mx

nes de vida y un proceso adecuado de envejecimiento. El DC puede verse como un estado de alerta entre el envejecimiento cognitivo normal de una persona y el cuadro clínico que está afectando su salud mental y que puede llevarla a la demencia, donde la más prevalente es la enfermedad de Alzheimer (EA).

Lamentablemente, en México se continúa teniendo la idea errónea de que el DC es parte del envejecimiento “normal” de las personas. Este enfoque cultural no ha permitido implementar estrategias de evaluación que logren diferenciar el DC normal asociado al envejecimiento del DC patológico y que puede evolucionar en demencia. Con base en lo anterior, el proyecto adaptó la prueba de evaluación neuropsicológica MoCA-B, desarrollada para evaluar el DC leve en personas analfabetas o de baja escolaridad. La prueba es breve, estandarizada y sencilla; es un instrumento de cribado que ha reportado muy buenos resultados en su aplicación.

La investigación se realizó en 2019 en una población del municipio Doctor Mora en el estado de Guanajuato, y contó con la colaboración de investigadores de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, en Oaxaca, y del Cinvestav-IPN, en la Ciudad de México, además del espacio brindado para la aplicación gracias al licenciado Juan Carlos Pichardo Ramírez, director del DIF municipal. Las pruebas se enfocaron en detectar el DC leve o severo que pudieran tener las personas encuestadas y en analizar la asociación de diversos factores que afectan el desarrollo del DC, como el nivel educativo, el estilo de vida, la edad e incluso el sexo.

Guanajuato es referente a nivel nacional por ofrecer una atención integral a los adultos mayores, pues cuenta con espacios de desarrollo gerontológico en los 46 municipios del estado, donde se busca incrementar la calidad de vida de la población. La investigación se sumó a este enfoque y fue posible aplicar la prueba a 64 participantes de entre 58 a 93 años de edad. Los resultados mostraron una relación directa entre el nivel educativo y los valores obtenidos en la prueba, pues hubo una correlación importante entre los años de escolaridad y la tendencia significativa hacia el DC de las personas evaluadas, no así con el sexo o la edad. Los participantes considerados analfabetas mostraron un mayor DC, por lo que se enfocó la investigación en este grupo particular. Lo anterior sugiere una posible herramienta en la prevención del DC.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y EL CONTEXTO

Actualmente, en México se ha observado un aumento en el número y proporción de adultos mayores (AM) relacionado con el crecimiento de la población y la esperanza de vida, y una tasa de reproducción cada vez menor. Lo anterior hace que se incremente la prevalencia de padecimientos asociados a dicho grupo, lo cual representa una mayor dependencia de sus familiares o cuidadores y un reto para nuestro sistema de salud (Dávila Cervantes y Pardo Montaña, 2017; Manrique *et al.*, 2013). Dentro de estos padecimientos se encuentran en los primeros lugares las enfermedades crónico degenerativas o no transmisibles, donde la demencia constituye una de las causas más importantes de discapacidad en los AM. Por esta razón es imprescindible evaluar la cognición en dicha población y así disponer de un expediente completo que nos permita brindarles mejores condiciones de salud (Benavides, 2017).

La cognición se puede definir como el funcionamiento intelectual que permite la interacción con el medio que nos rodea. Sin embargo, el envejecimiento provoca cambios morfológicos, bioquímicos, metabólicos y circulatorios en el cerebro. Con una buena plasticidad cerebral (factor protector) y con la redundancia de las funciones cerebrales, la normalidad puede continuar, pero si estas condiciones no son adecuadas, se comenzarán a presentar alteraciones en la cognición. Es por esto que es importante diferenciar el envejecimiento cognitivo normal del patológico (Aguilar Navarro *et al.*, 2007; Benavides, 2017; Ríos y Collazo, 2020). Algunos aspectos de la cognición que permanecen relativamente intactos con el envejecimiento cognitivo normal son la memoria implícita, el vocabulario y el almacenamiento de conocimientos generales. No obstante, sí hay una disminución de la eficiencia y velocidad del procesamiento de la información en varias áreas, incluidos el tiempo de reacción, la capacidad de la memoria de trabajo, la memoria a corto plazo, el control ejecutivo y la fluidez verbal (Rog y Fink, 2013).

Dentro de las demencias más frecuentes en los AM se encuentra la enfermedad de Alzheimer, que representa de 50 a 70% de los diagnósticos. Su detección es difícil, sobre todo en etapas iniciales cuando la distinción entre envejecimiento normal y patológico es laboriosa. Actualmente hay muchos

trabajos enfocados en su identificación en etapas prodrómicas, con la finalidad de iniciar medidas terapéuticas gracias a las cuales la independencia funcional de la persona se preserve. El concepto más usado para describir esta etapa entre el envejecimiento normal y la demencia y que delimita a un grupo de individuos en una situación de riesgo superior a la observada en la población en general es el de deterioro cognitivo leve (DCL) (Reyes *et al.*, 2010). El elemento central de éste es la conservación de la autocrítica, donde no se hallan alterados ni la normalidad del juicio ni la comprensión de la realidad (De León *et al.*, 2009). Lamentablemente, se ha observado una conversión anual a demencia de 12% entre las personas que reciben dicho diagnóstico (Custodio *et al.*, 2012; Velásquez Pérez *et al.*, 2008).

Los criterios que se utilizan para la detección del DCL, propuestos por Petersen *et al.* en 1997, son: a) alteración subjetiva de la memoria corroborada por un informe fiable, b) alteración de la memoria objetivada corroborada mediante un test con datos normativos de personas de la misma edad y nivel de escolaridad, c) función cognitiva general normal, d) el paciente lleva a cabo sus actividades diarias de manera normal y e) el paciente no padece demencia. En resumen, el diagnóstico se enfoca en la presencia de alteraciones de la memoria superiores a aquellas esperables para la edad y nivel de escolaridad del sujeto, a quien no se le puede realizar el diagnóstico de EA u otro tipo de demencia debido a que se desenvuelve adecuadamente en su quehacer diario. Estos criterios han ayudado a disminuir la heterogeneidad del padecimiento y a definir grupos de alto riesgo (Chávez Romero *et al.*, 2014). Los pacientes con mayor deterioro de memoria tienen mayor probabilidad de desarrollar EA, mientras que el nivel educativo se comporta como un modulador importante del rendimiento de la evaluación neuropsicológica y la tasa de declinación (Custodio *et al.*, 2012).

La EA se caracteriza por cambios neuropatológicos degenerativos progresivos, con un deterioro global asociado del funcionamiento cognitivo y la personalidad. Los síntomas empeoran con el tiempo y la enfermedad es mortal. La secuencia patológica comienza en las estructuras del lóbulo temporal medio, responsable de la memoria, y luego progresa a las áreas frontal, temporal y parietal, con una preservación relativa de las regiones motoras, corticales sensoriales y subcorticales (Cabrera, 2014).

La neuropatología de la EA es muy compleja y no es clara del todo. Existen numerosas hipótesis que intentan explicar los mecanismos patológicos

de la enfermedad. Los datos más significativos, aunque no exclusivos de la EA, son los relacionados con los depósitos de β -amiloide ($A\beta$) o placas seniles, los intraneuronales de proteína tau anómalamente fosforilada, y marañas u ovillos neurofibrilares. Los depósitos de $A\beta$ aparecen como parenquimatosos difusos o focales (placas difusas, neuríticas (PN) y quemadas), depósitos perivasculares y angiopatía amiloidea. La patología de la proteína tau se expresa en neuritas distróficas alrededor de los depósitos de $A\beta$ o dentro de las neuronas, formando ovillos neurofibrilares (Abizanda y Rodríguez, 2015). La EA presenta alteraciones de diferentes dominios cognitivos. Inicia casi siempre con alteraciones de la memoria y después presenta alteraciones de lenguaje, visuoespaciales y de las funciones ejecutivas. Es posible clasificar dicha enfermedad con base en su nivel de gravedad (Gutiérrez Robledo *et al.*, 2017):

- EA leve: afecta la memoria reciente, mientras que la memoria autobiográfica o de eventos pasados y la de procedimientos se mantienen intactas. También perjudica la orientación (tiempo y lugar) como consecuencia de la afectación de la memoria reciente. Puede haber alteraciones visuoespaciales (es complicado reconocer lugares ya conocidos), desorientación que dura segundos y empeora conforme avanza la enfermedad, y dificultades para reconocer el propio hogar. Se presentan anomias (problemas para nombrar objetos o recordar nombres de personas) y hay una disminución leve del juicio, así como alteraciones en la función ejecutiva (mala toma de decisiones) y presencia de apraxias ideomotoras.
- EA moderada: el paciente sufre mayores alteraciones amnésicas. Puede llevar a cabo actividades básicas, pero son necesarios los recordatorios y la supervisión, ya que tiende a olvidar eventos recientes (ingesta de alimentos, toma de medicamentos, etcétera). La velocidad de procesamiento y las funciones ejecutivas y visuoespaciales tienen mayores déficits que en etapas previas. El paciente también puede presentar dificultad para lidiar con situaciones novedosas o no planeadas y tener incontinencia de esfínteres, iniciando por el urinario hasta progresar al control dual. La presencia de apraxias ideomotoras e ideacionales también es frecuente.

- EA severa: las personas requieren ayuda para actividades instrumentadas y básicas de la vida diaria, pero conservan los recuerdos autobiográficos de la infancia o con alta carga emotiva. El juicio y la toma de decisiones están muy afectados, así como la capacidad psicomotriz, que desemboca en postración prolongada, y la producción de lenguaje (Gutiérrez Robledo *et al.*, 2017).

La causa o causas que provocan la EA aún no son claramente conocidas y varios expertos la atribuyen a múltiples factores. Algunos autores proponen la hipótesis de la cascada amiloidea, la cual sugiere que el depósito de A β genera disfunción neuronal y muerte celular. Ésta inicia por factores de origen metabólico que afectan a todo el mundo al envejecer (Patterson, 2018), por lo que se plantean los siguientes factores de riesgo cardiovasculares: diabetes *mellitus* (DM), obesidad, episodios isquémicos, hipertensión arterial, hábito de fumar, alcoholismo, arteriosclerosis, el haplotipo E4 de la apolipoproteína E, entre otros (Samper *et al.*, 2011). Se ha planteado que entre 10 y 20% de la EA es de origen genético, y 80% se relaciona con factores ambientales (Terrado *et al.*, 2017).

Los factores de riesgo de la EA se han clasificado como modificables y no modificables. Estos son de gran importancia, ya que proporcionan información sobre las predisposiciones del proceso de la enfermedad antes del inicio y ayudan a clasificar a las personas con mayor riesgo (Hickman *et al.*, 2016). Entre los no modificables se encuentran la edad, que es el principal, y factores genéticos como el genotipo APOE4, el más importante en el desarrollo de la enfermedad, y las mutaciones del gen de la proteína precursora amiloidea (APP), así como la presenilina 1 y 2, para las formas familiares, y el síndrome de Down. El conocimiento acerca de los factores de riesgo modificables es limitado, sin embargo, se ha encontrado que hasta 50% de los casos de EA y demencia en el mundo pueden atribuirse a los mismos (Barnes y Yaffe, 2011).

En el primer estudio de prevalencia del deterioro cognoscitivo y factores asociados en adultos mayores a partir de los datos del Estudio Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México (Enasem, 2011), se observó que los factores de riesgo relacionados con el DC son el analfabetismo, la diabetes, la enfermedad cerebrovascular y cardíaca, y la depresión. Actualmente se

sabe que los factores de riesgo más significativos asociados al desarrollo de EA en México son la presencia de diabetes y síndrome metabólico. Por su parte, un estudio de casos y controles realizado a 270 pacientes mostró que entre aquellos con EA la probabilidad de tener síndrome metabólico es casi siete veces más elevada que en pacientes sin demencia (Gutiérrez Robledo, 2015).

- DM: hay estudios que demuestran la asociación de la DM con el desarrollo de la EA en México (Mejía *et al.*). Se considera que la resistencia a la insulina es el vínculo entre ambas enfermedades; incluso hay investigadores que sugieren que la EA puede ser considerada como diabetes tipo 3 (Moore *et al.*, 2015).
- Dislipidemia: existen varios estudios epidemiológicos y ensayos clínicos a nivel mundial que establecen un vínculo entre el nivel de colesterol como factor de riesgo para el desarrollo de demencia y la EA (Reitz, 2013).
- Hipertensión: la relación de la hipertensión con la EA ocurre debido al tratamiento antihipertensivo, ya que con éste se ha observado una reducción del riesgo en el desarrollo de la EA, sobre todo en los antagonistas del canal de calcio y los inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina. Un estudio sobre hipertensión sistólica en Europa (Syst-Eur, por sus siglas en inglés) demostró una reducción de 55% en el riesgo de padecer demencia. Por otro lado, el aumento de la presión de pulso, medida del envejecimiento vascular caracterizada por una mayor diferencia entre la presión sistólica y diastólica, se ha relacionado con un aumento en la producción de proteína β -amiloide y tau en el LCR (Gutiérrez Robledo *et al.*, 2017).

Como ya se mencionó, los pacientes con mayor deterioro de memoria tienen más probabilidad de desarrollar la EA. Por esta razón, y de acuerdo con las recomendaciones internacionales, la evaluación breve del estado mental se considera el primer paso en el proceso de detección temprana de DC, con instrumentos como el test minimental (Mini-Mental State Examination (MMSE)) y el test de evaluación cognitiva de Montreal (Montreal Cognitive Assessment (MoCA)). El MMSE, creado en los setenta, es la prueba de cribado más utilizada para la evaluación de pacientes sospechosos de

DC. Sin embargo, tiene ciertas limitaciones: no evalúa funciones ejecutivas, es poco sensible en los estadios iniciales del DC, ya que los pacientes con DCL tienden a desempeñarse dentro de los límites de la normalidad, está influenciada por variables socioeducativas y está sujeta a derechos de autor.

El MoCA es una herramienta de cribado desarrollada en 2005 de uso libre con alta sensibilidad (90% para DCL y 100% para la EA), especificidad (87%) y valores predictivos positivos y negativos para DCL (89% y 91%, respectivamente) y la EA (89% y 100%, respectivamente). Esto en contraste con la sensibilidad del MMSE (18% para DCL y 78% para la EA) (Nasreddine *et al.*, 2005). El MoCA es una batería de puntuación máxima de 30 puntos de fácil administración, con una duración de 10 minutos aproximadamente. Su propósito es evaluar ocho dominios cognitivos: las funciones ejecutivas, la capacidad visuoespacial, la memoria, la atención, la concentración, la memoria de trabajo, el lenguaje y la orientación. No hay puntos de corte definidos para México; sin embargo, sería de gran importancia tenerlos, ya que la puntuación obtenida depende ampliamente del ámbito sociocultural (Loureiro *et al.*, 2018). Hay autores que sugieren adaptarla no sólo en el punto de corte, sino también lingüística y culturalmente para proporcionar resultados más fiables. Con base en el puntaje del MoCA la población evaluada puede clasificarse en pacientes con DCL (que en el MMSE generalmente se desempeñan en el intervalo normal) o la EA. En la versión original se recomienda adicionar un punto si la escolaridad es inferior a 12 años para ayudar a corregir el sesgo educacional (Nasreddine *et al.*, 2005).

Recientemente, se ha creado una versión adaptada del MoCA para poblaciones analfabetas o con niveles educativos más bajos (MoCA Basic o MoCA-B) (Loureiro *et al.*, 2018). Se calcula que aproximadamente 16% de la población mundial, o 773 millones de adultos, es analfabeta (Utrilla y Hamdan, 2020). En el diseño del MoCA-B se sustituyeron las tareas dependientes de la alfabetización por otras que miden la misma función cognitiva. El MoCA-B es una prueba de 30 puntos que evalúa seis dominios cognitivos: percepción visual (objetos superpuestos, 3 puntos), funcionamiento ejecutivo (creación simplificada de pistas alternas, 1 punto; similitud de palabras, 3 puntos; resolución de problemas, 3 puntos), lenguaje (fluidez al nombrar la fruta, 2 puntos; nombre del animal, 4 puntos), atención (Stroop de dígitos modificados, 3 puntos), memoria (recuperación

tardía de cinco palabras, 5 puntos) y orientación (tiempo y lugar, 6 puntos). El test puede ser administrado en un rango de 15 a 21 minutos y es de libre acceso. Posee excelente sensibilidad y especificidad, y es la primera herramienta de cribado cognitivo que demuestra una validez satisfactoria en la detección de DCL en individuos analfabetos y de baja educación (Julayanont *et al.*, 2015). Existen múltiples puntos de corte para el test MoCA. Uno de ellos sugiere la siguiente puntuación para personas de baja escolaridad: < 21 para DCL y < 14 para DC severo (DCS) o síndrome demencial (Lozano *et al.*, 2009).

Dado que Guanajuato es un referente a nivel nacional al ofrecer una atención integral a los adultos mayores, ya que cuenta con espacios de desarrollo gerontológico en los 46 municipios que buscan incrementar la calidad de vida de la población, se solicitó una colaboración para revisar el estado cognitivo de su población cautiva. Lo anterior fue posible en 2019 gracias a que el licenciado Juan Carlos Pichardo Ramírez, director del DIF municipal, nos brindó su apoyo en la aplicación del test MoCA-B en un grupo poblacional del municipio Doctor Mora para la detección de DCL y DCS. Además, se analizó la asociación de diversos factores que afectan el desarrollo del DC, como el nivel educativo, el estilo de vida, la edad y el sexo. De este proceso se beneficiaron 64 participantes de entre 58 y 93 años de edad, a los que adicionalmente se les tomaron muestras sanguíneas para acompañar el estudio cognitivo con un perfil bioquímico y así tener un mejor panorama de su estado de salud.

LA INVESTIGACIÓN

El objetivo de la investigación fue determinar el estado bioquímico y cognitivo de una población de adultos mayores en el municipio Doctor Mora, Guanajuato. Éste se obtuvo mediante la aplicación del test MoCA-B y la cuantificación de los siguientes parámetros bioquímicos: índice de masa corporal, presión arterial, glucosa, triglicéridos, colesterol total, colesterol HDL, LDL y VLDL. La metodología descrita a continuación tiene por objeto obtener información que permita establecer una correlación entre diversas variables que describen el estilo de vida de las personas a nivel biomolecu-

lar y su grado de DC. Si se logra observar una tendencia o correlación entre las variables considerando los siguientes grupos: sanos, con DCL, con DCS o síndrome demencial, podremos generar un modelo que clasifique a las personas en uno determinado. El mayor hallazgo será ubicar a un paciente en una etapa temprana de DC con base en estas variables.

Los criterios considerados son los siguientes:

Criterios de inclusión:

- Adultos de 50 años en adelante, ya que hay bibliografía que indica que a esta edad el cerebro empieza a reducir su tamaño y plasticidad, y olvidar empieza a verse como algo habitual. Además, se ha demostrado la existencia de DC antes de los 60 años (Hale *et al.*, 2020).
- Pacientes que en el test MoCA-B presentaron DCL (puntuación entre 21-14).
- Pacientes que en el test MoCA-B presentaron DCS o síndrome demencial (puntuación < 14).
- Pacientes que con base en el test MoCA-B se clasificaron como sanos, es decir, que no presenten evidencia de DC (puntuación > 21).
- Los pacientes debían presentarse en ayuno de ocho horas para la extracción sanguínea.

Criterios de exclusión:

- Padecer una demencia diferente a la EA.
- Haber sufrido alguna lesión grave en el cerebro que pudiera ocasionar problemas de deterioro y que no corresponden a la EA.

Criterios de eliminación:

- Pacientes que no cumplieron con la condición de ayuno de 12 horas.
- Pacientes cuya recolección de muestra fue insuficiente.
- Pacientes cuya información estaba incompleta.

Se solicitó a los pacientes su autorización para el uso de sus datos y muestras mediante un consentimiento informado. La extracción sanguínea se realizó con un sistema de vacío: se tomaron dos tubos de color rojo (sin anticoagulante) y dos tubos de color morado (con anticoagulante EDTA).

Las muestras fueron centrifugadas (a 2,500 rpm durante 10 minutos) para extraer el plasma y suero sanguíneos antes de someterlas a refrigeración (4 °C por máximo tres horas y -80 °C en su posterior congelación hasta ser utilizadas). Posteriormente, se procedió a la toma de medidas antropométricas (índice de masa corporal, peso y talla, e índice de cintura) y presión arterial (sistólica y diastólica). Se les dio las gracias a los pacientes y se les indicó que se les haría llegar un comunicado cuando estuvieran listos sus resultados.

ANÁLISIS DE PARÁMETROS BIOQUÍMICOS

El análisis de parámetros bioquímicos se realizó en la Unidad de Servicios Clínicos de la Universidad Autónoma de Querétaro mediante la utilización del equipo espectrofotométrico BS-200 (Mindray). Para la determinación del colesterol HDL se utilizó el equipo Microlab 300. Se descongeló la muestra (suero) y se procedió a la medición de glucosa, colesterol, colesterol HDL y triglicéridos (Spinreact). Finalmente se calcularon los valores de colesterol VLDL y LDL.

ANÁLISIS DE TEST MoCA-B

Se aplicó el test MoCA-B (desarrollado para evaluar el DCL en personas analfabetas o de baja escolaridad) con la intención de seleccionar y, a su vez, estratificar a los pacientes. Se consideró como premisa la clasificación basada en el Cuadro 1:

CUADRO 1. CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS DE ESTUDIO

GRUPO	PUNTUACIÓN DE TEST MoCA-B	CLASIFICACIÓN DE LOS PACIENTES
1	> 21	Pacientes sanos
2	20-14	Pacientes con deterioro cognitivo leve
3	< 14	Pacientes con deterioro cognitivo severo o síndrome demencial

RESULTADOS

Los pacientes se clasificaron en los siguientes grupos: sano (G1), con DCL (G2) y con DCS o síndrome demencial no diagnosticados con posible EA (G3). Se evaluó la correlación entre alteraciones metabólicas y pacientes con cierto grado de DC y pacientes con la EA. A continuación (Cuadro 2) se muestran los resultados de las variables medidas:

CUADRO 2. EVALUACIÓN COGNITIVA Y METABÓLICA DE LOS AM

VARIABLES	VALORES PATOLÓGICOS	GRUPO 1 (N = 36)	GRUPO 2 (N = 22)	GRUPO 3 (N = 7)
Sexo	n/a	F (26) M (10)	F (18) M (4)	F (4) M (3)
Edad (años)	n/a	58-82 (~67.7 DE = 7.7)	59-93 (~71.6 DE = 7.9)	68-88 (~78 DE = 7.8)
Puntuación de test MoCA-B	n/a	24 (DE = 5.2)	17.4 (DE = 5.0)	10.42 (DE = 5.2)
Años de escolaridad	n/a	3.8 (DE = 3.3)	1.4 (DE = 2.4)	0.57 (DE = 2.0)
Índice de masa corporal (IMC) (kg/m ²)	> 30	26.8 (DE = 3.8)	27.3 (DE = 3.8)	26.1 (DE = 3.6)
Presión sistólica (mmHg)	≥ 130	134.3 (DE = 17.7)	135.9 (DE = 17.2)	137.1 (DE = 17.8)
Presión diastólica (mmHg)	≥ 85	77.2 (DE = 9.8)	76.3 (DE = 10.1)	74.2 (DE = 10.0)
Colesterol (mg/dL)	> 200	219.5 (DE = 60.5)	221.4 (DE = 63.3)	183.8 (DE = 62.0)
Col-HDL (mg/dL)	< 40	42.56 (DE = 11.2)	42 (DE = 11.6)	42.6 (DE = 10.6)
Col-VLDL (mg/dL)	> 45	38.02 (DE = 25.5)	41.4 (DE = 26.8)	24.5 (DE = 25.4)
Col-LDL (mg/dL)	160	134.03 (DE = 45.1)	137.9 (DE = 46.8)	116.7 (DE = 44.8)

VARIABLES	VALORES PATOLÓGICOS	GRUPO 1 (N = 36)	GRUPO 2 (N = 22)	GRUPO 3 (N = 7)
Glucosa (mg/dL)	≥ 100	112.42 (DE = 53.0)	102.8 (DE = 52.8)	74.6 (DE = 56.0)
Triglicéridos (mg/dL)	≥ 150	195.5 (DE = 126.5)	207.4 (DE = 132.9)	122.4 (DE = 127.1)

Después de obtener los valores de cada variable se evaluó la tendencia central del conjunto de variables obtenidas, así como su dispersión. Como resultado de este análisis estadístico ($\alpha = 0.05$) observamos que solamente las variables col-HDL, IMC, presión sistólica y puntuación del test MoCA-B presentaron un comportamiento aproximado a la normalidad. La mayor correlación sucedió entre el IMC y la puntuación del MoCA-B, con un valor de 0.345, seguida por la de la presión sistólica y el IMC (Cuadro 3):

CUADRO 3. CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE VARIABLES
COL-HDL, IMC, PRESIÓN SISTÓLICA Y PUNTUACIÓN DEL TEST MoCA-B

	Col-HDL	IMC	P. Sis	MoCA-B
Col-HDL	1	-0.156	-0.016	0.016
IMC		1	0.340	0.345
Presión sistólica			1	0.270
MoCA-B				1

Los resultados mostraron una relación directa entre el nivel educativo y los valores obtenidos en el MoCA-B, con una tendencia hacia el DC sujeta a los años de escolaridad, mientras que hubo poca correlación con el sexo o la edad. Los participantes considerados analfabetas (que no sabían leer ni escribir) mostraban un mayor DC, por lo que se sugirió enfocar la atención en este grupo particular. Lo anterior supone una posible herramienta para la prevención del dc.

IMPACTO

Como se mencionó anteriormente, una vez obtenidos los puntajes y resultados de los parámetros bioquímicos, se procedió a entregar los resultados a la secretaria del licenciado Juan Carlos Pichardo Ramírez (director del DIF municipal). Sin embargo, no fue posible en su momento dar seguimiento a las acciones implementadas por parte de la institución, ya que dicha entrega se realizó a finales del 2019 y luego comenzó el periodo de contingencia por covid-19. Desafortunadamente, el licenciado Pichardo falleció a causa de la infección por este nuevo virus, por lo que hasta el 2021, cuando la vacunación disminuyó los riesgos de infección y hospitalización, se volvió a contactar a la nueva administración del DIF a través del técnico superior universitario Edgar Javier Reséndiz Jacobo, presidente municipal de Doctor Mora, y el licenciado Leonardo Alfonso Vázquez Ríos, secretario de Ayuntamiento, a quienes se les hizo llegar un escrito para dar seguimiento a la población participante en el estudio. El C. Alejandro Antonio Lugo Reséndiz, actual director del DIF, nos respondió que está en toda la disposición de apoyarnos para que las sugerencias mencionadas en el documento sean implementadas en sus centros para adultos mayores. Dentro de lo expuesto en el escrito proponemos lo siguiente:

- Capacitación a familiares y cuidadores de adultos mayores con respecto a la importancia de una alimentación balanceada.
- Entrenamientos mentales que mejoren sus funciones cognitivas.
- Fisioterapia enfocada en mantener la movilidad y evitar rigidez.
- Jornadas para monitorear su función cognitiva, movilidad y bioquímica clínica.

Dentro de las impresiones externadas por los participantes, después de la aplicación del test de MoCA-B, rescatamos lo siguiente: la mayoría de los adultos mayores desconocía la existencia del término DC, además de que durante la aplicación del cuestionario algunos tuvieron mucha ansiedad al percatarse de que desconocían la respuesta de varias preguntas, dando como resultado un bajo puntaje. La plática sensibilizadora e informativa al inicio de la aplicación del MoCA-B ayudó a que los pacientes tomaran con-

ciencia de su desempeño en la prueba y que esto les planteara la inquietud de mejorar su estado cognitivo. Con este nuevo acercamiento a la administración actual de Doctor Mora, esperamos conocer el seguimiento que el DIF municipal dio o dará a los resultados, ya que, como lo externamos en el oficio que se le hizo llegar, deseamos trabajar en conjunto en beneficio de la población participante.

LECCIONES APRENDIDAS

Es fundamental el trabajo a través de un grupo interdisciplinario, ya que la especialización de cada uno de los integrantes ayudó a llevar a término el estudio, logrando, principalmente, la capacitación del personal estudiantil para la aplicación del test MoCA-B. Fue muy alarmante, por otro lado, darnos cuenta de que en México los adultos mayores no consideran dentro del cuidado integral de su salud poner especial atención a su estado cognitivo, pues consideran normal que con el envejecimiento su cognición se vea afectada. Sin embargo, como ya expusimos anteriormente, esto no es así. Debe diferenciarse claramente entre un deterioro normal y un deterioro patológico, ya que en etapas tempranas éste puede revertirse con la intervención adecuada y, sobre todo, con un seguimiento adecuado de pacientes con un riesgo latente a desarrollar demencia.

Fue grato observar que los participantes estuvieron muy interesados en su avance durante la aplicación del MoCA-B, y que incluso antes de conocer su puntaje eran conscientes de que les costaba trabajo responder. Como ya se mencionó antes, esta población tenía un grado de alfabetización deficiente y la gran mayoría desconocía la información que se le compartió en la plática sensibilizadora. Además, aprendimos a seleccionar las estrategias que era factible implementar en esta población de estudio, como la capacitación para los familiares o cuidadores para estimular la cognición en pacientes con puntajes que los clasifiquen en DCL, ya que estos pacientes pueden tener deficiencias en la orientación temporal, atención, cálculo y rememoración. Si este recurso es recibido, puede ayudar en el tratamiento precoz de los adultos mayores, contribuyendo a su autonomía y mejora funcional. También es importante resaltar que estos estímulos deben

complementarse con una alimentación balanceada para que se potencie el beneficio de la intervención. Lo anterior puede monitorearse con pruebas periódicas mediante el MoCA-B, por ejemplo, de forma anual, así como con el análisis de parámetros bioquímicos para identificar si existe algún dato de alarma. Dentro de estas variables, las principales relacionadas con el DC fueron el IMC y la presión sistólica, por lo que se recomienda darles especial seguimiento. Otra estrategia sencilla de implementar es el ejercicio físico, ya que se ha demostrado que mejora el funcionamiento cognitivo, especialmente las funciones ejecutivas y de memoria, que son las más afectadas en estos pacientes. Incluso en algunas publicaciones se afirma que puede retrasar la aparición de demencia (Ríos y Collazo, 2020).

Con respecto a los vínculos establecidos con las administraciones de Doctor Mora, es fundamental orientar las acciones y seguimiento que se pueden implementar, ya que estas autoridades tienen una buena disposición y apertura para apoyar los estudios de intervención. Desafortunadamente, la contingencia a nivel mundial nos hizo darnos cuenta de que el estado cognitivo de nuestra población de adultos mayores es altamente vulnerable, no solamente debido a enfermedades crónico degenerativas, sino también por infecciones provocadas por el covid-19 y el estado inflamatorio con el que el paciente atraviesa la enfermedad. Algunas de estas alteraciones persisten hasta un año después de la infección.

REFERENCIAS

- AGUILAR, S.G., Reyes, J. y Borgues, G. (2007). Alcohol, tabaco y deterioro cognoscitivo en adultos mexicanos mayores de 65 años. *Salud pública de México*, 49(4), pp. s467-s474.
- ALBERT, M.J., Martínez, R., Gutiérrez, A., Hakim, D. y Davinson, G. (2014). Patogenia y tratamientos actuales de la enfermedad de Alzheimer. *Revista Cubana de Farmacia*, 48(2), pp. 508-518.
- BARNES, D.E. y Yaffe, K. (2011). The projected effect of risk factor reduction on Alzheimer's disease prevalence. *Lancet. Neurology*, 10(9), pp. 819-828. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(11\)70072-2](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(11)70072-2)

- BENAVIDES, C.A. (2017). Deterioro cognitivo en el adulto mayor. *Revista Mexicana de Anestesiología*, 40(2), pp. 107-112.
- CHÁVEZ, L.M., Núñez, I.E., Díaz, C. y Poma, J. (2014). Tamizaje de deterioro cognitivo leve en adultos mayores con enfermedad cardiovascular en un Hospital Nacional de Chiclayo, Perú. *Revista Médica de Risaralda*, 20(1), pp. 14-19.
- CUSTODIO, N., Herrera, E., Lira, D., Montesinos, R., Linares, J. y Bendezú, L. (2012). Deterioro cognitivo leve: ¿dónde termina el envejecimiento normal y empieza la demencia? *Anales de la Facultad de Medicina*, 73(4), pp. 321-330.
- DÁVILA, C.A. y Pardo, A.M. (2017). Cambios en la esperanza de vida por causas de muertes crónicas en adultos mayores. México 2000-2013. *Revista Ciencias de la Salud*, 15(2), pp. 223-235.
- DE LEÓN, R., Milián, F., Camacho, N., Arévalo, R.E. y Escarpín, M. (2009). Factores de riesgo para deterioro cognitivo y funcional en el adulto mayor. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 47(3), pp. 277-284.
- GUTIÉRREZ, L.M. y Arrieta, I. (2015). Demencias en México: la necesidad de un Plan de Acción. *Gaceta Médica de México*, 151, pp. 667-673.
- HALE, J.M., Schneider, D.C., Mehta, N.K. y Myrskylä, M. (2020). Cognitive impairment in the U.S.: lifetime risk, age at onset, and years impaired. *SSM-Population Health*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2020.100577>
- HICKMAN, R.A., Faustin, A. y Wisniewski, T. (2016). Alzheimer disease and its growing epidemic. *Neurologic Clinics*, 34(4), pp. 941-953. <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2016.06.009>
- JULAYANONT, P., Tangwongchai, S., Hemrungronj, S., Tunvirachaisakul, C., Phanthumchinda, K., Hongswat, J., Suwichanarakul, P., Thanasirorat, S. y Nasreddine, Z.S. (2015). The Montreal Cognitive Assessment-Basic: a screening tool for mild cognitive impairment in illiterate and low-educated elderly adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 63(12), pp. 2550-2554. <https://doi.org/10.1111/jgs.13820>
- LOUREIRO, C., García, C., Adana, L., Yacelga, T., Rodríguez, A y Maruta, C.(2018). Use of the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) in Latin America: a systematic review. *Revista de Neurología*, 66, pp. 397-408.

- LOZANO, M. *et al.* (2009). Validación del Montreal Cognitive Assessment (MoCA): Test de cribado para el deterioro cognitivo leve. Datos preliminares. *Alzheimer. Real Invest Demencia*, 43, pp. 4-11.
- GUTIÉRREZ, L.M., García, M.C., Arlet, P., Rojas, R. y Martínez, A. (2017). *La enfermedad de Alzheimer y otras demencias como problema nacional de salud*. México: Academia Nacional de Medicina.
- MANRIQUE, B., Salinas, A., Moreno, K.M., Acosta, I., Sosa, A.L., Gutiérrez, L.M. y Téllez, M.M. (2013). Condiciones de salud y estado funcional de los adultos mayores en México. *Salud pública de México*, 55(2), pp. s323-s331.
- MOORE, B., Miskovski, K., Stupar, M. y Ng, H. (2015). *Reducing the prevalence of alzheimer's disease: modifiable risk factors or social determinants of health*. Alzheimer's Australia NSW. Recuperado de: https://nsw.fight-dementia.org.au/sites/default/files/nsw/documents/Discussion_Pap
- NASREDDINE, Z.S., Phillips, N.A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J.L. y Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), pp. 695-699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
- CUSTODIO, N. Herrera, E., Lira, D., Montesinos, R., Linares, J. y BendeZú, L. (2012). Deterioro cognitivo leve: ¿dónde termina el envejecimiento normal y empieza la demencia? *Anales de la Facultad de Medicina*, 73(4), pp. 321-330.
- PATTERSON, C. (2018). *Informe mundial sobre el Alzheimer 2018*. Londres: Alzheimer's Disease International.
- TERRADO, S.P., Durán, C.S., Guzmán, Z.G.G., Pulsán, A.B. y Morgado, M.I.J. de C. (2017). Enfermedad de Alzheimer, algunos factores de riesgo modificables. *Revista Información Científica*, 96(5), pp. 967-977.
- REITZ, C. (2013). Dyslipidemia and the risk of Alzheimer's disease. *Current Atherosclerosis Reports*, 15(3), 307. <https://doi.org/10.1007/s11883-012-0307-3>
- REYES, J.C., Rosich, M., Bordas, E., Gaviria, A.M., Vilella, E. y Labad, A. (2010). Síntomas psicológicos y conductuales como factores de progresión a demencia tipo Alzheimer en el deterioro cognitivo leve. *Revista de Neurología*, 50(11), pp. 653-660.

- Ríos, I.D.P. y Collazo, J.E.M. (2020). Envejecimiento neural, plasticidad cerebral y ejercicio: avances desde la óptica de fisioterapia. *Archivos de Medicina*, 20(1), pp. 188-202.
- ROG, L.A. y Fink, J.W. (2013). Mild Cognitive impairment and normal aging. En L. Ravdin y H. Katzen, *Handbook on the Neuropsychology of Aging and Dementia* (pp. 239-256). Nueva York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3106-0_16
- SAMPER, J.A., Llibre, J.J., Sosa, S., y Solórzano, J. (2011). Del envejecimiento a la enfermedad de Alzheimer. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 10(3), pp. 319-327.
- ABIZANDA, P. y Rodríguez, L. (2015). *Tratado de medicina geriátrica abizanda booksmedicos*. España: Elsevier.
- UTRILLA, E. y Hamdan, A. (2020). Funciones ejecutivas y religiosidad/espiritualidad en el envejecimiento cognitivo. *Cuadernos de Neuropsicología/Panamerican Journal of Neuropsychology*, 14(3).
- VELÁSQUEZ, L., Guerrero, J., Rodríguez, Y., Alonso, M.E. y Yescas, P. (2008). Conversión de deterioro cognitivo leve a demencia. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 17(1-3).

BÚSQUEDA DE NUEVAS HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO OPORTUNO DE DIABETES MELLITUS GESTACIONAL

SEARCH FOR NEW TOOLS FOR THE EARLY DIAGNOSIS OF GESTATIONAL DIABETES MELLITUS

SAMANTHA ARIAS COVARRUBIAS¹

KARLA LILIANA GARCÍA MEJÍA²

CLAUDIA IVONNE BRIONES HERNÁNDEZ³

DAVID GUSTAVO GARCÍA GUTIÉRREZ⁴

EDUARDO CASTAÑO TOSTADO⁵

JOSÉ ANTONIO ENCISO MORENO⁶

IZA FERNANDA PÉREZ RAMÍREZ⁷

RESUMEN

La diabetes *mellitus* gestacional se caracteriza por una hiperglucemia (niveles elevados de glucosa) crónica durante el embarazo, la cual provoca el desarrollo de numerosas complicaciones, incluyendo un alto riesgo de tener diabetes *mellitus* tipo 2 para el feto y la madre si ésta no es tratada de manera oportuna y, a largo plazo, tanto para ella como para el infante. La prueba estándar de diagnóstico de diabetes *mellitus* gestacional consiste en medir la curva de tolerancia oral a la glucosa a partir de la ingesta de una solución de glucosa cómo cambian con el tiempo los niveles

1 Facultad de Química, sami_ariascovar93@hotmail.com

2 Facultad de Química, lili.garciam@outlook.es

3 Facultad de Química, claudiaivonnego@hotmail.com

4 Facultad de Química, davidg3.mx@hotmail.com

5 Facultad de Química, ecastano@uaq.mx

6 Unidad de Investigación Biomédica de Zacatecas, IMSS, enciso_2000@yahoo.com

7 Facultad de Química, iza.perez@uaq.mx

de ésta en muestras de sangre. Entre las desventajas de la prueba destaca la presencia de náuseas, vómito y cefalea en las mujeres embarazadas, además de ser altamente invasiva. Otra de las desventajas es que comúnmente se realiza en el segundo trimestre de gestación, por lo que se considera un diagnóstico tardío de casos positivos y, por lo tanto, aumenta la posibilidad de que ya existan múltiples alteraciones en el metabolismo de la madre y del feto cuando se inicia el tratamiento. Asimismo, se estima que la prevalencia de diabetes *mellitus* gestacional en México es de 8.7 a 17.7%, por arriba de la media mundial (7%), debido a la presencia de diversos factores de riesgo, como el grupo étnico, sobrepeso/obesidad y familiares en línea directa con antecedentes de diabetes *mellitus*. Por ello resulta de suma importancia la búsqueda de nuevas herramientas de diagnóstico que sean empleadas desde el primer trimestre de gestación.

La investigación se realizó en colaboración con el Hospital del Niño y la Mujer en Querétaro. Así, de mayo del 2018 a noviembre del 2019 se aplicaron pruebas estándares de diagnóstico gratuitas a mujeres embarazadas de bajo nivel socioeconómico. La incidencia de diabetes *mellitus* gestacional fue de 24%, la cual es ligeramente mayor a la media nacional (IMSS, 2016). Los principales factores de riesgo fueron una mayor edad materna, la presencia de sobrepeso u obesidad pregestacional autoreportada, un mayor número de gravidez (embarazos) y la presencia de familiares en línea directa con antecedentes.

Se brindaron las recomendaciones correspondientes a las mujeres diagnosticadas con diabetes *mellitus* gestacional. Adicionalmente, se realizó un monitoreo trimestral de sus niveles de glucosa, insulina y perfil de lípidos, cuyos resultados fueron entregados y explicados a cada participante para promover un embarazo saludable. También se identificaron una proteína (FABP4) y un metabolito (lisoPI 20:4) como posibles herramientas para el diagnóstico temprano (de la semana 11 a la 14 de gestación) y el monitoreo de la enfermedad. Ambos se proponen como alternativas a la prueba de tolerancia oral a la glucosa.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y CONTEXTO

La diabetes *mellitus* hace referencia a un conjunto de alteraciones metabólicas que se caracterizan por un estado de hiperglucemia crónica, es decir, niveles elevados de glucosa en la sangre, como resultado de una alteración en la síntesis y secreción de la insulina, en su acción en tejidos periféricos (resistencia a la insulina) o en ambas. La insulina es una hormona producida en el páncreas que permite la entrada de glucosa al tejido adiposo y el músculo esquelético para que sea convertida en energía, además de regular el metabolismo de lípidos y proteínas en el organismo. En este sentido, la falta de insulina o de su acción puede dañar múltiples órganos a lo largo del tiempo, causando complicaciones como enfermedades vasculares, daños en los nervios (neuropatía), en los riñones (nefropatía) o en los ojos (retinopatía) (IDF, 2019).

Dentro de la clasificación de la diabetes *mellitus* se encuentra la diabetes *mellitus* gestacional, la cual, como su nombre lo sugiere, se desarrolla durante el embarazo. Es importante mencionar que, de acuerdo con la nueva clasificación de la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés) y la Federación Internacional de Ginecología y Obstetricia (FIGO, por sus siglas en inglés), existen dos tipos de hiperglucemias durante el embarazo: la diabetes *mellitus* y la diabetes *mellitus* gestacional. La primera hace referencia a la diabetes *mellitus* que ya estaba presente antes del embarazo, pero que puede o no haber sido diagnosticada previamente. La segunda corresponde al desarrollo de un estado transitorio de resistencia a la insulina durante el embarazo y puede ser diagnosticada en cualquier momento del mismo (WHO, 2019). Se estima que entre 75 y 90% de los casos de hiperglucemia detectados en el embarazo corresponden a diabetes *mellitus* gestacional (IDF, 2019).

En 2019, la Federación Internacional de Diabetes (IDF, por sus siglas en inglés) estimó que 15.8% de los bebés nacidos vivos en el mundo provinieron de embarazos con hiperglucemia, de los cuales 83.6% fueron causados por diabetes *mellitus* gestacional. Lo anterior corresponde a 17 millones de bebés (IDF, 2019). A nivel mundial, se estima un amplio rango de prevalencia de diabetes *mellitus* gestacional de 1 a 30%, debido a la alta variabilidad que existe entre países y regiones, y a la falta de uniformidad en las pruebas

de diagnóstico (McIntyre *et al.*, 2019). En México, la prevalencia de dicha enfermedad oscila entre 8.7 y 17.7% (IMSS, 2016).

Existen diversas complicaciones de la diabetes *mellitus* gestacional tanto en la descendencia como en la madre. La hiperinsulinemia fetal aumenta el riesgo de malformaciones, hipoxia y muerte. Además, la primera aumenta el riesgo de desarrollar macrosomía (peso al nacer menor a 4 kg), lo que conduce a un alto riesgo de distocia de hombro y lesiones de nacimiento. Una vez que se lleva a cabo el parto, se detiene abruptamente el alto flujo de glucosa por la placenta, pero se mantiene la hiperinsulinemia fetal, por lo que el neonato puede nacer con hipoglucemia. A mediano plazo, los niños nacidos de embarazos con diabetes *mellitus* gestacional tienen un mayor riesgo de presentar deficiencias en su desarrollo neurológico, obesidad y resistencia a la insulina, sin mencionar que las mujeres con este tipo de diabetes presentan un alto riesgo de desarrollar diabetes *mellitus* tipo 2 y enfermedades cardiovasculares (Hod *et al.*, 2015; WHO, 2019). A largo plazo, los niños también tienen muchas probabilidades de desarrollar, en su etapa adulta, diabetes *mellitus* tipo 2. Por otro lado, las complicaciones maternas más comunes son la cesárea causada por macrosomía fetal y el parto prematuro causado por la presencia de polihidramnios (aumento del líquido amniótico), así como por un aumento de 50% del riesgo de desarrollar preeclampsia.

Es importante aclarar que en un embarazo aparentemente sano se presentan diversas modificaciones metabólicas en todo el organismo, entre las que destaca el desarrollo de resistencia a la insulina que permite que una parte de la glucosa materna llegue a la placenta y sea utilizada para el desarrollo y crecimiento del feto. Como consecuencia, algunas hormonas locales y placentarias promueven la síntesis y secreción de insulina (hiperinsulinemia) para mantener los niveles de glucosa en la sangre (normoglucemia). El estado de resistencia a la insulina materna inicia desde etapas tempranas del embarazo y va aumentando conforme avanza la gestación, quedando bien establecido a partir de la semana 24. Por ello, si el páncreas mantiene el aumento en la producción y secreción de insulina, no se desarrolla una hiperglucemia materna, por lo que se cursa un embarazo aparentemente sano.

En algunos casos, las células pancreáticas no logran mantener una secreción de insulina suficiente para la normoglucemia materna, por lo que la resistencia a la insulina desarrollada como consecuencia del propio embarazo conduce a un estado de hiperglucemia, es decir, se desarrolla diabetes *mellitus* gestacional (Plows *et al.*, 2018). Por otro lado, si existe un estado previo de resistencia a la insulina o una mayor predisposición a desarrollarla, el estado de resistencia supera la capacidad del páncreas para producirla y secretarla y, por lo tanto, se alcanza un estado de hiperglucemia. Se estima que en un embarazo con diabetes *mellitus* gestacional, la tasa de absorción y metabolismo de la glucosa disminuye en 54%, comparado con un embarazo aparentemente sano (Catalano, 2014).

Existen diversos factores que predisponen al desarrollo de diabetes *mellitus* gestacional, entre los que destacan el sobrepeso u obesidad, la edad materna avanzada (más de 35 años), un embarazo previo con diabetes *mellitus* gestacional, algún familiar en línea directa con antecedente, la pertenencia a grupos étnicos de alto riesgo (mujeres africanas, hispanas, indias y asiáticas), la presencia de ovario poliquístico, un historial de parto de bebé con macrosomía, un antecedente de abortos recurrentes y un antecedente de hipertensión arterial, preeclampsia o eclampsia. Dichos factores de riesgo han sido directa o indirectamente asociados a la disminución de la función de las células pancreáticas o de la sensibilidad a la insulina (Hod *et al.*, 2015; Alfadhli, 2015). Se estima que más de 50% de las mujeres que desarrollan diabetes *mellitus* gestacional presentan uno o más factores de riesgo (Hod *et al.*, 2015).

La presencia de síntomas asociados a la hiperglucemia detectada en el embarazo es poco común y difícil de distinguir de los propios síntomas del embarazo. Por ello, en 2010, la Asociación Internacional de Grupos de Estudio de Diabetes y Embarazo (IADPSG, por sus siglas en inglés) propuso que todas las mujeres embarazadas sean sometidas a una prueba de tamizaje para el diagnóstico de diabetes *mellitus* gestacional entre las semanas 24 y 28 de gestación, mientras que se recomienda realizar la prueba de tamizaje en el primer trimestre de gestación (de la semana 11 a la 14) en mujeres con factores de riesgo, lo cual fue respaldado por la WHO y la IDF.

La prueba diagnóstica recomendada por la IADPSG es la prueba de tolerancia oral a la glucosa de un solo paso, la cual consiste en administrar una

dosis de 75 g de glucosa a las mujeres en ayuno y medir los niveles de ésta en su sangre al tiempo 0 (ayuno), a la hora y a las dos horas poscarga. Si uno o más de los resultados de glucosa se encuentran alterados, se considera que la mujer tiene diabetes *mellitus* gestacional. Una vez realizado el diagnóstico, se establece una estrategia terapéutica con el objetivo de controlar y normalizar los niveles sanguíneos de glucosa, y así prevenir el aumento del riesgo fetal y todas las complicaciones antes mencionadas. Para lograr lo anterior, se lleva a cabo una terapia nutricional acompañada de activación física, la cual puede o no ser complementada con terapia farmacológica con agentes orales antidiabéticos. En caso de no lograr la normoglicemia, se inicia con la terapia con insulina. La Asociación Estadounidense de Diabetes (ADA, por sus siglas en inglés) recomienda que, desde el diagnóstico y hasta el fin del embarazo, la mujer lleve a cabo un automonitoreo diario de los niveles de glucosa en su sangre en ayuno y una o dos hora posprandial (después de una comida) para evaluar el efecto del tratamiento (ADA, 2015; Hod *et al.*, 2015).

Si bien la IADPSG, respaldada por la WHO y la ADA, estableció dicho protocolo para el diagnóstico universal y el control de la diabetes *mellitus* gestacional, la FIGO entiende que no es una realidad para todas las comunidades ni todos los países del mundo, ya que realizar la prueba de tolerancia oral a la glucosa y determinar los niveles de ésta en todas las mujeres embarazadas mediante pruebas realizadas en laboratorios validados representa un alto costo para el sector salud. Es por ello que muchos países de bajos y medianos ingresos, incluyendo México, no realizan la prueba diagnóstica a todas las mujeres embarazadas, lo que implica una subestimación de la prevalencia real de la enfermedad. Es importante destacar que dichos países contribuyen con 85% de los partos a nivel mundial, así como con 80% de casos de diabetes *mellitus*. Por ello, si bien se propone estandarizar y unificar la prueba diagnóstica a nivel mundial, la iniciativa de la FIGO promueve que cada país implemente su uso con base en sus recursos económicos, humanos y de infraestructura (Hod *et al.*, 2015).

La prueba de tolerancia oral a la glucosa es considerada el “estándar de oro” para el diagnóstico de diabetes *mellitus* gestacional, pero representa una detección tardía de la misma. La mayoría de los países realizan la prueba hasta las semanas 24 a 28 de gestación, debido a que corresponden con el

momento en el que la resistencia a la insulina se encuentra bien establecida en el embarazo. En otras palabras, las alteraciones metabólicas maternas y fetales ya han iniciado al momento del diagnóstico, dejando una corta ventana para iniciar con el tratamiento necesario para normalizar los niveles sanguíneos de glucosa. Es por ello que diversos grupos de investigación han invertido en la búsqueda de nuevas herramientas para el diagnóstico temprano (primer trimestre de gestación) de diabetes *mellitus* gestacional con el fin de sustituir la prueba actual, la cual conlleva un alto costo, múltiples extracciones de sangre, efectos secundarios como náuseas, vómitos, cefaleas, entre otros y, adicionalmente, una baja reproducibilidad, pues es altamente vulnerable a factores internos y externos. Dentro de las características buscadas en un nuevo biomarcador para el diagnóstico preciso de este tipo de diabetes resaltan que sea una prueba realizada con una única extracción de sangre (poco invasiva), de bajo costo, de fácil acceso y que pueda llevarse a cabo en el campo, con el fin de lograr un tamizaje universal; lo anterior sin sacrificar la sensibilidad y especificidad de la prueba diagnóstica (Bogdanet *et al.*, 2021).

INVESTIGACIÓN

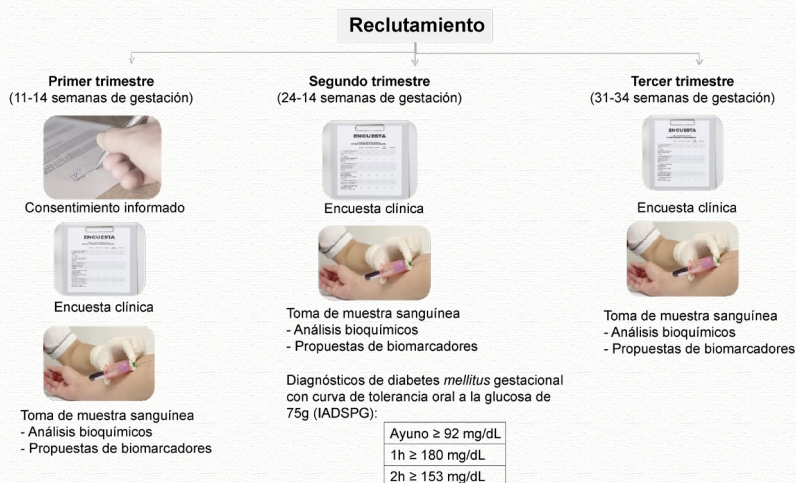
Este proyecto de investigación tuvo como objetivo identificar nuevos biomarcadores candidatos para el diagnóstico temprano de diabetes *mellitus* gestacional en mujeres mexicanas embarazadas. El proyecto fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro y por el Comité de Investigación del Hospital de Especialidades del Niño y la Mujer Dr. Felipe Nuñez Lara. De mayo del 2018 a noviembre del 2019 se llevó a cabo el reclutamiento de 200 mujeres mexicanas embarazadas (de entre 11 y 14 semanas de gestación) de 18 a 40 años de edad y residentes del estado de Querétaro, las cuales fueron invitadas a participar en un estudio observacional longitudinal (Figura 1).

Una vez que las mujeres aceptaron participar en el estudio, se comenzó el procedimiento y la firma del consentimiento informado. Posteriormente, se realizó la recolección de datos personales, antecedentes familiares y médicos, y la valoración antropométrica, donde se tomó medida de su estatura

y peso para obtener el índice de masa corporal (IMC) e identificar si las participantes se encontraban en bajo peso, normopeso, sobrepeso u obesidad. Finalmente, se realizó la toma de una muestra sanguínea en ayuno, la cual fue entregada a la Unidad de Servicios Químicos de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro para la determinación de glucosa, insulina, triglicéridos, colesterol total, HDL y LDL.

Una semana después de haber realizado la toma de muestra, se entregaron los resultados correspondientes. Estos les fueron explicados a las participantes y, en caso de ser necesario, se las refirió a su médico de cabecera para darles seguimiento. En este estudio se trabajó de la mano con los médicos que atendían a las participantes con el fin de asegurar un adecuado seguimiento médico. Al ser un estudio longitudinal, éstas fueron programadas para una segunda evaluación entre las semanas 24 y 28 de gestación y para una tercera entre las semanas 30 y 33. En dichas evaluaciones se repitieron las encuestas, mediciones y análisis bioquímicos previamente descritos. Adicionalmente, en el lapso entre las semanas 24 y 28 se realizó la prueba de tolerancia oral a la glucosa de 75 g para realizar el diagnóstico de diabetes *mellitus* gestacional siguiendo las recomendaciones de la IADPSG.

FIGURA 1. ESQUEMA DEL PROCESO DE RECLUTAMIENTO Y MONITOREO DE LAS PARTICIPANTES DEL ESTUDIO



La valoración inicial de las participantes permitió identificar que más de 80% presentó por lo menos un factor predisponente para el desarrollo de la diabetes *mellitus* gestacional: sobrepeso pregestacional (31%), obesidad pregestacional (25%), hiperglucemia pregestacional (8%) o familiares en línea directa con antecedentes de diabetes *mellitus* (75%). Sin embargo, únicamente 23.9% de las participantes desarrolló la enfermedad, lo que indica que la presencia de factores predisponentes no es determinante para padecer esta complicación. Con respecto a la edad materna de las participantes, se encontró que fue significativamente mayor en las mujeres que desarrollaron diabetes *mellitus* gestacional (29 años) en comparación con las que no (23.92). De acuerdo con la IDF, la edad materna avanzada (más de 35 años) es considerada como un factor predisponente para el desarrollo de diabetes *mellitus* gestacional; no obstante, sólo una participante de nuestro estudio tenía una edad materna avanzada.

Con respecto a la prueba de tolerancia oral a la glucosa, es importante mencionar que las mujeres que desarrollaron diabetes *mellitus* gestacional presentaron niveles altos de ésta tanto en condiciones de ayuno como en una etapa posprandial. Adicionalmente, estas mujeres mostraron niveles elevados de glucosa e insulina en los primeros tres trimestres de gestación, desarrollando un estado de resistencia a la insulina desde etapas tempranas del embarazo. Asimismo, mostraron niveles altos de colesterol total (hipercolesterolemia) y triglicéridos (hipertrigliceridemia), lo que pudo haber promovido el estado de resistencia a la insulina observado al inicio del embarazo (Sharami *et al.*, 2019).

Para la búsqueda de biomarcadores candidatos para el diagnóstico oportuno de la diabetes *mellitus* gestacional, se realizaron dos estudios. En el primero, se analizaron nueve proteínas que fueron propuestas por investigadores de otros países para el diagnóstico temprano de esta enfermedad: adiponectina (AdipoQ), proteína A plasmática asociada al embarazo (PAPP-A) (estudio en población italiana; Farina *et al.*, 2017), globulina fijadora de hormonas sexuales (SHBG) (estudio en población china; Zhang *et al.*, 2018), proteína de unión a ácidos grasos de adipocitos (FABP4) (estudio en población china; Tu *et al.*, 2017), proteína de unión al factor de crecimiento 5 similar a la insulina (IGFBP-5) (estudio en población china; Zhao *et al.*, 2017), afamina (AFM) (estudio en población alemana; Köninger *et al.*,

2018), proteína A2 plasmática asociada al embarazo (PAPP-A2) (estudio en población sueca; Dereke *et al.*, 2019), proteína de unión a retinol 4 (RBP4) (estudio en población china; Jin *et al.*, 2020) y resistina (RETN) (estudio en población ghana; Bawah *et al.*, 2019).

Se realizó la determinación simultánea de las nueve proteínas en las muestras de suero obtenidas de las mujeres embarazadas en su primer trimestre. Para lo anterior, se diseñó un arreglo de anticuerpos utilizando el principio de diseño de ELISA tipo sandwich (RayBio Custom G-Series Human Cytokine Antibody Array). El análisis consistió en fijar en el soporte de chip de vidrio los anticuerpos correspondientes a las nueve proteínas de interés, los cuales fueron bloqueados para evitar uniones inespecíficas. Posteriormente, las muestras de suero fueron incubadas en el soporte, lavando aquellas proteínas no adheridas (proteínas no específicas). A continuación, se agregó un cóctel de anticuerpos secundarios biotinilados seguido de un fluoróforo conjugado con estreptavidina, lo que permite visualizar una señal de fluorescencia con un escáner láser. Se hizo la lectura de la intensidad de las señales, la cual es proporcional a la concentración de la proteína en la muestra, y se llevó a cabo el procesamiento de datos correspondiente, que incluyó un análisis multivariado, realizado por medio de la examinación de componentes principales (PCA) y modelos de regresión lineal ajustados con covariables, y un análisis univariado por medio de la prueba de U de Mann-Whitney (software R).

De las nueve proteínas analizadas, únicamente tres mostraron diferencias significativas entre las mujeres con y sin diabetes *mellitus* gestacional: SHBG, IGFBP-5 y FABP4. Éstas se encontraron 1.5, 6.0 y 4.9 veces más altas, respectivamente, en mujeres con la enfermedad. Es importante mencionar que ya se ha reportado previamente la implicación de dichas proteínas en el desarrollo de resistencia a la insulina, por lo que fueron propuestas como biomarcadores potenciales para el diagnóstico de diabetes *mellitus* gestacional. Una vez analizados los datos, se seleccionaron tales proteínas para su cuantificación en las muestras séricas obtenidas de las mujeres embarazadas utilizando kits de ELISA tipo sandwich con detección colorimétrica. Los resultados fueron examinados mediante un análisis univariado que consistió en realizar la prueba de U de Mann-Whitney (software R). Únicamente la proteína FABP4 presentó diferencias significativas entre los grupos de estu-

dio, pues mostró un aumento de 2.7, 1.9 y 1.6 veces en el primer, segundo y tercer trimestre de gestación de las mujeres que desarrollaron diabetes *mellitus* gestacional. Esta proteína está implicada en el transporte de ácidos grasos y se ha reportado que una elevación de la misma aumenta la acumulación de ácidos grasos libres en las células, lo que promueve la inhibición de la señalización de la insulina y, por lo tanto, un estado de resistencia a ésta (Trojnar *et al.*, 2019).

Finalmente, se realizó la validación de la proteína FABP4 como candidata de prueba diagnóstica utilizando curvas, característica operativa del receptor (ROC), las cuales indican si una prueba es capaz de diferenciar a los pacientes con la enfermedad de aquellos que no la tienen. La FABP4 mostró un valor de área bajo la curva ROC (AUC) de 0.914 (intervalo de confianza: 0.815-1.013) en el primer trimestre de gestación. La AUC indica la precisión de la prueba diagnóstica, presentando valores de 0 (imprecisa) a 1 (perfectamente precisa). Un valor de AUC de 0.90 a 0.99 indica que la prueba diagnóstica es excelente, por lo que el resultado obtenido apunta que la FABP4 permite la discriminación entre mujeres con y sin diabetes *mellitus* gestacional. Sin embargo, es importante mencionar que la capacidad diagnóstica de la proteína disminuyó conforme avanzó el embarazo. El valor de AUC en el segundo trimestre fue de 0.8351 (prueba diagnóstica buena; intervalo de confianza: 0.679-0.990) y de 0.7579 (prueba diagnóstica aceptable; intervalo de confianza: 0.585-0.931) en el tercero. Lo anterior podría estar relacionado con la alteración del metabolismo de lípidos y el aumento de la adiposidad conforme avanza el embarazo, lo que impacta en los niveles de la FABP4 (Trojnar *et al.*, 2019).

En el segundo estudio, se llevó a cabo un análisis metabolómico dirigido de las muestras séricas obtenidas de las mujeres embarazadas en los tres trimestres de gestación. Dicho estudio tiene como propósito identificar un gran número de metabolitos (productos o intermediarios del metabolismo) de manera simultánea, por lo que se realizó una extracción de metabolitos polares para su posterior análisis en un equipo de cromatografía líquida de ultra resolución (UPLC) acoplado a un espectrómetro de masas de cuadrupolo-tiempo de vuelo (QToF MS^E) (Álvarez Rodríguez *et al.*, 2020). Se identificaron 78 metabolitos en las muestras mencionadas (software UniFi de Waters).

Los resultados fueron examinados por medio de un estudio multivariado que consistió en un análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales (PLS-DA), seguido de un estudio univariado realizado por medio de la prueba de U de Mann-Whitney (software R). El análisis estadístico de los datos permitió identificar 17 metabolitos como candidatos a biomarcadores de diagnóstico de la diabetes *mellitus* gestacional, por lo que fueron seleccionados para la construcción de curvas ROC. De los 17, únicamente tres presentaron valores altos de AUC en el primer trimestre de gestación, indicando que podrían ser excelentes candidatos para dicha prueba diagnóstica: el metabolito lisoPI (20:1) presentó un AUC de 0.952 (intervalo de confianza: 0.855-1.000), el lisoPI (20:4) de 0.939 (intervalo de confianza: 0.825-1.000) y el PA (16:1/20:3) de 0.904 (intervalo de confianza: 0.772-0.994).

Posteriormente, se realizó el monitoreo de dichos metabolitos en los tres trimestres de gestación, donde únicamente el lisoPI (20:4) presentó diferencias significativas en los tres trimestres de gestación, encontrándose 1.5-1.8 veces más bajo en mujeres con diabetes *mellitus* gestacional. Por ello, este metabolito podría ser utilizado no sólo para realizar un diagnóstico oportuno en el primer trimestre, sino también para monitorear la enfermedad durante todo el embarazo, es decir, evaluar su progresión. Sin embargo, es necesario realizar más estudios para identificar cómo se ve afectado este metabolito con los cambios de estilo de vida y los tratamientos farmacológicos recomendados cuando se realiza el diagnóstico de la diabetes *mellitus* gestacional.

Hasta el momento, los resultados corresponden a la generación de información científica básica que permite proponer a la proteína FABP4 y a los metabolitos lisoPI (20:1), lisoPI (20:4) y PA (16:1/20:3) como candidatos a biomarcadores de diabetes gestacional. Sin embargo, estos son resultados obtenidos de un proyecto realizado en un estudio piloto de una población limitada con características que no representan a toda la población mexicana. Para continuar con la validación diagnóstica de estos biomarcadores es necesario realizar el estudio con una población representativa, para lo cual debe implementarse una prueba diagnóstica rápida, económica y de fácil interpretación, ya que las técnicas utilizadas en este proyecto son exploratorias y de alto costo. Debido a que la proteína FABP4 mostró la mayor

sensibilidad y especificidad, ésta fue seleccionada para iniciar con el desarrollo de pruebas rápidas de diagnóstico con tiras de inmunocromatografía de flujo lateral, cuya principal aplicación es la detección de la proteína gonadotropina coriónica humana (hCG) para el diagnóstico del embarazo. El desarrollo de las tiras reactivas para la detección de FABP4 en la sangre permitirá evaluar el potencial de este biomarcador como una herramienta diagnóstica en un estudio observacional de mayor escala.

IMPACTO

Una de las estrategias propuestas por la Organización Panamericana de la Salud (PAHO, por sus siglas en inglés) para controlar el aumento sostenido de la prevalencia de diabetes *mellitus* a nivel mundial es que los gobiernos locales y nacionales promuevan hábitos de vida saludable, expandan el acceso a pruebas de diagnóstico y al tratamiento de la enfermedad, y fortalezcan su monitoreo (PAHO, 2021). En el marco del día mundial de la diabetes 2021, la PAHO nos recuerda que se debe concientizar a la población sobre las numerosas complicaciones de la diabetes *mellitus*, las cuales merman el estado de salud y afectan negativamente la calidad de vida del paciente y de su familia. Así, la PAHO resalta la importancia de mejorar la educación sobre la salud de la población con el fin de que conozca cómo prevenir el desarrollo de la enfermedad y cómo controlarla, cuáles son los síntomas y cómo reconocerlos, y cuándo buscar atención médica. Aunado a lo anterior, el sistema de salud y los investigadores de áreas biomédicas debemos trabajar en conjunto en la búsqueda de mejores herramientas diagnósticas, tratamientos farmacológicos y sistemas de monitoreo de la diabetes *mellitus* para diagnosticarla de manera temprana e implementar tratamientos oportunos que disminuyan el desarrollo de complicaciones y la muerte prematura.

Difícilmente un proyecto de investigación puede lograr todo lo anterior, sin embargo, cada proyecto con enfoque biomédico abona un poco a este objetivo común. En este sentido, el desarrollo de la presente investigación tuvo un impacto positivo directo en las 200 participantes del estudio, quienes recibieron valoraciones antropométricas y bioquímicas gratuitas

acompañadas de una explicación clara de cada resultado, permitiendo que cada una conociera su estado de salud al inicio de su embarazo. Asimismo, se invitó a las participantes a que compartieran sus resultados con sus médicos de cabecera para que fueran incluidos en sus historiales clínicos y, de ser necesario, iniciaran con planes terapéuticos.

Es importante mencionar que se trabajó de la mano de los médicos que atendían a las participantes con el fin de asegurar que los resultados fueran entregados en su siguiente cita prenatal. Las 117 mujeres que asistieron a la segunda valoración (en su segundo trimestre de gestación) recibieron el análisis actualizado de su estado de salud, donde se les indicó su ganancia de peso corporal y si caía en un rango bajo, normal o alto de acuerdo con lo esperado en la población latina. Lo anterior debido a que una ganancia elevada de peso corporal durante el embarazo está asociada con un riesgo aumentado de desarrollo de diabetes *mellitus* gestacional y preeclampsia. De igual forma se les entregó el resultado de sus análisis bioquímicos, donde se les explicó que era normal observar un aumento en el perfil de lípidos debido a las demandas energéticas del feto. A aquellas mujeres que presentaron un incremento anormal de triglicéridos o colesterol total se les indicó que era necesario darle un seguimiento más detallado con su médico de cabecera para evitar el aumento de riesgo cardiovascular (Wang *et al.*, 2017).

Adicionalmente, en esta segunda valoración se realizó la prueba de tolerancia oral a la glucosa para el diagnóstico de diabetes *mellitus* gestacional. A pesar de que la Secretaría de Salud de nuestro país indica que toda mujer embarazada debe ser sujeta a dicha prueba, 90% de las participantes indicaron no haberla recibido en sus embarazos anteriores. Lo anterior sostiene la importancia de difundir la concientización sobre la diabetes *mellitus* a la comunidad médica y a la sociedad, ya que no es posible tratar una enfermedad que no es diagnosticada de manera oportuna. El desarrollo de este proyecto permitió diagnosticar a 28 mujeres con diabetes *mellitus* gestacional, pero independientemente de si no fueron diagnosticadas se les brindó una explicación clara sobre qué es la enfermedad, cómo se diagnostica, cuáles son los factores de riesgo (aclarando que algunas mujeres desarrollan la enfermedad aun sin presentar ninguno de estos factores) y cuáles las complicaciones fetales, neonatales y maternas. Además, a las mujeres diagnosticadas se les explicó el diagrama de toma de decisiones para

el tratamiento y monitoreo de la enfermedad, con el fin de que tuvieran un conocimiento previo del tema antes de ir con su médico de cabecera.

En la tercera valoración se atendió a 83 mujeres en su tercer trimestre de gestación, a quienes se les explicaron los resultados correspondientes a su última evaluación y se les agradeció su participación, explicándoles cómo ésta impactó en el desarrollo de nuestro proyecto de investigación. Los análisis bioquímicos realizados en cada valoración de las participantes no son rutinarios en las valoraciones prenatales, por lo que los resultados brindados a cada una de ellas les permitió a sus médicos tener un panorama más amplio de su estado de salud. Por otro lado, existen pocos estudios enfocados en la búsqueda de nuevas herramientas para el diagnóstico temprano de diabetes *mellitus* en población mexicana, por lo que la resolución de este proyecto propone una proteína (FABP4) y un metabolito (lisoPI (20:4)) como candidatos para el diagnóstico temprano (semanas 11 a 14 de gestación) de la enfermedad. Esto sin mencionar que el metabolito lisoPI (20:4) también podría ser utilizado para el monitoreo de la misma durante todo el embarazo.

Si bien los resultados de este proyecto son prometedores debido a la alta especificidad y sensibilidad diagnóstica de los candidatos a biomarcador propuestos, este estudio se considera como piloto debido a las siguientes limitaciones: I) sesgo de reclutamiento, pues el estudio se hizo con mujeres mexicanas embarazadas que asistieron a evaluaciones prenatales en el Hospital de Especialidades del Niño y la Mujer en Querétaro y, por lo tanto, corresponden a una población vulnerable (de bajos recursos económicos) que no representa a toda la población mexicana; II) factores de riesgo étnicos de la población de estudio, ya que las mujeres adultas mexicanas tienen una alta probabilidad de desarrollar diabetes *mellitus* gestacional por predisposiciones genéticas; y III) diseño de estudio exploratorio por el tamaño de muestra estudiada.

LECCIONES APRENDIDAS

Si bien un estudio de investigación en el área biomédica brinda una satisfacción muy alta a todos los actores que participamos en su diseño, ejecución

e interpretación de datos, es importante mencionar que éste es el primer proyecto realizado en esta línea de investigación, por lo que el aprendizaje se dio conforme se avanzó en el desarrollo del proyecto. El primer reto fue la obtención de financiamiento para iniciar con el estudio. Afortunadamente, contamos con varios apoyos institucionales que permitieron una inyección continua de dinero para financiar cada una de las etapas del proyecto. Por ello, nos permitimos agradecer al Fondo para el Fortalecimiento de la Investigación (FOFI, FCQ201810) y al Fondo de Proyectos Especiales de Rectoría (FOPER-2019-00619 y FOPER-2020-FQU0222).

El segundo reto fue la aprobación del proyecto de investigación por parte del Hospital de Especialidades del Niño y la Mujer para poder reclutar a las participantes del estudio. Debido a que no se contaba con un convenio previo con esta institución, el Comité de Investigación del hospital llevó a cabo el proceso y escrutinio del proyecto, lo que nos brindó la oportunidad de analizar cómo tener una mejor interacción investigador-participante-médico, promoviendo siempre la transparencia en la transferencia de resultados y una correcta interpretación de los mismos. En este sentido, agradecemos el apoyo del doctor Luis Nelson Bautista García, jefe de Enseñanza e Investigación del Hospital de Especialidades del Niño y la Mujer, y al doctor Carlos Arturo Rebolledo Fernández, médico gineco-obstetra que nos permitió trabajar en su área para el reclutamiento de participantes, la aplicación de cuestionarios y la toma de muestras sanguíneas durante todo el estudio.

Una de las mayores limitantes del estudio fue el tamaño de muestra, ya que, si bien iniciamos con 200 mujeres reclutadas, terminamos el monitoreo del tercer trimestre con únicamente 83, lo que nos da una deserción del 41.5%. Dicho valor es alto y se debió, principalmente, a que muchas de las participantes no contaban con los recursos económicos para asistir a sus citas prenatales trimestrales. Ésta es una situación lamentable, pues se estima que países de bajos y medianos ingresos contribuyen con 90% de muertes maternas y perinatales asociadas a una baja disponibilidad de atención médica oportuna. Por otra parte, esta tasa de deserción debe ser analizada en sus posibles sesgos de autoselección potencialmente inducidos.

Finalmente, el tercer reto ocurrió en el ámbito de la investigación. Trabajar con tecnología de vanguardia para la identificación de biomarcadores

diagnóstico presenta como clara ventaja la obtención de resultados innovadores y confiables, pero viene de la mano de retos para montar, validar e interpretar dichos resultados. En este sentido, rápidamente aprendimos que las colaboraciones con científicos expertos en el uso de tales tecnologías y en el análisis e interpretación de datos complejos poblacionales son necesarias para la ejecución de proyectos de investigación de esta índole.

REFERENCIAS

- ALFADHLI, E.M. (2015). Gestational diabetes mellitus. *Saudi Medical Journal*, 36(4), pp. 399-406. <https://doi.org/10.15537/smj.2015.4.10307>
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. (2015). Standards of medical care in diabetes-2015. *Diabetes Care*, 38(1), s1-s90. Recuperado de: <https://www.sahta.com/docs/standardsDiabetes.pdf>
- BAWAH, A.T., Seini, M.M., Abaka, A., Alidu, H. y Nanga, S. (2019). Leptin, resistin and visfatin as useful predictors of gestational diabetes mellitus. *Lipids in Health and Disease*, 18(1), pp. 221-228. <https://doi.org/10.1186/s12944-019-1169-2>
- BOGDANET, D., Reddin, C., Murphy, D., Doheny, H.C., Halperin, J.A., Dunne, F. y O'Shea, P.M. (2021). Emerging protein biomarkers for the diagnosis or prediction of gestational diabetes-a scoping review. *Journal of Clinical Medicine*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/jcm10071533>
- CATALANO, P.M. (2014). Trying to understand gestational diabetes. *Diabetic Medicine*, 31(3), pp. 273-281. <https://doi.org/10.1111/dme.12381>
- DEREKE, J., Nilsson, C., Strevens, H., Landin, M. y Hillman, M. (2020). Pregnancy-associated plasma protein-A2 levels are increased in early-pregnancy gestational diabetes: a novel biomarker for early risk estimation. *Diabetic Medicine*, 37(1), pp. 131-137. <https://doi.org/10.1111/dme.14088>
- FARINA, A., Eklund, E., Bernabini, D., Paladino, M., Righetti, F., Monti, G. y Lambert, G. (2017). A first-trimester biomarker panel for predicting the development of gestational diabetes. *Reproductive Sciences*, 24(6), pp. 954-959. <https://doi.org/10.1177/1933719116675057>
- HOD, M., Kapur, A., Sacks, D.A., Hadar, E., Agarwal, M., Di Renzo, G.C., Cabrero, L., McIntyre, H.D., Morris, J.L. y Divakar, H. (2015). The In-

- ternational Federation of Gynecology and Obstetrics (FIGO) initiative on gestational diabetes *mellitus*: a pragmatic guide for diagnosis, management, and care. *International Journal of Gynecology and Obstetrics*, 131(3), pp. s173-s211. Recuperado de: https://www.worlddiabetesfoundation.org/sites/default/files/FIGO_Initiative_on_GDM.pdf
- INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL. (2016). Diagnóstico y tratamiento de la diabetes en el embarazo. Recuperado de: <http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/320GER.pdf>
- INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. (2017). *IDF Diabetes Atlas*. Bruselas: International Diabetes Federation. Recuperado de: <http://www.diabetesatlas.org>
- JIN, C., Lin, L., Han, N., Zhao, Z., Liu, Z., Luo, S., Xu, X., Liu, J. y Wang, H. (2020). Plasma retinol-binding protein 4 in the first and second trimester and risk of gestational diabetes mellitus in chinese women: a nested case-control study. *Nutrition & Metabolism*, 17(1), pp. 1-7. <https://doi.org/10.1186/s12986-019-0425-9>
- KÖNINGER, A., Mathan, A., Mach, P., Frank, M., Schmidt, B., Schleussner, E., Kimmig, R., Gellhaus, A. y Dieplinger, H. (2018). Is afamin a novel biomarker for gestational diabetes mellitus? A pilot study. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 16(1), pp. 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12958-018-0338-x>
- MCINTYRE, H.D., Catalano, P., Zhang, C., Desoye, G., Mathiesen, E.R. y Damm, P. (2019). Gestational diabetes mellitus. *Nature Reviews Disease Primers*, 5(1), pp. 47-92. <https://doi.org/10.1038/s41572-019-0098-8>
- PLOWS, J.F., Stanley, J.L., Baker, P.N., Reynolds, C.M. y Vickers, M.H. (2018). The pathophysiology of gestational diabetes mellitus. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(11). <https://doi.org/10.3390/ijms19113342>
- SHARAMI, S.H., Ranjbar, Z.A., Alizadeh, F. y Kazemnejad, E. (2019). The relationship of hyperlipidemia with maternal and neonatal outcomes in pregnancy: a cross-sectional study. *International Journal of Reproductive BioMedicine*, 17(10). <https://doi.org/10.18502/ijrm.v17i10.5294>
- TROJNAR, M., Patro, J., Kimber, Ž., Leszczyńska, B. y Mosiewicz, J. (2019). Associations between fatty acid-binding protein 4-A proinflammatory adipokine and insulin resistance, gestational and type 2 diabetes mellitus. *Cells*, 8(3), pp. 227-242. <https://doi.org/10.3390/cells8030227>

- TU, W., Guo, M., Shi, X., Cai, Y., Liu, Q. y Fu, C. (2017). First-trimester serum fatty acid-binding protein 4 and subsequent gestational diabetes mellitus. *Obstetrics & Gynecology*, 130(5), pp. 1011-1016. <https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000002310>
- WANG, C., Zhu, W., Wei, Y., Su, R., Feng, H., Hadar, E., Hod, M. y Yang, H. (2017). The associations between early pregnancy lipid profiles and pregnancy outcomes. *Journal of Perinatology*, 37(2), pp. 127-133. <https://doi.org/10.1038/jp.2016.191>
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2019). *Classification of diabetes mellitus*. Ginebra: WHO. Recuperado de: <https://www.who.int/publications/i/item/classification-of-diabetes-mellitus>
- ZHANG, T., Du, T., Li, W., Yang, S. y Liang, W. (2018). Sex hormone-binding globulin levels during the first trimester may predict gestational diabetes mellitus development. *Biomarkers in Medicine*, 12(3), pp. 239-244. <https://doi.org/10.2217/bmm-2016-0030>
- ZHAO, D., Shen, L., Wei, Y., Xie, J., Chen, S., Liang, Y., Chen, Y. y Wu, H. (2017). Identification of candidate biomarkers for the prediction of gestational diabetes mellitus in the early stages of pregnancy using iTRAQ quantitative proteomics. *Proteomics-Clinical Applications*, 11(7-8). <https://doi.org/10.1002/prca.201600152>

DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE PIE DIABÉTICO
EN PACIENTES ADULTOS QUERETANOS CON DIABETES
MELLITUS TIPO 2 POR MEDIO DE BIOMARCADORES
SÉRICOS

*EARLY DIAGNOSIS OF DIABETIC FOOT IN ADULT PATIENTS
FROM QUERETARO WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS
USING SERUM BIOMARKERS*

IGNACIO IVÁN ÁLVAREZ RODRÍGUEZ¹
JUANA ELIZABETH ELTON PUENTE²
ROSALÍA REYNOSO CAMACHO³
EDUARDO CASTAÑO TOSTADO⁴
ALICIA BARAJAS POZOS⁵
IZA FERNANDA PÉREZ RAMÍREZ⁶

RESUMEN

La Federación Internacional de Diabetes estima que cada 30 segundos una persona en el mundo sufre una amputación parcial o total de alguna de sus extremidades inferiores como consecuencia de la neuropatía y polineuropatía ocasionada por la diabetes *mellitus* (DM). Esta alteración metabólica es conocida como pie diabético y se caracteriza por la pérdida de sensibilidad en los miembros inferiores, lo que facilita el desarrollo de lesiones o úlceras que suelen presentar infecciones superficiales o profundas y que pueden comprometer la viabilidad del miembro. Dependiendo del nivel de amputación, esta complicación reduce la calidad de vida del individuo debido a una menor capacidad de deambulación, disminuye su productividad y aumenta el riesgo de una muerte prematura.

¹ Facultad de Ciencias Naturales, nch.pronut@gmail.com

² Facultad de Ciencias Naturales, elizabeth.elton@uaq.edu.mx

³ Facultad de Química, rrcamachomx@yahoo.com.mx

⁴ Facultad de Química, ecastano@uaq.mx

⁵ Hospital General de Querétaro.

⁶ Facultad de Química, iza.perez@uaq.mx

Si bien la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) reportó un aumento en la prevalencia de úlceras de 7.2 a 9.1% y de amputaciones de 2.0 a 5.4% del 2012 al 2016, las herramientas actuales de diagnóstico de pie diabético clasifican las heridas de acuerdo con el grado de profundidad, isquemia e infección, pero no realizan un diagnóstico de la enfermedad previo a la aparición de heridas visibles (Romero Martínez *et al.*, 2013). Debido a que la DM no ha mostrado una disminución en frecuencia, intensidad ni gravedad, resulta urgente el desarrollo de nuevas herramientas de diagnóstico temprano del pie diabético (Ensanut MC, 2016).

La investigación se llevó a cabo en colaboración con el Hospital General de Querétaro (HGQ), el cual realiza, de manera rutinaria, la clasificación de heridas de pie diabético utilizando la escala de Wagner-Meggitt y su posterior curación. La primera etapa de este proyecto consistió en aplicar pruebas sensoriales (presión, vibración y reflejo aquileo) a individuos que asistieron al HGQ de enero a diciembre del 2018. Si bien las tres pruebas permitieron identificar alteraciones tempranas de sensibilidad en individuos con DM tipo 2 (DM2) sin heridas visibles, únicamente la prueba de vibración con monofilamento en seis puntos mostró una alta predicción del riesgo de desarrollar úlceras de pie diabético. Debido a lo anterior, se recomendó al HGQ aplicar dicha prueba sensorial de manera rutinaria a los pacientes con DM, pues es, además, sencilla, económica, indolora y no invasiva.

En la segunda etapa de este proyecto se realizó un análisis químico exhaustivo de las muestras sanguíneas de los participantes. A partir de éste se identificó el metabolito lisofosfatidiletanolamina (16:1) como un marcador ligeramente elevado en individuos con DM2 sin lesiones visibles, pero muy elevado en individuos con DM2 con lesiones visibles, sin importar el grado de complicación. Por esta razón, dicho metabolito se propone como un candidato a biomarcador para el diagnóstico temprano del pie diabético. Finalmente, se realizaron análisis bioquímicos gratuitos y se aplicaron encuestas de alimentación y actividad física con el propósito de brindar un panorama de su estado metabólico a los participantes. A los individuos diagnosticados con DM2 se les hicieron recomendaciones dietarias y de estilo de vida para llevar a cabo un adecuado control de su enfermedad, explicándoles cuáles son las posibles complicaciones de una DM2 no controlada y las estrategias para prevenir su desarrollo.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y CONTEXTO

La diabetes *mellitus* es un trastorno metabólico caracterizado por una elevación de los niveles de glucosa en la sangre y por una deficiencia en la producción o en la actividad de la insulina, hormona que facilita el ingreso de la glucosa a las células para generar la energía que utilizamos en nuestras acciones, desde dormir hasta correr (ADA, 2021a). La diabetes *mellitus* afecta todos los órganos y tejidos del cuerpo (Prieto Gómez *et al.*, 2017), al grado de que se estima que cada 10 segundos alguien fallece en el mundo debido a esta enfermedad (Mora Morales, 2014). En México, los casos de personas que viven con diabetes *mellitus* aumentan año con año. En 2018, la ENSANUT reportó una prevalencia nacional de 10.3% (ENSANUT MC, 2018).

La Asociación Estadounidense de Diabetes (ADA, por sus siglas en inglés) clasifica esta enfermedad en cuatro categorías: diabetes *mellitus* tipo 1, la cual se caracteriza por una destrucción autoinmune de las células pancreáticas que supone una deficiencia absoluta de insulina y una consecuente hiperglucemia; diabetes *mellitus* tipo 2, durante la cual se presenta una disminución en la función de la insulina (resistencia a la insulina) que ocasiona una hiperglucemia crónica y una pérdida progresiva de la secreción de insulina por las células pancreáticas (hipoinsulinemia); diabetes *mellitus* gestacional, la cual es un estado transitorio de resistencia a la insulina desarrollada y diagnosticada durante el embarazo; y otros tipos específicos de diabetes *mellitus*, que son consecuencia de otras causas como el síndrome de diabetes monogénica, las enfermedades exócrinas pancreáticas o la diabetes inducida por fármacos o drogas. Cabe mencionar que, si bien el origen y desarrollo de cada una de las categorías de la diabetes *mellitus* son distintos, todas se caracterizan por un estado de hiperglucemia crónica, por lo que los individuos diagnosticados con algún tipo de diabetes *mellitus* presentan un alto riesgo de desarrollar complicaciones a corto, mediano y largo plazo (ADA, 2021a).

De acuerdo con la Federación Internacional de Diabetes (IDF, por sus siglas en inglés), la diabetes *mellitus* tipo 2 representa entre 90 y 95% del total de casos de diabetes *mellitus* a nivel mundial, lo que equivale a alrededor de 540 millones de personas en 2019 (ADA, 2019). Sin embargo, se estima que

alrededor de 239.7 millones de personas con diabetes *mellitus* en el mundo no han sido diagnosticadas con la enfermedad, es decir, casi una de cada dos personas con diabetes no tiene conocimiento de su padecimiento, por lo que los datos de prevalencia, morbilidad y mortalidad son subestimados. Lo anterior ha sido asociado a que la mayoría de los individuos que viven con diabetes *mellitus* tipo 2 presentan síntomas tan ligeros que pasan desapercibidos, entre los cuales se incluyen poliuria (excesiva producción de orina), polidipsia (excesiva sensación de sed), polifagia (excesiva sensación de hambre), fatiga extrema, visión borrosa, cortaduras o golpes que demoran mucho en sanar y cosquilleo, entumecimiento o dolor en extremidades (manos o pies) (ADA, 2021a).

Con el propósito de realizar un diagnóstico oportuno de la diabetes *mellitus*, diversas asociaciones internacionales han propuesto que todo individuo con algún factor de riesgo sea sometido a una prueba diagnóstica, independientemente de si presenta o no alguno de los síntomas característicos de la enfermedad. Los factores de riesgo de la diabetes *mellitus* tipo 2 son tener más de 45 años, sobrepeso u obesidad (índice de masa corporal [IMC] $> 25 \text{ kg/m}^2$), antecedentes familiares de diabetes *mellitus*, consumo de medicamentos tales como glucocorticoides, tiazidas diuréticas, antipsicóticos atípicos o medicación para el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), y vivir con VIH. Esta prueba tiene el objetivo de realizar el diagnóstico oportuno de diabetes *mellitus* para iniciar con el tratamiento de la enfermedad antes de la aparición de complicaciones y así evitar la afectación de la calidad de vida del individuo y su muerte prematura (IDF, 2021).

Lamentablemente, existe una disparidad regional en la falta de diagnóstico de la diabetes *mellitus*, ya que 87.5% de los casos no diagnosticados corresponden a países de bajo y mediano ingreso. En México, 6.7 millones de adultos no son diagnosticados, lo que corresponde a una proporción de 47.5%. Lo anterior se relaciona con las condiciones sociales y económicas nacionales que afectan el funcionamiento del sistema de salud, y con la falta de concientización de la población sobre la enfermedad (IDF, 2021).

El tratamiento de la diabetes *mellitus* tipo 2 inicia con la promoción de un estilo de vida saludable, el cual implica llevar una alimentación sana, realizar actividad física de manera regular y disminuir o eliminar el consumo de tabaco y alcohol. Si esto no es suficiente para mantener una normogluce-

mia, se inicia con la administración de fármacos orales hipoglucemiantes, comúnmente metformina. En caso de ser necesario, estos se combinan con la administración de insulina. Cabe destacar que el tratamiento de la diabetes *mellitus* tiene como meta de control mantener niveles de glucosa en la sangre de 80-130 mg/dL bajo condiciones de ayuno y < 180 mg/dL bajo condiciones postprandiales, es decir, después de una comida, con el fin de mantener y mejorar la calidad de vida con el paso del tiempo (IMSS, 2018).

La diabetes *mellitus* puede desencadenar el desarrollo de enfermedades cardio y cerebrovasculares; nefropatía diabética, referida a un daño en la función de los riñones; retinopatía diabética, que afecta la vasculatura de la retina y resulta en la pérdida parcial o total de la visión; y neuropatía diabética, que daña los nervios de todo el cuerpo. Existen distintas clasificaciones de la neuropatía diabética, dentro de las cuales se encuentra la polineuropatía distal simétrica. Ésta representa 75% de las neuropatías diabéticas y se caracteriza por la disfunción de los nervios periféricos, principalmente en manos y pies. La combinación del daño de los vasos sanguíneos (isquemia) y los nervios (neuropatía) puede provocar el desarrollo del pie diabético, que se caracteriza por la presencia de úlceras en extremidades inferiores (Prieto Gómez *et al.*, 2017).

La neuropatía se puede ver reflejada en la presencia de dolor (sensación de quemarse o de escozor) en los pies, sin embargo, usualmente se manifiesta en la presencia de entumecimiento, cosquilleo y debilidad en los mismos. Es por esto por lo que las personas que padecen de pie diabético no sienten cuando presentan alguna lesión en los pies, la cual puede ser ocasionada simplemente por caminar con el calzado inadecuado, tener una piedra en el zapato, una ampolla o una pequeña cortadura; al no sentir dicha lesión, ésta empieza a infectarse. Por otro lado, la isquemia implica un flujo de sangre insuficiente (baja circulación) a los pies debido a que las arterias se hacen más angostas y se endurecen durante la hiperglucemia crónica. Al haber una mala circulación existe una menor capacidad del cuerpo para sanar heridas y, por lo tanto, una pequeña lesión se puede convertir en una úlcera, es decir, en una herida abierta, la cual, de no ser tratada y curada de manera oportuna, puede complicarse y provocar gangrena (muerte del tejido) y la posible amputación parcial o total del miembro (ADA, 2021b).

El pie diabético y las complicaciones de los miembros inferiores son enfermedades crónicas que afectaron a alrededor de 60 millones de personas en todo el mundo en 2020. El pie diabético es una consecuencia de la neuropatía diabética, una de las complicaciones más severas de la diabetes *mellitus*, y representa la segunda causa de amputaciones a nivel mundial, siendo superado sólo por amputaciones derivadas de accidentes (Mora Morales, 2014). Se estima que cada 30 segundos una persona pierde parcial o totalmente alguno de sus miembros inferiores como consecuencia de esta enfermedad (IDF, 2020).

Es importante destacar que la neuropatía diabética es considerada como la complicación más costosa de la diabetes *mellitus* (Prieto Gómez *et al.*, 2017; IDF, 2020). Por ejemplo, en Estados Unidos se estimó que el costo anual para el cuidado del pie diabético es de alrededor de \$8,600 dólares por paciente, lo que representa un gasto médico total de entre 9 y 13 billones de dólares por año en todo el país, sin mencionar los costos que representa el manejo de la diabetes *mellitus* y el tratamiento de las demás complicaciones vasculares (Raghav *et al.*, 2018). Por su parte, de acuerdo con el Instituto Nacional de Salud Pública, se estima que la diabetes *mellitus* le cuesta a México alrededor de 8 billones de dólares, lo que corresponde a 34% del presupuesto de servicios sociales del país. Es decir, se estima que el costo económico de una persona que vive con diabetes *mellitus* con buen control y sin complicaciones es de \$8,000 pesos mexicanos, lo cual aumenta a más de \$300,000 pesos por el cuidado y el manejo de la enfermedad del pie diabético (tratamiento de úlceras neuropáticas, pie neuropático infectado, cuidados avanzados de pies gangrenosos, amputación parcial de miembros inferiores y *bypass* de pie neuroisquémico), pero podría incrementarse aún más si se realiza una amputación mayor (Torres Machorro, 2020). Se debe considerar también que, además de los gastos directos del tratamiento de la enfermedad del pie diabético, existen otros indirectos como la pérdida de productividad parcial o total, que disminuye los ingresos familiares, y la pérdida de la calidad de vida del paciente y su familia (Raghav *et al.*, 2018).

Se estima que la enfermedad del pie diabético se desarrolla en alrededor de 15% de las personas que viven con diabetes *mellitus*; más de la mitad de los casos de úlceras diabéticas se infectan por un mal manejo o cuidado del

pie. Esto ocasiona que alrededor de 20% de los pies infectados sean amputados (Regas *et al.*, 2021). Sin embargo, la enfermedad del pie diabético es prevenible, ya que alrededor de 50% de los casos de neuropatía diabética son sintomáticos y se puede recurrir al cuidado de los pies de manera oportuna, mientras que el otro 50% puede prevenirse con evaluaciones médicas rutinarias.

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), siguiendo las pautas de asociaciones internacionales como la ADA y la IDF, recomienda que toda persona que haya sido diagnosticada con diabetes *mellitus* reciba una exploración de pies al momento del diagnóstico y que se le brinde una revisión anual si presenta bajo riesgo, de tres a seis meses si presenta un riesgo moderado y de uno a tres si presenta un alto riesgo (IMSS, 2014). De acuerdo con ENSANUT, 26.3% de la población adulta mayor de 20 años con diagnóstico de diabetes *mellitus* reportó haberse realizado por lo menos una revisión de pies en los últimos 12 meses (ENSANUT MC, 2016), lo que indica que la mayoría de la población mexicana que vive con la enfermedad no recibe las valoraciones médicas de pies recomendadas nacional e internacionalmente. Esto podría estar relacionado con la alta prevalencia de la enfermedad del pie diabético en México.

Existen diversas herramientas que son utilizadas en las evaluaciones rutinarias de los pies de las personas que viven con diabetes *mellitus*. Dentro de éstas se encuentra la valoración del reflejo aquileo con el martillo terapéutico, que determina la integridad de la raíz nerviosa (Palmer y Elper, 2002), la evaluación con el diapasón de 128 Hz para determinar la sensación vibratoria y la evaluación con el monofilamento de Semmes-Weinstein de 7.5/10 g para el monitoreo de la alteración de la sensación protectora (Saltzman *et al.*, 2004). Lo anterior se encuentra esquematizado en la Figura 1. Dichas herramientas pueden ser utilizadas solas o combinadas y permiten determinar si el individuo tiene una pérdida de sensibilidad en los miembros inferiores, la cual es una característica de la neuropatía diabética. En caso de ser diagnosticado con falta de sensibilidad en algún punto de uno o ambos miembros inferiores, el individuo debe prestar mayor atención al cuidado de los pies, con el fin de identificar de manera oportuna la presencia de alguna herida y asistir a una clínica para recibir los cuidados correspondientes y así evitar una infección (IMSS, 2014).

FIGURA 1. HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN SENSORIAL UTILIZADAS PARA LA VALORACIÓN NEUROLÓGICA DE LOS PIES DE LAS PERSONAS QUE VIVEN CON DIABETES MELLITUS



Por otra parte, los sistemas de clasificación de heridas se usan para describir el sitio, la profundidad y la presencia de neuropatía e isquemia en la extremidad inferior afectada. Los más utilizados son el sistema de clasificación de heridas de Wagner-Meggitt y el sistema de clasificación de heridas diabéticas de la Universidad de Texas, mientras que la herramienta más usada para el pronóstico de heridas es el sistema de clasificación de heridas de San Elián (Oyibo *et al.*, 2001). El inconveniente de todas estas es que permiten la clasificación de las heridas ya presentes con el fin de diseñar la estrategia de curación correspondiente, sin embargo, no existe una herramienta de diagnóstico que posibilite la prevención del pie diabético. Es por ello que diversos grupos de investigadores a nivel mundial han explorado la propuesta de nuevas herramientas que faciliten realizar un diagnóstico oportuno de la enfermedad previo al desarrollo de síntomas o heridas características.

En este sentido, las ciencias ómicas son un conjunto de técnicas que permiten entender las interacciones de distintos componentes dentro de las células y cómo cambian durante el desarrollo de alguna enfermedad. Las ciencias ómicas más estudiadas y conocidas son la genómica y la transcriptómica. La primera estudia los genes (ADN) de un organismo y la segunda la expresión de los genes transcritos (ARN) en una célula o tejido. Sin embargo, existe un creciente interés en la ciencia metabolómica, la cual estudia los metabolitos presentes en una célula o tejido, es decir, aquellas pequeñas

moléculas producidas durante todas las reacciones bioquímicas que lleva a cabo el organismo, por lo que permite entender el desarrollo y la progresión de enfermedades metabólicas (Gan *et al.*, 2020).

El uso de las distintas ciencias ómicas permite la identificación de biomarcadores, los cuales son definidos por la Organización Mundial de la Salud como “cualquier sustancia, estructura o proceso que puede ser medido en el cuerpo o sus productos y que influye o predice la incidencia de un resultado clínico o de una enfermedad”. Estos se clasifican en cuatro categorías: biomarcadores de diagnóstico, que permiten determinar el estado de salud de un individuo; biomarcadores de pronóstico, que permiten clasificar el curso de una enfermedad dada; biomarcadores predictivos, que permiten estimar la respuesta probable a un tratamiento determinado; y biomarcadores de predisposición, que indican el riesgo que tiene un individuo de desarrollar cierta enfermedad. El proceso de desarrollo de biomarcadores es complejo e implica cuatro pasos principales: su descubrimiento, su validación analítica, la evaluación de su utilidad clínica y su aplicación (Quezada *et al.*, 2017).

Diversos estudios han propuesto biomarcadores para el diagnóstico temprano de la diabetes *mellitus* tipo 1, tipo 2 y gestacional (Gan *et al.*, 2020), así como para algunas de sus complicaciones tales como nefropatía (Tofte *et al.*, 2020) y retinopatía diabética (Jenkins *et al.*, 2015), por medio de las ciencias ómicas. Con respecto al pie diabético, se han realizado algunos estudios genómicos y proteómicos para la identificación de genes y proteínas alteradas durante el inicio y el desarrollo de la complicación, sin embargo, han resultado ser inespecíficas. Hasta el momento, no existe un candidato a biomarcador para el diagnóstico temprano del pie diabético que permita brindar un tratamiento oportuno.

INVESTIGACIÓN

El proyecto de investigación tuvo como objetivo identificar biomarcadores séricos para el diagnóstico temprano y de progresión del pie diabético en adultos mexicanos con diabetes *mellitus* tipo 2, el cual fue publicado en la revista Biomarker Insights (Álvarez Rodríguez *et al.*, 2020) y fue parte de

una tesis para la obtención del grado de maestría en Ciencias de la Nutrición Humana de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro (Álvarez Rodríguez, 2020). Cabe mencionar que el protocolo fue registrado ante el Consejo de Posgrado de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro y aprobado por el Comité de Bioética de la misma facultad, el Comité de Bioética Estatal de la Secretaría de Salud del Estado de Querétaro (Seseq) y el Comité de Investigación del Hospital General de Querétaro, siguiendo el diagrama de flujo indicado en la Figura 2.

Se realizó el reclutamiento de 99 adultos mexicanos de ambos sexos de 45 a 64 años en la Clínica de Heridas del Hospital General de Querétaro, excluyendo a mujeres embarazadas o en periodo de lactancia y a personas con enfermedades agudas o cáncer. Su participación fue voluntaria y se realizaron el proceso y la firma del consentimiento informado correspondientes. Posteriormente, se clasificó a los participantes en cada uno de los grupos de estudio, se recolectaron datos personales y clínicos, se hizo una valoración clínica y se tomó una muestra sanguínea siguiendo el diagrama de flujo esquematizado en la Figura 3 (Álvarez Rodríguez, 2020; Álvarez Rodríguez *et al.*, 2020).

FIGURA 2. PROCESO PARA REGISTRO Y APROBACIÓN DE COMITÉS ACADÉMICOS E INSTITUCIONES (ÁLVAREZ RODRÍGUEZ, 2020)

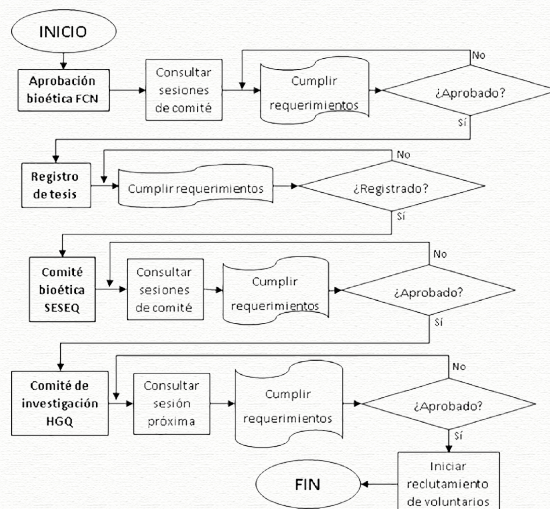
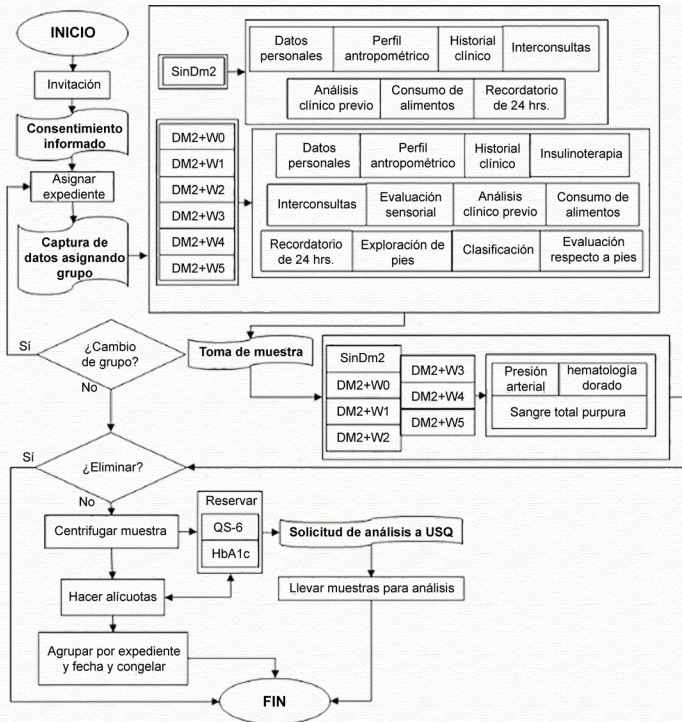


FIGURA 3. PROCESO DE RECLUTAMIENTO, CAPTURA DE DATOS, TOMA DE MUESTRA DE SANGRE, SOLICITUD DE ANÁLISIS Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS (ÁLVAREZ RODRÍGUEZ, 2020)



Los participantes del estudio fueron clasificados en personas con o sin diabetes *mellitus* tipo 2, de acuerdo con su historial clínico (individuos previamente diagnosticados) y con sus niveles de glucosa en la sangre (diagnóstico de diabetes *mellitus*, glucosa en ayuno ≥ 126 mg/dL). Se aplicaron encuestas para conocer sus datos personales, edad y sexo, su historial clínico, la duración de la diabetes *mellitus*, tratamientos farmacológicos, lesiones o amputaciones previas de miembros inferiores y diagnóstico previo de comorbilidades. Además, se aplicaron recordatorios de 24 horas para conocer sus hábitos de alimentación. Dichos datos fueron incluidos en los expedientes de cada participante, siguiendo la ley federal de protección de datos personales y confidencialidad (Álvarez Rodríguez, 2020; Álvarez Rodríguez *et al.*, 2020).

Posteriormente se realizó la evaluación sensorial de los pies de los participantes, la cual fue llevada a cabo por las especialistas María Eugenia García Aguilar y Alicia Barajas Pozos de la Clínica de Heridas del Hospital General de Querétaro. La evaluación consistió en lo siguiente: I) percusión sobre el tendón aquileo utilizando un martillo neurológico, después de la cual se clasificó a la extremidad como sensible si hubo reflejo y no sensible en caso de arreflexia de tendón; II) una percusión en el lado dorsal del primer orjejo con el diapason de 128 Hz, después de la cual se le clasificó como sensible si el paciente manifestó percibir sensación y como no sensible en caso de no percibirla; y III) presión en seis sitios de cada pie utilizando el monofilamento de Semmes-Weinstein de 7.5/10 g, sumando 1 punto a cada sitio donde el voluntario indicó sentir presión (Álvarez Rodríguez, 2020; Álvarez Rodríguez *et al.*, 2020).

A continuación, se realizó la evaluación y clasificación de heridas mediante la escala de Wagner-Meggitt, la cual es la más utilizada y referenciada en el ámbito hospitalario. Ésta evalúa la profundidad de la herida y la presencia de osteomielitis y gangrena, realizando una clasificación en 6 grados: grado 0, sin lesión pre o post ulcerativa; grado 1, úlcera total o parcial; grado 2, herida que penetra el tendón o cápsula; grado 3, herida profunda con osteólisis; grado 4, gangrena parcial del pie; grado 5, gangrena total del pie. Las evaluaciones sensoriales y la clasificación de heridas se llevaron a cabo en ambos pies. En caso de que el paciente tuviera una extremidad amputada, solo se evaluó el pie existente.

Cabe mencionar que todo individuo con diabetes *mellitus* sin lesiones visibles en los pies es clasificado como paciente con pie diabético grado 0, ya que esta herramienta no descarta la presencia de neuropatía o isquemia en las extremidades inferiores, sólo indica la falta de heridas visibles (Wagner, 1981). En la Figura 4 se muestra el esquema de clasificación de pie diabético de Wagner-Meggitt junto con fotografías de algunos participantes de nuestro estudio, quienes dieron su consentimiento de fotodocumentar sus pies y compartirlas con la comunidad respetando su anonimato.

FIGURA 4. ESCALA DE PROGRESIÓN DE HERIDAS DE PIE DIABÉTICO DE ACUERDO CON LA ESCALA WAGNER-MEGGITT EN PACIENTES REALES (ÁLVAREZ RODRÍGUEZ, 2020)



Finalmente, se midió la presión arterial sistólica y diastólica de los pacientes para llevar a cabo el diagnóstico de hipertensión arterial ($\geq 140/90$ mm Hg) y se realizó la toma de una muestra sanguínea bajo condiciones de ayuno, la cual fue utilizada para la determinación de glucosa y HbA_{1c} (diagnóstico de diabetes *mellitus*), triglicéridos y colesterol total (diagnóstico de dislipidemia), urea, creatinina y ácido úrico (diagnóstico de daño renal). Dichos estudios bioquímicos fueron realizados en la Unidad de Servicios Químicos de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro, mientras que el estudio metabolómico fue realizado en el Laboratorio de Bioquímica Molecular de dicha facultad. Para ello se extrajeron metabolitos polares con disolventes orgánicos de las muestras de suero, los cuales fueron concentrados y posteriormente analizados en un equipo de cromatografía de líquidos de ultra resolución (UPLC) acoplado a un espectrómetro de masas de cuadrupolo-tiempo de vuelo (Q-ToF MS^E). La recopilación de los datos se hizo en el software UNIFI (Waters Co.) y su preprocesamiento en el software Progenesis Q1, el cual consiste en la selección de picos, eliminación de ruido, deconvolución de picos y normalización de datos. Estos fueron examinados con un enfoque multivariado por medio del análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales (PLS-DA), obteniendo las variables importantes en la proyección (VIP) con el paquete

mixOmics del software R. Finalmente, se identificaron los metabolitos candidatos a biomarcador ($VIP > 2.4$) mediante la comparación del patrón de fragmentación con la base de datos Lipid Maps (puntaje de confianza > 48) en el software Progenesis Q1 (Álvarez Rodríguez, 2020; Álvarez Rodríguez *et al.*, 2020).

De los 99 participantes del estudio, 30 no tenían diabetes *mellitus* (SinDM2), quienes formaron parte del grupo control, mientras que el resto fue diagnosticado con ésta y fueron clasificados utilizando la escala de Wagner-Meggitt, en grado 0 ($n = 11$, DM2 + Go), grado 1 ($n = 11$, DM2 + G1), grado 2 ($n = 16$, DM2 + G2), grado 3 ($n = 13$, DM2 + G3), grado 4 ($n = 9$, DM2 + W4) y grado 5 ($n = 6$, DM2 + W5) de pie diabético. No se observaron diferencias significativas en las edades de los participantes de cada grupo de estudio (53 ± 5 años), sin embargo, se observó una mayor prevalencia de pie diabético en la población masculina, lo cual podría estar asociado a las actividades físicas exhaustivas realizadas por los participantes masculinos (Álvarez Rodríguez, 2020; Álvarez Rodríguez *et al.*, 2020).

Con respecto al historial clínico y las pruebas bioquímicas, no se encontró una relación entre la duración de la diabetes *mellitus* (desde su diagnóstico hasta el día del estudio) o el uso de tratamiento farmacológico para el control de la enfermedad y el grado de severidad del pie diabético. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas en los niveles de glucosa (158-217 mg/dL) y HBA1C (7.7-9.9%) en los distintos estadios del pie diabético. Lo anterior es contrario a lo que se esperaba, ya que se ha reportado que el desarrollo de esta enfermedad está vinculado con el descontrol de los niveles sanguíneos de glucosa. No se encontró, además, una clara asociación entre la presencia de comorbilidades (daño renal, dislipidemia e hipertensión arterial) y la progresión del pie diabético (Álvarez Rodríguez, 2020; Álvarez Rodríguez *et al.*, 2020).

Los individuos sin diabetes *mellitus* tipo 2 (SinDM2) reportaron una sensibilidad del 100% en ambos pies en las tres pruebas sensoriales. Esto es un resultado esperado, ya que la neuropatía periférica no diabética es un trastorno poco común como consecuencia de enfermedades autoinmunes y condiciones hereditarias. Por su parte, todos los pacientes con diabetes *mellitus* tipo 2 sin heridas visibles (DM2 + Go) presentaron sensibilidad de acuerdo con las pruebas de reflejo aquileo y sensibilidad por presión, pero

algunos de ellos presentaron falta de sensibilidad por vibración, lo que sugiere una etapa temprana de neuropatía diabética (Álvarez Rodríguez, 2020; Álvarez Rodríguez *et al.*, 2020). Estos resultados sugieren que las pruebas de sensibilidad con el martillo neurológico y el diapasón de 128 Hz no son buenos predictores de neuropatía diabética, ya que mostraron menor sensibilidad en comparación con la prueba realizada con el monofilamento de Semmes-Weinstein de 7.5/10 g. Resultados similares fueron reportados por Tyng *et al.* (2018) en población malasia, quienes proponen la sensibilidad por vibración como prueba de tamizaje para el diagnóstico del pie diabético.

Con respecto al estudio metabolómico, se encontraron 12,305 metabolitos en las muestras de suero de los participantes, los cuales fueron procesados utilizando diversas herramientas estadísticas multivariadas con las que se identificaron 10 metabolitos que permitían distinguir los grupos de estudio (Cuadro 1). Cabe mencionar que los participantes con diabetes *mellitus* tipo 2 clasificados en los estadios 4 y 5 de pie diabético presentaron un descontrol metabólico global, por lo que fueron descartados del análisis. De los 10 metabolitos candidatos, resulta de interés el metabolito 10, la lisofosfatidiletanolamina (lisoPE) 16:1, ya que los participantes sin diabetes *mellitus* presentaron niveles bajos de éste. En el grupo con la enfermedad, pero sin lesiones visibles fue ligeramente más alto (50%), pero aumentó aún más en los individuos con ésta y lesiones visibles tempranas (165-180%). Debido a esto, dicho metabolito podría ser considerado como un biomarcador predictor del pie diabético (Álvarez Rodríguez, 2020; Álvarez Rodríguez *et al.*, 2020).

CUADRO 1. METABOLITOS EN SUERO RESPONSABLES
DE LA DISCRIMINACIÓN ENTRE LOS GRUPOS DE ESTUDIO⁷

No.	CATEGORÍA	CLASE PRINCIPAL	SUBCLASE	METABOLITO
1	Glicerolípidos	Triacilgliceroles	Triacilgliceroles	TG (20:2/22:3/22:3)
2	Glicerofosfolípidos	Glicerofosfoinositoles	Diacilglicerofosfoinositoles	PI (18:0/22:6)
3	Glicerofosfolípidos	Otros glicerofosfolípidos	Diacilglicerofosfoetanolaminas	PE (16:0/18:1)
4	No identificado	No identificado	No identificado	No identificado
5	Glicerofosfolípidos	Glicerofosfoinositoles	Diacilglicerofosfoinositoles	PI (22:1/22:6)
6	Glicerofosfolípidos	Glicerofosfocolinas	Diacilglicerofosfocolinas	PC (20:1/22:2)
7	Glicerofosfolípidos	Glicerofosfoerinas	Monoalquilglicerofosfoerinas	LisoPS (18:0)
8	Glicerofosfolípidos	Glicerofosfocolinas	Diacilglicerofosfocolinas	PC (22:1/22:6)
9	Glicerolípidos	Triacilgliceroles	Triacilgliceroles	TG (18:0/18:2/18:2)
10	Glicerofosfolípidos	Glicerofosfoetanolaminas	Monocilglicerofosfoetanolaminas	LisoPE (16:1)

Es importante resaltar que no se observaron diferencias significativas en los niveles séricos de lisoPE 16:1 de los individuos con diabetes *mellitus* y lesiones visibles tempranas (Álvarez Rodríguez, 2020; Álvarez Rodríguez *et al.*, 2020), lo que indica que dicho metabolito no puede ser utilizado como biomarcador de diagnóstico para clasificar al individuo por grado de lesión. Sin embargo, dicha clasificación se realiza con éxito utilizando escalas como la de Wagner-Meggitt. El estado metabólico global de los participantes con diabetes *mellitus* y lesiones visibles tempranas fue diferente al de los individuos con la enfermedad, pero sin lesiones visibles, y al de los individuos sin ésta. No obstante, fue similar entre ellos (Álvarez Rodríguez, 2020; Álvarez Rodríguez *et al.*, 2020), lo que sugiere que la progresión del pie diabético podría estar relacionada con factores externos como el cuidado de la herida para evitar la infección y necrosis del tejido.

⁷ Fuente: adaptado de Álvarez Rodríguez (2020).

IMPACTO

Si bien el pie diabético es prevenible, es considerado como una de las complicaciones más comunes, severas y costosas de la diabetes *mellitus*. Es por ello que resulta de gran interés la implementación de campañas de concientización más contundentes en la población adulta mexicana, con el fin de promover I) el diagnóstico oportuno de la diabetes *mellitus*, II) la práctica de hábitos saludables y el ajuste de las dosis de los fármacos hipoglucémicos para asegurar un control adecuado de la hiperglucemia en las personas diagnosticadas y III) el chequeo mensual, trimestral, semestral o anual de complicaciones y comorbilidades en las personas diagnosticadas, adaptando la frecuencia a sus factores de riesgo. Lo anterior permitirá prevenir el desarrollo del pie diabético y su progresión a etapas tardías, evitando la amputación parcial o total de miembros inferiores, así como el desarrollo de las demás complicaciones de la diabetes *mellitus*. Todo lo anterior podría lograrse con una mayor difusión a las campañas del sector salud actualmente disponibles, pues la educación en salud previene la disminución de la calidad de vida ocasionada por las complicaciones de la diabetes *mellitus*, que pueden provocar la muerte prematura del paciente.

Durante la puesta en práctica de este proyecto de investigación se realizó la valoración del estadio de pie diabético mediante la escala de Wagner-Meggitt y las pruebas de sensibilidad de los pies a 99 adultos de bajos recursos económicos que asistieron a consulta al Hospital General de Querétaro. Todos los participantes recibieron de manera gratuita la evaluación de la presencia de la diabetes *mellitus*, la explicación del resultado y la interpretación correspondiente de manera individual y detallada. Con base en la información recolectada de las encuestas, se les dieron recomendaciones sobre hábitos alimenticios y de actividad física para mejorar su estado metabólico global. Asimismo, se les explicó la importancia del diagnóstico oportuno de la diabetes *mellitus*, los factores de riesgo y las complicaciones derivadas de un descontrol de los niveles de glucosa en la sangre, haciendo hincapié en la necesidad de llevar un seguimiento continuo con sus médicos de cabecera. Lo anterior representó un impacto positivo inmediato en el bienestar de los participantes, ya que muchos desconocían las implicaciones de la enfermedad y su estado de salud actual.

Por otro lado, este proyecto presentó un impacto científico al utilizar por primera vez la ciencia metabolómica no dirigida en muestras de suero de individuos con distintos grados de pie diabético como una herramienta útil para identificar metabolitos candidatos a biomarcadores predictores del desarrollo del pie diabético. Sin embargo, debido al relativamente bajo tamaño de muestra en cada grupo de estudio, este proyecto es exploratorio y se deberá continuar con estudios para confirmar los resultados y validar el biomarcador predictivo propuesto.

A nivel científico básico, los resultados de este proyecto permiten proponer a la palmitoil lisofosfatidiletanolamina (lisoPE 16:1) como candidata a biomarcador del pie diabético. Para continuar con la validación diagnóstica, se realizarán estudios posteriores para evaluar este biomarcador sérico en una población más amplia. En caso de obtener resultados prometedores, se trabajará en el diseño de una prueba rápida, económica y de fácil interpretación que permita la aplicación universal de esta herramienta.

LECCIONES APRENDIDAS

Como en toda investigación científica, se presentaron diversas limitaciones en este estudio. La principal fue la voluntad de las personas en participar, ya que, al pertenecer a un sector poblacional vulnerable, muestran temor o incredulidad ante los estudios científicos y no logran percibir la importancia de los resultados ni cómo benefician a la comunidad. Es por ello que la campaña de reclutamiento fue un proceso largo e intenso, donde el reclutador mostró mucha humildad y empatía utilizando siempre un lenguaje sencillo y claro para transmitir la información. Además, durante la valoración de los participantes fue de vital importancia establecer un vínculo de confianza entre el analista y el paciente, ya que las pruebas de sensibilidad dependen de que éste indique claramente si es o no sensible a cada una de ellas y de que sea honesto en la recolección de datos del expediente clínico y cuestionarios de estilo de vida necesarios para emitir recomendaciones específicas para mejorar su bienestar y salud.

Finalmente, agradecemos enormemente a cada uno de los voluntarios que participaron en este estudio y que permitieron generar conocimiento

científico sobre posibles herramientas de diagnóstico temprano del pie diabético que contribuyan a evitar que las infecciones en las heridas avancen a tal grado que sea necesario realizar una amputación y afectar irremediablemente la vida del paciente y de su familia. Asimismo, agradecemos a la Clínica de Heridas del Hospital General de Querétaro por permitirnos llevar a cabo el reclutamiento de los participantes del estudio y apoyarnos para realizar las valoraciones de sus pies, así como a la Universidad Autónoma de Querétaro, en cuyas instalaciones se realizaron los análisis bioquímicos y metabólicos. Por último, destacamos que este proyecto de investigación fue financiado por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente de la Secretaría de Educación Pública (PRODEP-SEP, UAQ-PTC-382).

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, I.I. (2020). *Identificación de un panel de biomarcadores de pie diabético en pacientes con diabetes mellitus tipo 2*. [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado de: <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1949>
- ÁLVAREZ, I.I., Castaño, E., García, D.G., Reynoso, R., Elton, J.E., Barajas, A. y Pérez, I.F. (2020). Non-targeted metabolomic analysis reveals serum phospholipid alterations in patients with early stages of diabetic foot ulcer. *Biomarker Insights*, 15. <https://doi.org/10.1177/1177271920954828>
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. (2021a). Classification and diagnosis of diabetes: standards of medical care in diabetes-2021. *Diabetes Care*, 44(1), pp. s15-s33. <https://doi.org/10.2337/dc21-S002>
- _____. (2021b). Microvascular complications and foot care: standards of medical care in diabetes-2021. *Diabetes Care*, 44(1), pp. s151-s167. <https://doi.org/10.2337/dc21-S011>
- GAN, W.Z., Ramachandran, V., Lim, C.S.Y. y Koh, R.Y. (2020). Omics-based biomarkers in the diagnosis of diabetes. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 31(2). <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2019-0120>
- INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL. (2014). Intervenciones de enfermería para la prevención de complicaciones crónicas en pacientes

- con diabetes mellitus en el primer nivel de atención. Recuperado de: <https://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/717GRR.pdf>
- _____. (2018). Diagnóstico y tratamiento farmacológico de la diabetes mellitus tipo 2 en el primer nivel de atención. Recuperado de: <http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/718GRR.pdf>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA. (2018). Características de las defunciones registradas en México durante 2017. *Comunicado de Prensa*, 525(18), pp. 1-60. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/EstSociodemo/DEFUNCIONES2017.pdf>
- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino. (2016). Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/209093/ENSANUT.pdf>
- INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. (2021). *IDF Diabetes Atlas* (décima edición). Bruselas: International Diabetes Federation. Recuperado de: <http://www.diabetesatlas.org>
- JENKINS, A.J., Joglekar, M.V., Hardikar, A.A., Keech, A.C., O'Neal, D.N. y Januszewski, A.S. (2015). Biomarkers in diabetic retinopathy. *The Review of Diabetic Studies*, 12(1-2), pp. 159-195. <https://doi.org/10.1900/RDS.2015.12.159>
- LEVIN, M.E., Bowker, J.H. y Pfeifer, M.A. (2008). Neuropathic problems of the lower extremities in diabetic patients. En M.A. Pfeifer y J. Bowker (editores), *The diabetic foot* (pp. 33-74). Elsevier Health Sciences.
- LÓPEZ, S. y López, F.J. (1998). Diabetes mellitus y lesiones del pie. *Salud Pública de Mexico*, 40(3), pp. 281-292. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10640310>
- MORA, E. (2014). Estado actual de la diabetes mellitus en el mundo. *Acta Médica Costarricense*, 56(2). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/434/43431275001.pdf>
- OLMOS, P.R., Niklitschek, S., Olmos, R.I., Faúndez, J.I., Quezada, T.A., Bozinovic, M.A., Niklitschek, I.A., Acosta, J., Valencia, C. y Bravo, F.A. (2012). Bases fisiopatológicas para una clasificación de la neuropatía diabética. *Revista Médica de Chile*, 140(12), pp. 1593-1605. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872012001200012>

- OYIBO, S.O., Jude, E.B., Tarawneh, I., Nguyen, H.C., Harkless, L.B. y Boulton, A.J. (2001). A comparison of two diabetic foot ulcer classification systems: the Wagner and the University of Texas wound classification systems. *Diabetes Care*, 24(1), pp. 84-88. <https://doi.org/10.2337/diacare.24.1.84>
- PALMER, M.L. y Epler, M.E. (2002). Fundamentos de las técnicas de evaluación musculoesquelética. México: Editorial Paidotribo.
- PESQUERA, C. (2010). Monofilamento de Semmes-Weinstein. *Diabetes práctica. Actualización y Habilidades en Atención Primaria*, 1 (1), pp. 8-19. Recuperado de: <http://www.diabetespractica.com/files/docs/publicaciones/1382025393habilidades.pdf>
- PICHU, S., Patel, B.M., Apparsundaram, S. y Goyal, R.K. (2017). Role of biomarkers in predicting diabetes complications with special reference to diabetic foot ulcers. *Biomarkers in Medicine*, 11(4), pp. 377-388. <https://doi.org/10.2217/bmm-2016-0205>
- PRIETO, B., Aguirre, A., Saldaña, J.A., Del Ángel, L., Francisco, J. y Moya, A. (2017). Síndrome metabólico y sus complicaciones: el pie diabético. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 60(4), pp. 7-18. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=73524>
- QUEZADA, H., Guzmán, A.L., Díaz, H., Valle, R. y Aguirre, J. (2017). Omics-based biomarkers: current status and potential use in the clinic. *Boletín Médico Del Hospital Infantil de México*, 74(3), pp. 219-226. <https://doi.org/10.1016/j.bmhime.2017.11.030>
- RAGHAV, A., Khan, Z.A., Labala, R.K., Ahmad, J., Noor, S. y Mishra, B.K. (2018). Financial burden of diabetic foot ulcers to world: a progressive topic to discuss always. *Therapeutic Advances in Endocrinology and Metabolism*, 9(1), pp. 29-31. <https://doi.org/10.1177/2042018817744513>
- REGAS, A., Tariku, B., Agedew, E. y Seman, B. (2021). Magnitude of diabetic food ulcer and associated factors among diabetic patients who attended diabetic follow-up clinics in Gamo and Gofa Zones, Southern Ethiopia. *International Journal of Diabetes and Clinical Research*, 8. <https://doi.org/10.23937/2377-3634/1410139>

- ROMERO, M., Shamah, T., Franco, A., Villalpando, S., Cuevas, L., Gutiérrez, J.P. y Rivera, J.Á. (2013). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012: diseño y cobertura. *Salud Publica de Mexico*, 55(2), pp. s332-s340. <https://doi.org/10.21149/spm.v55s2.5132>
- SALTZMAN, C.L., Rashid, R., Hayes, A., Fellner, C., Fitzpatrick, D., Klapach, A., Frantz, R. y Hillis, S.L. (2004). 4.5-gram monofilament sensation beneath both first metatarsal heads indicates protective foot sensation in diabetic patients. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 86(4), pp. 717-723. <https://doi.org/0.2106/00004623-200404000-00008>
- TOFTE, N., Persson, F. y Rossing, P. (2020). Omics research in diabetic kidney disease: new biomarker dimensions and new understandings? *Journal of Nephrology*, 33(5), pp. 931-948. <https://doi.org/10.1007/s40620-020-00759-4>
- TORRES, A., Ruben, C., Torres, J.F., Miranda, Ó.F., Catrip, J. y Hinojosa, C.A. (2020). Estado actual, costos económicos y sociales del pie diabético y las amputaciones en la población mexicana. *Revista Mexicana de Angiología*, 48(2), pp. 53-64. <https://doi.org/10.24875/rma.20000019>

APLICACIONES DE LA ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL REPETITIVA EN EL TRATAMIENTO DE ENTIDADES PSIQUIÁTRICAS

REPETITIVE TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATION APPLICATIONS IN PSYCHIATRIC DISEASES

M.C. SOFÍA CAÑIZARES GÓMEZ¹

M.C. GERARDO TREJO CRUZ²

M.C. GEORGINA ROQUE ROQUE³

M.C. ÁNGEL CALDERÓN MOCTEZUMA⁴

DR. JULIÁN VALERIANO REYES LÓPEZ⁵

DR. HEBERT LUIS HERNÁNDEZ MONTIEL⁶

*Este capítulo está dedicado a la memoria de la doctora Josefina
Ricardo Garcell, pionera en la investigación clínica de la estimula-
ción magnética transcraneal en México.*

RESUMEN

La salud mental y su impacto sobre la calidad de vida de las personas adquieren cada vez mayor relevancia a nivel mundial. Actualmente, los trastornos mentales representan una carga global de enfermedad de 14% a nivel mundial y de 22% en América Latina. En el caso de México, alrededor de 17% de la población padece de algún trastorno mental. Sin embargo, a raíz de la pandemia por covid-19 (PC-19), la tasa global de trastornos mentales aumentó, por lo que se volvió necesario abrir espacios de atención y explorar nuevas alternativas de tratamiento efectivas que además

¹ Estudiante de doctorado en Ciencias en Biomedicina, Facultad de Medicina.

² Estudiante de doctorado en Ciencias en Biomedicina, Facultad de Medicina.

³ Exestudiante de maestría en Ciencias en Neurometabolismo, Facultad de Medicina.

⁴ Exestudiante de maestría en Ciencias en Neurometabolismo, Facultad de Medicina.

⁵ Facultad de Ciencias Naturales, julian.reyes@uaq.mx

⁶ Facultad de Ciencias Naturales, hebertlh@yaho.com.mx

permitan profundizar en el conocimiento científico de las bases biológicas de diferentes entidades psiquiátricas. En este sentido, existe evidencia que sustenta el efecto terapéutico de la estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr), la cual es una técnica de neuromodulación segura, indolora y focal que facilita el abordaje de diferentes afecciones neurológicas y psiquiátricas. Actualmente, esta técnica cuenta con protocolos aprobados por distintas instancias de salud, como la FDA en Estados Unidos o la CEA en la Unión Europea, para el tratamiento de patologías como el trastorno depresivo mayor (TDM), el trastorno obsesivo compulsivo (TOC), entre otras. Con base en estos resultados, la línea de investigación en estimulación magnética transcraneal de la Universidad Autónoma de Querétaro ha llevado a cabo diversos protocolos de investigación con diferentes entidades psiquiátricas.

Como resultado de dichos protocolos, desde el 2015 a la actualidad, se ha evaluado a 320 pacientes, de los cuales 115 fueron ingresados a diferentes protocolos de investigación que han incluido TDM (26 pacientes ingresados), con tasas de respuesta y remisión de 46% y 53%, respectivamente; trastorno por atracón (20 pacientes ingresados), con una tasa de respuesta de 51.35%; trastorno límite de la personalidad (27 pacientes ingresados), con una disminución de síntomas de 60%; y deterioro cognitivo leve (22 pacientes ingresados), con una mejora en 81% de los participantes. De igual manera, se trabajó en colaboración con el Instituto de Neurobiología de la UNAM para la atención de pacientes con trastorno por déficit de atención y TOC. Es relevante destacar que a través de estos protocolos se han brindado más de 2000 sesiones de EMTr a los participantes atendidos, además de formar recursos humanos en el ámbito científico, aportando a la comunidad maestros y doctores en ciencias a la comunidad; así como difundir dicha investigación mediante artículos científicos en revistas internacionales indexadas.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y CONTEXTO

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la salud mental (SM) es un componente integral y esencial de la salud, el cual comprende

no sólo la ausencia de trastornos mentales, sino un estado de bienestar en el que la persona puede desarrollar sus capacidades. Tanto la OMS como la Organización Panamericana de la Salud (OPS) reportan que los trastornos mentales, neurológicos y por consumo de sustancias corresponden a 14% de la carga mundial de morbilidad, siendo la depresión uno de los principales trastornos que afecta a la población y la actual causa más importante de discapacidad (OMS y OPS, s.f.).

A su vez, una gran cantidad de personas alrededor del mundo no tienen acceso a servicios de salud mental (Kessler *et al.*, 2009; National Institute of Mental Health, s.f.; Sher, 2020), a pesar de su necesidad de atención psiquiátrica (AP). Por ejemplo, en 2017 en EE.UU., menos de 43% de las personas que requerían AP pudieron tener acceso a ella (Kessler *et al.*, 2009; NIMH, s.f.), mientras que en Inglaterra, cerca de 75% de las personas que requieren acceso a la AP, o simplemente a servicios de salud mental, no la reciben (Mental Health Foundation, 2018). En América Latina, la carga por discapacidad por trastornos mentales aumentó más de 150% en el periodo de 1990 al 2002 (Menezes *et al.*, 2015), con una prevalencia de trastornos mentales en adultos de países de bajo y mediano ingreso (PBMi) que alcanza el 20% (Demyttenaere *et al.*, 2004; Menezes *et al.*, 2015) previo a la pandemia por covid-19 (PC-19). Por su parte, solamente de 10% a 25% de los pacientes con trastornos mentales graves (TMG) recibieron atención en dichos países, incluyendo México con 25.8% (Demyttenaere *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2007). No obstante, en nuestro país, junto con Colombia e Israel, los pacientes con TMG recibieron atención por psiquiatría en un porcentaje mayor en comparación con otros países (Thornicroft, 2007; Wang *et al.*, 2007).

En el caso de la depresión (TDM), el trastorno de ansiedad o los trastornos por uso de alcohol y otras sustancias (TAYs), Kohn y colaboradores estudiaron países de la Unión Europea, el continente americano, Asia, África y Australia, y encontraron que las tasas de pacientes no tratados con dichos trastornos fueron de 56.3%, 57.5% y 78% respectivamente (Kohn *et al.*, 2004). Este mismo estudio reveló que, en el caso de México, entre 66.3% y 73.5% de pacientes con TDM y 93% con TAYs no recibían atención médica, situación que no mejoró a lo largo de los años, ya que estudios recientes reportan que solamente 2.8% de la población que requiere atención mental

accede a ella, y hasta 76.2% de pacientes con TMG como esquizofrenia o trastorno bipolar carecen de atención médica adecuada (Carmona *et al.*, 2021; Kohn *et al.*, 2018).

En el caso de Querétaro, existe poca información respecto a la epidemiología de trastornos mentales y al acceso a servicios de salud mental. Un estudio realizado por Díaz Martínez y colaboradores en el municipio de Querétaro reportó una prevalencia de 18.26% de diagnósticos psiquiátricos en una muestra de 608 participantes, siendo los trastornos de ansiedad el diagnóstico más común (14.8%), seguidos de los trastornos afectivos (10.2%), sin que se diferenciara entre el TDM y el trastorno bipolar (Díaz *et al.*, 2003). Otro estudio más reciente de Garbus y colaboradores reportó que, de 345 adolescentes encuestados del municipio de San Juan del Río en Querétaro, 62.3% refirió síntomas sugerentes de depresión y ansiedad (Garbus *et al.*, 2015).

Ahora bien, como consecuencia de factores como la PC-19, el panorama de la salud mental ha cambiado drásticamente en los últimos años. Diferentes investigaciones alrededor del mundo han demostrado que la pandemia provocó un mayor deterioro en la salud mental (Moreno *et al.*, 2020), pues con ella aumentaron los síntomas de estrés emocional, TDM, irritabilidad, insomnio, trastorno por déficit de atención y trastorno por estrés postraumático (Mahmud *et al.*, 2021; Watkins *et al.*, 2021). Asimismo, la prevalencia de depresión aumentó de 15 a 30% de la población (Cénat *et al.*, 2021; Fountoulakis *et al.*, 2022), con cifras similares en el caso de la ansiedad (Cénat *et al.*, 2021).

Es importante mencionar que la existencia de condiciones de salud mental previas podría aumentar la prevalencia de otros trastornos como la depresión (Fountoulakis *et al.*, 2022). También se ha reportado estrés emocional asociado a la pandemia en 16.71% de la población, con porcentajes significativos de deterioro de la salud mental y de la dinámica familiar, así como alteraciones en el estado de vida (Fountoulakis *et al.*, 2022). En nuestro país, los estudios realizados reportan un alto porcentaje de estrés severo a moderado entre la población y prevalencias de síntomas depresivos que superan el 15% y 20% en el caso de la ansiedad (Cortés *et al.*, 2020); algunos estudios han llegando a reportar prevalencias de hasta 50% (Priego *et al.*, 2020).

También se ha modificado el comportamiento de la conducta suicida, ya que hasta el 2015, de acuerdo con la OMS, la tasa de suicidios (TS) se había mantenido relativamente estable, con 800,000 suicidios anuales antes de la pandemia (He *et al.*, 2021; Moitra *et al.*, 2021), de los cuales 78% ocurrió en PBMI (Shah, 2012; OMS, 2021). En México, estudios previos a la pandemia mostraron incrementos superiores a 150% en el número de suicidios durante los últimos 25 años, aumentando de 2,851 en 1990 a más de 7,600 en 2017 (Cervantes y Montaña, 2020). Por otro lado, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) reportó un incremento de más de 45% durante los últimos 10 años, (periodo del 2008 al 2018, con 4,681 y 6,808 suicidios respectivamente).

De acuerdo con el INEGI, en Querétaro ha habido un incremento en la tasa de suicidios en los últimos años, pasando de 3.8 en 2014 a 6.6 en 2017, con lo cual, en sólo 3 años, el estado pasó del lugar 28 al 12 a nivel nacional. Datos recientes del Centro Estatal de Salud Mental de Querétaro indicaron que en 2019 la tasa de suicidios fue de 8.77, lo cual colocó al estado por arriba de la media nacional de 5.2 (Datos del INEGI, periodo 2018-2019). Otros estudios reportan un incremento en las tasas de suicidio de 31.2% en el caso de los hombres y de 62.6% en el de las mujeres en el periodo comprendido entre 1990 y 2017 (Cervantes y Montaña, 2020). Sin embargo, debido a la PC-19, diversas investigaciones estiman una elevación en el número de suicidios a nivel global (Caballero *et al.*, 2022; Fountoulakis *et al.*, 2022) y proyectan un incremento de 145% (Ivbijaro *et al.*, 2021). Un modelo reciente de Kawohl y colaboradores, por ejemplo, sugiere un aumento de entre 2,135 y 9,570 suicidios en el mundo relacionados con el estrés económico derivado de la pérdida de empleos durante la pandemia (Kawohl y Nordt, 2020; Sher, 2020).

En función de lo anterior, es necesario encontrar nuevas estrategias de prevención y tratamiento de trastornos psiquiátricos que permitan hacer frente a las demandas de atención ante el incremento de la prevalencia de dichos trastornos. De esta manera, las técnicas de neuromodulación (TNM) pueden ser una alternativa de tratamiento en diferentes entidades neurológicas y psiquiátricas. Ésta se define como el campo de la ciencia, medicina y bioingeniería que engloba el uso de tecnologías invasivas y no invasivas, ya sean eléctricas o químicas, y tiene un impacto en la interfaz neuronal para

mejorar la calidad de vida (Davis *et al.*, 2009; International Neuromodulation Society, 2009). Dentro de las diferentes TNM se encuentra la estimulación magnética transcraneal (EMT) y la EMT repetitiva (EMTr), la cual es una técnica no invasiva de estimulación cerebral que, mediante el uso de pulsos magnéticos breves, pero de gran potencia, excita o inhibe de forma temporal una pequeña área de la corteza cerebral localizada bajo una bobina magnética, la fuente de dichos pulsos y por la que circulan, por periodos breves de tiempo, corrientes eléctricas inducidas por el dispositivo conocido como estimulador magnético (Hallett, 2007). Si bien, los primeros experimentos y dispositivos de EMT fueron descritos desde finales del siglo XIX y principios del XX (Amassian y Maccabee, 2006), los dispositivos actuales fueron desarrollados por Barker y colaboradores en 1985 (Hallett, 2007).

Desde el desarrollo de los dispositivos modernos de EMT, ésta se ha utilizado para explorar la excitabilidad de diferentes regiones cerebrales y así generar mapas de funciones sensoriales, motoras y cognitivas (Hallett, 2007). También tiene diferentes aplicaciones clínicas (Fitzgerald y Daskalakis, 2012; Lefaucheur *et al.*, 2014, 2020), pues su capacidad de influir y modular la función cerebral permite utilizarla en patrones repetidos de pulsos magnéticos, lo que se conoce como estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr). Actualmente, ésta ha sido aprobada para su uso en la atención de diferentes condiciones psiquiátricas en diferentes países y entidades internacionales, como la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) en Estados Unidos, la CE en la Unión Europea, la Asociación Americana de Psiquiatría (APA), la Red Canadiense para el Tratamiento del Estado de Ánimo y la Ansiedad (CANMAT) y la Federación Mundial de Sociedades de Psiquiatría Biológica (WFSBP) (Reyes *et al.*, 2018). Inicialmente fue aprobada para tratar depresión resistente al tratamiento (Fitzgerald y Daskalakis, 2012; Lefaucheur *et al.*, 2014, 2020), pero en los últimos años su uso se ha extendido a otras condiciones, como el trastorno obsesivo compulsivo (FDA, 2018; Liang *et al.*, 2021), el trastorno por uso de sustancias (Martinotti *et al.*, 2022), el dolor neuropático y la rehabilitación en evento vascular cerebral (Lefaucheur *et al.*, 2014, 2020).

Hoy en día, la EMTr es una herramienta con un gran potencial diagnóstico y terapéutico que mediante la implementación de unidades de tratamiento podría ayudar, en conjunto con otras estrategias de atención como

la farmacoterapia y la psicoterapia, a mejorar la atención de la salud mental de la población. Sin embargo, en la actualidad, el acceso de la población general a este tipo de tratamiento aún es limitado, ya sea debido a la escasez de unidades de atención con esta tecnología o al costo de la implementación de las mismas. Por esta razón es importante la creación de unidades experimentales que permitan tanto la atención como la investigación clínica para profundizar en el conocimiento y perfeccionamiento de protocolos de tratamiento, incluyendo la exploración de modalidades de estimulación que por sus características permitan reducir los costos de los equipos y mantener la eficacia del tratamiento. Lo anterior puede incidir en políticas públicas que faciliten la creación de unidades de EMTr en el sector de salud público.

UNIDAD DE ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

Desde 2015, la Universidad Autónoma de Querétaro cuenta con una unidad de investigación de la aplicación de la EMTr en trastornos neurológicos y psiquiátricos. Ésta inicialmente se encontraba en las instalaciones de la Clínica del Sistema Nervioso de la Facultad de Medicina de la UAQ, pero a partir del 2021 forma parte de la Unidad de Neurodiagnóstico y Rehabilitación “Dr. Moisés López”, perteneciente al Sistema Universitario de Salud y a la Facultad de Ciencias Naturales. La creación de dicha unidad y de la línea de investigación ha permitido desarrollar protocolos de investigación clínica que han explorado principalmente la modalidad de estimulación bajo la frecuencia excitatoria de 5 Hz, la cual ha reportado una adecuada tolerabilidad y efectividad. Además, presenta la ventaja de que los equipos de EMTr y las bobinas que pueden ser utilizados con este tipo de frecuencia tienen un costo menor en comparación con otras variantes de EMTr que utilizan frecuencias iguales o mayores a 10 Hz, lo cual teóricamente facilitaría el acceso a este tipo de tratamiento a través de la creación de unidades de EMTr en sistemas de salud pública.

Todos los protocolos que expondremos a continuación fueron diseñados para explorar y profundizar en el potencial terapéutico de la EMTr en di-

ferentes entidades psiquiátricas, incluyendo el TDM, los trastornos de conducta alimentaria (TCA), específicamente el trastorno por atracón (TPA), el trastorno límite de la personalidad (TLP) y el deterioro cognitivo leve (DCL). De esta manera, la técnica incidirá en la atención de la población general y universitaria, así como en la de pacientes derivados del Centro Estatal de Salud Mental, quienes presentaron alguna de las condiciones previamente mencionadas. La EMTr también ha facilitado la formación de recursos humanos en el campo de la investigación clínica dentro de los programas de maestría en Ciencias en Neurometabolismo y actualmente en el doctorado en Ciencias en Biomedicina.

La intención de mostrar los resultados de estas investigaciones es difundir los hallazgos obtenidos, los beneficios para la población atendida y las actividades realizadas en la unidad de EMT durante los últimos cinco años, en los cuales se ha buscado favorecer la salud mental de los participantes que formaron parte de alguno de estos protocolos. Asimismo, buscamos exponer el trabajo realizado por los estudiantes de posgrado y sus alcances tanto a la población académica de la UAQ como a la general. A continuación se presentan la descripción y los resultados clínicos más relevantes de los protocolos realizados en la unidad de EMTr de la UAQ.

Todos los participantes fueron invitados a participar mediante estrategias de difusión en redes sociales, entrevistas realizadas en medios de comunicación como TvUAQ o en programas de radio, así como también por sugerencia de los médicos tratantes de los pacientes. Los protocolos se realizaron bajo la Declaración de Helsinki, fueron aprobados por el Comité de Bioética de la Facultad de Medicina de la UAQ y registrados en el National Institute of Health mediante la *clinical trial registration*. De igual forma, los participantes firmaron cartas de consentimiento informado. En todos los casos se aplicaron escalas clínicas validadas en español para descartar comorbilidades y evaluar la gravedad de los síntomas, así como el cuestionario de seguridad para EMTr (Fitzgerald y Daskalakis, 2012; Lefaucheur *et al.*, 2014, 2020) y un registro electroencefalográfico (EEG) para descartar contraindicaciones para recibir EMTr. El equipo utilizado fue un estimulador MagVenture Pro R30, con la opción theta burst.

PROTOCOLO 1. ASOCIACIÓN ENTRE LA ACTIVIDAD DE BASE
DEL ELECTROENCEFALOGRAMA Y LOS NIVELES SÉRICOS
DE LA INTERLEUCINA 6, Y EL EFECTO DE LA ESTIMULACIÓN
MAGNÉTICA TRANSCRANEAL REPETITIVA EN EL TRASTORNO
DEPRESIVO MAYOR

El TDM es una enfermedad psiquiátrica donde predominan los síntomas afectivos (Kraus *et al.*, 2019) que afecta a más de 350 millones de personas en el mundo, con un aumento de 32.8% en su prevalencia desde el inicio de la pandemia por covid-19 (McIntyre y Lee, 2020). Actualmente, los tratamientos farmacológicos para el TDM tienen una efectividad moderada (60%), con un porcentaje considerable de pacientes sin una respuesta favorable (Domschke *et al.*, 2015), en los cuales, de acuerdo con el protocolo autorizado por la FDA, la EMTr, aplicada sobre la corteza prefrontal dorsolateral izquierda (CPFDLi), podría ser una opción. Sin embargo, aún se sigue buscando mejorar la eficacia de la EMTr mediante la exploración de nuevas frecuencias de aplicación y dianas anatómicas como la corteza prefrontal dorsomedial (CPFDM) (Bai *et al.*, 2019; Dunlop *et al.*, 2020), en la que se han reportado adecuadas tasas de respuesta (52.4%) y remisión (47.6%) comparables con las formas habituales de la EMTr sobre la CPFDLi (Bakker *et al.*, 2015; Downar y Daskalakis, 2013). Así, este estudio buscó comparar los efectos de la aplicación de la EMTr en una frecuencia de 5 Hz sobre la CPFDLi y la CPFDM, para conocer los efectos clínicos de ambos protocolos utilizando una frecuencia excitatoria (5 Hz) y mantenido parámetros de seguridad y tolerabilidad, pues se ha reportado que dicha frecuencia tiene efectos clínicos relevantes en los síntomas del TDM (García Anaya *et al.*, 2011; González Olvera *et al.*, 2013).

METODOLOGÍA

Del 2015 al 2017 se realizó un ensayo clínico aleatorizado donde se compararon dos protocolos de EMTr a 5 Hz (CPFDLi y CPFDM). Fue llevado a cabo en la Clínica del Sistema Nervioso (CSN) de la Facultad de Medicina de la UAQ y fueron admitidos participantes que cumplieron con los

criterios de inclusión de diagnóstico de TDM —de acuerdo con el *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales* (DSM, por sus siglas en inglés) en su cuarta edición revisada— resistentes al tratamiento, con una puntuación mayor a 17 en la escala de depresión de Hamilton (HAM-D), con un tratamiento farmacológico en dosis estables durante seis meses y sin contraindicaciones para recibir EMTr. Los pacientes fueron divididos en dos grupos: CPFDLi y CPFDM, y recibieron en la diana anatómica correspondiente 15 sesiones de tratamiento (una sesión diaria de lunes a viernes) durante tres semanas, con evaluaciones clínicas al inicio y al final del protocolo. La evaluación clínica, neurofisiológica y las sesiones de EMTr fueron administradas por personal médico y psicólogos capacitados.

Para la aplicación de la EMTr en cada sesión se obtuvo el umbral motor (UM) de cada paciente, estimulando la corteza motora primaria (CM1) con pulsos simples, ajustando la intensidad del estímulo y observando el movimiento del *abductor pollicis* corto contralateral a la CM1. Se utilizaron dos modelos distintos de bobinas para EMT: CPFDLi (MagPro MCF-B70) y CPFDM (Cool D-B80). Éstas fueron colocadas de acuerdo con el sistema 10-20 y el uso del software de localización BA9, BA8, BA43 de Will Beam y Jeff Borckardt. Las características del protocolo se muestran en la Tabla 1 y Figura 1.

RESULTADOS

De 50 pacientes evaluados, ingresaron 26 (19 mujeres), quienes cumplieron los criterios de inclusión. Las características sociodemográficas de los grupos se muestran en la Tabla 1. Mediante el software GraphPad Prism v.6 y el Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) v.22 se realizó el análisis estadístico, utilizando estadística descriptiva para datos sociodemográficos y pruebas no paramétricas (U de Mann-Whitney) para comparar el efecto de la EMTr sobre los síntomas del TDM en los grupos, así como los cambios pre y post tratamiento de cada uno (prueba de rangos de Wilcoxon). Se midió el tamaño del efecto mediante la *d* de Cohen.

Tanto en la escala HAM-D (Tabla 1 y Figura 2A) como en la escala de síntomas depresivos de Montgomery-Asberg (MADRS) (Figura 2C), ambos

grupos mostraron puntuaciones basales semejantes ($p = ns$). Para ambos protocolos se encontraron las mismas tasas de respuesta (46%) y remisión (53%), con una reducción significativa de la gravedad de los síntomas para ambos grupos en la escala HAM-D y la MADRS. Para la escala de ansiedad de Hamilton (HAM-A) (Tabla 1 y Figura 2B), el análisis postratamiento mostró una reducción de la sintomatología en ambos grupos.

PROTOCOLO 2. EFECTO DE LA ESTIMULACION MAGNÉTICA TRANSCRANEAL APLICADA EN LA CORTEZA PREFRONTAL DORSOLATERAL IZQUIERDA SOBRE LAS VARIABLES CLÍNICAS Y NEUROPSICOLÓGICAS EN SUJETOS CON TRASTORNO POR ATRACÓN

El TPA es un TCA del espectro compulsivo caracterizado por la ingesta de grandes cantidades de alimentos en periodos cortos de tiempo, sin existir conductas compensatorias (Amianto *et al.*, 2015; Baile, 2014; Guisado y Vaz, 2001; Palacios, 2014). Tiene una prevalencia a nivel mundial de 2.5% y nacional de 1.6% (Benjet *et al.*, 2015; Cañizares *et al.*, s.f.). Se ha asociado a sintomatología depresiva, ansiedad, fallas en la flexibilidad cognitiva (FC), control inhibitorio (CInh) y cambios en la respuesta psicofisiológica con reducción de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) ante la exposición a estímulos de contenido alimentario (Balodis *et al.*, 2013; Gómez Alva *et al.*, 2017). Su tratamiento principal se basa en intervenciones farmacológicas, psicoterapéuticas y nutricionales, en las que se ha observado un apego inadecuado al tratamiento, ya sea por efectos secundarios farmacológicos o tiempo de respuesta a tratamientos con psicoterapia y nutricionales. Por ello, resulta importante explorar otras alternativas terapéuticas coadyuvantes como la EMTr, la cual, al modular la actividad cerebral, podría ser de utilidad en el tratamiento de condiciones como dicho trastorno (Amianto *et al.*, 2015; Barth *et al.*, 2011; Brownley *et al.*, 2015; Cuadro y Baile, 2015; Van den Eynde *et al.*, 2010). El objetivo de este protocolo fue evaluar, mediante un ensayo clínico, doble ciego y *crossover*, los efectos de la EMTr sobre el *craving*, la frecuencia de atracones (FA), los síntomas depresivos, la ansiedad, el CInh, la FC y la VFC en pacientes con TPA.

METODOLOGÍA

Del 2016 al 2018 fueron evaluados 39 pacientes de ambos sexos de entre 18 y 45 años, de los cuales 20 fueron designados aleatoriamente para recibir la EMTr activa o la EMTr sham (placebo) durante 15 sesiones (de lunes a viernes) a una frecuencia de 5 Hz sobre la CPFDLi, con una bobina Cool-B65 AP. Después de dichas sesiones se realizó el cruce de maniobra recibiendo la modalidad contraria por otras 15 sesiones (Figura 1). Las evaluaciones incluyeron el inventario de *craving* a los alimentos (ICA), un registro de frecuencia de atracones (FA), el inventario de depresión de Beck (IDB), HAM-A y HAM-D, la escala de impulsividad de Barratt, la tarea de cartas de Wisconsin (WCST) para flexibilidad cognitiva, la tarea de señal de alto (STOP-IT) para el CInh y una prueba de reactividad de señales para la VFC. Todas las pruebas fueron realizadas de manera basal y final.

RESULTADOS

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS, utilizando la U de Mann-Whitney como prueba estadística. De manera basal, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos, pero al finalizar el protocolo, el grupo que recibió la EMTr activa mostró una reducción significativa de la FA, en la puntuación del ICA, el IDB y en la HAM-D, y cambios en la VFC con un aumento significativo de la misma, alcanzando niveles de poblaciones no clínicas. Asimismo, mejoró la FC, con un incremento del porcentaje de respuestas correctas y una reducción del porcentaje de errores totales en la WCST (Tabla 1).

PROTOCOLO 3. EFECTO DE LA ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL COMO POTENCIADOR DE UNA MANIOBRA DE ESTIMULACIÓN COGNITIVA EN SUJETOS CON DETERIORO COGNITIVO LEVE

El deterioro cognitivo leve es un estado intermedio entre el envejecimiento no patológico y patológico que afecta de 3 a 20% de la población adulta mayor alrededor del mundo. No todos los pacientes con DCL evolucionan hacia un trastorno neurocognitivo mayor (TNM), pero la posibilidad del desarrollo de éste es de 60 a 65% (Busse *et al.*, 2006). En América Latina, numerosas investigaciones revelan que 11% de los adultos mayores de 60 años desarrolla algún grado de trastorno cognitivo, por lo que la identificación temprana de los cambios cognitivos asociados al DCL resulta relevante para el desarrollo de intervenciones que ayuden a mejorar su estado cognitivo y funcional.

La estimulación cognitiva (EC) se define como un conjunto de técnicas y estrategias que tienen como objetivo optimizar la eficacia del funcionamiento cognitivo (Kelly *et al.*, 2014). Ahora bien, evidencia reciente ha demostrado cambios en el rendimiento cognitivo relacionados con la EC (Moro *et al.*, 2015). De igual forma, los TNM han sido utilizados previamente en diferentes ensayos; sin embargo, el presente estudio es uno de los pocos que ha empleado una técnica *offline* para la mejora de la cognición en pacientes con estos diagnósticos. Existe evidencia sobre la relación entre la EC y la EMTr para el DCL con mejora de las funciones cognitivas. Solé Padullés y colaboradores, por ejemplo, reportaron un ensayo clínico (activo vs. sham) donde los participantes que recibieron la EMTr activa en la corteza motora primaria (CM1) izquierda mientras realizaban una tarea de memoria por asociación (relacionar 10 fotografías de individuos con sus nombres) mostraron una mejora significativa en dicho tipo de memoria en comparación con el grupo sham (Solé *et al.*, 2006). Debido a estas evidencias, es necesario analizar con más detalle el efecto terapéutico de la EC y la EMTr sobre áreas neuropsicológicas en sujetos con DCL.

METODOLOGÍA

Se realizó un ensayo clínico *crossover* aleatorizado (Figura 1). Ingresaron 22 pacientes de 80 evaluados y se dividieron en dos grupos: Grupo A o AG-SG (activo-sham) y Grupo B o SG-AG (sham-activo). Se realizaron evaluaciones clínicas y neuropsicológicas de forma basal y al final de cada fase del estudio. Los participantes recibieron 30 sesiones de EMTr activa o simulada (tres sesiones semanales) y de EC. Después de éstas, los grupos se cruzaron y se sometieron a la maniobra opuesta de EMTr después de un periodo de cuatro semanas, esto para cumplir con el periodo de seis meses entre cada aplicación de las pruebas neuropsicológicas (Ostrosky *et al.*, 2007). La evaluación clínica y el diagnóstico de DCL fueron realizados por psiquiatras y psicólogos clínicos formados en el área. Los criterios clínicos para el diagnóstico y las evaluaciones clínicas se llevaron a cabo en consonancia con el DSM-5, el Instituto Nacional del Envejecimiento y la Asociación de Alzheimer (NIA-AA) (Sachs y Blazer, 2015).

La EMTr se aplicó con una bobina Cool-B65 AP, diseñada para estudios doble ciego. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a la EMTr simulada/activa mediante un software para estudios doble ciego, generando un código numérico para cada participante. Este código se inserta en el estimulador y determina si la EMTr será activa o simulada (Roque *et al.*, 2021) (Figura 1). Después de cada sesión de EMTr todos los participantes recibieron EC durante 30 minutos, la cual consistió en tres ejercicios aleatorios (atención, memoria y funciones ejecutivas) basados en los cuadernillos de estimulación cognitiva *¿Problemas de atención? Un programa para su estimulación y rehabilitación* adaptado a la población mexicana (Ostrosky *et al.*, s.f.). Estos ejercicios utilizan estrategias de intervención neuropsicológica basadas en el modelo teórico de rehabilitación cognitiva de Ostrosky en las áreas de atención, memoria y funciones ejecutivas.

RESULTADOS

Los análisis intergrupo posteriores al tratamiento fueron estadísticamente significativos para la fase de EMTr activa en pruebas de evaluación de los

criterios diagnósticos. También hubo cambios intragrupo en las pruebas de atención y memoria, por lo que la EMTr representa una herramienta prometedora para el tratamiento de las enfermedades neurodegenerativas (Tabla 1).

PROTOCOLO 4. EFECTO DE LA ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL SOBRE LA CORTEZA DORSOMEDIAL EN LAS VARIABLES CLÍNICAS Y NEUROPSICOLÓGICAS DEL TRASTORNO LÍMITE DE LA PERSONALIDAD

Entre las patologías de la personalidad, el trastorno límite de la personalidad (TLP) tiene gran impacto económico y social, con una prevalencia a nivel mundial de 1 a 5.9% de la población, sin diferencias entre géneros, por lo que representa entre 11% y 20% de consultas ambulatorias y entre 18% y 32% de los ingresos de las unidades psiquiátricas (Calderón *et al.*, 2020; Reyes *et al.*, 2017). Además, dicho trastorno genera discapacidad individual, social, familiar y laboral (Gunderson, 2011; Leichsenring *et al.*, 2011). El tratamiento principal incluye la psicoterapia; sin embargo, por la naturaleza de este trastorno y por su alto índice de morbilidad, impulsividad e ideación suicida con tasas de conductas autolesivas de 69% a 75% y tasas de suicidio de más de 10%, su abordaje requiere intervenciones interdisciplinarias, es decir, resulta necesario explorar el potencial terapéutico de otros métodos en busca de una mayor efectividad para el control de la sintomatología. Por esta razón, es importante evaluar el uso de la EMTr, la cual tiene efectos de modulación neuronal que se pueden dirigir hacia dianas anatómicas importantes en la neurobiología del TLP, como la corteza prefrontal dorsomedial.

La evidencia aportada por estudios neuropsicológicos y de neuroimagen ha mostrado que las manifestaciones y los síntomas del TLP están relacionados con cambios en la red frontolímbica, como hiperactividad amigdalina e hipofuncionalidad de estructuras prefrontales (Minzenberg *et al.*, 2008; Pérez *et al.*, 2016). Por ejemplo, en 2014, Cailhol reportó en un estudio comparativo entre una maniobra de EMTr activa y una sham sobre la CPFDL derecha, donde se evaluaron los síntomas depresivos y severos del

TLP de manera previa, durante y posterior al tratamiento, reportando un efecto neuromodulador de la EMTr que podría impactar positivamente en dicha sintomatología. De igual forma, en 2013, Arbabi y colaboradores realizaron un estudio de caso en una paciente con TLP con intentos suicidas, reportando mejoría en la sintomatología depresiva, impulsividad y afecto negativo, así como una reducción de la actividad en la amígdala, el giro cingulado y el parahipocampo. Hasta el momento, el uso de la EMTr en este trastorno se ha restringido a frecuencias altas; sin embargo, el objetivo del presente estudio fue explorar el efecto de la misma a 5 Hz sobre la CPFDM, resaltando la tolerabilidad y menor riesgo de efectos adversos.

METODOLOGÍA

Se realizó un ensayo clínico *crossover*, ciego simple, con una muestra no probabilística en pacientes con TLP, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos (activo vs. simulado) para recibir 15 sesiones de EMTr en la DMPFC, con posterior cruce de maniobra. Los efectos clínicos se midieron mediante la lista de síntomas de TLP (LSL), la escala de impresión clínica global para el TLP (CGI-TLP), la evaluación límite de la gravedad en el tiempo (BEST), la HAM-D, la HAM-A y la escala de impulsividad de Barratt (BIS). Los efectos neuropsicológicos se determinaron mediante una tarea de señal de alto (STOP-IT), la prueba de clasificación de cartas de Wisconsin (WCST) y el juego de azar de Iowa (IGT) (Figura 1).

Se utilizó una bobina Cool D-B80 colocada en la CPFDM siguiendo el sistema 10-20 del EEG (40% de distancia del vértice-nasión, localizando Fpz). El UM fue obtenido diariamente colocando la bobina en la CM1 para evocar una respuesta en el músculo abductor del pulgar. Todos los sujetos recibieron 15 sesiones de EMTr una vez al día (de lunes a viernes) al 100% del UM. Las características del protocolo se pueden consultar en la Tabla 1 y Figura 1. La mitad de los participantes recibió EMTr activa; la otra mitad recibió EMTr sham (placebo). Para la EMTr activa, la bobina se colocó en el DMPFC y se conectó al estimulador, mientras que para la modalidad placebo, la bobina Cool D-B80 se colocó en la cabeza del sujeto, con la bobina Cool B-65 AP conectada al equipo, y se utilizaron electrodos sobre la piel del rostro para emular la sensación de la EMTr.

RESULTADOS

Ingresaron 25 pacientes con TLP de 65 evaluados. Los análisis entre grupos mostraron diferencias estadísticas tras el tratamiento del grupo de EMTr activa en la puntuación total de la CGI-BPD y en la ansiedad. El grupo activo mostró diferencias (intragrupo) en los síntomas del trastorno en la puntuación total de la CGI-BPD, así como en las subpuntuaciones de abandono e ideación paranoide, y en las puntuaciones totales de BEST, depresión y ansiedad. La impulsividad no mostró diferencias estadísticas para ninguno de los dos grupos (Tabla 1).

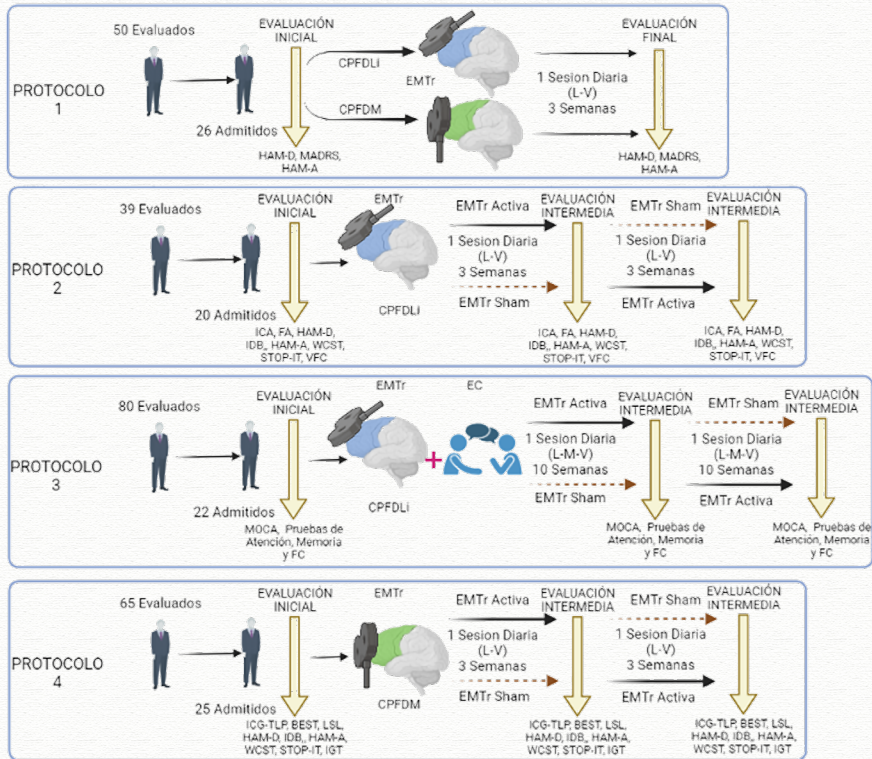
TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PROTOCOLOS⁷

PROTOCOLO	TIPO DE ESTUDIO	BOBINA UTILIZADA	CARACTERÍSTICAS DEL PROTOCOLO	PRINCIPALES HALLAZGOS
1	Ensayo clínico aleatorizado y ciego simple	MCF-B70 y Cool D-B80	• Dianas anatómicas: • CPFDLi y CPFDM • Grupos: CPFDLi y CPFDM. • Frecuencia: 5 Hz • 1500 pulsos por sesión. • 15 sesiones	• Reducción significativa de las puntuaciones de la escala de HAM-D en CPFDLi ($p < 0.005$ $z = -3.181$) y CPFDM ($p < 0.005$ $z = -3.182$), y MADRS en CPFDLi ($p < 0.005$ $z = -3.182$) y CPFDM ($p < 0.005$ $z = -3.181$). • Reducción en puntuaciones de la escala de HAM-D en CPFDLi ($p < 0.005$ $z = -2.831$) y CPFDM ($p < 0.005$ $z = -3.183$) en ambos grupos

7 Siglas utilizadas: corteza prefrontal dorsolateral izquierda (CPFDLi), corteza prefrontal dorsomedial (CPFDM), escala de Hamilton de depresión (HAM-D), escala de Hamilton de ansiedad (HAM-A), inventario de depresión de Beck (IDB), escala Montgomery-Asberg de depresión (MADRS), frecuencia de atracones (FA), inventario de *craving* a los alimentos (ICA), variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), tarea de cartas de Wisconsin (WCST), test cognitivo de Montreal (MOCA), impresión clínica Global de TLP (CGI-TLP), síntomas de TLP a lo largo del tiempo (BEST).

PROTOCOLO	TIPO DE ESTUDIO	BOBINA UTILIZADA	CARACTERÍSTICAS DEL PROTOCOLO	PRINCIPALES HALLAZGOS
2	Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego y crossover	Cool B-65 AP	➤ Dianas anatómicas: CPFDLi. ➤ Grupos: activo- sham y sham- activo. ➤ Frecuencia: 5 Hz. ➤ De 1500 a 5000 pulsos por sesión. ➤ 15 sesiones por modalidad	➤ Reducciones significativas de la FA, el ICA, el IDB y la HAM-D. Normalización de la VFC y alcance de niveles de poblaciones no clínicas. ➤ Aumento del porcentaje de respuestas correctas y reducción del porcentaje de errores totales en la wcst
3	Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego y crossover	Cool B-65 AP	➤ Dianas anatómicas: CPFDLi. ➤ Grupos: activo- sham y sham-activo. ➤ Frecuencia: 5 Hz. ➤ 1500 pulsos por sesión. ➤ 30 sesiones	➤ Mejora de la puntuación total del instrumento MOCA después de recibir sesiones activas de EMTr
4	Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego y crossover	Cool D-B80 y Cool B-65 AP	➤ Dianas anatómicas: CPFDM. ➤ Grupos: activo- sham y Sham-activo. ➤ Frecuencia: 5 Hz. 1500 pulsos por sesión. ➤ 15 sesiones	➤ Reducción de las puntuaciones totales de la escala CGI-TLP y las subescala de abandono e ideación paranoide. ➤ Reducción de puntuaciones de las escalas BEST, HAM-D y HAM-A

FIGURA 1. FLUJOGRAMAS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS CUATRO PROTOCOLOS⁸



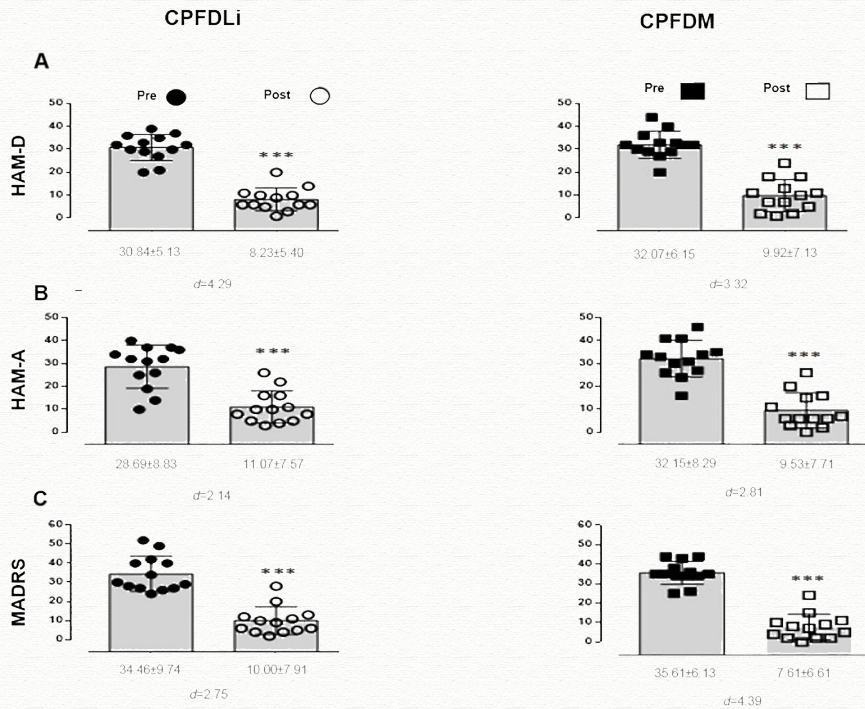
⁸ Fuente: figura creada con BioRender.com. Siglas utilizadas: corteza prefrontal dorsolateral izquierda (CPFDLI), corteza prefrontal dorsomedial (CPFDM), escala de Hamilton de depresión (HAM-D), escala de Hamilton de ansiedad (HAM-A), inventario de depresión de Beck (IDB), escala Montgomery-Asberg de depresión (MADRS), frecuencia de atracones (FA), inventario de *craving* a los alimentos (ICA), variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), tarea de cartas de Wisconsin (WCST), tarea de señal de alto (STOP-IT), juego de azar de Iowa (IGT), test cognitivo de Montreal (MOCA), impresión clínica global de TLP (ICG-TLP), síntomas de TLP a lo largo del tiempo (BEST).

FIGURA 2. SÍNTOMAS DE TDM EVALUADOS CON LAS TRES ESCALAS CLÍNICAS:

A) ESCALA DE DEPRESIÓN DE HAMILTON (HAM-D),

B) ESCALA DE ANSIEDAD DE HAMILTON (HAM-A Y C)

ESCALA DE DEPRESIÓN DE MONTGOMERY-ASBERG (MADRS)⁹



IMPACTO

Desde el 2015 hasta la actualidad se ha evaluado a 320 pacientes, de los cuales 115 han sido atendidos mediante diferentes protocolos de investi-

⁹ Nota: los puntajes basales de ambos grupos fueron homogéneos (U de Mann-Whitney). El análisis mediante la prueba de rangos de Wilcoxon mostró una reducción en la puntuación de síntomas depresivos y de ansiedad posterior al tratamiento tanto en el grupo que recibió EMTr sobre la CPFDLi ($n = 13$) como en el grupo que la recibió sobre la CPFDM ($n = 13$). Se calculó el tamaño del efecto con la d de Cohen (d), obteniendo un tamaño del efecto grande para ambos grupos bajo tratamiento con EMTr. Los datos se presentan como: media $\pm$ desviación estándar y d de Cohen. CPFDLi significa corteza prefrontal dorsolateral izquierda y CPFDM corteza prefrontal dorsomedial. *** = $p < 0.005$.

gación, incluyendo los enfocados en el estudio de la EMTr y sus aplicaciones terapéuticas en entidades psiquiátricas como el TDM, el TPA, el DCL y el TLP. De esta manera, pacientes de sistemas de salud tanto públicos como privados, así como miembros de la comunidad universitaria de la UAQ y pacientes del Centro Estatal de Salud Mental, han tenido acceso a tratamientos sin ningún costo. Los hallazgos de estas investigaciones han demostrado que, en el caso del TDM, ambas modalidades de EMTr (CPFD-Li y CPFDM) fueron efectivas en su tratamiento, mientras que en el caso del TPA, los hallazgos muestran que la EMTr podría ser eficaz en el tratamiento de algunos síntomas de esta condición, como los síntomas clínicos, inducir cambios en variables neuropsicológicas, así como modificar la variabilidad de frecuencia cardíaca. El estudio del DCL, por su parte, fue el primero en el mundo que utilizó un programa de 10 semanas y demostró el efecto potenciador de la EMTr sobre la EC en las variables neuropsicológicas y clínicas en los dominios de funciones ejecutivas, memoria y atención. Finalmente, el protocolo de TLP fue el primer estudio que exploró la EMTr a 5 Hz sobre la DMPFC en pacientes con TLP, evaluando cambios neuropsicológicos y en la sintomatología clínica.

La existencia de la unidad también permitió trabajar en conjunto con el Instituto de Neurobiología de la UNAM en protocolos de investigación del trastorno por déficit de atención y el trastorno obsesivo compulsivo. Estos han brindado más de 2000 sesiones de EMTr a los pacientes atendidos, además de generar tesis de maestría y doctorado, y divulgar los resultados en eventos de divulgación científica como la Semana del Cerebro en la Universidad de Quintana Roo. Asimismo, varios alumnos de posgrado participaron en congresos internacionales y en la publicación de artículos en revistas internacionales indexadas (Calderón *et al.*, 2020; Cañizares *et al.*, 2019; Cañizares *et al.*, s.f.; Moctezuma *et al.*, 2019; Roque *et al.*, 2019; Roque *et al.*, 2021).

LECCIONES APRENDIDAS

El periodo comprendido entre 1990 y el 2000 se consideró la década del cerebro debido al avance en el campo de las neurociencias. A pesar de ello,

y a casi un cuarto del siglo XXI, aún existe un enorme rezago en el conocimiento neurobiológico, así como en la sensibilización en cuanto a la salud mental y los trastornos mentales. Los diferentes protocolos realizados y el contacto con los participantes y usuarios de la unidad de estimulación magnética permitieron comprender de manera directa la necesidad de implementar una mejor y más amplia difusión de la educación en salud mental. Es necesario ofrecer alternativas que aumenten el conocimiento y creen conciencia de los problemas de salud mental entre la población general y, particularmente, entre la científica y académica. Esto con la finalidad de reducir el estigma alrededor de los trastornos mentales y tener un mayor conocimiento de las enfermedades mentales, su abordaje y tratamiento basado en evidencias, así como del uso de tecnologías como las técnicas de neuromodulación, en particular de la estimulación magnética transcraneal.

REFERENCIAS

- AMASSIAN, V.E. y Maccabee, P.J. (2006). Transcranial Magnetic Stimulation. En *2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp. 1620-623. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2006.259398>
- AMIANTO, F., Ottone, L., Abbate, G. y Fassino, S. (2015). Binge-eating disorder diagnosis and treatment: a recap in front of DSM-5. *BMC Psychiatry*, 15. <https://doi.org/10.1186/s12888-015-0445-6>
- AMMERMAN, B.A., Burke, T.A., Jacobucci, R. y McClure, K. (2021). Preliminary investigation of the association between covid-19 and suicidal thoughts and behaviors in the U.S. *Journal of Psychiatric Research*, 134, pp. 32-38. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2020.12.037>
- ARBABI, M., Hafizi, S., Ansari, S., Oghabian, M.A. y Hasani, N. (2013). High frequency TMS for the management of borderline personality disorder: a case report. *Asian Journal of Psychiatry*, 6(6), pp. 614-617. <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2013.05.006>
- BACHMANN, S. (2018). Epidemiology of suicide and the psychiatric perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph15071425>

- BAI, T., Wei, Q., Zu, M., Xie, W., Wang, J., Gong-Jun, J., Yu, F., Tian, Y. y Wang, K. (2019). Functional plasticity of the dorsomedial prefrontal cortex in depression reorganized by electroconvulsive therapy: validation in two independent samples. *Human Brain Mapping*, 40(2), pp. 465-473. <https://doi.org/10.1002/hbm.24387>
- BAILE, J.I. (2014). Trastorno por atracón: reconocido oficialmente como el nuevo trastorno del comportamiento alimentario. *Revista médica de Chile*, 142(1), pp. 128-129. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872014000100022>
- BAKKER, N., Shahab, S., Giacobbe, P., Blumberger, D.M., Daskalakis, Z.J., Kennedy, S.H. y Downar, J. (2015). rTMS of the dorsomedial prefrontal cortex for major depression: safety, tolerability, effectiveness, and outcome predictors for 10 Hz versus intermittent theta-burst stimulation. *Brain Stimulation*, 8(2), pp. 208-215. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2014.11.002>
- BALODIS, I.M., Molina, N.D., Kober, H., Worhunsky, P.D., White, M.A., Sinha, R., Grilo, C.M. y Potenza, M.N. (2013). Divergent neural substrates of inhibitory control in binge eating disorder relative to other manifestations of obesity. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 21(2), pp. 367-377. <https://doi.org/10.1002/oby.20068>
- BARKER, A.T., Jalinous, R., y Freeston, I.L. (1985). Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. *Lancet*, 1(8437), pp. 1106-1107.
- BARTH, K.S., Rydin, S., Kose, S., Borckardt, J.J., O'Neil, P.M., Shaw, D., Madan, A., Budak, A. y George, M.S. (2011). Food cravings and the effects of left prefrontal repetitive transcranial magnetic stimulation using an improved sham condition. *Frontiers in Psychiatry*, 2. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2011.00009>
- BENJET, C., Borges, G., Méndez, E., Albor, Y., Casanova, L., Orozco, R., Curiel, T., Fleiz, C. y Medina, M.E. (2015). Eight-year incidence of psychiatric disorders and service use from adolescence to early adulthood: longitudinal follow-up of the Mexican Adolescent Mental Health Survey. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 25, pp. 163-173. <https://doi.org/10.1007/s00787-015-0721-5>
- BOBADILLA, H. y Fierro, M. (2002). Estimulación magnética transcraneana (EMT). *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 31(4), pp. 313-327.

- BROWNLEY, K.A., Peat, C.M., La Via, M. y Bulik, C.M. (2015). Pharmacological approaches to the management of binge eating disorder. *Drugs*, 75(1), pp. 9-32. <https://doi.org/10.1007/s40265-014-0327-0>
- BUSSE, A., Hensel, A., Gühne, U., Angermeyer, M.C. y Riedel, S.G. (2006). Mild cognitive impairment. Long-term course of four clinical subtypes. *Neurology*, 67(12), pp. 2176-2185. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000249117.23318.e1>
- CABALLERO, C.C., Jiménez, M.P. y Campo, A. (2022). Suicide risk during the lockdown due to coronavirus disease (covid-19) in Colombia. *Death Studies*, 46(4), pp. 885-890. <https://doi.org/10.1080/07481187.2020.1784312>
- CAILHOL, L., Roussignol, B., Klein, R., Bousquet, B., Simonetta, M., Schmitt, L., Thalamas, C., Tap, G. y Birmes, P. (2014). Borderline personality disorder and rTMS: a pilot trial. *Psychiatry Research*, 216(1), pp. 155-157. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2014.01.030>
- CALDERÓN, A., Reyes, J., García, L., Rodríguez, R., Hernández, N., Barbosa, M., Roque, G., Cañizares, S. y Brunner, A. (2019). Improvement in borderline personality disorder symptoms with dorsomedial prefrontal cortex rTMS: two cases. *Brain Stimulation*, 12(2), pp. 522-523. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.12.718>
- CALDERÓN, A.R., Reyes, J.V., Rodríguez, R., Barbosa, M., Ricardo, J., Espino, M., Hernández, N., García, L., Roque, G., Trejo, G., Cañizares, S. y Hernández, H. (2020). Improvement in borderline personality disorder symptomatology after repetitive transcranial magnetic stimulation of the dorsomedial prefrontal cortex: preliminary results. *Brazilian Journal of Psychiatry*, 43(1), pp. 65-69. doi: [10.1590/1516-4446-2019-0591](https://doi.org/10.1590/1516-4446-2019-0591)
- CAÑIZARES, S., Reyes, J., Ricardo, J., Roque, R., Moctezuma, C., Cruz, T., Fabré, L.A., Hidalgo, L. y Montiel, H. (2019). Repetitive transcranial magnetic stimulation and binge eating disorder clinical and psychophysiological effects. *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation*, 12(2), p. 587. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.12.950>
- CAÑIZARES, S., Reyes, J., Roque, G., Calderón, A., Aguilar, L., López, M., Ricardo, J. y Hernández, H. (s.f.). Clinical, neuropsychological and psychophysiological features of binge eating disorder: preliminary results.

- Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios*, 11(2). Recuperado el 14 de enero del 2022 de: https://drive.google.com/file/d/1Y7AZBdvo0I-d8o6jLYke-L6EXLswsm/view?usp=sharing&usp=embed_facebook
- CARMONA, J., Durand, S., Rodríguez, A., Guarner, C., Cardona, D., Madrigal de León, E. y Alvarado, R. (2021). Community mental health care in Mexico: A regional perspective from a mid-income country. *International Journal of Mental Health Systems*, 15. <https://doi.org/10.1186/s13033-020-00429-9>
- CARTER, W.P., Hudson, J.I., Lalonde, J.K., Pindyck, L., McElroy, S.L. y Pope Jr., H.G. (2003). Pharmacologic treatment of binge eating disorder. *International Journal of Eating Disorders*, 34(1), pp. s74-s88. <https://doi.org/10.1002/eat.10207>
- CÉNAT, J.M., Blais, C., Kokou, C.K., Noorishad, P.G., Mukunzi, J.N., McIntee, S.E., Dalexis, R.D., Goulet, M.A. y Labelle, P.R. (2021). Prevalence of symptoms of depression, anxiety, insomnia, posttraumatic stress disorder, and psychological distress among populations affected by the covid-19 pandemic: a systematic review and meta-analysis. *Psychiatry Research*, 295. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113599>
- CORTÉS, N.Y., Piñeiro, R. y Vuelvas, C.R. (2020). Psychological effects and associated factors of covid-19 in a mexican sample. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 14(3), pp. 413-424. <https://doi.org/10.1017/dmp.2020.215>
- CUADRO, E. y Baile, J.I. (2015). El trastorno por atracón: análisis y tratamientos. *Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios*, 6(2), pp. 97-107. <https://doi.org/10.1016/j.rmta.2015.10.001>
- DÁVILA, C.A. y Pardo, A.M. (2020). Estudio de la carga de la mortalidad por suicidio en México 1990-2017. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 23. <https://doi.org/10.1590/1980-549720200069>
- DAVIS, R., Gildenberg, P.L., Barolat, G., Krames, E.S., Popovic, D. y Meadows, P. (2009). Beginnings of the Societies. En E.S. Krames, P.H. Peckham y A.R. Rezai (editores), *Neuromodulation* (pp. 49-60). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374248-3.00007-0>
- DEMYTTENAERE, K., Bruffaerts, R., Posada, J., Gasquet, I., Kovess, V., Lepine, J.P., Angermeyer, M.C., Bernert, S., e Girolamo, G., Morosini, P., Polidori, G., Kikkawa, T., Kawakami, N., Ono, Y., Takeshima, T., Uda,

- H., Karam, E.G., Fayyad, J.A., Karam, A.N. *et al.* (2004). Prevalence, severity, and unmet need for treatment of mental disorders in the World Health Organization World Mental Health Surveys. *JAMA*, 291(21), pp. 2581-2590. <https://doi.org/10.1001/jama.291.21.2581>
- DÍAZ, A., Díaz, R., Osornio, A. y Rascón, M.L. (2003). Mental health in a Querétaro state, Mexico, municipality: a community psychiatric investigation model. *Gaceta Médica de México*, 139(2), pp. 101-107.
- DOMSCHKE, K., Zwanzger, P., Rehbein, M.A., Steinberg, C., Knoke, K., Dobel, C., Klinkenberg, I., Kugel, H., Kersting, A., Arolt, V., Pantev, C. y Junghofer, M. (2015). Magnetoencephalographic correlates of emotional processing in major depression before and after pharmacological treatment. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 19(2). <https://doi.org/10.1093/ijnp/pyv093>
- DOWNAR, J. y Daskalakis, Z.J. (2013). New targets for rTMS in depression: a review of convergent evidence. *Brain Stimulation*, 6(3), pp. 231-240. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2012.08.006>
- DUNLOR, K., Sheen, J., Schulze, L., Fettes, P., Mansouri, F., Feffer, K., Blumberger, D.M., Daskalakis, Z.J., Kennedy, S.H., Giacobbe, P., Woodside, B. y Downar, J. (2020). Dorsomedial prefrontal cortex repetitive transcranial magnetic stimulation for treatment-refractory major depressive disorder: a three-arm, blinded, randomized controlled trial. *Brain Stimulation*, 13(2), pp. 337-340. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2019.10.020>
- FDA. (2018). FDA permits marketing of transcranial magnetic stimulation for treatment of obsessive compulsive disorder. Recuperado de: <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-permits-marketing-transcranial-magnetic-stimulation-treatment-obsessive-compulsive-disorder>
- FITZGERALD, P.B. y Daskalakis, Z.J. (2012). A practical guide to the use of repetitive transcranial magnetic stimulation in the treatment of depression. *Brain Stimulation*, 5(3), pp. 287-296. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2011.03.006>
- FOUNTOULAKIS, K.N., Karakatsoulis, G., Abraham, S., Adorjan, K., Ahmed, H.U., Alarcón, R.D., Arai, K., Auwal, S.S., Berk, M., Bjedov, S., Bobes, J., Bobes, T., Bourgin, J., Bredicean, C.A., Bukelskis, L., Burkadze, A. *et al.*

- (2022). Results of the covid-19 mental health international for the general population (COMET-G) study. *European Neuropsychopharmacology*, 54, pp. 21-40. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2021.10.004>
- GARBUS, P., Morales, A., Garfias, E., Cabello, L.S., González, K.S., Carbajal, J.A., Garduño, F.M. y Verde, J.A. (2015). Problemáticas en salud mental y prácticas de atención de adolescentes de un municipio de Querétaro, México. *Revista de la Asociación Médica de Bahía Blanca*, 25(2), pp. 40-45.
- GARCÍA, M., González, J., Ricardo, J., Armas, G., Miranda, E., Reyes, E. y Otero, G.A. (2011). Efecto clínico y electrofisiológico de la estimulación magnética transcraneal repetitiva derecha e izquierda en pacientes con transtorno depresivo mayor. *Salud mental*, 34(4), pp. 291-299.
- GÓMEZ, A., Fernández, M., Velázquez, D., Flores, J., León, P., Mercado, G.E., Betancourt, D., Funtanet, J., Kobi, E., Mosti, M.A. y Herrera, M.F. (2017). Trastorno por atracón, depresión, ansiedad y gen del neuropéptido relacionado con Agouti en pacientes con cirugía bariátrica. *Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios*, 8(2), pp. 161-170.
- GONZÁLEZ, J.J., Ricardo, J., García, M. de L., Miranda, E., Reyes, E. y Armas, G. (2013). Análisis de fuentes del EEG en pacientes tratados con estimulación magnética transcraneal a 5 Hz como tratamiento antidepresivo. *Salud mental*, 36(3), pp. 235-240.
- GUISADO, J.A. y Vaz, F.J. (2001). Aspectos clínicos del trastorno por atracón "binge eating disorder". *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, (77), pp. 27-32.
- GUNDERSON, J.G. (2011). Clinical practice. Borderline personality disorder. *The New England Journal of Medicine*, 364(21), pp. 2037-2042. <https://doi.org/10.1056/NEJMcP1007358>
- GUNDERSON, J. G. y Singer, M.T. (1975). Defining borderline patients: an overview. *The American Journal of Psychiatry*, 132(1), pp. 1-10.
- HALLETT, M. (2007). Transcranial magnetic stimulation: a primer. *Neuron*, 55(2), pp. 187-199. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2007.06.026>
- HE, J., Ouyang, F., Qiu, D., Li, L., Li, Y. y Xiao, S. (2021). Time trends and predictions of suicide mortality for people aged 70 years and over from 1990 to 2030 based on the global burden of disease study 2017. *Frontiers in Psychiatry*, 12, 1619. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2021.721343>

- IBIRICU, M.A. y Morales, G. (2009). Estimulación magnética transcraneal. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 32, pp. 105-113.
- IVBIJARO, G., Kolkiewicz, L., Goldberg, D., N'jie, I.N.S., Edwards, T., Riba, M.B., Švab, I., Geller, J. y Enum, Y. (2021). Suicide prevention and covid-19. *Asia-Pacific Psychiatry: Official Journal of the Pacific Rim College of Psychiatrists*, 13(3). <https://doi.org/10.1111/appy.12482>
- KARASON, K., Mølgaard, H., Wikstrand, J. y Sjöström, L. (1999). Heart rate variability in obesity and the effect of weight loss. *The American Journal of Cardiology*, 83(8), pp. 1242-1247. [https://doi.org/10.1016/S0002-9149\(99\)00066-1](https://doi.org/10.1016/S0002-9149(99)00066-1)
- KAWOHL, W. y Nordt, C. (2020). Covid-19, unemployment, and suicide. *The Lancet Psychiatry*, 7(5), pp. 389-390. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(20\)30141-3](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(20)30141-3)
- KELLY, M.E., Loughrey, D., Lawlor, B.A., Robertson, I.H., Walsh, C. y Brennan, S. (2014). The impact of cognitive training and mental stimulation on cognitive and everyday functioning of healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 15, pp. 28-43. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2014.02.004>
- KESSLER, R.C., Avenevoli, S., Costello, E.J., Green, J.G., Gruber, M.J., Heeringa, S., Merikangas, K.R., Pennell, B., Sampson, N.A. y Zaslavsky, A.M. (2009). Design and field procedures in the us National Comorbidity Survey Replication Adolescent Supplement (NCS-A). *International Journal of Methods in Psychiatric Research*, 18(2), pp. 69-83. <https://doi.org/10.1002/mpr.279>
- KOHN, R., Ali, A., Puac, V., Figueroa, C., López, V., Morgan, K., Saldivia, S. y Vicente, B. (2018). Mental health in the Americas: an overview of the treatment gap. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 42. <https://doi.org/10.26633/rpsp.2018.165>
- KOHN, R., Saxena, S., Levav, I. y Saraceno, B. (2004). The treatment gap in mental health care. *Bulletin of the World Health Organization*, 82(11), pp. 858-866. <https://doi.org/S0042-96862004001100011>
- KRAUS, C., Kadriu, B., Lanzenberger, R., Zarate Jr., C.A. y Kasper, S. (2019). Prognosis and improved outcomes in major depression: a review. *Translational Psychiatry*, 9. <https://doi.org/10.1038/s41398-019-0460-3>

- KROCZEK, A.M., Häußinger, F.B., Rohe, T., Schneider, S., Plewnia, C., Batra, A., Fallgatter, A.J. y Ehlis, A. (2016). Effects of transcranial direct current stimulation on craving, heart-rate variability and prefrontal hemodynamics during smoking cue exposure. *Drug and Alcohol Dependence*, 168, pp. 123-127. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2016.09.006>
- LAVAGNINO, L., Arnone, D., Cao, B., Soares, J.C. y Selvaraj, S. (2016). Inhibitory control in obesity and binge eating disorder: a systematic review and meta-analysis of neurocognitive and neuroimaging studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 68, pp. 714-726. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.06.041>
- LEFAUCHEUR, J., Aleman, A., Baeken, C., Benninger, D.H., Brunelin, J., Di Lazzaro, V., Filipović, S.R., Grefkes, C., Hasan, A., Hummel, F.C., Jääskeläinen, S.K., Langguth, B., Leocani, L., Londero, A., Nardone, R., Nguyen, J. et. al. (2020). Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): an update (2014-2018). *Clinical Neurophysiology*, 131(2), pp. 474-528. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.11.002>
- LEFAUCHEUR, J., André, N., Antal, A., Ayache, S.S., Baeken, C., Benninger, D.H., Cantello, R.M., Cincotta, M., De Carvalho, M., De Ridder, D., Devanne, H., Di Lazzaro, V., Filipović, S.R., Hummel, F.C., Jääskeläinen, S. et al. (2014). Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). *Clinical Neurophysiology*, 125(11), pp. 2150-2206. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2014.05.021>
- LEICHSENRING, F., Leibing, E., Kruse, J., New, A.S. y Leweke, F. (2011). Borderline personality disorder. *The Lancet*, 377(9759), pp. 74-84. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)61422-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)61422-5)
- LIANG, K., Li, H., Bu, X., Li, X., Cao, L., Liu, J., Gao, Y., Li, B., Qiu, C., Bao, W., Zhang, S., Hu, X., Xing, H., Gong, Q. y Huang, X. (2021). Efficacy and tolerability of repetitive transcranial magnetic stimulation for the treatment of obsessive-compulsive disorder in adults: a systematic review and network meta-analysis. *Translational Psychiatry*, 11. <https://doi.org/10.1038/s41398-021-01453-0>
- MAHMUD, S., Hossain, S., Mueyed, A., Islam, M. y Mohsin. (2021). The global prevalence of depression, anxiety, stress, and, insomnia and its changes among health professionals during covid-19 pandemic: a

- rapid systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, 7(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07393>
- MARTINOTTI, G., Pettorruso, M., Montemitro, C., Spagnolo, P.A., Acuti, C., Di Carlo, F., Fanella, F., Di Giannantonio, M. y Brainswitch Study Group. (2022). Repetitive transcranial magnetic stimulation in treatment-seeking subjects with cocaine use disorder: a randomized, double-blind, sham-controlled trial. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.pnpb.2022.110513>
- MCINTYRE, R.S. y Lee, Y. (2020). Projected increases in suicide in Canada as a consequence of covid-19. *Psychiatry Research*, 290. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113104>
- MENEZES, P.R., Araya, R., Miranda, J., Mohr, D.C. y Price, L.N. (2015). The latin american treatment and innovation network in mental health (latin-mh): rationale and scope. *Revista de la Facultad de Ciencias Medicas de la Universidad Nacional de Córdoba*, 72(4), pp. 321-330.
- MENTAL HEALTH FOUNDATION. (10 de mayo del 2018). Mental health statistics: people seeking help. Recuperado de: <https://www.mentalhealth.org.uk/statistics/mental-health-statistics-people-seeking-help>
- MEULE, A., Freund, R., Skirde, A.K., Vögele, C. y Kübler, A. (2012). Heart rate variability biofeedback reduces food cravings in high food cravers. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 37(4), pp. 241-251. <https://doi.org/10.1007/s10484-012-9197-y>
- MINZENBERG, M.J., Fan, J., New, A.S., Tang, C.Y. y Siever, L.J. (2008). Frontolimbic structural changes in borderline personality disorder. *Journal of Psychiatric Research*, 42(9), pp. 727-733. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2007.07.015>
- MOITRA, M., Santomauro, D., Degenhardt, L., Collins, P.Y., Whiteford, H., Vos, T. y Ferrari, A. (2021). Estimating the risk of suicide associated with mental disorders: a systematic review and meta-regression analysis. *Journal of Psychiatric Research*, 137, pp. 242-249. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2021.02.053>
- MORENO, C., Wykes, T., Galderisi, S., Nordentoft, M., Crossley, N., Jones, N., Cannon, M., Correll, C. U., Byrne, L. et. al. (2020). How mental health care should change as a consequence of the covid-19 pandemic.

- The Lancet Psychiatry*, 7(9), pp. 813-824. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(20\)30307-2](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(20)30307-2)
- MORO, V., Condoleo, M.T., Valbusa, V., Broggio, E., Moretto, G. y Gambina, G. (2015). Cognitive stimulation of executive functions in mild cognitive impairment: specific efficacy and impact in memory. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 30(2), pp. 153-164. <https://doi.org/10.1177/1533317514539542>
- NATIONAL INSTITUTE OF MENTAL HEALTH. (s.f.). Mental Illness. Recuperado el 14 de enero del 2022 de: <https://www.nimh.nih.gov/health/statistics/mental-illness>
- International Neuromodulation Society. (2009). Neuromodulation. *ScienceDirect Topics*. Recuperado el 14 de enero del 2022 de: <https://www.sciencedirect.com/topics/neuroscience/neuromodulation>
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (s.f.). No hay salud sin salud mental. Recuperado el 23 de diciembre del 2021 de: <https://www.paho.org/es/noticias/8-10-2020-no-hay-salud-sin-salud-mental>
- OMS. (2021). Salud mental: fortalecer nuestra respuesta. *WHO*. Recuperado el 23 de diciembre del 2021 de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-strengthening-our-response>
- _____. Suicide. (s.f.). *WHO*. Recuperado el 31 de agosto del 2020 de: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/suicide>
- OSTROSKY, F., Gómez, M.E., Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A. y Pineda, D. (2007). Neuropsychological attention and memory: a neuropsychological test battery in spanish with norms by age and educational level. *Applied Neuropsychology*, 14(3), pp. 156-170. <https://doi.org/10.1080/09084280701508655>
- PALACIOS, A.G. (2014). El trastorno por atracón en el DSM-5. *Cuadernos de medicina psicosomática y psiquiatría de enlace*, 110, pp. 70-74.
- PÉREZ, D.L., Vago, D.R., Pan, H., Root, J., Tuescher, O., Fuchs, B.H., Leung, L., Epstein, J., Cain, N.M., Clarkin, J.F., Lenzenweger, M.F., Kernberg, O.F., Levy, K.N., Silbersweig, D.A. y Stern, E. (2016). Frontolimbic neural circuit changes in emotional processing and inhibitory control associated with clinical improvement following transference-focused psychotherapy in borderline personality disorder. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 70(1), pp. 51-61. <https://doi.org/10.1111/pcn.12357>

- PIERCE, M., Hope, H., Ford, T., Hatch, S., Hotopf, M., John, A., Kontopantelis, E., Webb, R., Wessely, S., McManus, S. y Abel, K.M. (2020). Mental health before and during the covid-19 pandemic: a longitudinal probability sample survey of the UK population. *The Lancet Psychiatry*, 7(10), pp. 883-892. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(20\)30308-4](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(20)30308-4)
- PRIEGO, B.A., Triana, A., Pinto, S.M., Durán, C., Salas, O., Manríquez, M., Ramos de la Medina, A. y Remes, J.M. (2020). *Anxiety, depression, attitudes, and internet addiction during the initial phase of the 2019 coronavirus disease (covid-19) epidemic: a cross-sectional study in México*. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.05.10.20095844>
- REYES, J., Ricardo, J., Armas, G., García, M., Arango de Montis, I., González, J.J. y Pellicer, F. (2017). Clinical improvement in patients with borderline personality disorder after treatment with repetitive transcranial magnetic stimulation: preliminary results. *Brazilian Journal of Psychiatry*. <https://doi.org/10.1590/1516-4446-2016-2112>
- ROQUE, G.R., Reyes, J., Ricardo, J., López, M., Arias, N., Aguilar, L., Hernández, H., Trejo, G., Brunner, A., Calderón, A. y Cañizares, S. (2019). Effect of transcranial magnetic stimulation as an enhancer of a cognitive stimulation maneuver in mild cognitive impairment patients case studies preliminary results. *Brain stimulation: basic, translational, and clinical research in neuromodulation*, 12(2), 528. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.12.737>
- _____. (2021). Effect of transcranial magnetic stimulation as an enhancer of cognitive stimulation sessions on mild cognitive impairment: preliminary results. *Psychiatry Research*, 304. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2021.114151>
- SACHS, N. y Blazer, D.G. (2015). The new DSM-5 diagnosis of mild neurocognitive disorder and its relation to research in mild cognitive impairment. *Aging & Mental Health*, 19(1), pp. 2-12. <https://doi.org/10.1080/13607863.2014.920303>
- SHAH, A. (2012). Suicide rates: age-associated trends and their correlates. *Journal of Injury & Violence Research*, 4(2), pp. 79-86. <https://doi.org/10.5249/jivr.v4i2.101>

- SHER, L. (2020). Individuals with untreated psychiatric disorders and suicide in the covid-19 era. *Brazilian Journal of Psychiatry*, 43(3), pp. 229-230. <https://doi.org/10.1590/1516-4446-2020-1210>
- SILBERSWEIG, D., Clarkin, J.F., Goldstein, M., Kernberg, O.F., Tuescher, O., Levy, K.N., Brendel, G., Pan, H., Beutel, M., Pavony, M.T., Epstein, J., Lenzenweger, M.F., Thomas, K.M., Posner, M.I. y Stern, E. (2007). Failure of frontolimbic inhibitory function in the context of negative emotion in borderline personality disorder. *The American Journal of Psychiatry*, 164(12), pp. 1832-1841. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2007.06010126>
- SOLÉ, C., Bartrés, D., Junqué, C., Clemente, I.C., Molinuevo, J.L., Bargalló, N., Sánchez, J., Bosch, B., Falcón, C. y Valls, J. (2006). Repetitive transcranial magnetic stimulation effects on brain function and cognition among elders with memory dysfunction. A randomized sham-controlled study. *Cerebral Cortex*, 16(10), pp. 1487-1493. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhj083>
- THORNICROFT, G. (2007). Most people with mental illness are not treated. *The Lancet*, 370(9590), pp. 807-808. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61392-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61392-0)
- VAN DEN EYNDE, F., Claudino, A.M., Mogg, A., Horrell, L., Stahl, D., Ribeiro, W., Uher, R., Campbell, I. y Schmidt, U. (2010). Repetitive transcranial magnetic stimulation reduces cue-induced food craving in bulimic disorders. *Biological Psychiatry*, 67(8), pp. 793-795. doi: 10.1016/j.biopsych.2009.11.023
- WANG, P.S., Aguilar, S., Alonso, J., Angermeyer, M.C., Borges, G., Bromet, E.J., Bruffaerts, R., De Girolamo, G., De Graaf, R., Gureje, O., Haro, J.M., Karam, E.G., Kessler, R.C., Kovess, V., Lane, M.C., Lee, S., Levinson, D. et al. (2007). Use of mental health services for anxiety, mood, and substance disorders in 17 countries in the who world mental health surveys. *The Lancet*, 370(9590), pp. 841-850. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61414-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61414-7)
- WATKINS, K., Orri, M., Pennestri, M.H., Castellanos, N., Larose, S., Gouin, J.P., Ouellet, I., Chadi, N., Philippe, F., Boivin, M., Tremblay, R.E., Côté, S. y Geoffroy, M.C. (2021). Depression and anxiety symptoms in young

adults before and during the covid-19 pandemic: evidence from a canadian population-based cohort. *Annals of General Psychiatry*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12991-021-00362-2>

Zhang, S.X., Batra, K., Liu, T., Dong, R.K., Xu, W., Yin, A., Delios, A., Chen, B.Z., Chen, R.Z., Miller, S., Wan, X. y Chen, J. (2021). Meta-analytical evidence on mental disorder symptoms during the covid-19 pandemic in Latin America. *medRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2021.06.21.21259299>

LA SUPLEMENTACIÓN CON SUBPRODUCTO DE MANGO MEJORA LA RESPUESTA INMUNE EN NIÑOS ESCOLARES DURANTE EPISODIOS DE INFECCIONES RESPIRATORIAS Y GASTROINTESTINALES

MANGO BY-PRODUCT SUPPLEMENTATION IMPROVES THE IMMUNE RESPONSE IN SCHOLAR-AGED CHILDREN DURING UPPER-RESPIRATORY AND GASTROINTESTINAL TRACT INFECTIONS

GABRIELA GARCÍA MARÍN¹

ROSALÍA REYNOSO CAMACHO²

EDUARDO CASTAÑO TOSTADO³

DAVID GUSTAVO GARCÍA GUTIÉRREZ⁴

JOSÉ ANTONIO ENCISO MORENO⁵

MIRIAM ARACELY ANAYA LOYOLA⁶

IZA FERNANDA PÉREZ RAMÍREZ⁷

RESUMEN

En 2018, la Secretaría de Salud reportó que alrededor de 3.2 millones de mexicanos en edad escolar temprana (de 6 a 8 años) presentaron infecciones respiratorias agudas, mientras que alrededor de 500 mil niños presentaron infecciones gastrointestinales. Tras el diagnóstico de dichas infecciones se inicia con tratamientos farmacológicos, principalmente antibióticos. Sin embargo, el uso injustificado de estos agentes, así como

1 Facultad de Química, gabygarcia1996@yahoo.com.mx

2 Facultad de Química, rrcamachomx@yahoo.com.mx

3 Facultad de Química, ecastano@uaq.mx

4 Facultad de Química, davidg3.mx@hotmail.com

5 Unidad de Investigación Biomédica de Zacatecas, IMSS, enciso_2000@yahoo.com

6 Facultad de Ciencias Naturales, aracely.anaya@uaq.mx

7 Facultad de Química, iza.perez@uaq.mx

la prescripción de dosis o intervalos inadecuados, ha sido asociado con el desarrollo de cepas multiresistentes a antibióticos, lo que dificulta el tratamiento y control de las infecciones.

Debido a lo anterior, la Organización Mundial de la Salud ha impulsado una campaña de concientización sobre el uso adecuado de antibióticos y la implementación de estrategias para la prevención de infecciones agudas. En este sentido, se ha reportado que la fibra dietaria disminuye síntomas relacionados con las infecciones agudas gastrointestinales por medio de la modulación de la microbiota colónica, la cual regula el sistema inmune local. Es decir, al modular el sistema inmune colónico se regula el sistema inmune sistémico, lo que se refleja en una disminución de los síntomas de las infecciones.

La investigación se enfocó en estudiar el subproducto de jugo de mango, el cual es una fuente rica en fibra dietaria obtenida como residuo durante la elaboración de dicha bebida. Los subproductos agroindustriales son generalmente desechados, lo que contribuye a un problema ambiental debido a la falta de políticas adecuadas para su manejo, siendo que una fracción de dichos residuos son reutilizados en la producción de alimento animal de bajo valor agregado. La Sociedad Cooperativa de Trabajadores de Pascual Boing, S.C.L. (San Juan del Río, Querétaro) genera grandes cantidades de subproductos de jugos. El residuo obtenido del jugo de mango presenta alrededor de 55% de fibra dietaria y 16.5% de polifenoles totales, los cuales son componentes asociados a efectos inmunomodulatorios. Es por ello que hemos propuesto que dicho subproducto puede ser utilizado como suplemento alimenticio de bajo costo y con alto valor nutrimental y nutracéutico para prevenir infecciones comunes en la población mexicana con bajos recursos.

Se realizó un estudio de intervención en niños en edad escolar temprana (de 6 a 8 años) de una comunidad ubicada en Los Cerritos, Tequisquiapan, Querétaro. Tras dos meses de suplementación diaria supervisada con el subproducto de jugo de mango, los niños presentaron una menor incidencia de síntomas de infecciones gastrointestinales (flatulencias e inflamación abdominal) y del tracto superior respiratorio (mocos cristalinos, picazón de garganta, fluido nasal, picazón de nariz y estornudos), lo cual fue asociado a la modulación del sistema inmune innato y adquirido. Adicionalmen-

te, se realizaron evaluaciones periódicas del estado nutricional de los niños, se brindaron pláticas a sus tutores para mejorar sus hábitos alimenticios y de inocuidad durante la preparación de los alimentos, se realizaron dos campañas de desparasitación y se impartieron cursos de verano de inglés y matemáticas. Todo lo anterior contribuyó a la mejora de la salud y bienestar de los niños de la comunidad.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y CONTEXTO

A nivel mundial, las enfermedades infecciosas representan la principal causa de muerte en niños de 1 a 9 años y adolescentes jóvenes de 10 a 14 años, las cuales corresponden a causas de muerte prevenibles. La alta tasa de mortalidad infantil está relacionada con un acceso limitado a intervenciones de salud básicas tales como vacunación, tratamiento médico oportuno, servicios de higiene y saneamiento, agua limpia y nutrición adecuada. El esfuerzo de numerosas asociaciones gubernamentales y no gubernamentales ha logrado una reducción de 37% en la tasa de mortalidad en niños y adolescentes jóvenes del 2000 al 2017 a nivel mundial; sin embargo, el número de muertes sigue siendo elevado: 2.5 millones en neonatos (menores de 1 año), 2.9 millones en niños menores de 5 años y 0.9 millones en niños y adolescentes jóvenes de 5 a 14 años. La alta tasa de mortalidad es regional y se ve afectada por la desigualdad de ingresos y nivel bajo de educación, siendo que más de 38% de dichas muertes ocurren en países de bajo desarrollo (Dhrifi, 2018; United Nations Inter-agency Group for Child Mortality Estimation, 2018).

Las infecciones respiratorias agudas son responsables de 30 a 40% de las consultas médicas y de 20 a 30% de las hospitalizaciones de niños y adolescentes jóvenes en todos los países. Específicamente en México, se reportaron casi 23.5 millones de casos de infecciones respiratorias agudas en 2016, de los cuales 13.7% correspondió a niños en edad escolar temprana (entre 5 y 9 años). Después de las infecciones respiratorias agudas, las infecciones gastrointestinales son la segunda causa de enfermedad en México. En 2016, se reportaron alrededor de 4.5 millones de casos en el país, de los cuales 10% ocurrió en niños en edad escolar temprana (SSA, 2016). Espe-

cíficamente la diarrea infecciosa se encuentra en el tercer lugar de causas de mortalidad en niños a nivel mundial, con 1,700 millones de casos al año (Dadonaite *et al.*, 2018).

Las infecciones respiratorias incluyen afectaciones en las vías nasales, los bronquios y los pulmones. Generalmente son de carácter agudo y pueden ser causadas por virus, bacterias, hongos o una combinación de dichos agentes etiológicos. Sin embargo, las infecciones respiratorias agudas en niños son generalmente causadas por agentes virales, seguidos de agentes bacterianos. Adicionalmente, las infecciones respiratorias se clasifican de acuerdo con su localización en infecciones que afectan el tracto superior respiratorio (nasofaringitis o resfriado común, sinusitis, faringitis, epiglotitis, laringotraqueobronquitis) y aquellas que afectan el inferior (bronquiolitis y neumonía); estas últimas son las de mayor gravedad.

Los síntomas relacionados con las infecciones respiratorias agudas en el tracto superior dependen del agente etiológico y del estado inmune del paciente, e incluyen un aumento en las secreciones mucosas con corrimiento u obstrucción nasal, edema inflamatorio de la mucosa, estornudos, odinofagia (dolor al tragar) y congestión conjuntival (ojos rojos). Adicionalmente, se pueden presentar síntomas sistémicos como fiebre de bajo grado, mialgia (dolor muscular), cefaleas (dolor de cabeza), tos seca, afonía (pérdida de voz), entre otros. El inicio de los síntomas suele iniciar de uno a tres días tras la exposición al agente etiológico y suelen durar de siete a diez días; sin embargo, pueden llegar a persistir hasta por tres semanas. Es importante destacar que la mayoría de los casos de infecciones respiratorias agudas pueden ser prevenidos por medio de una vacunación oportuna, lo que disminuye la incidencia, severidad y duración de los síntomas. Una infección respiratoria aguda del tracto superior que no es tratada a tiempo puede llevar al desarrollo de complicaciones, principalmente neumonía, la cual contribuye significativamente a la morbilidad y mortalidad en niños (Thomas y Bomar, 2020).

Por otro lado, las infecciones gastrointestinales pueden ser causadas por diversas bacterias, virus, protozoos y parásitos, dependiendo de las condiciones sanitarias y socioeconómicas, y de la edad del paciente. La gastroenteritis es la infección gastrointestinal más recurrente y se caracteriza por una infección e inflamación en la superficie de la mucosa del estómago,

intestino delgado e intestino grueso. Las manifestaciones clínicas más comunes de la gastroenteritis infecciosa son la fiebre, las náuseas, el vómito, el dolor abdominal y la diarrea (con o sin sangre y moco). Adicionalmente, se puede presentar debilidad, dolor muscular y fiebre de bajo grado. Los síntomas suelen aparecer en un plazo de uno a tres días tras la exposición al agente etiológico y suelen tener una duración de uno a dos días, pero pueden persistir hasta por diez.

El sistema gastrointestinal tiene como función nutrir el organismo y excretar desperdicios, por lo que el desarrollo de una infección afecta directamente la digestión y la absorción de nutrientes, y pone al paciente en un alto riesgo nutricional, dependiendo de la severidad y la duración de la infección. Asimismo, el desarrollo de una diarrea severa puede llevar a un estado de deshidratación asociado a la alta tasa de mortalidad de la gastroenteritis en niños. La viral es el tipo de gastroenteritis más común y es principalmente causada por norovirus, rotavirus y adenovirus; no obstante, el esquema de vacunación de niños en México únicamente incluye vacuna contra el rotavirus. Por otro lado, la gastroenteritis bacteriana es principalmente causada por una inadecuada preparación de los alimentos y la parasítica por el consumo de agua contaminada (Verdu y Riddle, 2012; Gotfried, 2021).

Ante la presencia de los síntomas previamente descritos, la recomendación del sector salud es buscar atención médica para evitar el desarrollo de complicaciones severas. Sin embargo, se ha reportado una baja atención médica primaria para infecciones agudas en países en desarrollo como México, ya sea por la falta de acceso a un médico cercano o porque se les da poca importancia a los síntomas desarrollados. Lo anterior trae como consecuencia una prevalencia subestimada de casos de enfermedades infecciosas, así como una administración tardía de los tratamientos correspondientes (SSA, 2008). En México, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) recomienda que, ante la presencia de síntomas de enfermedades del tracto respiratorio o gastrointestinales, los niños deben acudir a consulta médica de atención primaria, mientras que ante la presencia de signos de alarma (fiebre, taquicardia, dificultad para respirar, somnolencia, entre otros) deben acudir inmediatamente a urgencias (IMSS, 2016).

Las metas planteadas para el tratamiento de las enfermedades infecciosas respiratorias y gastrointestinales corresponden al alivio de los síntomas, lo cual puede ser logrado por medios farmacológicos y no farmacológicos. No obstante, es importante destacar que el uso de antibióticos no es recomendado para el tratamiento de estas infecciones si no se ha identificado que el agente etiológico corresponde a una bacteria, ya que los antibióticos no disminuyen infecciones ocasionadas por virus, protozoos ni parásitos. En caso de una infección bacteriana, se deberá identificar la bacteria y realizar un perfil de resistencia para administrar los antibióticos adecuados. Lo anterior es recomendado como consecuencia del alto número de bacterias resistentes a antibióticos, las cuales causan más de 700 mil muertes por año a nivel mundial. Es por ello que hoy en día la resistencia a antibióticos es considerada como una amenaza al sector salud a nivel mundial, ya que estas bacterias son más difíciles y, en ocasiones, imposibles de tratar, puesto que los antibióticos disponibles en el mercado se vuelven menos efectivos (OMS, 2016).

El *Plan de acción mundial sobre la resistencia a los antimicrobianos* de la Organización Mundial de la Salud (OMS) incluye la reducción de la incidencia de las infecciones. Es decir, pretende empezar con la prevención por medio de la implementación de medidas eficaces de saneamiento e higiene, el seguimiento de programas de vacunación y el uso optimizado de medicamentos antimicrobianos mediante la prescripción médica basada en un correcto y profundo diagnóstico y no en la automedicación, ya que en la mayoría de los países los antibióticos se pueden adquirir en múltiples establecimientos sin receta médica (OMS, 2016).

Debido a lo anterior, existe un gran interés en los tratamientos no farmacológicos para disminuir la intensidad y duración de los síntomas de las infecciones respiratorias y gastrointestinales agudas, tales como los suplementos dietarios (Park y Floch, 2007; Mathes y Bellanger, 2010). En este sentido, existen diversos compuestos bioactivos que ejercen un efecto inmunomodulatorio, entre los que se encuentran los prebióticos. Un prebiótico se define como un componente alimentario capaz de resistir la digestión y la absorción en el tracto gastrointestinal que es fermentado por la microbiota intestinal, donde estimula selectivamente el crecimiento o la

actividad de las bacterias intestinales asociadas a la salud y el bienestar del huésped (Davani-Davari *et al.*, 2019).

La fibra dietaria es considerada como un prebiótico ampliamente distribuido en el reino vegetal. Si bien el consumo diario de frutas y verduras es recomendado para cubrir los requerimientos de fibra, vitaminas y minerales de la dieta, diversos países como México cuentan con deficiencias importantes en el consumo de estos componentes. El comité de expertos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) y la OMS recomiendan una ingesta de 25 a 35 g de fibra dietaria al día para un adulto, mientras que para un niño se sigue la regla de “edad + 5”. Sin embargo, en México se estima un consumo diario de 16 a 18 g de fibra al día por adulto, lo que representa del 45% al 72% de lo recomendado. Esta situación se extiende hacia todas las edades de la población mexicana (SSA, 2016).

Diversos estudios han demostrado que la modulación de la microbiota del intestino grueso tiene un impacto en la regulación del sistema inmune local y, por lo tanto, en el sistema inmune sistémico. En este sentido, se ha reportado que la cáscara de mango, debido a su alto contenido de fibra dietaria y compuestos antioxidantes, aumenta el crecimiento de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (Sáyago *et al.*, 2019), lo que demuestra su actividad prebiótica. Por otro lado, en un estudio de intervención con adultos (de 18 a 65 años) se observó que la suplementación diaria con cápsulas de concentrados de jugos de frutas disminuyó en 20% la duración de síntomas moderados y severos del resfriado común, lo cual sugiere la modulación del sistema inmune de los participantes (Roll *et al.*, 2010).

INVESTIGACIÓN

Debido a que la cáscara de mango es una fuente de compuestos bioactivos con actividad prebiótica y representa un desecho o subproducto de la agroindustria que puede ser valorado en la formulación de un suplemento dietario, este proyecto de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación diaria con subproducto de jugo de mango sobre la modulación de la respuesta inmune en niños en edad escolar temprana

durante episodios de infecciones respiratorias y gastrointestinales (Anaya *et al.*, 2020). Cabe mencionar que el protocolo de investigación fue elaborado siguiendo las recomendaciones de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro (31FCN2017).

En este proyecto se trabajó con un subproducto obtenido durante la elaboración de jugo de mango en la Sociedad Cooperativa de Trabajadores de Pascual, S.C.L. (San Juan del Río, Querétaro). El subproducto está compuesto por cáscara y remanentes de pulpa y semilla, y representa alrededor de 60% del peso total de la fruta. Aquel utilizado en este estudio, sin embargo, correspondió solo a la cáscara y al remanente de pulpa en ésta, y fue obtenido directamente del canal de residuos durante la producción del jugo de mango. No se trabajó con la semilla del fruto debido a su alto contenido de antinutrientes. Las muestras fueron inmediatamente trasladadas para ser secadas a 45 °C durante 24 horas y molidas a un tamaño de partícula de 297 a 425 µm. El proceso de secado permite aumentar la vida de anaquel del producto al disminuir la cantidad de agua, lo que reduce la probabilidad de crecimiento bacteriano. El proceso de molienda permite aumentar la solubilidad del subproducto del jugo para que pueda ser consumido disuelto en agua, forma en la que comúnmente se ingieren los suplementos de fibra dietaria.

Se llevó a cabo la caracterización y cuantificación de los compuestos bioactivos presentes en la cáscara de mango. El principal componente del subproducto del jugo fue la fibra dietaria (54%), de la cual 40% correspondió a fibra dietaria insoluble y 14% a soluble (Anaya *et al.*, 2020). Ahora bien, cada tipo de fibra dietaria ejerce una función diferente en el tracto gastrointestinal. La soluble tiene la característica de atrapar agua y formar un gel, brindando una sensación de saciedad. Adicionalmente, dicho gel puede atrapar nutrientes, disminuyendo su digestión y absorción; por lo tanto, si el consumo de fibra dietaria es acompañado con el de otros carbohidratos, lípidos y proteínas, se disminuirá su absorción. Es por ello que el consumo de fibra dietaria soluble es recomendado para disminuir o controlar los niveles de glucosa y triglicéridos sanguíneos. Sin embargo, se debe cuidar no excederse en su consumo, ya que también atrapa micronutrientes (vitaminas y minerales) e inhibe su absorción. Por otro lado, la fibra insoluble

incrementa el volumen de las heces y acelera el tránsito intestinal, por lo que ayuda a evitar el estreñimiento (Gidley y Yakubov, 2019; Kshirsagar *et al.*, 2020).

Con el fin de obtener los mejores efectos fisiológicos de las dos fracciones de fibra dietaria, se recomienda una proporción de insoluble/soluble de 1.0 a 2.3 (Yangilar, 2013). El subproducto de jugo de mango presentó un valor ligeramente por arriba (2.8) (Anaya *et al.*, 2020) debido a su alto contenido de fibra dietaria soluble, la cual es altamente fermentable en el colon y, por lo tanto, presenta actividad prebiótica (Kshirsagar *et al.*, 2020). Por otro lado, el subproducto de jugo de mango es una fuente importante de compuestos antioxidantes, principalmente polifenoles, pues aporta 165 mg/g, es decir, 16.5% (Anaya *et al.*, 2020).

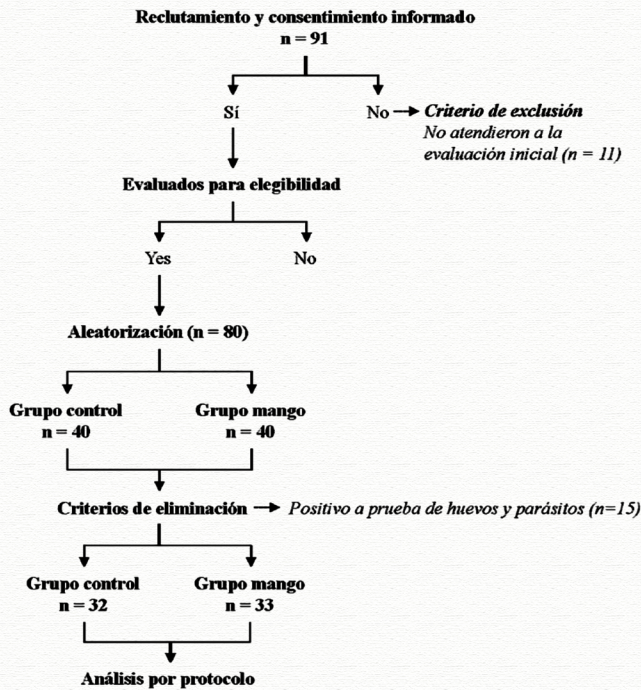
Si bien los polifenoles son conocidos por su capacidad antioxidante, ésta no es su única actividad en el organismo. Dentro de sus múltiples efectos benéficos destaca su efecto antiinflamatorio e inmunomodulatorio, ya que tienen la capacidad de regular la actividad de células inmunes y activar o inhibir la expresión y síntesis de proteínas pro y antiinflamatorias. Es por ello que han sido propuestos para el tratamiento de enfermedades inflamatorias e inmunes (Yahfoufi *et al.*, 2018). Por ejemplo, el consumo de polifenoles de propóleo resolvió la presencia de síntomas asociados con infecciones agudas del tracto superior en tres días, dos días más rápido que en el grupo control (Esposito *et al.*, 2021).

Una vez caracterizado el subproducto de jugo de mango y valorado su potencial como suplemento con actividad inmunomodulatoria, se decidió evaluar su efecto sobre la duración y severidad de síntomas de infecciones gastrointestinales y del tracto superior respiratorio en niños. Se trabajó con niños en edad escolar temprana (de 6 a 8 años), ya que se encuentran en un rango de edad asociado a una alta tasa de infecciones agudas. Los niños fueron reclutados en una escuela primaria de una comunidad rural ubicada en Los Cerritos, Tequisquiapan, Querétaro, por lo que pertenecen a una población marginada de bajos recursos económicos, es decir, a una población vulnerable. El diseño de este proyecto fue el de un estudio de intervención paralelo, aleatorio y controlado de doble ciego (Anaya *et al.*, 2020).

Se realizaron pláticas para invitar a la comunidad a participar en el estudio, donde se le explicó en qué consistía la investigación, las caracte-

rísticas del tratamiento y de los participantes, la duración y las pruebas a realizar. Es importante mencionar que debido a que se trató de un estudio con niños, la autorización escrita de un padre o tutor fue indispensable, así como el consentimiento de la participación de cada niño. Se reclutaron 91 niños mexicanos de 6 a 8 años de ambos sexos, los cuales no presentaban enfermedades crónicas al momento del reclutamiento; sin embargo, únicamente 80 niños asistieron a la evaluación inicial del estudio (Figura 1).

FIGURA 1. ESQUEMA DE RECLUTAMIENTO DEL ESTUDIO DE INTERVENCIÓN



Quince días antes de iniciar con el estudio, se tomaron muestras de heces de los participantes para realizar la prueba de huevos y parásitos (análisis coproparasitológico). Posteriormente, se entregaron los resultados correspondientes a los padres o tutores y se les administró un antiparasitario (metronidazol) a los casos positivos (22 niños) siguiendo las recomendaciones médicas correspondientes. Diez días después, se volvió a tomar una muestra de heces para realizar otro análisis coproparasitológico y evaluar

el efecto del tratamiento farmacológico. Lamentablemente, 15 niños dieron positivo a parásitos patogénicos (*Giardia lamblia* y *Entamoeba histolytica*) a pesar de haber recibido el tratamiento, por lo que fueron descartados del estudio y fueron referidos al médico de la comunidad para continuar con los tratamientos farmacológicos y valoraciones correspondientes.

Los niños que permanecieron en el estudio (65) fueron divididos aleatoriamente en dos grupos: 32 niños en el grupo control (placebo) y 33 niños en el grupo suplementado con subproducto de jugo mango. Dicho subproducto (2 g) fue disuelto en 50 ml de agua inmediatamente antes de su administración, mientras que los niños del grupo placebo recibieron una bebida sabor mango (sin fibra dietaria ni polifenoles). Se realizó la administración diaria supervisada de los tratamientos entre las 12:00 y 14:00 horas, y los tratamientos fueron consumidos en menos de cinco minutos (Anaya *et al.*, 2020).

La duración del estudio fue de dos meses. De manera mensual, se realizó el monitoreo de los parámetros antropométricos, que consistió en la medición del peso corporal, la talla (estatura) y la circunferencia de cintura y de cadera. Estos datos fueron utilizados para calcular el índice de masa corporal, el índice de cintura-cadera, el índice de peso/edad (P/E) y el índice de talla/edad (T/E), los cuales permitieron evaluar el crecimiento y estado nutricional de cada niño. Asimismo, se hicieron análisis coproparasitológicos mensuales para monitorear la presencia de parásitos intestinales, ya que estos podrían afectar la microbiota colónica y, por lo tanto, el efecto del tratamiento prebiótico administrado. Una vez iniciado el estudio, ningún niño dio positivo a la presencia de parásitos intestinales patogénicos.

Durante todo el estudio, se aplicaron cuestionarios semanales para registrar la incidencia, duración y severidad de síntomas específicos de infecciones agudas del tracto superior respiratorio (nariz congestionada, escurrimiento nasal, moco amarillo, moco con sangre, moco cristalino, picazón en nariz, picazón en garganta, dolor de garganta, voz ronca, tos seca, tos con flemas, dolor de cabeza, dolor muscular, ojos rojos, estornudos, cansancio, pérdida de apetito y fiebre) y gastrointestinales (constipación, inflamación intestinal, flatulencias, diarrea y vómito). La severidad de los síntomas fue registrada como sin síntoma, ligera, moderada o severa, con excepción de estornudos, cansancio, pérdida de apetito y fiebre, los

cuales fueron respondidos como la ausencia o presencia del síntoma. En el registro se anotó su fecha de inicio y fin para calcular su duración. Adicionalmente, se realizó el registro semanal de la forma y la consistencia de las heces utilizando la escala de Bristol. Cabe mencionar que se utilizó un esquema visual modificado de dicha escala para que cada niño señalara el tipo de deposición (Anaya *et al.*, 2020).

La suplementación con el subproducto de jugo de mango disminuyó la incidencia de flatulencias e inflamación abdominal, síntomas característicos de infecciones gastrointestinales, en los niños que estaban bajo tratamiento en comparación con los del grupo control. Asimismo, al final del estudio, los niños suplementados con dicho subproducto reportaron una mayor cantidad de excreciones fecales bien formadas, mientras que los niños suplementados con el placebo reportaron una mayor frecuencia de diarrea moderada y severa. Lo anterior podría ser un efecto directo del alto porcentaje de fibra dietaria presente en el subproducto de jugo de mango (Anaya *et al.*, 2020). Con respecto a las infecciones del tracto superior respiratorio, la suplementación con el mismo disminuyó la incidencia de nariz congestionada, mocos cristalinos, picazón de nariz, picazón de garganta, dolor de garganta y estornudos en comparación con el grupo control. Al final del estudio (mes dos), ningún niño suplementado con el subproducto reportó la presencia de estos síntomas (Anaya *et al.*, 2020).

Por otro lado, al inicio (mes cero) y al final (mes dos) del estudio se tomó una muestra sanguínea en condiciones de ayuno de ocho horas para realizar un análisis de biometría hemática (Anaya *et al.*, 2020), el cual incluyó la examinación de hemoglobina (HGB), hematocritos (HCT), conteo de células rojas y blancas (RBC y WBC, respectivamente), volumen medio corpuscular (MCV), concentración media de hemoglobina (MCH), concentración media de hemoglobina corpuscular (MCHC) y número y porcentaje de linfocitos (LYM), granulocitos (GRA), neutrófilos (NEU) y plaquetas (PLT). Adicionalmente, se llevó a cabo la cuantificación de las inmunoglobulinas IgA, IgG e IgM por medio de kits de ELISA (Sigma-Aldrich).

La biometría hemática es un examen ampliamente realizado en los laboratorios clínicos para identificar la presencia de diversas enfermedades, incluyendo infecciones. Todos los niños presentaron niveles elevados de linfocitos y neutrófilos al finalizar el estudio (mes dos), lo que indica la

presencia de una infección activa; sin embargo, sólo pocos niños suplementados con el subproducto de jugo de mango presentaron síntomas, mientras que la mayoría de los niños del grupo control presentaron múltiples síntomas de infección respiratoria y gastrointestinal. De manera similar, el análisis de la inmunoglobulina IgG indicó que los niños suplementados con el subproducto de jugo de mango fueron menos susceptibles a una reinfección, lo que está relacionado con la menor incidencia de síntomas, mientras que los niños del grupo control mostraron niveles altos de IgG, indicando la presencia de una segunda infección al finalizar el estudio. Es decir, la suplementación con el subproducto de jugo de mango no previene el desarrollo de las infecciones, pero sí disminuye la incidencia y la severidad de los síntomas relacionados con infecciones agudas gastrointestinales y del tracto superior respiratorio (Anaya *et al.*, 2020).

Finalmente, se realizó la cuantificación simultánea de 40 proteínas relacionadas con el sistema inmune mediante un arreglo de anticuerpos para analizar las siguientes proteínas: CD14, CD163, CD40, CRP, E-selectina, FAS, FASL, GCSE, ICAM-1, IL-1 alfa, IL-1 beta, IL-1-R4, IL-10, IL-12p70, IL-13, IL-18, IL-2, IL-2 R alfa, IL-4, IL-6, IL-8, lipocalina-2, MCP-1, MCP-2, MIF, MIP-1 alfa, MIP-1 beta, osteopontina, PAI-1, PF4, procalcitonina, RAGE, resistina, trombomodulina, TNF alfa, TREM-1, troponina I, uPAR, VCAM-1 Y VEGF-A (QAH-IMR, RayBiotech). Los anticuerpos específicos para cada proteína se imprimen en una laminilla de vidrio; cada una tiene espacio para 16 muestras, las cuales son incubadas por 12 horas a 4 °C. Posteriormente, se agrega un coctel con los anticuerpos secundarios correspondientes conjugados con biotina para llevar a cabo una detección por fluorescencia en un escáner de microarreglos.

Los datos fueron normalizados y cuantificados utilizando curvas de calibración para cada proteína. Dichas determinaciones fueron realizadas para conocer el estado del sistema inmune de los niños que participaron en el estudio. Los resultados fueron examinados por medio de un análisis multivariado, que consistió en aplicar la prueba del análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales (PLS-DA), y un análisis univariado, donde se empleó la prueba de chi-cuadrada y el análisis de covarianza (ANCOVA) ajustado por edad, género y parámetros antropométricos utilizando el software R (Anaya *et al.*, 2020).

De las 40 proteínas del sistema inmune determinadas en este estudio, la suplementación con el subproducto de jugo de mango aumentó la concentración de nueve de ellas: CD40, IL-10, IL-18, CD163, FASL, GCSF, MCP-1, MIP-1a, MIP-1b (Anaya *et al.*, 2020). Cada una de éstas participa en distintos mecanismos para regular la respuesta inmune innata y adaptativa, aumentando los niveles de proteínas efectoras y reguladoras de la respuesta inflamatoria del organismo ante la presencia de una infección. Es decir, los resultados demuestran que el subproducto de jugo de mango tiene la capacidad de modular el sistema inmune en niños en edad escolar temprana, lo que se ve reflejado en una menor incidencia de síntomas relacionados con infecciones agudas gastrointestinales y del tracto superior respiratorio, pues brinda protección y mejora la respuesta inmune ante una reinfección.

IMPACTO

Uno de los impactos que se obtuvieron con el desarrollo del estudio de intervención ocurrió en el sector científico. Los resultados de este proyecto permitieron contribuir a la comunidad científica con evidencia que demuestra que el subproducto de jugo de mango tiene actividad inmunomodulatoria debido a su alto contenido de fibra dietaria y polifenoles, pues identifica los mecanismos de acción. Éste es el primer estudio que demuestra el efecto inmunoregulador de un suplemento dietario elaborado a partir de residuos agroindustriales.

Ahora bien, durante la ejecución del estudio hubo un impacto directo en la salud y el bienestar de los participantes. Se realizó la valoración nutricia de 80 niños durante dos meses por medio de la toma de parámetros antropométricos y la aplicación semanal de cuestionarios sobre el consumo y la preparación de los alimentos. Con base en la información recolectada de cada niño, nutriólogas especializadas en el área clínica brindaron una explicación individualizada de los resultados de su estado nutricional a los padres o tutores de los participantes, les indicaron si el niño se encontraba en un bajo peso, peso normal o elevado de acuerdo con su talla y su edad, y les dieron las recomendaciones dietarias correspondientes. Lo anterior fue

acompañado por pláticas abiertas a toda la comunidad sobre estrategias para mejorar los hábitos alimenticios.

Por otro lado, se realizaron dos campañas de desparasitación para los participantes del estudio, brindando los tratamientos farmacológicos correspondientes a los niños que presentaron parásitos patogénicos. Cabe mencionar que todos los análisis clínicos, tratamientos farmacológicos y atención médica brindados fueron completamente gratuitos. También se realizó un estudio socioeconómico a los padres o tutores de los participantes, lo que nos permitió identificar que se encontraban en situación de pobreza moderada con escolaridad máxima de secundaria, y que si bien todas las casas contaban con luz eléctrica, no todas tenían estufa o refrigerador. Lo anterior es importante debido a la alta prevalencia de parásitos en la mayoría de los participantes, además de que 18.8% presentó una reincidencia a pesar de haber recibido tratamiento antiparasitario. Es por ello que se ofrecieron charlas abiertas a toda la comunidad sobre inocuidad durante la preparación de alimento con el objetivo de brindar herramientas para prevenir casos futuros de parasitosis intestinal. Finalmente, como parte de las actividades de impacto social realizadas con los niños, se les impartieron cursos de verano de inglés y matemáticas para apoyarlos en su formación educativa. Asimismo, se realizaron diversas actividades de integración y recreación con las familias de los participantes.

LECCIONES APRENDIDAS

El desarrollo de este proyecto de investigación en una comunidad rural en condiciones de pobreza fue altamente satisfactorio debido a las actividades desarrolladas para contribuir a la salud y el bienestar de las familias que participaron. Consideramos que se logró impactar en la salud de cada una de ellas gracias a los estudios clínicos realizados que ayudan a prevenir el desarrollo de enfermedades y, en algunos casos, a motivar la búsqueda de atención médica. Asimismo, se logró fomentar un ambiente armonioso mediante diversas actividades educativas y recreativas para los niños, sus familias y el resto de los integrantes de la comunidad que nos acompañaron durante los meses que estuvimos con ella.

Para lograr realizar este estudio de intervención fue necesario la participación de distintos actores. Por un lado, el grupo de trabajo fue multidisciplinario, ya que contamos con investigadores que diseñaron el estudio, químicos farmacéuticos biólogos que tomaron las muestras sanguíneas y llevaron a cabo los análisis e interpretación clínica, y nutriólogos que realizaron las valoraciones nutricias y explicaron los resultados. Por otro lado, trabajamos de la mano de mujeres que eran miembros líderes de la comunidad, quienes nos apoyaron en la divulgación del estudio para iniciar con el reclutamiento y dar difusión a las actividades educativas y recreativas. Agradecemos enormemente a cada uno de los participantes directos e indirectos de este proyecto.

Una vez que contamos con el apoyo de dichos líderes de la comunidad, las dificultades fueron mínimas, ya que establecimos una comunicación constante con la unidad médica de la comunidad para brindar atención en caso de ser necesaria, así como con la escuela primaria que nos permitió utilizar sus instalaciones para llevar a cabo la administración diaria supervisada de los tratamientos y recolectar las encuestas semanales. Asimismo, tuvimos acceso a distintas instalaciones de la comunidad para realizar las actividades educativas y recreativas con los niños, sus familias y otros participantes de la comunidad.

Los aprendizajes obtenidos tras el desarrollo de este proyecto de investigación son numerosos. Destaca la importancia de formar profesionistas e investigadores con responsabilidad social y comunitaria capaces de generar empatía, sensibilidad, actitud de servicio y compromiso. Estos atributos permiten que un proyecto de investigación en comunidad sea fructífero y satisfactorio para ambas partes.

REFERENCIAS

- ANAYA, M.A., García, G., García, D.G., Castaño, E., Reynoso, R., López, J.E., Enciso, J.A. y Pérez, I.F. (2020). A mango (*Mangifera indica* L.) juice by-product reduces gastrointestinal and upper respiratory tract infection symptoms in children. *Food Research International*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109492>

- DADONAITE, B., Ritchie, H. y Roser, M. (2018). Diarrheal diseases. *Our World in Data*. Recuperado de: <https://ourworldindata.org/diarrheal-diseases>
- DAVANI, D., Negahdaripour, M., Karimzadeh, I., Seifan, M., Mohkam, M., Masoumi, S.J., Berenjian, A. y Ghasemi, Y. (2019). Prebiotics: definition, types, sources, mechanisms, and clinical applications. *Foods*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/foods8030092>
- DHRIFI, A. (2018). Gastos en salud, crecimiento económico y mortalidad infantil: antecedentes de países desarrollados y en desarrollo. *Revista CEPAL*, 125, pp. 71-97. Recuperado de: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43992-gastos-salud-crecimiento-economico-mortalidad-infantil-antecedentes-paises>
- ESPOSITO, C., Garzarella, E.U., Bocchino, B., D'Avino, M., Caruso, G., Buonomo, A.R., Sacchi, R., Galeotti, F., Tenore, G.C., Zaccaria, V. y Daglia, M. (2021). A standardized polyphenol mixture extracted from poplar-type propolis for remission of symptoms of uncomplicated upper respiratory tract infection (URTI): a monocentric, randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Phytomedicine*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2020.153368>
- GIDLEY, M.J. y Yakubov, G.E. (2019). Functional categorisation of dietary fibre in foods: beyond 'soluble' vs 'insoluble'. *Trends in Food Science & Technology*, 86, pp. 563-568. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.12.006>
- GOTTFRIED, J. (2021). Overview of gastroenteritis. *MSD Manual Professional Version*. Recuperado de: <https://www.msdmanuals.com/professional/gastrointestinal-disorders/gastroenteritis/overview-of-gastroenteritis>
- INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL. (2016). Diagnóstico y manejo de la infección aguda de vías áreas superiores en pacientes mayores de 3 meses hasta 18 años de edad. Recuperado de: <https://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/o62GER.pdf>
- KSHIRSAGAR, S.B., Takarkhede, S., Jha, A.G., Jain, R.P., Jadhav, V.S. y Jadhav, D.D. (2020). A comprehensive review on dietary fiber and their functional properties in human body. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*, 4(3), pp. 59-76. <https://doi.org/10.30574/wjbphs.2020.4.3.0104>
- MATHES, A. y Bellanger, R. (2010). Herbs and other dietary supplements: current regulations and recommendations for use to maintain health in

- the management of the common cold or other related infectious respiratory illnesses. *Journal of Pharmacy Practice*, 23(2), pp. 117-127. <https://doi.org/10.1177/0897190009358711>
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2016). Plan de acción mundial sobre la resistencia a los antimicrobianos. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255204/9789243509761-spa.pdf>
- PARK, J. y Floch, M.H. (2007). Prebiotics, probiotics, and dietary fiber in gastrointestinal disease. *Gastroenterology Clinics of North America*, 36(1), pp. 47-63. <https://doi.org/10.1016/j.gtc.2007.03.001>
- ROLL, S., Nocon, M. y Willich, S.N. (2011). Reduction of common cold symptoms by encapsulated juice powder concentrate of fruits and vegetables: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *British Journal of Nutrition*, 105(1), pp. 118-122. <https://doi.org/10.1017/S000711451000317X>
- SÁYAGO, S.G., Zamora, V.M. y Venema, K. (2019). Prebiotic effect of pre-digested mango peel on gut microbiota assessed in a dynamic *in vitro* model of the human colon (TIM-2). *Food Research International*, 118, pp. 89-95. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.024>
- SECRETARÍA DE SALUD. (2008). Prevención, diagnóstico y tratamiento de la enfermedad diarreica aguda en niños de dos meses a cinco años en el primero y segundo nivel de atención. IMSS. Recuperado de: <http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/156GER.pdf>
- _____. (2016). Veinte principales causas de enfermedad nacional, por grupos de edad. Recuperado de: http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/2016/principales/nacional/grupo_edad.pdf
- THOMAS, M. y Bomar, P.A. (2020). Upper respiratory tract infection. *StatPearls*. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532961>
- UNITED NATIONS INTER-AGENCY GROUP FOR CHILD MORTALITY ESTIMATION. (2018). Levels and trends in child mortality: report 2018, estimates developed by the United Nations Inter-agency Group for Child Mortality Estimation. *United Nations Children's Fund*. Recuperado de: <https://data.unicef.org/resources/levels-and-trends-in-child-mortality/>

- VERDU, E.F. y Riddle, M.S. (2012). Chronic gastrointestinal consequences of acute infectious diarrhea: evolving concepts in epidemiology and pathogenesis. *American Journal of Gastroenterology*, 107(7), pp. 981-989. <https://doi.org/10.1038/ajg.2012.65>
- YAHFOUFI, N., Alsadi, N., Jambi, M. y Matar, C. (2018). The immunomodulatory and anti-inflammatory role of polyphenols. *Nutrients*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/nu10111618>

La presente edición de
Ciencia comprometida.
Recopilación del impacto social
generado por investigaciones
de la Universidad Autónoma de Querétaro
fue maquetada por Alejandro Zamorano
en el Taller del Fondo Editorial
de la Universidad Autónoma de Querétaro.
El cuidado estuvo a cargo
de Luz Ledesma, Azucena Ochoa Cervantes,
Eduardo Luna Sánchez y Raúl Francisco Pineda López.
Se publicó en septiembre del 2023,
en Santiago de Querétaro, México.

La producción de evidencia científica es una condición necesaria mas no suficiente para que las universidades contribuyan a atender los desafíos que enfrenta nuestro país. Si se espera generar cambios, los agentes clave deben participar en el proceso y tomar decisiones a partir del conocimiento generado. No se puede determinar el impacto social de la ciencia a partir del número de publicaciones realizadas, pues éstas son un medio para difundir hallazgos entre pares. Es indispensable, entonces, aportar muestras de la interacción con otros actores y la creación de valor público.

Ciencia comprometida compila los alcances de investigaciones llevadas a cabo por académicos de la Universidad Autónoma de Querétaro orientadas hacia la resolución de problemas concretos. Los casos seleccionados corresponden a distintas disciplinas que convergen en nuestra Universidad y los resultados obtenidos favorecieron la economía, la calidad de vida, la cultura, la salud, las políticas públicas y el ambiente, tanto en Querétaro como a nivel nacional. Es por esto que la lectura del presente libro será de interés para aquellos que deseen conocer más sobre la incidencia de diversas investigaciones y la influencia de las universidades públicas en la sociedad.



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE
QUERÉTARO