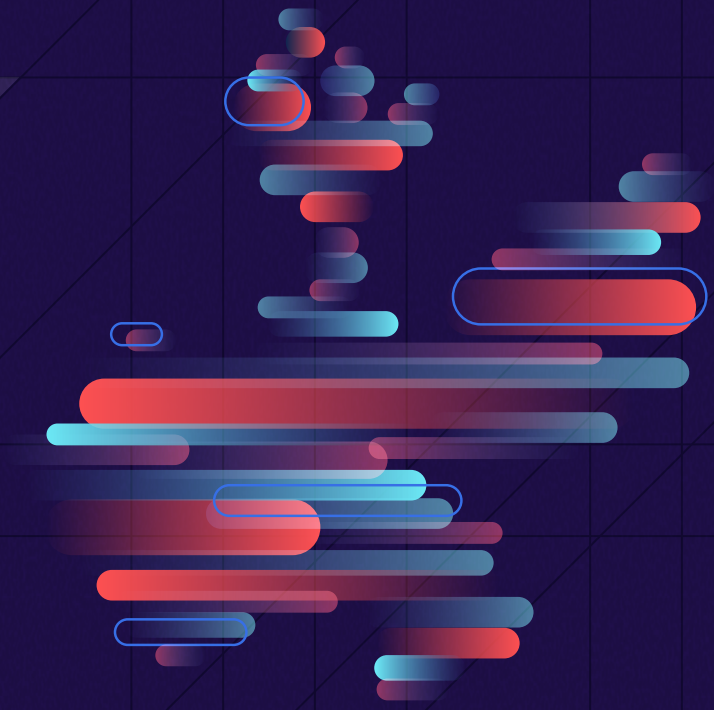


Premio Estatal de Innovación, Ciencia y Tecnología

Jalisco 2021

Innovación, Ciencia y Tecnología

Jalisco
GOBIERNO DEL ESTADO

Premio Estatal de Innovación, Ciencia y Tecnología

Jalisco 2021

Innovación, Ciencia y Tecnología

Jalisco
GOBIERNO DEL ESTADO

Todos los derechos reservados conforme a la ley

Primera edición, 2021

D.R. © Gobierno del Estado de Jalisco
D.R. © Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología
Av. Faro No. 2350,
Edificio Mind, Planta Baja, Col. Verde Valle,
C.P. 44550, Guadalajara, Jalisco

Diseño editorial:
Ediciones de la noche
www.edicionesdelanoche.com

ISBN: 978-607-8655-19-9

Impreso y hecho en México
Printed and Made in Mexico

Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización expresa del titular de los Derechos.
Las opiniones expresadas son de exclusiva responsabilidad de los autores y autoras y no constituyen de manera alguna la posición oficial del editor. El cumplimiento con todas las leyes de derechos de autor y propiedad intelectual correspondientes, es de exclusiva responsabilidad de los autores y autoras. Cualquier reclamación sobre derechos de autor es responsabilidad exclusiva de los autores y autoras.

Contenido

» Jurado Calificador 2021, **P. 07**

» Mensaje del Secretario de Innovación, Ciencia y Tecnología Mtro. Alfonso Pompa Padilla, **P. 10**

» Mensaje de la Directora General de Ciencia y Desarrollo Tecnológico Mtra. Larisa Cruz Ornelas, **P. 14**

» Dirección General de Ciencia y Desarrollo Tecnológico, **P. 18**

» Histórico de Ganadores 2001-2021, **P. 20**

Ganadores 2021

Mérito al Desarrollo Científico-Tecnológico | **p. 32**

» Una trayectoria para el desarrollo
Dra. Georgina Coral Sandoval Fabián

Ciencia | **p. 40**

» Análisis de sueros de mujeres con cáncer de mama en etapas tempranas, utilizando un MiniArreglo de Antígenos Asociados a Tumores (AAATs)
Dr. Rodolfo Hernández Gutiérrez
Dr. Oscar René Ochoa Mojica

Tecnología | **p. 50**

» Mezcla y Proceso, para Elaborar un Material Plástico Biodegradable
Dra. Sandra Pascoe Ortiz

Tesis | **p. 56**

» Adsorción de metales pesados y colorantes en columnas empacadas con adsorbentes basados en polisacáridos

Dr. Martín Esteban González López

Tesis | **p. 62**

» Evaluación de la expresión de los receptores WNT en cáncer cérvico-uterino y su regulación por las proteínas virales E5, E6 y E7 de VPH 16, 18 y 84

Dra. Andrea Molina Pineda

Investigación Temprana | **p. 72**

» Desarrollo de un pre-prototipo de tira de flujo lateral para la detección de la proteína HER2 sobreexpresada en células de cáncer de mama

Ing. Juan Antonio Nuñez Hernandez

Divulgación | **p. 82**

» Divulgación de la Cultura Científica para fomentar estudios superiores en ciencia y tecnología

Lic. María Teresa Arias Gómez

Dr. Manuel Fernando Guzmán Muñoz

Jurado Calificador

Es importante reconocer la valiosa labor desarrollada por los evaluadores del Premio Estatal de Innovación, Ciencia y Tecnología, Jalisco 2021

Nombre	Institución
Dr. José de Anda Sánchez	*Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C*
Dr. Bernardo Masini Aguilera	*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente*
Dr. David Abraham Alam Escamilla	*Creamos Más S.A. de C.V.*
Dr. Edgar Jair Mendivil Rangel	*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente*
Dr. Edgar René López Mena	*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey*
Dr. Felipe de Jesús Díaz Reséndiz	*Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara*
Dr. Francisco Medina Gómez	*Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYTJAL)*
Dr. Hugo Espinoza Andrews	*Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C*
Dr. Jacobo Rodríguez Campos	*Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C*
Dr. Javier Placido Arrizón Gaviño	*Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C*
Dr. Jorge Adrián Ramírez de Arellano Sánchez	*Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara*
Dr. José Edgar Correa Terán	*Universidad Pedagógica Nacional Campus Cd. Guzmán*
Dr. José Luis Flores Montaño	*Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C*
Dr. José Miguel Moreno Ortíz	*Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara*
Dr. Gustavo Bustillo Arméndariz	*Bustar Alimentos S.A. de C.V.*
Dr. Luis Eduardo García Amézquita	*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey*
Dr. Ramón Cuevas Guzmán	*Centro Universitario Costa Sur, Universidad de Guadalajara*
Dr. Roberto Arias de la Mora	*Colegio de Jalisco*
Dr. Misael Sebastián Gradilla Hernández	*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey*
Dr. Tomás García Cayuela	*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey*
Mtra Laura Elena Panero	*Bustar Alimentos S.A. de C.V.*
Dra. Ana María Puebla Pérez	*Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara*
Dra. Antonia Gutiérrez Mora	*Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C*
Dra. Carolina Senés Guerrero	*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey*
Dra. Cynthia Lorena Franco Rodríguez	*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey*

Nombre	Institución
Dra. Danay Carrillo Nieves	*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey*
Dra. Elsie Evelyn Araujo Palomo	*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente*
Dra. Erika Nahomy Marino Marmolejo	*Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C*
Dra. Guadalupe María Guatemala Morales	*Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C*
Dra. Karina Franco Paredes	*Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara*
Dra. Karla Janette Nuño Anguiano	*Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara*
Dra. Leticia Casas Godoy	*Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C*
Dra. Lya Esther Sañudo Guerra	*Secretaría de Educación*
Dra. María Sonia Luquín de Anda	*Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara*
Dra. Miriam Ruth Bueno Topete	*Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara*
Dra. Montserrat Álvarez Zavala	*Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara*
Dra. Blanca Noelia Caro Chaparro	*Consejo de Cámaras Industriales de Jalisco*
Dra. Silvia Josefina López Pérez	*Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara*
Lic. María Fernanda Ortega Morfín	*Centro Universitario de los Altos, Universidad de Guadalajara*
Mtra. Dalila del Toro Rodríguez	*Universidad Pedagógica Nacional Campus Cd. Guzmán*
Dr. Adrian Daneri Navarro	*Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara*
Dr. Antonio Topete Camacho	*Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara*
Dr. David Ortiz Mendoza	*Universidad Autónoma de Guadalajara*
Dr. Emmanuel López Neri	*Univesidad del Valle de México, Campus Guadalajara*
Dr. Erik Valdemar Cuevas Jiménez	*Universidad Panamericana*
Dr. Gerardo Ramos Larios	*Instituto de Astronomía y Metereología, Universidad de Guadalajara*
Dr. Gerardo Rodríguez Barba	*Centro de Tecnología Avanzada A.C., Unidad Zapopan*
Dr. Jesús Cervantes Martínez	*Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C*

Nombre	Institución
Mtro. José Luis Cuéllar Vázquez	*Centro de Tecnología Avanzada A.C., Unidad Zapopan*
Dr. José María Nava Preciado	*Centro Universitarios de Ciencias Económico Administrativas, Universidad de Guadalajara*
Dr. Juan José Pacheco	*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey*
Dr. Juán Socorro Armendáriz Borunda	*Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara*
Dr. Miguel García Guerrero	*Museo de Ciencias Universidad Autónoma de Zacatecas*
Dr. Víctor Alcaráz González	*Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara*
Dra. Clara Patricia Ríos Ibarra	*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente*
Dra. Irma Livier De Regil Sánchez	*Universidad del Valle de Atemajac Campus Guadalajara*
Dra. Lorena Amaya Delgado	*Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C*
Mtro. Jorge Váquez Murillo	*Experto en Negocios Tecnológicos Globales*
Dra. María Luisa García Batiz	*Universidad de Guadalajara*
Dra. Rocío Calderón García	*Universidad de Guadalajara*
Dra. Sara Ortiz Cantú	*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente*
Dra. Yocanxochitl Perfecto Ávalos	*Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey*
Ing. Eugenio Godard Zapata	*Experto en Industria de Alta tecnología*
Lic. Karen Abrica Medina	*Universidad Panamericana*
Lic. Marco Antonio Hernández Talamantes	*Colegio de Jalisco*
Lic. Mayra Elizabeth Vargas Espinoza	*Canal 44*
Mtra. Lina María Aguilar Lobo	*Universidad Autónoma de Guadalajara*
Mtro. Benjamin Huerta Estrada	*AMDOCS*
Mtro. Hugo Alberto Jasso Villareal	*Museo Interactivo "El Meteorito"*
Mtro. Jesús Palomino Echartea	*Intel Corporation*
Mtro. Ricardo Esteban Gómez Bayardo	*Clúster de Ingenría Biomédica*
Dr. Alejandro Bravo Cuéllar	*Centro de Investigaciones Biomédicas de Occidente. IMSS*

Alfonso Pompa Padilla

Secretario de Innovación, Ciencia y Tecnología

En la nueva gobernanza, al gobierno le toca coordinar e incentivar a los sectores académico y privado. Nada se puede hacer sin su colaboración sustantiva, mi reconocimiento a ellos. Si hoy podemos rendir buenas cuentas, es gracias a las cuatro hélices de la innovación.

A más de un año de la pandemia de COVID-19, Jalisco tiene nuevos retos y se acentúan los recurrentes. Este escenario brinda oportunidades para el ecosistema científico y tecnológico local.

En este contexto crítico, el Premio PEICyT adquiere mayor relevancia, toda vez que no solo reconoce al talento científico, tecnológico, innovador y divulgador, también cumple con dos importantes objetivos: **incentiva** a nuestras universidades, centros de investigación, empresas y emprendimientos, para solucionar retos sociales y fomentar la competitividad de los Hubs de Ciencia y Tecnología de Jalisco; así como **promueve** la **apropiación social** de la ciencia, la tecnología e innovación, dentro y fuera de Jalisco.

La edición 2021 del Premio contó con **167 candidaturas**, más que la suma de las registradas en los años 2019 (tuvo 106 candidatos) y 2020 (se inscribieron 53). Esta mayor participación de la comunidad científica y tecnológica requirió gran labor y esfuerzo por parte del jurado calificador: se contó con **72 evaluadores** altamente especializados, que analizaron y dictaminaron de manera imparcial y objetiva a los **9 premiados** de esta edición.

Todos los galardonados son merecedores de esta distinción, tanto por su trayectoria como por su arduo trabajo y, por supuesto, por el impacto que sus acciones generan para Jalisco.

La Dra. Georgina Coral recibe el Premio por su trayectoria en el ámbito de la ciencia y tecnología de alimentos, polímeros y bioinge-

niería, sus aportaciones en el desarrollo de nuevo conocimiento, la formación de talento de alta especialización, así como las 17 invenciones patentadas y en proceso de protección que son de su creación.

En materia de salud, un área cuya pertinencia y relevancia se incrementa por el contexto actual, se premiaron 3 candidaturas (en las categorías de Ciencia, Investigación Temprana y Tesis) relacionadas con el cáncer de mama y cérvico-uterino, males que han afectado a muchas mujeres jalisciense en algún momento de sus vidas. Estos avances fortalecen la esperanza de que, en un futuro cercano, estas enfermedades causen menos daño en la población.

En el área de sustentabilidad se premiaron 2 candidaturas asociadas con el desarrollo de un material plástico biodegradable (categoría de Tecnología) y estudios novedosos relacionados con procesos para el tratamiento de agua (categoría de Tesis), aspectos vitales para la supervivencia humana.

En la categoría de divulgación, fue premiada la gran labor de los promotores e impulsores de vocaciones científicas en nuestra entidad.

Vale la pena resaltar que todas las candidaturas que participaron fueron de gran calidad y gran parte de ellas demuestran tener un impacto en la solución de retos sociales y el impulso a la competitividad de las industrias estratégicas de nuestro estado, cumpliendo los propósitos que el Gobierno de Jalisco, con tres ejes fundamentales en Ciencia y Tecnología a través de la SICyT, busca fomentar mediante la estrategia de desarrollo del ecosistema científico-tecnológico e innovador, con los resultados alcanzados hasta la fecha por los proyectos financiados por programas públicos de apoyo como el Fondo de Desarrollo Científico de Jalisco (FODECIJAL) y el Programa de Innovación de Jalisco (PROINNJAL); proyectos que tienen su foco de impacto en sectores como la Biotecnología, la Sustentabilidad, y las Tecnologías Digitales y Ciencia de Datos; y por supuesto con el continuo y decidido impulso a patentes y a la búsqueda de su transferencia a la sociedad (De la Ciencia al Mercado).

Felicitamos y agradecemos a la comunidad científica y tecnológica, por su gran participación, así como al jurado calificador, pero especialmente a los ganadores del Premio, por sus méritos, compromiso y contribuciones a nuestra sociedad jalisciense, esperando que este premio pueda motivar, tanto a ellos como a sus respectivas instituciones, a seguir buscando nuevos conocimientos y desarrollando nuevas tecnologías, para ser transferidas en favor del bienestar social y económico, fomentando su apropiación por nuestra sociedad.

La pandemia de la COVID-19 ha sido enfrentada de una manera totalmente nueva en la historia humana, gracias a la ciencia y tecnología. Sin estas formidables herramientas, los decesos y afectaciones serían mucho mayores. A diferencia de lo que describía Daniel Defoe respecto a la Gran Peste de Londres, hoy la inteligencia y solidaridad humana venció al temor y contribuyó a revertir una amenaza. No fue un triunfo total, pero la ciencia demostró que podemos tener mejores sociedades, capaces de trazar un futuro luminoso para todos. Por ello, el reto para Jalisco es doble: seguir en el camino del esfuerzo con resultados, así como acelerar el avance en las áreas de innovación, ciencia y tecnología. Es la ciencia la que estará en posibilidades reales de enfrentarnos a los

nuevos retos que el mundo nos plantea, como la enfermedad y los males de cada época, como quedó demostrado en esta contingencia, por ello debemos continuar por esa vía, con la firme convicción que la apuesta por el futuro debe ser esperanzadora.

» **Mtro. Alfonso Pompa Padilla**

Secretario de Innovación, Ciencia y Tecnología

» Gobierno del Estado de Jalisco

Mtra. Larisa Cruz Ornelas

Directora General de Ciencia y Desarrollo Tecnológico

Como en la *Historia de dos ciudades* de Dickens, esta época no sólo ha estado llena de dilemas, también ha sido pletórica de soluciones, talento y éxitos: los ganadores del Premio Estatal de Innovación, Ciencia y Tecnología, Jalisco (PEICyT) 2021 son ejemplo de ello.

A pesar de las dificultades y obstáculos que la pandemia por la COVID-19 trajo a Jalisco, en esta edición del PEICyT contamos con la participación de 167 candidaturas de investigadores, tecnólogos e innovadores, integrantes de la extensa red de innovación, ciencia y tecnología del estado. En suma, el PEICyT 2021 tiene una de las mayores participaciones en la historia de este premio.

El presente libro muestra una panorámica sobre los ganadores del PEICyT 2021. Como en todas las ediciones del premio, la calidad de los trabajos recibidos fue excepcional, lo que confirma el gran talento y enorme capacidad que Jalisco tiene en ciencia y desarrollo de tecnología. Esta circunstancia enaltece, sin duda alguna, el mérito de las candidaturas ganadoras en sus respectivas categorías, de las cuales se muestra una breve descripción a continuación:

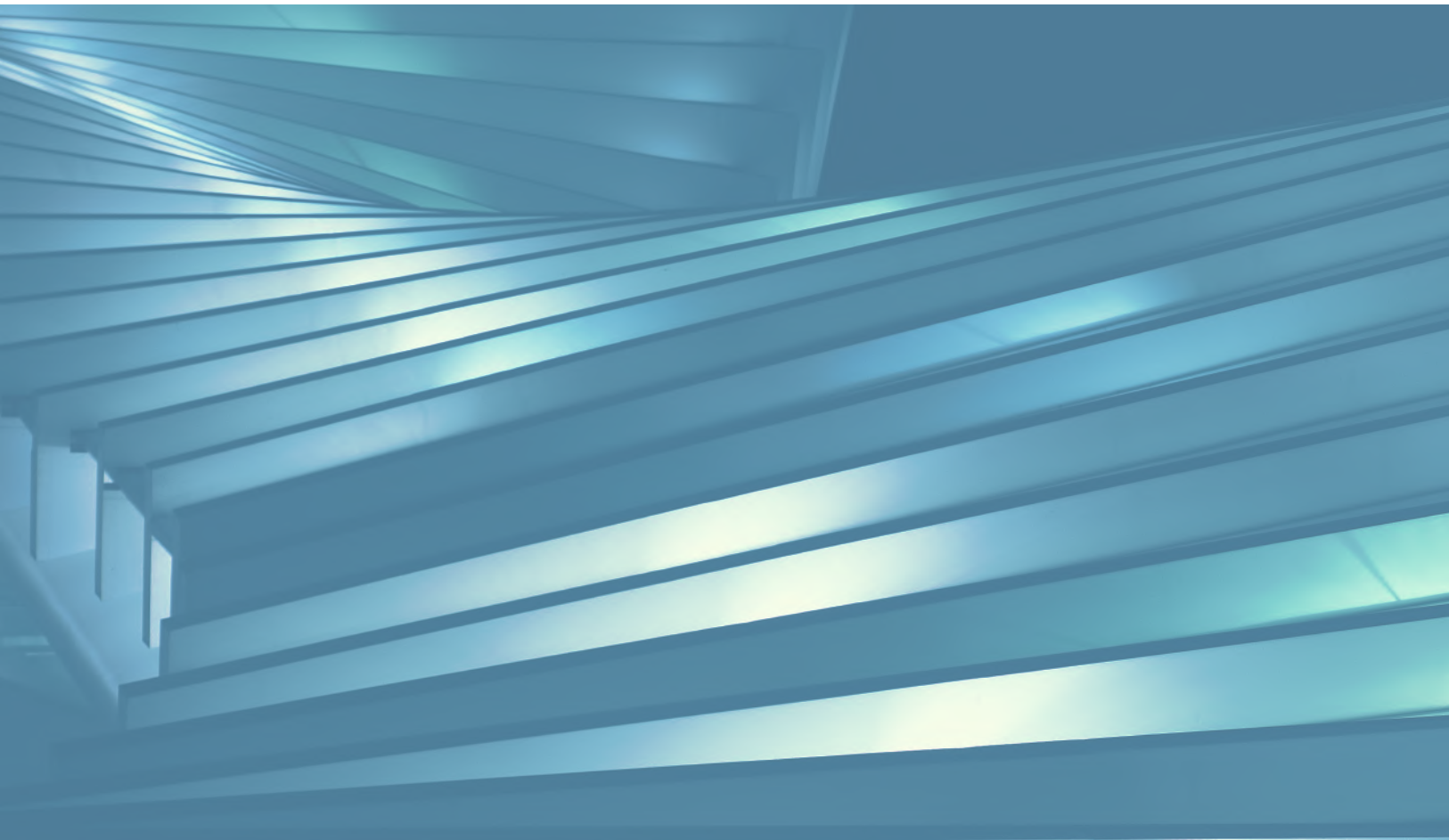
En la *Categoría del Mérito al Desarrollo Científico -Tecnológico* se premia a la Dra. Georgina Coral Sandoval Fabián. La Doctora Georgina Sandoval es Ingeniera Química egresada de la Universidad de Guadalajara, maestra en ciencias de la ingeniería de procesos por la Escuela Nacional Superior de Ingenieros en Artes Químicas y Tecnológica del Instituto Nacional Politécnico de Toulouse, Francia y doctora en biología, salud y biotecnología por el INSA-Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Toulouse, Francia. Actualmente es investigadora titular “C” en el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, miembro del Sistema Nacio-

nal de Investigadores en el nivel 3, y cuenta con amplia experiencia en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en las áreas de Ciencia y tecnología de alimentos, Polímeros y Bioingeniería. Las aportaciones de la doctora Sandoval no se limitan únicamente a la generación de artículos científicos de alta calidad, también es una forjadora de talento especializado que ha formado a 60 tesistas y posdoctorantes, así como una inventora prolífica con 17 patentes, tanto concedidas como solicitadas.

En la *Categoría de Tecnología* se premia a Sandra Pascoe Ortíz de la Universidad del Valle de Atemajac (UNIVA) Campus Guadalajara, por el proyecto *"Mezcla y Proceso, para Elaborar un Material Plástico Biodegradable"*, que desarrolló un material biodegradable a partir de nopal y estudió posibles aplicaciones del material, demostrando su adaptabilidad y funcionalidad para distintos usos. Este proyecto ofrece una alternativa a los plásticos convencionales y a los múltiples efectos negativos que tienen sobre los ecosistemas.

En la *Categoría Ciencia* se premia a Rodolfo Hernández Gutiérrez y Oscar René Ochoa Mojica del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, por el proyecto "*Serum Analysis of Women with Early-Stage Breast Cancer Using a Mini-Array of Tumor-Associated Antigens*", línea de investigación en la cual se están desarrollando pruebas de antígenos para la detección del cáncer de mama, una de las enfermedades con mayor mortalidad entre las mujeres del estado y del mundo.

En la *Categoría de Divulgación* se premia a Dr. Manuel Fernando Guzmán Muñoz y a Lic. María Teresa Arias Gómez, de la Sociedad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología Aplicada, A.C. (SOLACYT), por el proyecto *" Divulgación de la Cultura Científica para fomentar estudios superiores en Ciencia y Tecnología",* que recopila los distintos esfuerzos de SOLACYT para promover la di-



vulgación y la cultura científica en Latinoamérica, impulsar las vocaciones científicas, así como para ofrecer una plataforma multinacional de apoyo a estudiantes, profesores e instituciones.

En la *Categoría de Tesis* este año se tuvo un empate entre dos proyectos de gran calidad y con impacto en la solución de problemas de alta prioridad en Jalisco, en las materias de salud y medio ambiente. Los ganadores de esta categoría son Andrea Molina Pineda, por su proyecto *"Evaluación de la expresión de los receptores WNT en cáncer cérvico-uterino y su regulación por las proteínas virales E5, E6 y E7 de VPH 16, 18 y 84"* y Martín Esteban González López, por su proyecto *"Adsorción de metales pesados y colorantes en columnas empacadas con adsorbentes basados en polisacáridos"*

En la Categoría de *Investigación Temprana* se premió a Juan Antonio Núñez Hernández, del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara, por el proyecto *"Desarrollo de un pre-prototipo de tira de flujo lateral para la detección de la proteína HER2 sobreexpresada en células de cáncer de mama"*, que coadyuva y abona a todos los esfuerzos conjuntos en la ciencia para la detección temprana del cáncer.

Los ganadores del PEICyT 2021 representan la cultura del esfuerzo efectivo, del triunfo de la ciencia, tecnología e innovación sobre la adversidad. Hoy, más que nunca, estas son las palancas del desarrollo que pueden mejorar la calidad de vida de los mexicanos. En Jalisco, el ecosistema de Innovación, Ciencia y Tecnología ha hecho su parte. Nuevamente los felicito por estos frutos.

Charles Dickens tiene otra obra, titulada *Tiempos difíciles*, que evoca la situación actual, no solo por su nombre, sino por su consejo final que en esencia señala: de nosotros depende que un mejor futuro sea realidad, uno más próspero y pacífico.

Directorio del Consejo Consultivo

» Ing. Rodrigo de la Torre González	*Representación COPARMEX Jalisco*
» Ing. Rubén Masayi González Uyeda	*Coordinador del Consejo de Cámaras Industriales de Jalisco (CCIJ)*
» Ing. Dina Grijalva Varillas	*Presidenta Sede Occidente de la Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información. (CANIETI)*
» Arq. Carlos Ivan Pelayo Silva	*Director General de las Otras Caras de la Ciudad A.C*
» Dr. Roberto Arias de la Mora	*Presidente del Colegio de Jalisco*
» Lic. Alejandro Pegueros Razo	*Presidente del Consejo Promotor Innovación y Diseño A.C*
» Dr. Alfredo Figarola Figarola	*Director Programas con la Industria ITESM*
» Dr. José Antonio Esquivias Romero	*Rector de la Universidad Panamericana*
» Mtro. Luis Gustavo Padilla Montes	*Rector del Centro Universitario de Ciencias Económico*
» Mtra. Alma Angelina Ortíz García	*Directora del Centro para la Gestión de la Innovación y la Tecnología (CEGINT)*
» Ing. Xavier Orendáin de Obeso	*Coordinador General de Estrategia de Crecimiento y Desarrollo Económico*
» Yamin Ernesto Ruiz Sepúlveda	*ASEM*
» Mtro. Alfonso Pompa Padilla	*Secretario de Innovación, Ciencia y Tecnología*
» Lic. Carlos Armando Velázquez Santillanes	*Coordinador General SICyT*
» Mtro. José Rosalío Muñoz Castro	*Subsecretario de Educación Superior*
» Mtra. Larisa Cruz Ornelas	*Directora General de Ciencia y Desarrollo Tecnológico*
» Mtra. Nora Alejandra Martín Galindo	*Directora General de Innovación, Desarrollo Empresarial y Social*
» Lic. Mario Alberto Basulto Barocio	*Director Jurídico*
» Dr. Francisco Medina Gómez	*Director General de COECyTJAL*

Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología

Dirección General de Ciencia y Desarrollo Tecnológico

» Mtra. Larisa Cruz Ornelas	*Directora General de Ciencia y Desarrollo Tecnológico*
» Ing. Salvador García Pérez	*Director de Propiedad Intelectual*
» Mtro. Mauricio Espinosa Sosa	*Coordinador de Desarrollo Tecnológico y Divulgación de la Ciencia*
» Lic. Daniela Magdalena Ocegueda Arcega	*Jefa de Divulgación de la Cultura Propiedad Intelectual*
» Mtro. Facundo Montiel González	*Jefe de Difusión y Divulgación de la Ciencia*
» Mtra. Laura Susana Villa García Torres	*Jefe de Proyectos de Propiedad Intelectual*
» Mtro. Manuel García Becerra	*Jefe de Desarrollo de Plataformas Tecnológicas*
» Lic. Rebeca Montes González	*Asistente Administrativo*
» Lic. Regina Alejandra Rivas Ramírez	*Asistente H*

Histórico de Ganadores

Tabla cronológica de ganadores del PEICyT

	Categoría	Nombre de ganadores	Nombre del proyecto
2021	***Mérito al desarrollo científico-tecnológico***	Georgina Coral Sandoval Fabián	Una trayectoria para el desarrollo
	Tecnología	Sandra Pascoe Ortiz	Mezcla y Proceso, para Elaborar un Material Plástico Biodegradable
	Ciencia	Rodolfo Hernández Gutiérrez	Serum Analysis of Women with Early-Stage Breast Cancer Using a Mini-Array of Tumor-Associated Antigens
		Oscar René Ochoa Mojíca	
	Tesis	Andrea Molina Pineda	"Evaluación de la expresión de los receptores WNT en cáncer cérvico-uterino y su regulación por las proteínas virales E5, E6 y E7 de VPH 16, 18 y 84"
		Martín Esteban González López	Adsorción de metales pesados y colorantes en columnas empacadas con adsorbentes basados en polisacáridos
	Investigación Temprana	Juan Antonio Nuñez Hernández	Desarrollo de un pre-prototipo de tira de flujo lateral para la detección de la proteína HER2 sobreexpresada en células de cáncer de mama
	Divulgación	Manuel Fernando Guzmán Muñoz	Divulgación de la Cultura Científica para fomentar estudios superiores en Ciencia y Tecnología
		María Teresa Arias Gómez	
2020	***Ciencia***	Antonio Topete Camacho	Enfoques experimentales en nanomedicina para el tratamiento de cáncer de ovario y de mama
	Innovación y Tecnología	Francisco Xavier Valdes Simancas	"Sistema energéticamente autónomo de tratamiento y recuperación de agua mediante procesos de máxima eficiencia y aprovechamiento de la energía presente en la carga orgánica de aguas residuales"
	Ciencia y Tecnología contra COVID	Gabriela Macedo Ojeda	Desarrollo e implementación estratégica para el diagnóstico molecular y serológico de SARSCoV2 y la atención de la pandemia por COVID-19 en el estado de Jalisco
		Ricardo Villanueva Lomelí	
		José Francisco Muñoz Valle	
		Guillermo González Estévez	
		Jorge Hernández Bello	
		Javier Alonso López Chávez	
		Ernesto Alonso Estévez	
		Miguel Ángel Núñez Ochoa	

2019

Categoría	Nombre de ganadores	Nombre del proyecto
Investigación Temprana	Ileana Olmos Arriaga	Diversidad del bacterioma cultivable del suelo de una plantación bananera: identificación y selección con fines del desarrollo de un bioinoculante
Mención Honorífica	Kassandra Jaqueline Ruiz Saray	Síntesis y caracterización de nanopartículas de PLGA con trastuzumab para el tratamiento selectivo de cáncer ovárico
Divulgación	Omar Guillermo García Santiago	Noticiero Científico y Cultural Iberoamericano NCC
	Diego Suárez Sánchez	
	Mayra Elizabeth Vargas Espinoza	
	Rodolfo Almeida López	
Mención Honorífica	Carlos Felipe Ávila Gómez	UDEG SPACE
Mérito	Juan Socorro Armendáriz Borunda	Trayectoria Científica
Innovación	Margarita Kaplun Mucharrafille	Sistema de medición in-situ para instrumentos de medición de temperatura por telemetría.
	Ignacio Alberto Charreton Ortega	
Tecnología	Amador Duarte González	BIOCEL. Sustituto biodegradable de unicel
Ciencia	Mario Alberto Flores Valdez	Desarrollo y evaluación de vacunas mejoradas contra la tuberculosis
Divulgación	Inocencio Higuera Ciapara	BIOTALLER ¡A conciencia! Talleres de ciencia recreativa
	Jesús Fuentes González	
	Jorge Valente García Hernández	
	José Manuel Rodríguez Domínguez	
	Antonia Gutiérrez Mora	
	Joaliné Pardo Núnez	
	Flor Yohana Flores Hernández	
	Alba Adriana Vallejo Cardona	
	Néstor Emmanuel Díaz Martínez	
	Tanya Amanda Camacho Villegas	
	María Dolores García Parra	
	Julisa López Ramírez	
	María de Jesús Karina Campos Serrano	
	Edgardo Villegas García	
	Jorge del Real Olvera	
	Claudia Alvarado Osuna	
	Jorge Alberto Rodríguez González	
Tesis de Posgrado	Martín Esteban López	Estrategias y tratamientos físico-químicos para mejorar la compatibilidad fibra-matriz y propiedades de biocompósitos reforzados con fibras naturales
Tesis de Licenciatura	César Octavio de Jesús Jáuregui Cordero	Síntesis y Caracterización de nano corazas de oro huecas cargadas con doxorrubicina para el tratamiento de cáncer ovárico

2018

Categoría	Nombre de ganadores	Nombre del proyecto
Investigación Temprana	Alejandro Escobedo Avila	Desarrollo de una estrategia de revalorización del frijol como parte de la dieta del mexicano a través de su utilización como ingredientes con importancia biológica y tecnológica
Desarrollo del Conocimiento	Guillermo García García	Trayectoria Científica, Tecnológica y de Innovación
Tecnología	Mario Eduardo Cano González	Impulso a la innovación tecnológica en el laboratorio de biofísica del Centro Universitario de la Ciénega
Ciencia	Antonia Gutiérrez Mora	Denominación de Origen y Registro de Variedad del Chile del Árbol "Yahualica"
	Juan Gallardo Valdez	
	Benjamín Rodríguez Garay	
	Edgardo Villegas García	
	José Manuel Rodríguez Domínguez	
	Ernesto Tapia Campos	
	Jesús Cervantes Martínez	
	Marcela Livier Quiroz Hernández	
Divulgación	Pamela Gisel Hernández Jiménez	IoT Republic
	Itzel Galilea Ramírez Torres	
	Karen Alejandra Castro Gutiérrez	
Tesis	Abraham Noé Rosas Escareño	Síntesis de nanocorazas de oro huecas sin actividad inflamatoria e inducción de inmunogenicidad por fotoactivación en células de cáncer de mama triple negativo

2017

Investigación Temprana	Demetrio Agustín Rodríguez Fajardo	Caracterización e Identificación de Elementos Modulares de la respuesta tumoral presente en venenos provenientes de especies del género centuroides con predominio en el Centro-Occidente de México en un modelo de cáncer mamario.
Desarrollo del Conocimiento	José de Anda Sánchez	Trayectoria Científica, Tecnológica y de Innovación
Innovación	José Franciso Aguirre Preciado	Recubrimientos arquitectónicos de alto diseño Panel Store
Ciencia	Néstor Emmanuel Díaz Martínez	Investigación en Células Troncales y Medicina Regenerativa para la prevención, diagnóstico temprano y tratamiento de enfermedades crónicas de alta incidencia
Divulgación	Silvia Verónica Gutiérrez Bañuelos	Creando sonrisas con robots VEX
Tesis	Alejandra Margarita Ramírez Rodríguez	Efecto de la administración de ácido ursólico sobre la sensibilidad a la insulina y el síndrome metabólico
Investigación Temprana	José Alfredo Ocegueda Sánchez	Desarrollo de un medidor para gas radón

Categoría	Nombre de ganadores	Nombre del proyecto
2015 2016		
Desarrollo del Conocimiento	Esperanza Marínez Abundis	Resultados alcanzados y aportaciones al desarrollo del conocimiento científico e innovación
Innovación	Silvia Maribel Contreras Ramos	Desarrollo tecnológico para la producción de un inoculante (consorcio) de bacterias benéficas para la agricultura
	Erika Nahomy Marino Marmolejo	
	Flor Yohana Flores Hernández	
	Gustavo Dávila Vázquez	
	Roberto Emmanuel Bolaños Rosales	
Ciencia	Lourdes Mónica Bravo Anaya	Desarrollo y estudio de nanopartículas estables de quitosano/adn para terapia génica
Divulgación	Manuel Tonatiuh Moreno Ramos	Curiosamente
Tesis	Erick García González	Polinizador automatizado electromecánico para el cultivo de tomates en invernadero
Investigación Temprana	Jesús Francisco Echaide Aquino	Uso de PCR tiempo real (PCR-Q) en el desarrollo de un biofertilizante para el maíz: evaluación de la germinación y asimilación de nitrógeno inducidos por bacterias rizosfericas inéditas
2014		
Innovación	Octavio Rodolfo Cibrián Vidrio	Cámara de recuperación de proyectiles
Ciencia	Edgar Benjamín Figueroa Ochoa	Solubilización y liberación de fármacos anticancerígenos mediante nanopartículas formadas por copolímeros tribloque de óxido de butileno y óxido de etileno; efectividad mediante ensayos celulares in vitro
Divulgación	Luis Antonio Medellín Serna	Apoyo a la niñez en la educación en tecnologías del aprendizaje»
	Lotzy Beatriz Fonseca Chiu	
	Jorge Lorenzo Vásquez Padilla	
Tesis	Erick Omar Cisneros López	Modificación química de fibras de agave y su efecto como refuerzo de materiales compuestos producidos por rotomoldeo
Tesis	Luis Alberto Torres Reyes	Expresión de GRHL2 y GRHL3 en células derivadas de cáncer cérvico uterino»
Investigación Temprana	Abraham Gómez Cabrera	Nopal plastic
Premio Especial	Marcos Ramón Gómez Ortega	Ciencia urbana
2013		
Innovación	José Antonio Cruz Serrano	Alimento funcional en beneficio a la salud por mejora en sistema inmune ante enfermedades generales gastrointestinales y bronco respiratorias, así como efecto antinflamatorio y antitumoral

Categoría	Nombre de ganadores	Nombre del proyecto
Ciencia	Manuel González Ortiz	Efecto de linagliptina vs. metformina sobre secreción de insulina, sensibilidad a la insulina y control glucémico en pacientes con intolerancia a la glucosa
Divulgación	Gerardo Ramos Larios	Club de Astronomía
	Luis Javier Plata Rosas	Divulgar por una cultura científica: Difusión de la ciencia con ayuda y como parte de la cultura
Tesis	Pablo René Díaz Herrera	Construcción de un dispositivo empleado para la determinación experimental de la solubilidad de CO2 en soluciones acuosas de N-metildietanolamina con 1-amino-2-propanol
Investigación Temprana	Mayra Guadalupe Pérez Rubio	Huevos de mosquito sintéticos: imitando a la naturaleza con nanopartículas
	Evelyn Samantha Zuñiga Rubio	
Premio Especial	Karina Griselda Pérez Rubio	Efecto de la administración de berberina sobre el síndrome metabólico, la sensibilidad a la insulina y la secreción de insulina
	Alberto Morales Villagrán	Diseño, construcción e implementación de sistemas automatizados de análisis de neurotransmisores en muestras pequeñas
	Luis Roberto Sahagún Ortiz	Haciendo la ciencia divertida
	Yveth Marlene Ortíz García	Determinación de Micronúcleos y daño oxidativo al ADN en pacientes con Periodontitis
Innovación	Arnoldo Guzmán Sánchez	Desarrollo de un nuevo procedimiento quirúrgico simplificado para disminuir la muerte materna y el sangrado en pacientes con placenta previa; utilizando instrumental quirúrgico con patente en trámite
	Eduardo Rodríguez de Anda	
Tecnología	Juan Paulo García Sandoval	Control Automático de la hipotermia selectiva en cuidados neurocríticos
	Víctor González Álvarez	
	Rosaura Hernández Montelongo	
	Margarita González Hernández	
Ciencia	Adrián Daneri Navarro	Proyecto integral de investigación contra el cáncer de mama en Jalisco
Divulgación	Juan Miguel Nepote González	Científicos en el ring: una estrategia lúdica para interesar a adolescentes y jóvenes en la historia de la ciencia y la tecnología
	Silvia Josefina López Pérez	Programa de divulgación de la ciencia Semana Internacional del Cerebro en Jalisco 2012: Los contrastes del cerebro
	Francisco Javier Cervantes Oceguera	
	Gabriela Camargo Hernández	
	Leonardo Hernández Hernández	
	Mónica Elisa Ureña Guerrero	
	Marisela Hernández González	

2012

2011

Categoría	Nombre de ganadores	Nombre del proyecto
Tesis	Alejandra Gómez Gutiérrez	Participación del glutatión, melanina, catalasa y superóxido dismutasa en la sensibilidad a los fungicidas en *Mycosphaerella fijiensis*: un acercamiento químico
Premio Especial	Ángel Hilario Álvarez Herrera	Identificación de biomarcadores de la fase de persistencia no replicativa de Mycobacterium bovis: evidencias en la infección animal y su aplicación en el diagnóstico de la tuberculosis bovina
	Marisela González Ávila	Un simulador de tracto digestivo humano
	Elieser Fernández Vivar	Tratamiento con aplicación de toxina botulínica tipo a (botox) intralesional en enfermedad de peyronie
	Liliana del Rocío Martínez Vázquez	Disminución de la resistencia al cisplatino por pentoxifilina en células de cáncer de cérvix
Innovación	José de Jesús Ramírez Córdova	Desarrollo de una vacuna poliantigénica para la prevención y tratamiento de la mastitis en el ganado bovino causada por Staphylococcus aureus y Escherichia coli
	Juan Manuel Carrillo García	
	Rodolfo Hernández Gutiérrez	
	Francisco José Eguiarte Anaya	Sistema de Refrigeración Inteligente para la Conservación Segura de Vacunas
Tecnología	Eduardo Quintero Álvarez	Trampa retenedora de olores para orinales exentos de agua y de otros líquidos
Ciencia	José Daniel Padilla de la Rosa	Desarrollo de tecnologías innovadoras para el aprovechamiento integral del limón persa
	Miguel Juan Beltrán García	Agrobiotecnología aplicada para el control de hongos fitopatógenos: Desarrollo de un biofungicida para industria platanera del Estado de Jalisco
Divulgación	Teresa Jimena Sonís Casparius	Programa de radio PUPA
	Silvana Guadalupe Navarro Jiménez	Año Internacional de la Astronomía 2009-2010
	Luis José Herminio Corral Escobedo	
Tesis	Francisco Mejía Cárdenas	Síntesis de poliésteres biodegradables catalizada por lipasas de Y. lipolytica inmovilizadas
	Severiano Patricio Martínez	Evaluación *in vivo* de adsorbentes comerciales para aflatoxina B1 en raciones de bovinos contaminadas y su correlación con la presencia de AFM1 en leche
	Nora Edith Guevara Santos	Evaluación del desempeño de un digestor anaerobio en dos etapas para el tratamiento de vinazas tequileras

2010

Categoría	Nombre de ganadores	Nombre del proyecto
Investigación Temprana	Alejandra Escobedo Licea	Silla de ruedas Incorpora-T
	Magali Sánchez Sánchez	
	Teotzinitztli Sánchez Sánchez	
	Marco Antonio Trujillo Tejeda	Pulsera para invidentes
	Cuauhtli Padilla Arias	
Ciencia	Dr. Juan Florencio Gómez Leyva	Incremento en la producción de oligofructanos en Agave tequilana y A. inaequidens, mediante la aplicación de estimuladores bióticos y abióticos: Evidencias moleculares
	M. en C. Edgar Martín Suárez González	
Divulgación	Marcos Ramón Gómez Ortega	Talleres de ciencia
	Gerardo Ramos Larios	La ciencia en imágenes
	Francisco José Eguiarte Anaya	PREVENIR TV, influenza, vacunas y algo más...
Tesis	Carlos Alberto lópez de Alba	Supervisión en tiempo real de redes eléctricas de gran tamaño
Investigación Temprana	Olga Elizabeth Odriozola Casas	Aplicación de una prueba molecular para analizar la mutación del gen de la B-tubulina en la resistencia a los bencimidazoles en el hongo fitopatógeno del plátano

2009

Categoría	Nombre de ganadores	Nombre del proyecto
Premio Especial	Laura Estrada Pimentel	Producto cárnico enriquecido para diabéticos, hipertensos, población infantil y personas de la tercera edad».
	Gustavo Rodolfo Bustillo Armendáriz	Cámara de la Industria Alimentaria de Jalisco
	José Guadalupe López Zazueta	Determinación de la diversidad génica y patogenicidad de aislados de Fusarium, obtenidos de agave (*Agave tequilana Weber* var. Azul) con síntomas de marchitez
	Omar Alfredo González Padilla	Manejo de eventos complejos en sistemas RFID
	Clara Alejandra Vázquez Valenzuela	Turbo Ventas 1.0
	José Cárdenas Trinidad	
	Adrián Armando Flores Salazar	
Tecnología	José Luis Leyva Montiel	Sistema inteligente para manipulación de señales cardiacas (VitalSys
	Ángel Reinaldo Meulenert Peña	Creación de sistemas de alerta temprana para el diagnóstico y predicción de desastres naturales con impacto en el medio ambiente en el estado de Jalisco y en particular en la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG)
Ciencia	Eduardo Bayro Corrochano	Computación Geométrica para el desarrollo de robots humanoides y robótica médica
	Dulce María Díaz Montaño	Fermentación en continuo de jugo de agave, una alternativa innovadora en el proceso de producción de tequila

Categoría	Nombre de ganadores	Nombre del proyecto
2008		
Innovación	José Luis Nuño Ayala	Custovac: fórmula estabilizadora para vacunas con virus vivo para procesos de vacunación masiva».
Tecnología	Rogelio Lépiz Ildefonso	Desarrollo de variedades de frijol para las regiones Altos, Centro y Sur de Jalisco
Ciencia	Bernardino Castillo Toledo	El problema de seguimiento de trayectorias para sistemas dinámicos con enfoque de regulación difusa. Aplicación al control de sistemas físicos
	Mayela Eugenia Villalpando Aguilar	El impacto del curso estatal de actualización en matemáticas (2003-2004) en el desarrollo profesional del docente en educación primaria en el estado de Jalisco
Divulgación	Silvia Josefina López Pérez	Semana del cerebro Jalisco 2008
	Mónica Elisa Ureña Guerrero	
	Marisela Hernández González	
	Juan Miguel Nepote González	Cuadernos de divulgación: Estimular el gusto por la ciencia y la tecnología en niños y jóvenes
Tesis	José de Jesús Lara Hernández	Secado por aspersión del extracto hidrosoluble del nopal verdura (Opuntia spp
Investigación Temprana	Luis Ángel Larios Cárdenas	Modelo neuronal para la predicción de eventos volcánicos
	Elva María Novoa del Toro	
	Édgar Armando Vega Dueñas	
2007		
Tecnología	Gregorio Cuevas Pacheco	BIOCOMPACT: La Biotecnología aplicada como contribución e innovación en la Infraestructura carretera y construcción de materiales
Ciencia	Lino de la Cruz Larios	Sistema de incompatibilidad genética en maíz y teocintle (Zea Spp.) en México
	Jesús Sánchez González	
Divulgación	Sandra Gallo Corona	*Plumas y Cantos. El Occidente de*
Tesis	Uriel Armando Ballinas Alfaro	Colonización de endorizosfera por trichoderma spp y su influencia en la inducción de proteínas Pr y biocontrol de fitopatógenos de suelo
Investigación Temprana	Daniel Evangelista Alatorre	Potencial antibiótico de extracto de las hierbas del arlomo (*Pseudelephantopus Spicatus*, e *Iresine Diffusa*) de la zona de la Barranca de Huentitán, Jalisco».
Premio Especial	Jorge Roberto González Tamayo	Orquídeas de Jalisco
2006		
Tecnología	José Luis Leyva Montiel	Alliance, sistema telefónico VoIP para telefonía rural
Ciencia	Pável Zúñiga Haro	Análisis y control de un compensador serie
Tesis	Salvador González Palomares	Efecto de la temperatura de secado por aspersión del encapsulado en los compuestos volátiles del concentrado de jamaica (*Hibiscus sabdariffa L.*)

Categoría	Nombre de ganadores	Nombre del proyecto
Investigación Temprana	Priscila González Barba	Efectos de los tratamientos de secado, asepsia y hormonas de crecimiento en la germinación, crecimiento y multiplicación del limón mexicano (Citrus aurantifolia Swingle)
Premio Especial	Manuel Díaz Hernández	Aprovechamiento de neumáticos de desecho en formulaciones ahuladas
	Salvador García Enríquez	
2005		
Tecnología	Juan Francisco Pérez Domínguez	Control microbiano de plagas de la raíz en maíz de la Ciénega de Chapala, Jalisco
Ciencia	Mónica Vázquez del Mercado Espinoza	Diseño y ensayo experimental de terapia tolerizante en un modelo murino de enfermedad autoinmune
Tesis	Beatriz Teresita Martín Márquez	Diseño y elaboración de la vacuna de dna que codifica para el antígeno Smsn RNP murino
Premio Especial	Gabriela Ramos Leal	Diseño e implementación de un electro estimulador periférico para el tratamiento de úlceras en la piel
	Sergio Antonio Mendoza Zepeda	
2004		
Tecnología	José Octacio Macías Macías	Producción de colonias de abejorros mexicanos (*Bombus ephippiatus*) para la polinización de cultivos bajo condiciones de invernadero
	José Ignacio Cuadriello Aguilar	
Ciencia	Belinda Claudia Gómez Meda	Incremento de micronúcleos en eritrocitos de sangre periférica de ratas y conejos recién nacidos de madres tratadas con ciclofosfamida: Dos modelos para estudios de teratógenos potenciales
Tesis	Cleotilde Fuentes Orozco	Nutrición parenteral total enriquecida con L-ALANIL-L-Glutamina versus nutrición parenteral estándar en peritonitis secundaria
Investigación Temprana	Ruth Ramírez Ramírez	Caracterización Molecular con ITS PCR-RFLP de hongos ectomicorrizicos
2003		
Tecnología	Jesús Nungaray Arellano	Impacto de las técnicas de procesamiento industrial de cuatro variedades comerciales de frijol sobre sus características nutrimentales y sensoriales
	Humberto Valdivia Hernández	
	Martha Simental Portillo	
Ciencia	Eduardo José Bayro Corrochano	Métodos geométricos para la visión artificial y robótica: teoría y aplicaciones
Tesis	Rocío Elizabeth González Castañeda	Efectos de la administración crónica de prednisona sobre memoria, integridad neuronal y reactividad glial en ratas adultas
Investigación Temprana	Oliver Diego González Rodríguez	Captador de energía solar con posicionador electrónico».
	José de Jesús Ramírez Torres	Sistema automatizado de riego ambulante
2002		
Tecnología	Hugo Elías Ramírez Moreno	Diseño de una balastra para lámparas de V.S.A.P. de bajo consumo con desconexión automática a circuito abierto
Ciencia	Guadalupe Rodríguez Gómez	La denominación de origen y el mercado de la distinción

2001

Categoría	Nombre de ganadores	Nombre del proyecto
Tesis	Óscar Porfirio González Pérez	Efectos profilácticos y terapéuticos del ácido alfa lipoico y la vitamina e sobre la recuperación de déficit motor y extensión del daño cerebral post-isquemia por embolismo en ratas
	Rafael León Sánchez	Caracterización biológica y productiva de cinco líneas de tilapia del género Oreochromis spp, que se cultiva en México
Tecnología	Mario Rubén Ibarra Rabadán	Vulcan Graph: Diseño, desarrollo y fabricación del primer reómetro mexicano para la industria hulera mexicana
Ciencia	Juan Armendáriz Borunda	Adenovirus recombinante conteniendo el gen activador de plasminógeno

Premio Estatal de Innovación, Ciencia y Tecnología

Jalisco 2021

Ganadores

Mtro. Alfonso Pompa Padilla
Mtra. Larisa Cruz Ornelas
Compiladores

Innovación, Ciencia y Tecnología

Jalisco
GOBIERNO DEL ESTADO

Dra. Georgina Coral Sandoval Fabián

- Ingeniera Química por la Universidad de Guadalajara. Inició en la investigación en 1995, publicando su primer indizado en 1997. Desde entonces continuó en investigación, realizando estudios de posgrado en Francia con la Maestría Bioprocesos en el ENSIAC y el Doctorado en Biología Salud y Biotecnología en el INSA. Posteriormente realizó una estancia sabática de investigación en el ICP-CSIC (España). Labora como Investigadora Titular en el CIATEJ desde 2003 y es Responsable del Laboratorio de Innovación en Bioenergéticos y Bioprocesos Avanzados (LIBBA) de la Unidad de Biotecnología Industrial.
- Su trayectoria académica y trabajos científicos han recibido algunos Premios Nacionales e Internacionales y actualmente tiene la distinción de Nivel 3 en el Sistema Nacional de Investigadores (S.N.I.). Sus líneas de investigación se aplican en las áreas de medio ambiente, alimentos y salud, con el desarrollo de 50 Proyectos y Servicios Tecnológicos (30 como Responsable Técnico); incluyendo Macro-proyectos que aglutinan instituciones y empresas; así como Proyectos de Cooperación Internacional con Francia, España y Argentina. La relevancia de su aportación científica se refleja en más de 100 Publicaciónes Científicas (la mayoría indizadas) y 1924 citas; 5 Libros como Editora, varios Capítulos de libro y Publicaciónes de Divulgación en medios especializados y masivos.
- Ha formado 60 Tesistas y Posdoctorantes (varios en colaboración o cotutela internacional). Algunos de los cuales ya son investigadores con la distinción del S.N.I. y dos de ellos han ganado el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología.

MÉRITO AL DESARROLLO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO

Una trayectoria para el desarrollo

» Dra. Georgina Coral Sandoval Fabián

» *gs.ciatej@gmail.com y sandoval@ciatej.mx*

Introducción

La humanidad se enfrenta a retos comunes en varios ámbitos. Por lo que las Naciones Unidas han establecido una serie de Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) al 2030 (Figura 1). En este contexto, mi trabajo se ha enfocado en resolver problemas que presentan retos a nivel local o mundial. Responder a estos retos requiere de un enfoque multidisciplinario y una serie de herramientas científicas y tecnológicas.

Una de las herramientas que la humanidad ha utilizado para su bienestar (incluso antes de entender lo que era exactamente), han sido las enzimas. Estas proteínas ayudan a acelerar las reacciones en los seres vivos y también podemos utilizarlas en diversos productos de la vida diaria, al igual que las plantas, animales, hongos y microorganismos que las producen. Por ejemplo, en la antigua Grecia se utilizaban para hacer queso, los estómagos de carneros, que ahora sabemos que contiene la enzima quimosina que se utiliza actualmente a nivel industrial en el "cuajo" (ya no necesariamente de origen animal). También es posible modular los seres vivos que contienen o producen las enzimas, en particular los microorganismos como algunas levaduras, que son microorganismos que igualmente se utilizaban desde hace siglos para la producción de pan y bebidas espirituosas y ahora se utilizan con mayor control a nivel industrial. Para saber más sobre las enzimas sus diversas aplicaciones, así como los microorganismos que las producen, se proporcionan algunas ligas en las referencias [2-5].

Enseguida se describen ejemplos de desarrollos en las áreas de alimentos, medio ambiente y salud utilizando enzimas y microorganismos, ya sea en su forma nativa o modificados con herramientas de ingeniería metabólica o de biología de sistemas.

Desarrollo de nutracéuticos y productos para la salud

Las enzimas pueden ser muy útiles para el aprovechamiento de agro-recursos y la producción de nutracéuticos [6-8]. Sobre ese tema, se ha trabajado en conjunto con empresas y colegas de varios países iberoamericanos:

Compuestos hipocolesterolémicos (que disminuyen el colesterol malo) y neuroprotectores, a partir de coproductos de maíz (Patente MX337324).

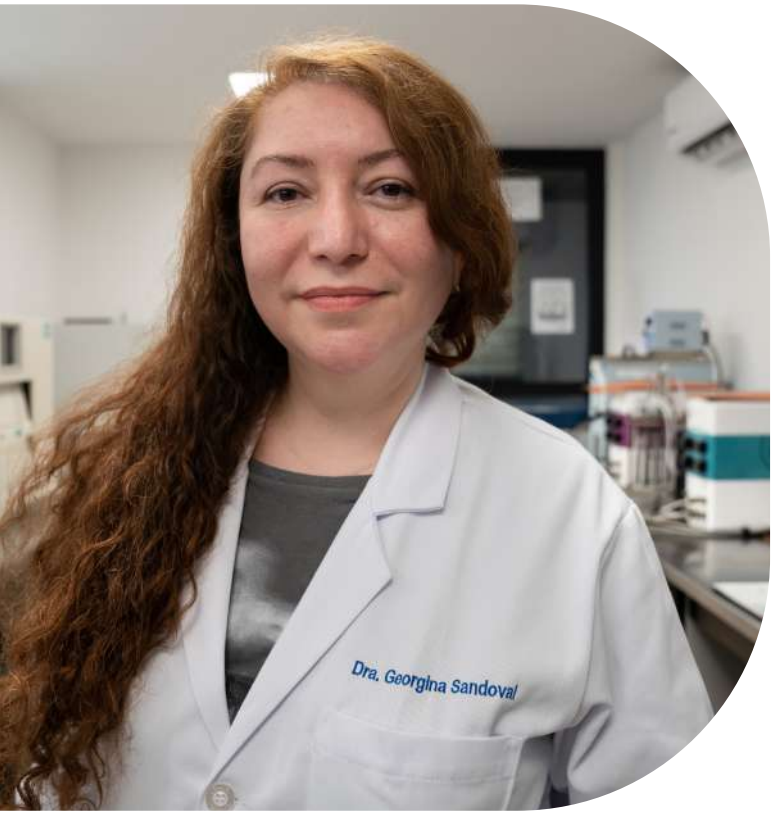
Moléculas bioconjugadas derivadas de fructanos de agave con propiedades prebióticas (que alimentan a los microorganismos benéficos de la microbiota intestinal), antiinflamatorias, emulsificantes y otras (Patente MX358789). En conjunto con la empresa KuragoBiotek, ganadora del Premio Estatal de Ciencia y Tecnología 2013.

Obtención de principios activos de hongos medicinales. En conjunto con las empresas Hongos de Baja California (México) y Nutrimentec y Soria Natural, ganadoras de los Premios Innovadores de Soria (España) 2016.

Otros ejemplos de este tipo de aplicaciones se recopilan en el libro de la referencia [7].

Por otra parte, atendiendo al problema de la resistencia de los microbios a los antibióticos y antifúngicos conocidos, en el proyecto de Ciencia Básica 2014-01-CB-237737 "Levaduras como Biofábricas de Enzimas, Aceites y Nanopartículas", se estudiaron la producción y actividad antimicrobiana de nanopartículas de plata y oro. Se presentaron tres solicitudes de patente sobre la obtención de nanopartículas (partículas que tienen un tamaño de menos de 100 nanómetros en alguna de sus dimensiones). Las nanopartículas de oro producidas (Figura 2A), fueron útiles como antimicrobianos que no causan resistencia, atienden al llamado de la Organización Mundial de la Salud (OMS) que publicó una lista

» **Figura 1.** Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: [1].



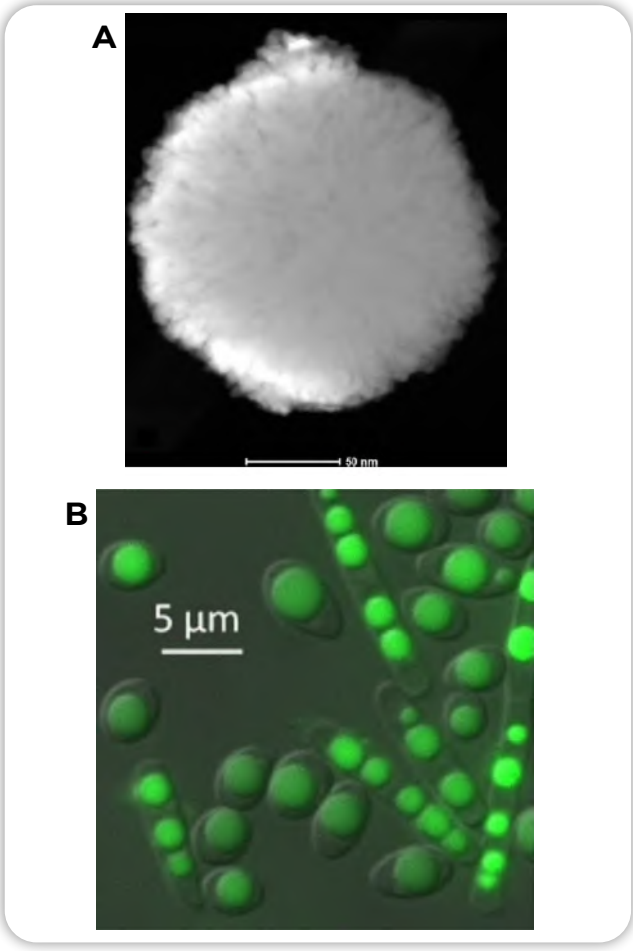
categorizada con las bacterias más mortales resistentes a los antibióticos [9]. Por lo que las nanopartículas desarrolladas, pueden tener gran impacto en las comorbilidades de la actual pandemia.

Sustratos no convencionales para alimentos, biocombustibles y plásticos sustentables

Dentro del mismo proyecto 2014-01-CB-237737, se aislaron levaduras, seguras para alimentos que producen aceites y proteínas unicelulares, con las que pueden formularse alimenticios y nutracéuticos. Valorizando además residuos agroindustriales importantes para el Estado, como vinazas y bagazo de Tequila. De estas levaduras y procesos se presentaron tres solicitudes de patente sobre biorrefinerías de levaduras [11], que permite obtener lípidos (Figura 2B), proteínas y compuestos antioxidantes, así como algunos compuestos base para la producción de biopolímeros.

Con los sustratos no convencionales obtenidos de las biorrefinerías de levaduras, se pueden producir, ya sea alimentos de nueva generación, con baja huella de carbono, ricos en proteínas y lípidos; ácidos orgánicos para polímeros biodegradables; o sustratos para biocombustibles como biodiésel [12]; contribuyendo en los tres casos a la sustentabilidad ambiental.

En el tema de biodiésel se han explorado desde hace varios años, sustratos no convencionales o “avanzados” [13], como grasas de rastros [14}, contribuyendo a la adecuada disposición de residuos del rastro que es una problemática común en Jalisco y en todo el país. Y en este caso su aprovechamiento con fines energéticos tiene la ventaja de quitar residuos contaminantes y generar además un biocombustible con mucho menor huella de carbono respecto a combustibles fósiles; sin el debate del uso de tierras o agua para cultivos. Gracias a esta experiencia, se logró coordinar desde finales del 2016 el “Clúster Biodiésel Avanzado” [15], que agrupa Centros de Investigación y Universidades (nacionales y extranjeras), empresas, redes y asociaciones.



» **Figura 2.** Micrografías de nanopartícula de oro (A) que elimina bacterias que producen enfermedades, obtenida con la levadura *Yarrowia lipolytica*. Y la misma levadura (B) modificada para consumir hidrolizado de bagazo de agave y producir aceite en su interior (resaltado en verde brillante), que pueden ser útiles para alimentos o biodiésel. Fuente: Solicitud de patente MX2019013317 (A) y referencia [10] bajo licencia CC 4.0.

» **Figura 3.** Efecto en nopal troceado, de una película comestible antioxidante de quitosano funcionalizado enzimáticamente con quercetina. El proceso se describe en la referencia [16].

Otro tema medioambiental que requiere solución es el problema de la contaminación por plásticos no biodegradables, cuya producción alcanzó 335 millones de toneladas en 2016 con una expectativa de duplicarse en los siguientes 20 años y que ya está afectando la biodiversidad y nuestra salud. Por lo que es imperativo tanto el reciclaje, como la implementación de sustitutos biodegradables a los plásticos comunes. Por ejemplo, hemos desarrollado una película comestible antioxidante para su aplicación en empaques activos (Figura 3), con materiales que pueden provenir de residuos de camarón

(quitosano) y agave (quercetina). Otras contribuciones de las enzimas y microorganismos para paliar esta problemática se presentan en las referencias [17-18].

Conclusiones

Los ejemplos de desarrollos aquí presentados ilustran la utilidad de la ciencia y la tecnología para resolver retos de la humanidad y que incluso de estudios planteados inicialmente como ciencia básica, resultan aplicaciones útiles. También se destaca el enfoque multidisciplinario y la necesidad de múltiples colaboraciones entre diferentes sectores (académico, social, empresarial y gubernamental). Finalmente cabe destacar que todos podemos contribuir a los ODS con pequeñas acciones de todos los días. En las referencias [18-19] se encuentran algunas acciones en la vida diaria para contribuir a la resolución de los retos actuales de la humanidad. Y desde nuestra trinchera, los científicos seguiremos desarrollando soluciones para estos retos.

Agradecimientos

A mi familia y profesores que apoyaron y fomentaron mi vocación científica. Gracias especiales a mi esposo por valorar y apoyar activamente mi trabajo. A colegas de trabajo (de todos los niveles y de todos los países), así como a tesistas y practicantes que contribuyen día a día al desarrollo de los proyectos. A las empresas que nos dieron su confianza y recursos para el desarrollo de productos y procesos. A las diferentes instancias de gobierno y asociaciones que nos otorgaron financiamiento. A la sociedad que con su trabajo y esfuerzo de cada día contribuye a tener un mundo mejor.

Referencias

[1] ONU (2021). Objetivos de Desarrollo Sostenible – Materiales de comunicación https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/news/communications-material/

[2] Ramírez J, Ayala M (2015). Enzimas: qué son y cómo funcionan. https://biocatem.org/enzimas-que-son-y-como-funcionan/

[3] Sandoval G. (2005). Enzimas para alimentos, un ingrediente con historia. Revista Énfasis Alimentación, XI, No. 3. https://mega.nz/file/QwcVTSgS#qPBLtGidCImGy-7skcSahZYwlps52NadtL3qAPsGmKU

[4] BIOCATEM (2021). ?Sabías que? https://biocatem.org/divulgacion/sabias-que/

[5] De Regil R, Sandoval G. (2012). Biotecnología Enzimática. Investigación y Desarrollo, Número 292, año XX. https://mega.nz/file/AhMzTQBa#0vQMfm6VdpLdwmFF-b-tbc-EI0UN580sIF4bMXeMTUQ

[6] ENZNUT (2011). Red Iberoamericana para la Extracción y Transformación Enzimática de Ingredientes Funcionales y Nutracéuticos de Plantas y Agro-Residuos Regionales. http://www.enznut.org/

[7] Plou F, Sandoval G (2012). Obtención enzimática de compuestos bioactivos a partir de recursos naturales iberoamericanos. Ed. CSIC. http://libros.csic.es/product_info.php?products_id=502

[8] Casas L, Sandoval G. (2015) Enzimas en la valorización de residuos agroindustriales https://biocatem.org/enzimas-en-la-valorizacion-de-residuos-agroindustriales/

[9] Hansen, P. (2017). The world's deadliest diseases: The WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria. https://www.1000minds.com/library/research/WHO-Priority-List-EcoNZ-40.pdf

[10] Niehus X., Crutz-Le Coq AM., Sandoval G. et al. (2018). Engineering *Yarrowia lipolytica* to enhance lipid production from lignocellulosic materials. Biotechnol Biofuels 11, 11. DOI: 10.1186/s13068-018-1010-6

[11] Reyes A, Sandoval G. Biorrefinerías de Residuos Agroindustriales para la producción de Lípidos, Proteínas, Antioxidantes y Biocombustibles https://issuu.com/ciaj_jalisco/docs/sep_2020/12

[12] BDA (2020). Beneficios y consideraciones del Biodiésel. https://bdavanzado.org/beneficios-y-consideraciones-del-biodiesel/

[13] Sandoval G (2010). Biocombustibles Avanzados en México. Ed. REMBIO. https://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2020/12/CT2.pdf

[14] Rivera I, Villanueva G, Sandoval G (2009). Biodiesel production from animal grease wastes by enzymatic catalysis. Grasas y Aceites, 60(5):470-6. DOI: 10.3989/gya.021409.

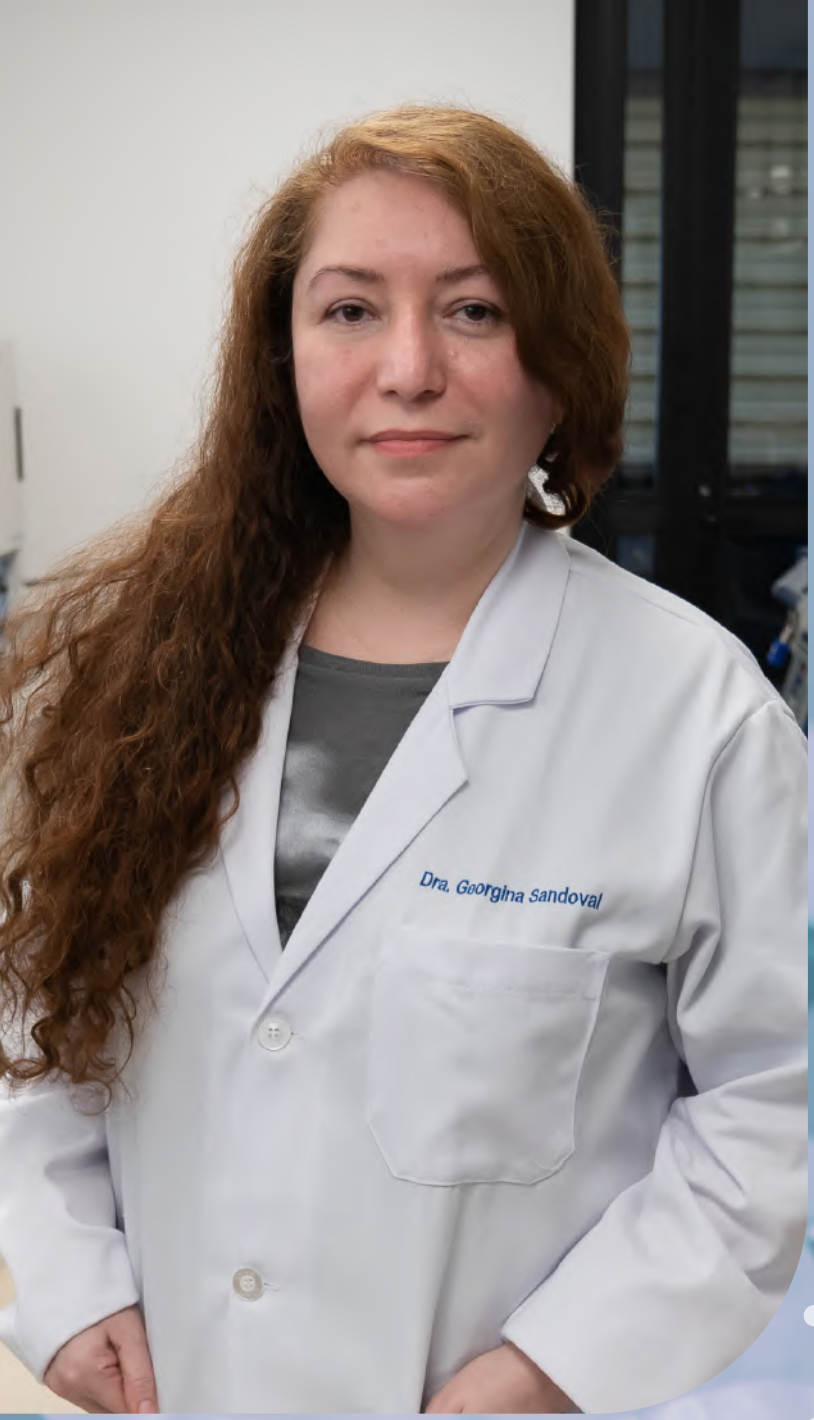
[15] BDA, Clúster Biodiésel Avanzado. https://bdavanzado.org/

[16] Torres E, Marín V, Aburto J, Beltrán HI, Shirai K, Villanueva S, Sandoval G. (2012). Enzymatic modification of chitosan with quercetin and its application as antioxidant edible films. Applied Biochemistry and Microbiology 48 (2), 151-158.

[17] De Regil R, Sandoval G. Biocatalysis for Biobased Chemicals. Biomolecules. 2013; 3(4):812-847. https://doi.org/10.3390/biom3040812

[18] II Simposio Internacional: biodiversidad, plástico y alternativas para su eliminación. https://www.youtube.com/playlist?list=PLIxSMsth9xdAUP-BIiXW0d6JA5jZxhT9B

[19] ONU (2021). Haz posible el cambio. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/be-the-change/

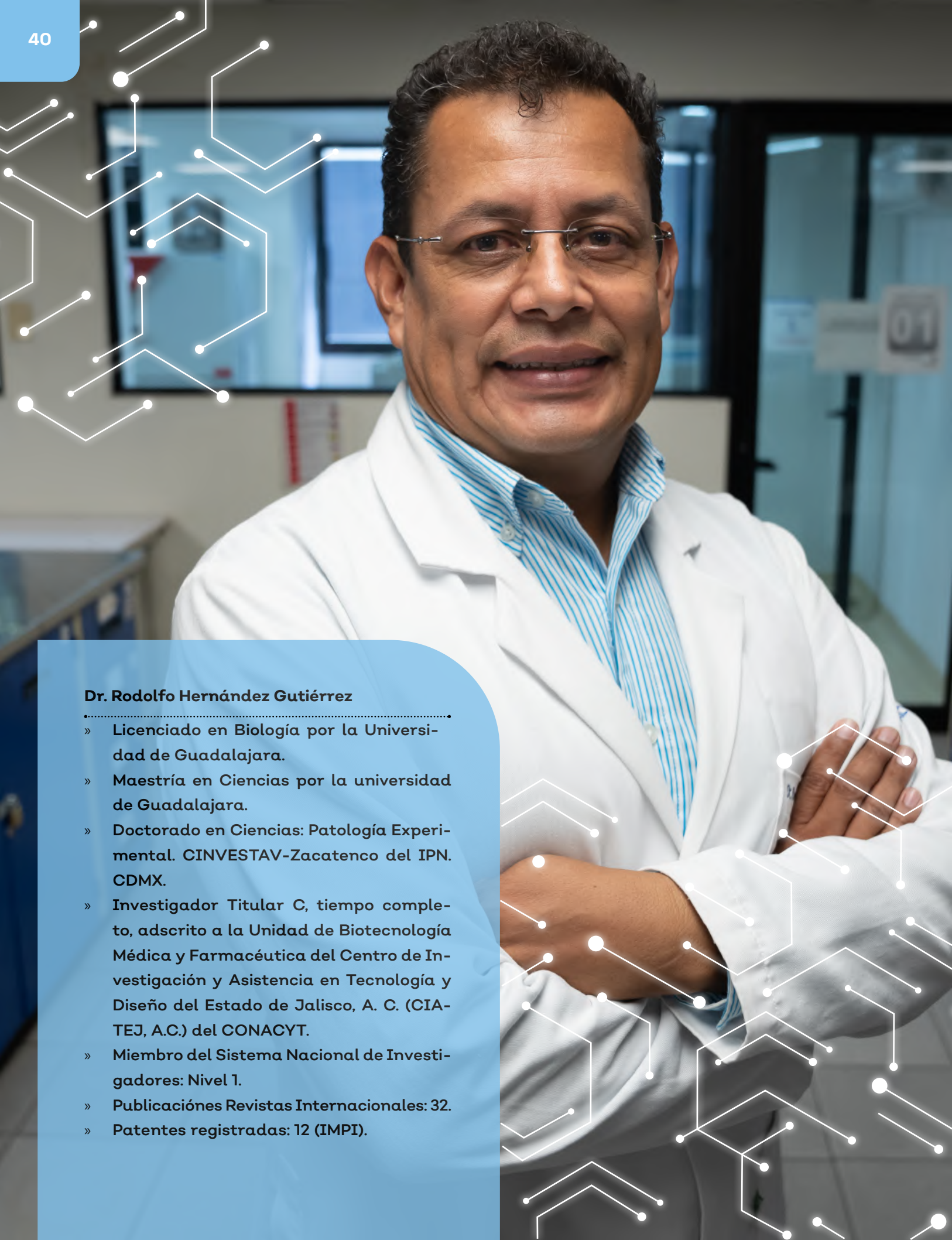


Dra. Georgina Coral Sandoval Fabián

En cuanto a aportaciones Tecnológicas, es inventora en 17 patentes/solicitudes, con materias primas y productos relevantes para el estado como Agave y Maíz, dando pie al desarrollo de nuevas opciones productivas. Otras patentes dan posibles soluciones a problemas nacionales y dos de los desarrollos tecnológicos realizados para empresas han merecido el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología (Jalisco, 2013) y el Premio al mejor proyecto de Soria (España, 2016).

Pertenece a Sociedades Científicas distinguidas y es Coordinadora o Líder en varias Redes. Ha dirigido instrumentos del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Es invitada a varios comités de evaluación y es evaluadora de proyectos en organismos Latinoamericanos de CyT y del programa Horizonte 2020 de la Unión Europea.

En el ámbito social, colabora con organizaciones culturales y de gobierno para dar recitales de poesía a adultos mayores y ha dado cursos a campesinos sobre opciones de valorización de sus productos y residuos.



Dr. Rodolfo Hernández Gutiérrez

- Licenciado en Biología por la Universidad de Guadalajara.
- Maestría en Ciencias por la universidad de Guadalajara.
- Doctorado en Ciencias: Patología Experimental. CINVESTAV-Zacatenco del IPN. CDMX.
- Investigador Titular C, tiempo completo, adscrito a la Unidad de Biotecnología Médica y Farmacéutica del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. (CIATEJ, A.C.) del CONACYT.
- Miembro del Sistema Nacional de Investigadores: Nivel 1.
- Publicaciónes Revistas Internacionales: 32.
- Patentes registradas: 12 (IMPI).

CIENCIA

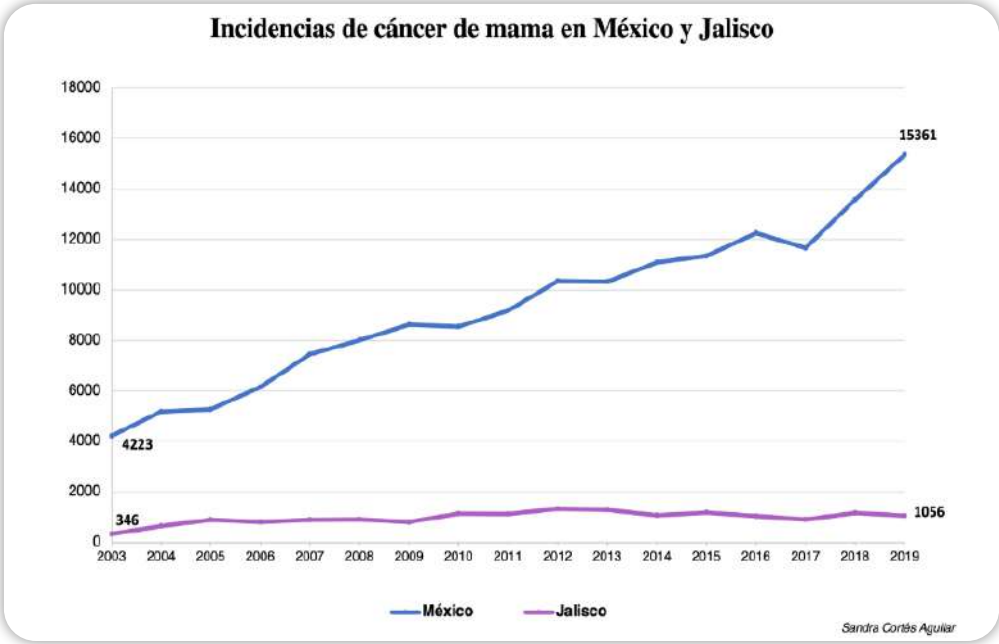
Análisis de sueros de mujeres con cáncer de mama en etapas tempranas, utilizando un MiniArreglo de Antígenos Asociados a Tumores (AATs)

» Dr. Rodolfo Hernández Gutiérrez

» *rhgutierrez@ciatej.mx*

» Dr. Oscar René Ochoa Mojica

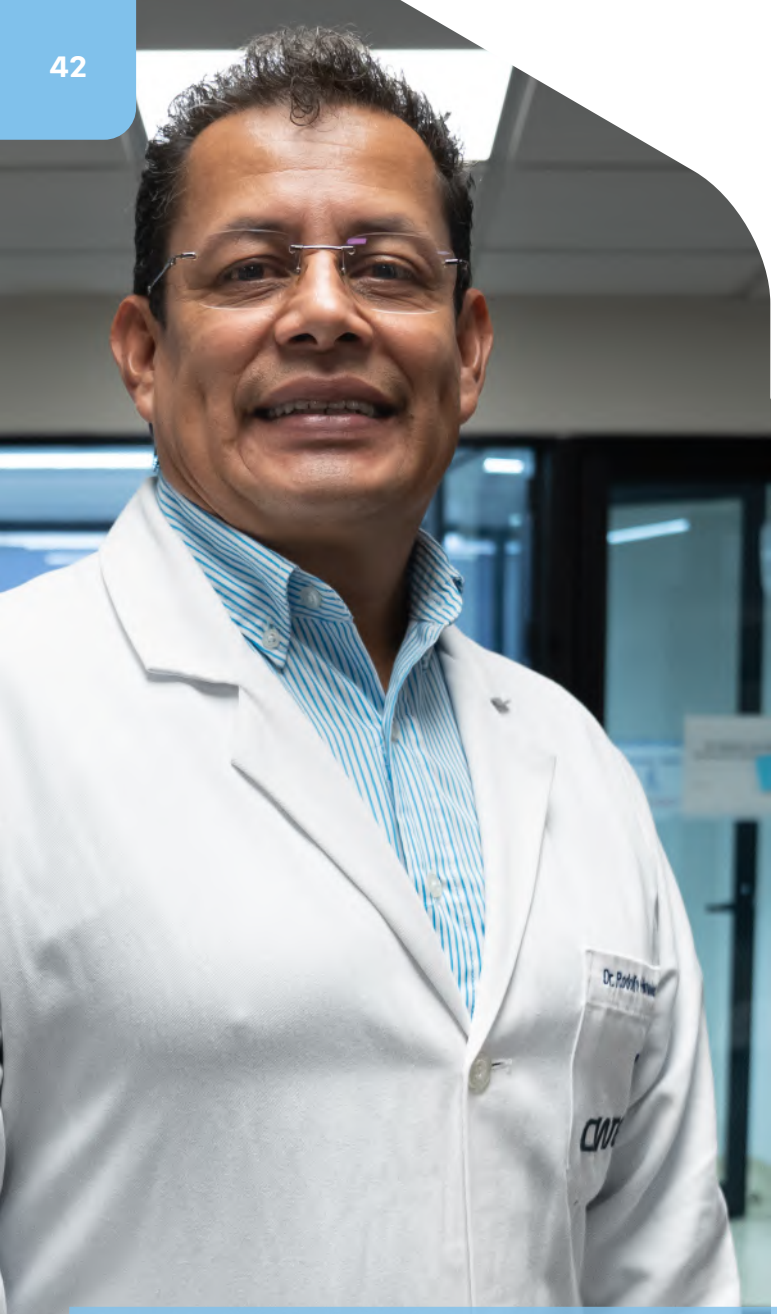
» *oscarene8am@gmail.com*



» **Figura 1.**

Antecedentes

A nivel mundial, el cáncer de mama (CaMa) ocupa el primer lugar en frecuencia entre todos los tipos de cáncer que ocurren en mujeres. La incidencia de casos y muertes por CaMa se ha incrementado



en los últimos 20 años, de 1.15 y 0.41 millones en el año 2002 a 2.26 y 0.68 millones en el 2020, respectivamente [1–6]. El pronóstico de CaMa se correlaciona con el estadio en el que se diagnostica la enfermedad, y el "estándar de oro" para el diagnóstico es la mamografía con un 65– 80% de sensibilidad y especificidad [7-8]. La detección oportuna del CaMa en etapas tempranas podría contribuir a una reducción considerable y efectiva de las tasas de morbilidad y mortalidad en todo el mundo [9-11]. El Incremento de casos de CaMa en México es alarmante (Figura 1), y solo el 25-35% de las mujeres tienen acceso a un análisis de mamografía; por lo tanto, es importante desarrollar una prueba rápida, específica, sensible, y accesible que pueda ser utilizada como método de detección (tamizaje) que complemente a la mamografía, además, es clave evaluar, validar y colocar en el mercado, nuevas pruebas de detección y diagnóstico mínimamente invasivas o no invasivas, sencillas y baratas para su uso en campo y sin requerir equipo caro y sofisticado. Si el CaMa se detecta y se administra terapia cuando el tumor está confinado

Dr. Rodolfo Hernández Gutiérrez

Reconocimientos y distinciones

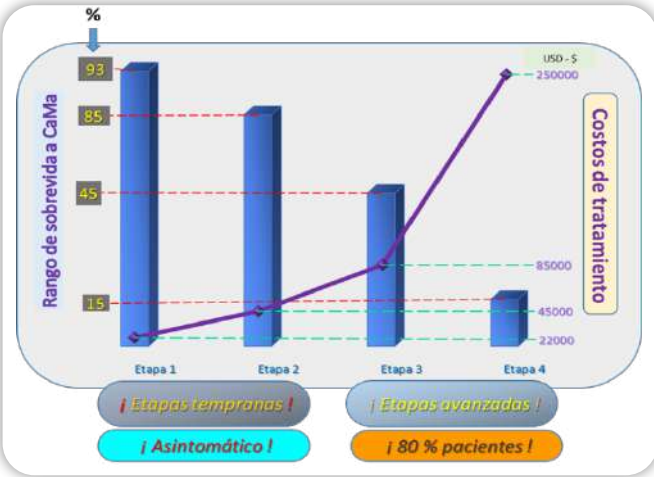
- Ganador; "Premio Aida Weiss PUIS-UNAM 2015". Otorgado por la UNAM, y la Coordinación de la Investigación Científica, y la Fundación Aida Weiss. Ciudad Universitaria, CDMX en 2015.
- Ganador del "XXIV Premio Nacional de Investigación 2013", otorgado por: la Fundación GlaxoSmithKline y Fundación Mexicana para la Salud. CDMX en 2013.
- Ganador del "XIV Galardón Pedro Sarquis Merrewe 2013", otorgado por la Fundación Pedro Sarquis Merrewe. Guadalajara, Jalisco en 2013.
- Ganador, Premio al mejor trabajo de investigación. Encuentro De Ciencia y Negocios en Biotecnología. MéxicoBio-2010. Irapuato, Guanajuato, México
- Co-Ganador del "Premio Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación", Jalisco-2009.
- Dirección de Tesis: 18 de licenciatura, 6 de maestría, y 2 de Doctorado.

a la mama, la remisión puede alcanzar casi el 100%. Desafortunadamente, los tumores pequeños de mama son difícilmente detectados mediante un examen físico en las primeras etapas, y, regularmente no es posible observarlos con un análisis de mamografía, especialmente en mujeres jóvenes y mujeres con tejido mamario denso [12-14]. El CaMa es heterogéneo y las células cancerosas pueden expresar una gran variedad de AAT capaces de estimular una respuesta inmune (producción de anticuerpos) en las pacientes y ésta puede aparecer varios meses o años antes que los signos clínicos [15-16]. En el cáncer, los AATs y sus anticuerpos pueden reflejar una amplificación *in vivo* de una señal carcinogénica temprana, por lo tanto, pueden permitir la detección temprana del cáncer, solos, o combinados con las técnicas actuales. Los anticuerpos contra antígenos tumorales se han reportado en etapas iniciales y tardías de la enfermedad en varios tipos de tumores humanos.

Objetivo General. Desarrollar un "MiniaArray" (*MiniArreglo*) de Antígenos Asociados a Tumor (AAT), y determinar su funcionalidad para la detección de anticuerpos séricos en pacientes con cáncer de mama (CaMa) en etapa temprana, y determinar utilidad para un diagnóstico oportuno.

Objetivos específicos. 1. Identificar y caracterizar biomarcadores (AAT) de CaMa en etapa II, en el suero de pacientes con CaMa en etapas tempranas, mediante inmunoproteómica. **2.** Sintetizar y purificar en nuestro laboratorio, de forma recombinante los AAT. **3.** Desarrollar y evaluar un "MiniArray" de AAT, para la inmunodetección de CaMa en etapas tempranas, como un posible nuevo método de diagnóstico oportuno.

Justificación e importancia de los nuevos hallazgos. La detección o diagnóstico del Cancer de Mama (CaMa) en etapas tempranas es relevante para contribuir a la una reducción de la morbilidad y mortalidad en el mundo. Si el CaMa se detecta y se administra terapia cuando el tumor está confinado a la mama, la remisión puede alcanzar casi el 100%. Desafortunadamente, los tumores pequeños de mama son difícilmente detectados mediante un examen físico en las primeras etapas. El "MiniArray" desarrollado podría contribuir a un diagnóstico oportuno del CaMa.



» **Figura 2.** De manera simplista, el CaMa se clasifica en 4 etapas, las 2 primeras se definen como etapas tempranas y las dos últimas como etapas avanzadas. Si se detecta en etapas tempranas el costo de la terapia es bajo, y un alto % de las pacientes se cura, de forma contraria, si se detecta en etapas avanzadas el costo de la terapia es alto y la sobrevida disminuye considerablemente.

Metodología y Resultados

Muestras de pacientes. Se obtuvieron muestras de sueros de pacientes con cáncer de mama y personas sanas, los sueros se pre-clarificación con el kit de depleción de

(Sigma-Aldrich). Los sueros pre-clarificados se analizaron por Electroforesis y ensayo de "Western Blot" en 1 y 2D. Se obtuvieron mapas proteómicos y inmunoproteómicos. Se identificaron inicialmente 2 proteínas (spots) y posteriormente una tercera. Mediante Espectrometría de Masas y con el uso de UniProt y NCBI, se caracterizaron las 3 proteinas y los hallazgos publicados por nosotros en 2012 y 2015: **1)** Proteína Alfa 1-Antitrisina (A1AT) y patentada*** y **2)** la Alfa 2–Glicoproteina (AHSG), ambos datos publicados y patentado **3)**, y TPI1 patentata.

1) Publicación: *"Alpha 1-antitrypsin: A novel tumor-associated antigen identified in patients with early-stage breast cancer".* Electrophoresis, 2012 Jul;33(14):2130-7. *DOI: 10.1002/elps.201100491. Impact factor:* 3.535. *Citas*: 42.

*** **Patente** (IMPI): "*Biomarcador y antígeno asociado a tumor: Alfa 1-Antitripsina para el diagnóstico e inmunodiagnóstico de cáncer de mama en etapas tempranas".* Titulo No. 324200-2014, folio: MX/E/2010/081136

2) Publicación: *"Alpha 2HS-glycoprotein, a tumor-associated antigen (TAA) detected in Mexican patients with early-stage breast cancer". Journal of Proteomics. 2015,* 112; 301-312. *DOI: 10.1016/j.jprot.2014.07.025. Impact factor:* 4.044. Citas: 15.

3) Patente: *"Proteina recombinante TPI1 útil en el inmunodiagnóstico de cáncer de mama en etapas tempranas*". (IMPI): Titulo No. 351650-2017, folio: MX/E/2011/089024

Dr. Rodolfo Hernández Gutiérrez

Responsable de Proyectos de Investigación (relevantes/recientes)

- 1) Ciencia de Frontera-2020-CONACYT (México). Proyecto*: "In vivo evaluation of adjuvant anti-cancer therapy: Hyperthermia induced by photo-stimulation (NIR) and electromagnetism in fluorescent tumor xenograft models",* o "Evaluación in vivo de la terapia adyuvante contra el cáncer: hipertermia inducida por fotoestimulación (NIR) y electromagnetismo en modelos de xenoimplantes de tumores fluorescentes. 2020-2022.
- 2) National Institute of Health-NIH, National Institute of Cancer y Office of Cancer Clinical Proteomics Research-Technologies for Cancer initiative-*USA*. Proyecto*: "Development of a qualitative/quantitative Lateral Flow Test (LFT), a prototype for diagnostic and prognostic of leukemia for point of care use", ó* "Desarrollo de una prueba de flujo lateral cualitativa/cuantitativa: un prototipo de diagnóstico y pronóstico de leucemia para uso en el punto de atención". 2020-2022.
- 3) National Institute of Health-NIH, National Institute of Cancer y Office of Cancer Clinical Proteomics Research-Technologies for Cancer initiative-USA. Proyecto: *"Development and Evaluation of monoclonal antibodies as a tool for treatment of Multi Drug Resistant (MDR) breast cancer in vitro and in vivo" ó* "Desarrollo y Evaluación de anticuerpos monoclonales como herramienta para el tratamiento del cáncer de mama multirresistente a drogas (MDR) *in vitro e in vivo.* 2016-2018.
- Y 15 proyectos más.

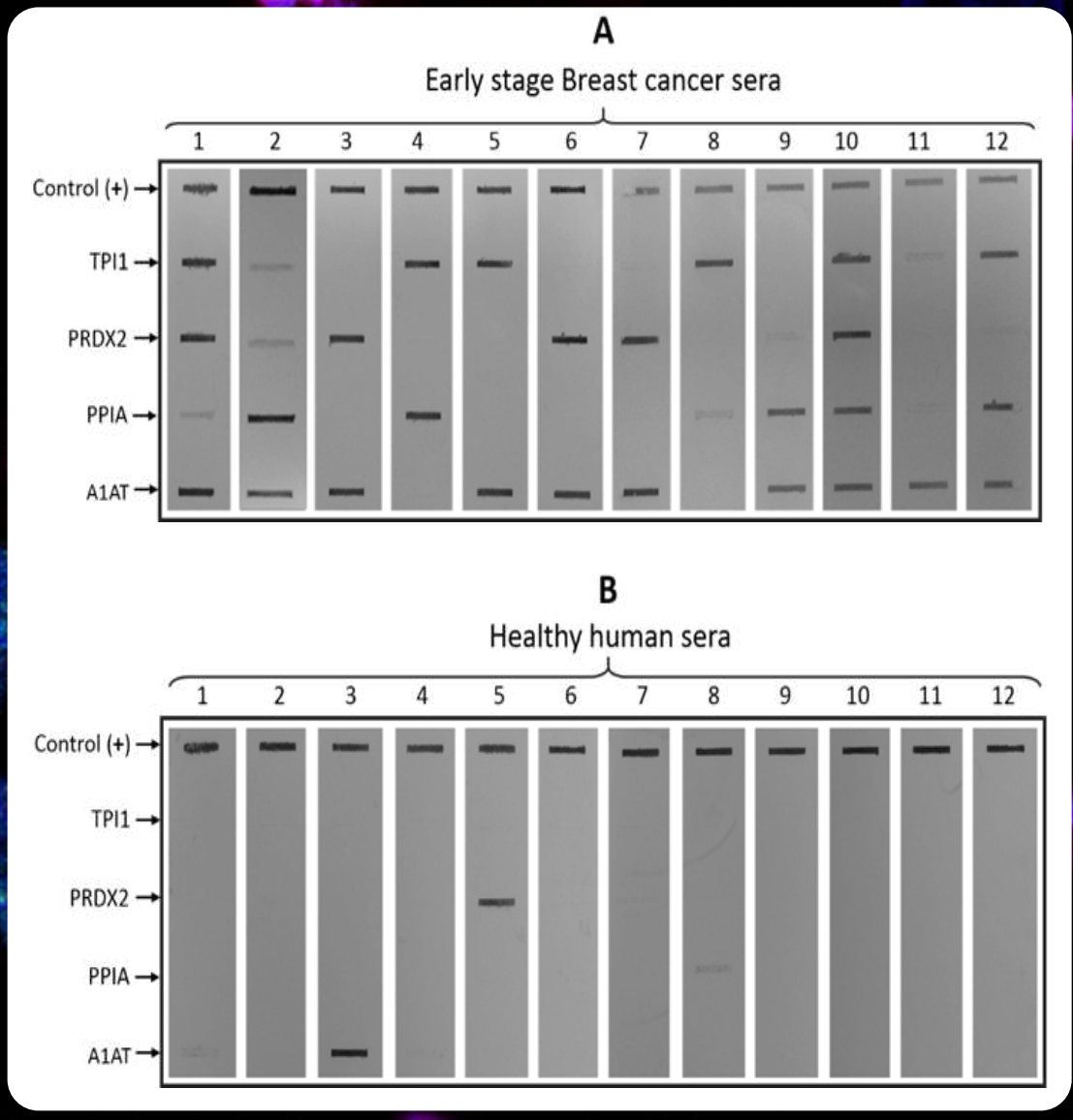
Elaboración del "MiniArray" (Miniarreglo). Se produjeron y purificaron (Niquel-HiTrap) en nuestro laboratorio las 4 proteínas recombinantes, se generaron 4 clonas: pTrc-His-A1AT, pTrc-His-TPI1, pTrc-His-PRDX2 y pTrc-His-PPIA. Los productos sub-clonados fueron secuenciados, por la empresa MACRO-GENE en USA. Las proteínas recombinantes purificadas se cuantificaron por el método de Bradford-DC (Biorad) en microplaca, y se utilizaron para la impresión de las mismas sobre membranas de nitrocelulosa (mNC). Se realizaron pruebas preliminares de impresión de proteínas y en base a los resultados, se utilizó el formato de líneas.

Análisis de sueros. Los AATs recombinantes purificados se utilizaron a una concentración de 200 ng por línea, estas AAT fueron colocadas sobre la mNC por presión de vacío con el equipo Bio-Dot SF (Bio-Rad) para evaluar la presencia de anticuerpos en el suero de los pacientes. A continuación, las mNC se cortaron en tiras, se bloquearon y luego se incubaron con el suero de cada paciente para la detección simultánea de autoanticuerpos contra los cuatro AATs recombinantes. El MiniArray de AATs con el control, se incubó: con el suero del paciente diluido 1:25 en PBS-T, posteriormente se incubó con el anticuerpo anti-IgG humano acoplado a HRP en dilución 1:2000. Finalmente, se evidenciaron bandas inmunorreactivas utilizando el kit de sustrato conjugado HRP (Bio-Rad).

Evaluación del "MiniArray". Los miniarreglos se evaluaron para la detección de anticuerpos específicos en sueros de pacientes con CaMa en etapa II y voluntarios sanos, según lo descrito. Para la proteína **TPI1**, los sueros presentaron anticuerpos contra la proteína (Fig. 3A, carriles; 1, 4, 5, 8, 10 y 12), con señal intensa, otros dos pacientes mostraron señal débil (Fig. 3A, carriles 2 y 11) y el resto no presento señal. Para la proteína **PRDX2**, cinco sueros presentaron anticuerpos contra la proteína (figura 3A, carriles 1, 3, 6, 7 y 10), con señal intensa, otros tres pacientes con señal débil (figura 3A, carriles 2, 9 y 12) y el resto no presento señal. Para la proteína **PPIA**, cinco presentaron anticuerpos contra la proteína (figura 3A, carriles 2, 4, 9, 10 y 12), con señal intensa, otros tres pacientes con señal débil (fig. 3A, carriles 1, 8 y 11) y el resto no presento señal. Para la proteína **A1AT**, nueve sueros presentaron anticuerpos contra la proteína (figura 3A, carriles 1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11 y 12), y mostraron señal intensa y el resto no presento señal. El análisis de los sueros de individuos controles (pacientes sanos o voluntarios), mostraron los siguientes resultados: la gran mayoría de los sueros no presentaron anticuerpos, solo el suero del individuo # 3 los presentó contra la proteína A1AT y el del paciente # 5 contra la proteína PRDX2 (figura 3B, carriles 3 y 5). Y señales débiles el número 8 contra la proteína PPIA, y el número 8 contra la proteína A1AT.

4) Publicación: *"Serum Analysis of Women with Early-Stage Breast Cancer Using a Mini-Array of Tumor-Associated Antigens. Biosensors.* 2020, 10, 149. https://doi.org/10.3390/bios10100149. Impact factor: 5.519. Citas: 1.

5) Modelo de Utilidad (IMPI): *"Inmunodiagnóstico oportuno de cáncer de mama: Desarrollo y evaluación de un miniarreglo (prototipo) de Antígenos Asociados a Tumor"* Título No. 3842-2018, folio: MX/E/2013/089235.



» **Figura 3.** *** Los resultados obtenidos con el "MiniArray", se publicaron recientemente (año: 2020), estos ya se habían patentado como modelo de utilidad previamente para proteger la PI ***

Contribución de los resultados e impactos

Impacto económico

La detección oportuna de un proceso canceroso inicial o incipiente puede constituirse como una medida que permitiría reducir los gastos en atención médica que cada año se generan por CaMa. Según un reporte de prensa, el gobierno federal gasta 6 mil millones de pesos anuales en el tratamiento del cáncer de mama.

Impacto social

El éxito de los programas de detección de cáncer de mama basados en la mastografía ha sido parcial, en nuestro país, puesto que solo entre el 25 y 35% de las mujeres mexicanas tienen acceso a este tipo de diagnóstico. El desarrollo de métodos rápidos sensibles y específicos para la detección de éste cáncer, pueden contribuir a disminuir el número de muertes que anualmente se presentan por

este tipo de cáncer, y el daño psico-social de los enfermos y el menoscabo de la calidad de vida. Recursos humanos: Tesis; 1 de doctorado, 2 de maestria y 6 de licenciatura.

Impacto científico

La publicación de los resultados generados en nuestro estado (Jalisco) contribuyen al conocimiento sobre nuevos biomarcadores relevantes para el diagnóstico oportuno del cáncer, así como su utilidad en el desarrollo de nuevas pruebas diagnósticas.

» **Figura 4.**

Conclusiones

El "MiniArray", ha sido aprobado como Modelo de Utilidad por el IMPI (en éste se incluyen/utilizan las otras 2 patentes), ahora mismo se trabaja en evolucionarlo a formato de Prueba Inmunocromatográfica de Flujo Lateral.

Financiamiento: 1) Fondo Sectorial de Investigación en Salud y Seguridad Social. Clave: SALUD-2007-C01-70026 (2008-2012). **2)** Proyectos de Estímulos a la Innovación (PEI) (2015). **3)** Proyectos de Desarrollo Científico para Atender Problemas Nacionales. Clave: *0215412* (2014-2017).

Bibliografía

[1] Parkin DM, Bray F, Ferlay J, et al. Global cancer statistics, 2002. CA Cancer. J Clin. 2005;55:74–108.

[2] Sung, H.; Ferlay, J.; et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA. Cancer J. Clin.* 2021, *71*, 209–249, doi:10.3322/caac.21660.

[3] Hwee Tong Tan, Jiayi Low., et al. Serum autoantibodies as biomarkers for early cáncer detection. 2009. FEBS Journal, 276. 6880–6904.

[4] Anderson KS & LaBaer J.. The sentinel within: exploiting the immune system for cancer biomarkers. 2005. J Proteome Res 4, 1123–1133.

[5] Caron M, Choquet-Kastylevsky G & Joubert-Caron R. Cancer immunomics: using autoantibody signa-tures for biomarker discovery. 2007. Mol Cell Proteomics 6, 1115–1122.

[6] William CS Cho. Contribution of oncoproteomics to cancer biomarker discovery. 2007. Molecular Cancer, 6, 25.

[7] C. Chapman, J. Robertson. Autoantibodies in breast cancer: their use as an aid to early diagnosis. 2007. Annals of Oncology. 18, 868-873.

[8] Li Zhong, Kun Ge. Autoantibodies as potential biomarkers for breast cancer. 2008. Breast Cancer Research. <http://breast-cancer-research.com/content/10/3/R40>.

[9] Desmetz Caroline, Bascoul-Mollevi Caroline. Identification of a New Panel of Serum Autoantibodies Associated with the Presence of In situ Carcinoma of the Breast in Younger Women. 2009. Clinical Cancer Research; 15(14), 4733-4741.

[10] Anderson Karen S., Sibani Sahar. Protein Microarray Signature of Autoantibody Biomarkers for the Early Detection of Breast Cancer. 2010. Journal of Proteome research.10, 1021.

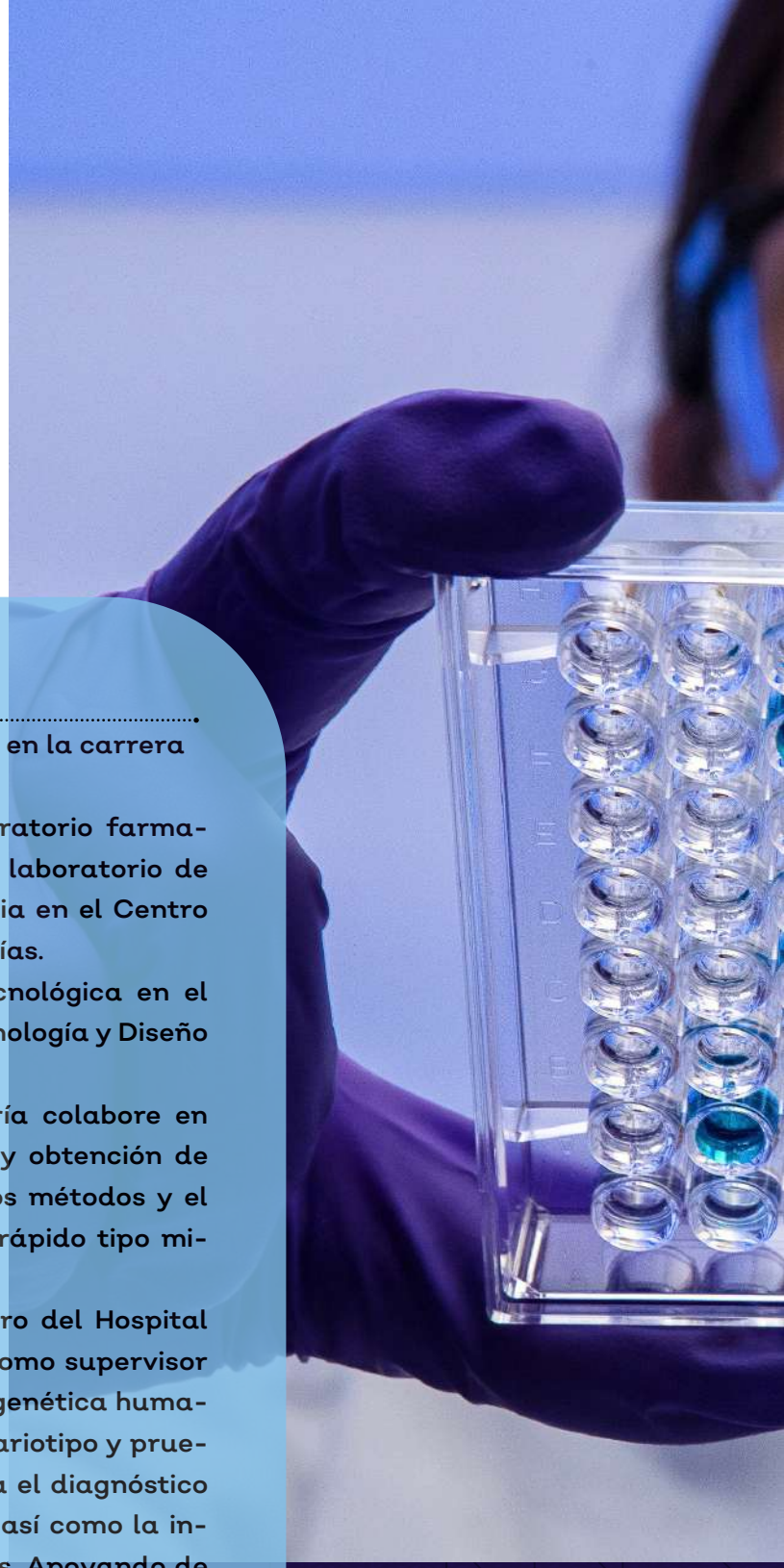
[11] Michiko Sato Tamesa. Detection of autoantibodies against cyclophilin A and triosephosphate isomerase in sera from breast cancer patients by proteomic analysis. 2009. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. 2168-2181.

[12] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (4 de Febrero de 2009) Cáncer de mama. [online] < http://www.inegi.com.mx/cancermama>.

[13] Secretaría de Salud, (Enero 2002-Enero 2021). Revista de epidemiología, Cáncer de mama. [online]. < http://portal.salud.gob.mx >.

[14] Brankin B, Skaar TC, Brotzman M, et al. Autoantibodies to the nuclear phosphoprotein

nucleophosmin in breast cancer patients. 1998. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 7:1109-1115.
[15] Fernández Madrid F. Autoantibodies in breast cancer sera: candidate biomarkers and reporters of tumorigenesis. 2005. Cancer Lett. 230:187-198.
[16] Hamed Noor Khan. Serum autoantibodies as tumour markers in breast cancer: their role in screening, diagnosis and prognosis. B.Sc. (London), M.R.C.S (Edin.), Thesis submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Medicine. 2009. April.



Dr. Oscar René Ochoa Mojica

- Egresado de la Universidad de Guadalajara en la carrera de Químico Farmacobiologo.
- Realizó prácticas profesionales en el laboratorio farmacéutico BIONOVA LAB y servicio social en laboratorio de Farmacobiologia de investigación y docencia en el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías.
- Maestría en Ciencias en innovación biotecnológica en el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C.
- Durante la tesis de licenciatura y maestría colabore en proyectos relacionados a la investigación y obtención de proteínas recombinantes mediante distintos métodos y el desarrollo de plataformas de diagnóstico rápido tipo miniarreglos y tiras de flujo lateral.
- En la actualidad dedicado a laborar dentro del Hospital San Javier en el laboratorio Onkogenetik como supervisor y analista de laboratorio en el área de citogenética humana realizando principalmente estudios de cariotipo y pruebas de hibridación fluorescente in situ para el diagnóstico de enfermedades genéticas y oncológicas, así como la interpretación de y elaboración de resultados. Apoyando de manera complementaria en pruebas de PCR en tiempo real para tuberculosis y citometría de flujo para inmunofenotipificación de neoplasias.

Dra. Sandra Pascoe Ortiz

» Ingeniera Química, Maestra en Ciencias en Procesos Biotecnológicos y Doctora en Ciencias en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas todos por la Universidad de Guadalajara, teniendo las especialidades en Celulosa y Papel, Tratamiento de Aguas y Fermentaciones, al término de sus estudios de licenciatura, trabajó en Ingeniería y Síntesis, S. A. de C. V. cerca de dos años, una empresa dedicada a las auditorías ambientales ocupando el puesto de Asesor técnico.

TECNOLOGÍA

Mezcla y Proceso para Elaborar un Material Plástico Biodegradable

» Dra. Sandra Pascoe Ortiz

» sandra.pascoe@univa.mx

» spascoeortiz@gmail.com

Resumen

El proyecto surge para buscar una alternativa que ayude a mitigar la problemática con los residuos plásticos que en los últimos años ha ido en aumento; se divide en tres etapas, la primera consistió en el desarrollo de la formulación para la obtención del material plástico biodegradable a partir del jugo de especies suculentas, la segunda abarca la caracterización y desarrollo de aplicaciones a partir del material obtenido; y la tercera consistirá en el escalamiento a nivel industrial y la transferencia de la tecnología. En este caso se abordan los aspectos referentes a la segunda etapa que fue desarrollada a partir de la obtención del título de patente en el año 2019.

Antecedentes

Se sabe que los plásticos obtenidos de recursos no renovables son parte importante del mundo y han facilitado la vida de las personas de formas diferentes, pero tienen varias desventajas, en algunos casos son tóxicos además de que generan contaminación ambiental si no son depositados en los lugares adecuados para su reciclaje (Faccio *et al.*, 2015). Actualmente se desarrollan investigaciones en todo el mundo con plásticos de origen natural conocidos como biopolímeros o bioplásticos, algunos de ellos con materiales vegetales, se trabaja para igualar las propiedades físico-mecánicas de estos bioplásti-

cos con las de los plásticos convencionales a fin de que en poco tiempo se logre su incorporación a los mercados y sean una opción rentable en su utilización, tienen potencial económico porque sus características han llegado a ser muy parecidas a las de los materiales sintéticos cuando son mezclados con plastificantes, esto se ha hecho con el fin de mejorar sus características mecánicas de barrera y de trasmisión de luz, además, su biodegradabilidad es una cuestión importante para destacar ya que la mayoría son amigables con el medio ambiente (Villada *et al.*, 2007).

Objetivo General

» Generar el portafolio tecnológico de aplicaciones producidas con bioplástico de nopal que sea atractivo a los empresarios de la industria del plástico para invertir en él e implementarlo en sus procesos de producción.

Objetivos específicos

» Caracterizar el material obtenido con diferentes formulaciones utilizando los componentes de la mezcla base patentada
» Desarrollar aplicaciones con las formulaciones obtenidas utilizando diferentes procesos
» Optimizar los procesos para la obtención de las aplicaciones factibles

Justificación e importancia de los nuevos hallazgos

En esta investigación se ha logrado obtener un material plástico que cumple con la característica de biodegradabilidad y el cual puede ser utilizado en diferentes aplicaciones, es una alternativa viable ecológica a los plásticos derivados del petróleo. La formulación base para la producción del material puede ser adaptada con el fin de modificar las características físico-mecánicas dependiendo de la aplicación que se desee.

Descripción general de la metodología

Para la caracterización del material se han realizado formulaciones diferentes partiendo de la mezcla base y se han utilizado especies distintas de nopal. Las muestras se elaboraron mezclando el jugo de nopal con proteína animal, glicerol y cera natural en diferentes proporciones. La caracterización consistió en la determinación de las siguientes propiedades físicas densidad (NMX-004-CNCP-2004), absorción de agua (ASTM D570:2005) y solubilidad en agua (No normado); las propiedades mecánicas como son resistencia a la tensión, módulo de elasticidad de Young, elongación a la rotura mediante un ensayo de tensión (ASTM D882-02) y dureza (ASTM D2240); además de las propiedades térmicas con los ensayos DSC y TGA mismos que permiten determinar la temperatura de degradación (ASTM E2550-11), temperatura de transición vítrea (ASTM E1356) y temperatura de fusión (ASTM D3418), también se hicieron las pruebas de biodegradación en composta y suelo.

Se han desarrollado diferentes prototipos a nivel laboratorio verificando cómo se comporta el material y el proceso con el que se elabora el producto, la formulación utilizada en las aplicaciones fue escogida de acuerdo a sus características. Dentro de los procesos probados están el vaciado, el método casting, el rotomoldeo, y la termocompresión. Algunas películas se cortaron y sellaron para producir empaques, bolsas y cubiertas; se ha probado el corte laser, y el

sellado térmico; algunas láminas fueron sometidas a corte suaje y también han sido impresas por serigrafía; además se realizaron pruebas de aplicación como recubrimiento de platos de cartón. Se llevaron a cabo para la obtención de prototipos diferentes pruebas de pigmentación utilizando algunos tipos de colorantes.

Resultados

Se cuenta con las fichas técnicas con el resumen de las propiedades de cada formulación, además se comprobó que el material se biodegrada en composta en dos semanas y en suelo en tres meses como máximo.

Por otro lado, las fórmulas caracterizadas se han utilizado en el desarrollo de diferentes aplicaciones que son factibles para su escalamiento a nivel industrial. Algunos de los prototipos obtenidos en moldes se muestran en la Figura 1.

Los empaques, bolsas y manteles se obtuvieron a partir de películas; también se muestra un cilindro, algunas placas y se han tenido buenos resultados en aplicaciones artísticas como son la elaboración de piezas, por ejemplo, las manos para los puppets utilizados en stop-motion; se ha logrado pigmentar el material lo cual resulta atractivo en las diferentes aplicaciones (Figura 2).

» **Figura 1.** Juguetes, cucharas, cuentas, palillos y estuches
» (Fotos: Elaboración propia)

» **Figura 2.** Diseños de empaques, mantel, cilindro, bolsas, placas y manos
» (Fotos: Elaboración propia)

Contribución de los resultados en la solución de problemas locales o regionales, impacto económico y social

Se pretende que la industrialización del material impacte directamente en la mejora de la calidad de vida de las generaciones futuras, esto al disminuir parte de los residuos plásticos producidos en la vida cotidiana, este material es una alternativa a los plásticos derivados del petróleo que puede ser utilizado en diferentes aplicaciones y que ayudará a disminuir el problema del impacto ambiental que se tiene con los desechos de bolsas, empaques, productos desechables y plásticos en general, gracias a su característica más importante que es la biodegradabilidad. Por otro lado, la demanda de insumos necesarios para la producción del material puede propiciar el desarrollo de comunidades rurales incluso desérticas, ya

que podrán encontrar en el nopal un cultivo atractivo. Se podrán beneficiarlas industrias de productos plásticos, no tendrán que dejar de producir aun cuando se comiencen a aplicar las normas que regularán la producción de productos plásticos no biodegradables; estas industrias podrán comenzar a incorporar este material a sus procesos.

Con los recursos obtenidos en la Convocatoria De la Ciencia al Mercado y la asesoría del Tecnológico de Monterrey se está trabajando en el desarrollo de pellets y se pretende lograr la transferencia tecnológica mediante licenciamiento de la patente próximamente.

Bibliografía

[1] Faccio, C., Machado, R. A. F., De Souza, L. M. y Zoldan, S. R. (2015).

[2] Characterization of the mucilage extracted from jaracatiá (Carica quercifolia (A. St. Hil.) Hieron). *Carbohydrate Polymers*, 131, 370-376. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.06.015

[3] Villada, H. S., Acosta, H. S., y Velasco, R. J. (2007). Biopolímeros Naturales Usados

[4] en Empaques Biodegradables. *Temas Agrarios*. Vol. 12:(2) Julio – Diciembre. Universidad del Cauca y Universidad del Valle, 5-13.

Dra. Sandra Pascoe Ortiz

» Labora en la Universidad del Valle de Atemajac, UNIVA, desde hace 19 años, actualmente dentro de la Jefatura de Investigación del Campus Guadalajara como Profesora Investigadora dirigiendo diferentes proyectos relacionados con la línea de Desarrollo Sustentable y Energías Renovables, además colabora en el Departamento de Ciencias Exactas e Ingenierías de dicha casa de estudios impartiendo diferentes materias en las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecatrónica. Recientemente fue invitada a colaborar con el Plantel Uruapan de la misma UNIVA para impartir la materia de Agroecología en la Maestría de Agronegocios.

» Cuenta con una patente otorgada por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial denominada Mezcla y proceso, para elaborar un material plástico biodegradable. Fue ganadora del Primer Premio IMPI al Inventor Mexicano con dicha patente en la categoría de Tecnología Verde en el año 2020. Ha participado en diferentes congresos tanto nacionales como internacionales. Pertenece a la Red de Internacional de Investigación e Innovación de Nopal y otras Cactáceas (IIINOCA). Ha publicado algunos artículos de divulgación, un artículo científico y diferentes capítulos de libros.

» En estos momentos trabaja en la madurez de la tecnología patentada con el fin de lograr el escalamiento a nivel industrial y próximamente estar en disposición para transferir dicha tecnología.

Dr. Martín Esteban González López

» Ingeniero Químico, Maestro en Ciencia de Productos Forestales y Doctor en Ingeniería Química por la Universidad de Guadalajara. Actualmente es Profesor de cátedra en el Tecnológico de Monterrey en el departamento de Bioingenierías. El Dr. Martín González cuenta con 21 artículos publicados en revistas internacionales de alto prestigio, siendo primer autor o autor de correspondencia en más de la mitad de ellos. Sus líneas de investigación involucran el aprovechamiento sustentable de residuos lignocelulósicos para la producción de materiales biodegradables con alto desempeño mecánico y aplicaciones de remediación ambiental en el ámbito de tratamiento de aguas. Ha realizado estancias de investigación en instituciones como Université Laval en Quebec, Canadá y el Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros en Madrid, España. Su trabajo de maestría fue reconocido con el Premio Estatal de Innovación, Ciencia y Tecnología, Jalisco en 2019 por su tesis sobre estrategias de compatibilización fibra-polímero, mientras que su proyecto de doctorado aborda la producción y modificación de biopolímeros para su aplicación como adsorbentes en sistemas continuos, así como el modelado matemático de dichos procesos.

TESIS

Adsorción de metales pesados y colorantes en columnas empacadas con adsorbentes basados en polisacáridos

» Dr. Martín Esteban González López

» martin.gonzalez@alumnos.udg.mx

Introducción

La presencia de metales pesados y colorantes en efluentes acuosos provoca daños al medio ambiente y a la salud humana. La adsorción ha demostrado ser un método costo-efectivo para el tratamiento de efluentes. El uso de adsorbentes alternativos, como la celulosa, la quitosana y la lignina ha sido estudiado en los últimos años, siendo necesario para nivelar su capacidad de remoción en relación con los adsorbentes convencionales. Los polisacáridos en su estado natural son capaces de remover contaminantes de efluentes acuosos; sin embargo, mediante modificaciones químicas, o preparando adsorbentes con otros componentes, es posible incrementar las capacidades de adsorción significativamente. Por otra parte, los estudios en columna empacada aportan los parámetros necesarios para la aplicación del proceso de adsorción a gran escala, tales como: tiempo de ruptura, tiempo de saturación y capacidad total de remoción, por lo que es importante incrementar la estabilidad dimensional de dichos materiales para su uso en sistemas continuos que sean fácilmente escalables.

Objetivos

» Obtener, analizar y modelar las curvas de ruptura para columnas de adsorción de metales pesados y colorantes con adsorbentes basados en polisacáridos.

Objetivos particulares

- Incrementar la capacidad de adsorción de un adsorbente basado en quitosana soportada en composites poliméricos mediante porosidad mejorada.
- Evaluar la capacidad de adsorción de un adsorbente basado en lignina soportada en un composite polimérico.
- Preparar un adsorbente basado en celulosa con capacidad mejorada mediante nano-partículas de grafeno.
- Estimar los parámetros cinéticos, del equilibro y termodinámicos en experimentos de adsorción por lotes y evaluar la capacidad de reutilización de los adsorbentes a través de ciclos de adsorción/desorción.
- Obtener y modelar las curvas de ruptura del proceso de adsorción en columna empacada y evaluar la capacidad de regeneración del lecho empacado.

Metodología

Materiales. PEBD y PS (Pemex, México), quitosana de grado industrial (América Alimentos, México), lignina en polvo (Hardwood Kraft) obtenida de PFInnovations (Quebec, Canadá), fibra de agave (Agave *tequilana* Weber var. Azul) y celulosa (Fluka). Para las modificaciones se utilizaron nano-plaquetas de grafeno (GNP), azodicarbonamida (ACA), óxido de zinc (ZnO). Como reactivos se emplearon ácido acético glacial, hidróxido de sodio, urea, ácido sulfúrico, dodecil sulfato de sodio (SDS), dicromato de potasio, 1,5-difenilcarbazida, así como los colorantes: azul de metileno y rojo Congo.

Preparación del adsorbente base quitosana: Los composites se procesaron en un extrusor de doble husillo con un perfil de temperatura entre 160 y 180 °C, utilizando 58.9 % de PEBD, 10 % de PS y 30 % de fibra de agave además ACA al 1 % y 0.1 % de ZnO como agente espumante y catalizador, respectivamente. El recubrimiento de quitosana se aplicó sumergiendo los pellets en una solución al 2 % de quitosana en ácido acético, permitiendo la evaporación del solvente.

Preparación del adsorbente base lignina: Los composites se prepararon en un extrusor de doble husillo con un perfil de temperatura entre 160 y 180 °C, utilizando las siguientes concentraciones en peso de lignina: 10, 20, 30 y 40 %. En todos los casos se utilizó 10 % de PS y el resto del peso se completó con PEBD, utilizando de nuevo una concentración de ACA de 1 % y 0.1 % de ZnO para generar una estructura espumada.

Preparación del adsorbente base celulosa: Se mercerizó 1.0 g de celulosa en 10 mL de NaOH al 14 % con agitación constante durante 2 minutos a 3 °C y posteriormente, se disolvió añadiendo 10 mL de urea al 24 %. Se añadieron 100 μL de suspensión de nano-plaquetas de grafeno junto con 0.1 g de SDS agitando durante otros 20 min. La solución coloidal se goteó en una solución ácida de H_2SO_4 al 10 % para formar las perlas de celulosa.

Evaluación del proceso de adsorción por lotes: Se obtuvieron cinéticas e isotermas de adsorción para soluciones de dicromato de potasio, azul de metileno y rojo Congo con concentraciones iniciales entre 20 y 800 mg/L. Los experimentos se llevaron a cabo en un agitador orbital con agitación de 150 rpm. Posteriormente, se separó el adsorbente por filtración y la solución se analizó en un espectrofotómetro para determinar la concentración de adsorbato residual.

Análisis del proceso de adsorción en columna empacada: Los experimentos de ad-

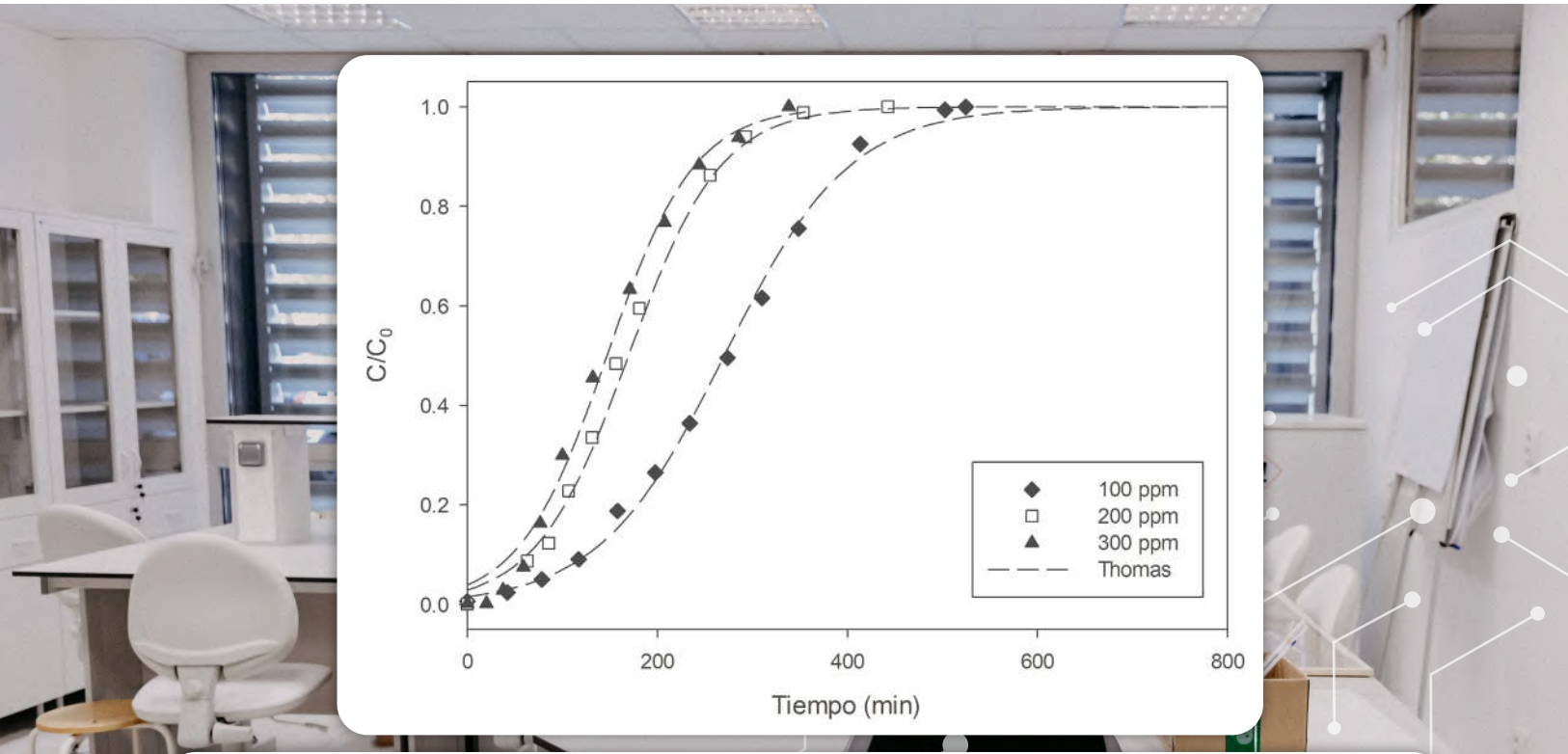
sorción en columna de lecho empacado se llevaron a cabo en una columna de vidrio con un diámetro interno de 2.54 cm y una altura de 30 cm. El empaque de la columna se montó colocando una malla en ambos extremos de la columna, para mantener fijo el lecho de adsorbente en su interior. El flujo de solución de contaminante se alimentó por la parte inferior utilizando una bomba peristáltica y se tomaron muestras a determinados intervalos de tiempo, las cuales se analizaron por el método colorimétrico.

Resultados

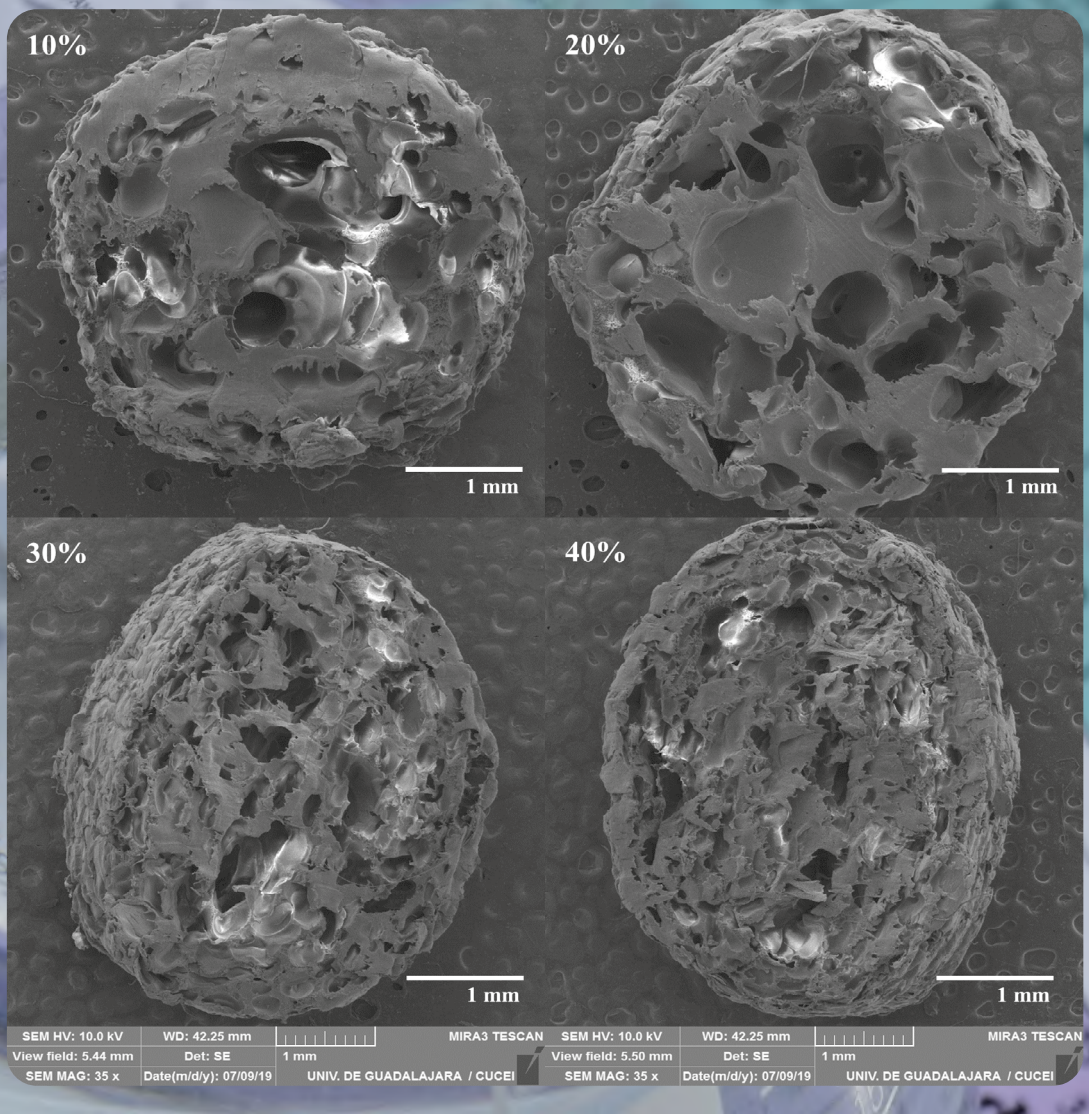
Adsorbente base quitosana. La incorporación de poliestireno permitió obtener mayor porosidad (32.1 %) debido a la baja tensión superficial de la mezcla polimérica, facilitando la formación de celdas durante la extrusión. El mayor tamaño de poro facilitó la difusión de la quitosana, permitiendo una mayor deposición de esta hasta 11.7 %. La máxima capacidad de adsorción fue de 13.9 mg/g, representando un incremento del 68 %. La modificación morfológica derivó en una difusión intraparticular más rápida, requiriendo 20 min para alcanzar el equilibrio. Una vez que la longitud de lecho y el flujo volumétrico fueron optimizados en función del tiempo de residencia dentro de la columna empacada (27 cm y 4 mL/min), se evaluaron diferentes concentraciones de entrada de 100, 200 y 300 mg/L (Figura 1).

A pesar de observar menores tiempos de saturación y ruptura al incrementar la concentración de entrada, se obtuvieron mayores capacidades de adsorción a 300 mg/L. Bajo estas condiciones se obtuvo la máxima capacidad de adsorción de 9.69 mg/g, lo que representa un incremento del 47 %.

Adsorbente base lignina. Incrementar la concentración de lignina aumenta la poro-



» **Figura 1.** Efecto de la concentración de entrada en las curvas de ruptura.



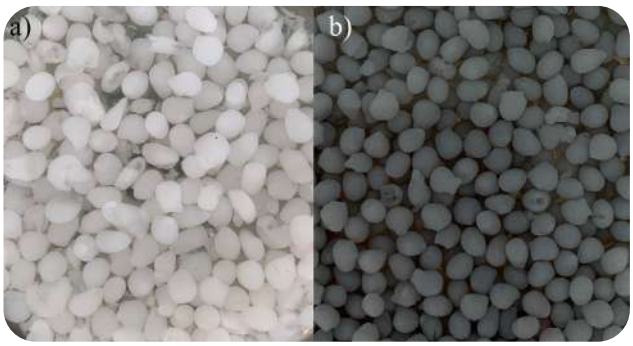
» **Figura 2.** Morfología de los adsorbentes basados en lignina.

sidad del adsorbente y su densidad de poros hasta 43.8 poros/mm^2, mientras que disminuye su tamaño promedio hasta 150.1 μm, sugiriendo que el material posee una mayor área superficial (Figura 2). Este material exhibió afinidad hacia la captación del colorante azul de metileno debido a los grupos carboxilo y fenólicos, presentando una máxima eficiencia de remoción entre 20 % y 70 % dependiendo de la concentración inicial.

La capacidad del lecho empacado fue de 0.55 mg/g, permitiendo tratar una solución de un contaminante catiónico con concentración de 40 mg/L, hasta un punto de saturación del lecho de 5 h, operando con una masa de lecho empacado de 25.0 g en 27 cm y utilizando un flujo volumétrico de 3.0 mL/min. A pesar de que la cantidad de iones removidos en este estudio es relativamente baja, cabe mencionar que la lignina es un residuo para el cual se busca desarrollar aplicaciones de valor agregado.

Adsorbente base celulosa. La formación de hidrogeles esféricos de celulosa fue asistida por el surfactante SDS, el cual se orienta hacia la solución rica en protones, provocan-

do la separación espontanea de fases manteniendo la forma semi-esférica. Asimismo, las nano-plaquetas de grafeno contienen un gran número de átomos de carbono cuyas características químicas asisten la formación de las perlas de celulosa (Figura 3).



» **Figura 3.** Morfología de a) perlas de celulosa y b) perlas de celulosa-GNP.

La máxima capacidad de adsorción de colorante rojo Congo fue de 98.1 y 139.6 mg/g para ambos adsorbentes, confirmando que la incorporación de GNP incrementa la capacidad de adsorción, debido a los anillos aromáticos y grupos hidroxilos y carboxilos que actúan como sitios activos para la captación con el rojo Congo. Para evaluar el desempeño del adsorbente en una columna empacada, se utilizó una masa de adsorbente de 3.0 g, un flujo de 4.5 mL/min y una concentración de entrada de 40 mg/L. La capacidad de 16.1 mg/g indica que solamente se aprovecha el 12 % de la capacidad total teórica del material, lo cual significa que es posible optimizar las condiciones de operación en columna.

Conclusiones

En el presente trabajo se prepararon adsorbentes basados en polisacáridos para utilizarse en columnas empacadas. En primera instancia, se preparó un soporte con mayor porosidad para depositar quitosana, incrementando el área superficial y aumentando significativamente la velocidad de adsorción, permitiendo obtener una remoción de hasta 82.6 mg Cr(VI)/g de quitosana mediante un esquema de operación fácilmente escalable. Por otra parte, se preparó un adsorbente polimérico para brindar soporte a la lignina, obteniendo un adsorbente con porosidad de hasta 61 %. Este material mostró un desempeño efectivo al tratar un efluente contaminado con azul de metileno, con una remoción de hasta 90 %. Por último, se preparó un adsorbente basado en hidrogeles esféricos de celulosa. Se observaron altas eficiencias de remoción, así como una capacidad máxima de adsorción de colorante rojo Congo de hasta 139.6 mg/g. En conclusión, se demostró la efectividad de polisacáridos como materiales adsorbentes costo-efectivos con capacidad incrementada mediante métodos físicos y químicos.

Dra. en C. Andrea Molina Pineda

- Originaria de Morelia, Michoacán. Residente en el municipio de Guadalajara desde el año 2012. Ingeniera en Biotecnología egresada en 2016 de la Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG) y Doctora en Ciencias Biomédicas con orientación en Inmunología por el Centro Universitario de Ciencias de la Salud (CUCS) de la Universidad de Guadalajara en 2021.
- Durante su formación académica ha sido acreedora en 2015 a la beca Fullbright-García Robles para realizar una estancia de investigación en Arizona State University, en Estados Unidos. Posteriormente en 2018 realizó una estancia académica en el German Cancer Research Center en Alemania.
- Se ha desempeñado profesionalmente en empresas mexicanas, tanto del sector público como privado, especializadas en investigación clínica e industria farmacéutica.
- Ha participado en diferentes proyectos de investigación en el área del cáncer cérvico-uterino en el Centro de Investigación Biomédica de Occidente perteneciente al Instituto Mexicano del Seguro Social.
- En 2021, fue acreedora a la mención honorífica durante la obtención del grado de doctorado por la Universidad de Guadalajara.
- Durante el 2021, ha sido aceptada para realizar una estancia de estudios posdoctorales en el laboratorio del Dr. Henning Walczak en el CECAD-Cluster of Excellence, de la Universidad de Colonia, en Alemania.
- Actualmente se desempeña como profesora de ciencias básicas y asesora técnica del área de microbiología en el sector privado.

TESIS

Evaluación de la expresión de los receptores WNT en cáncer cérvico-uterino y su regulación por las proteínas virales E5, E6 y E7 de VPH 16, 18 y 84

» Dra. Andrea Molina Pineda

» andymopi@gmail.com

Introducción

En el ámbito mundial, el cáncer cérvico-uterino es una de las enfermedades que más afectan a las mujeres en edad productiva y reproductiva. De acuerdo con estimaciones recientes, genera una incidencia global anual de 604, 127 nuevos casos, de los cuales 341, 831 fallecen cada año como consecuencia de este padecimiento, por lo cual esta patología es considerada un problema prioritario de salud[1]. El CaCU ocupa el segundo lugar en incidencia y mortalidad en México, después del cáncer de mama. El CaCU ha sido uno de los pocos tipos de cáncer en el que se han experimentado progresos notables, tanto en el área científica, clínica, como socioeconómica[2]. Desde la identificación del principal agente causal, el virus del papiloma humano (VPH), hasta el desarrollo de estrategias de cribado y prevención, ha existido una disminución de la tasa de muerte por esta enfermedad en México, de aproximadamente 15.28 en los años 80s, a una tasa de 5.87 en el 2016 por cada 100 mil habitantes[3]. Tan solo en el estado de Jalisco, en el año 2020 se registró una tasa de mortalidad de 4.22 por cada 100,000 mujeres.

Su principal factor etiológico es la infección por el Virus del Papiloma Humano (VPH)[4]; sin embargo, se requieren otras alteraciones para su desarrollo, entre ellas, la activación aberrante de la vía de señalización WNT/β-catenina[5]. La vía de señalización WNT es de gran importancia en procesos biológicos como la embriogénesis, el desa-

rrollo y la regeneración de tejidos. Esta vía se encuentra implicada en una gran variedad de funciones celulares como la polaridad celular, la migración, la proliferación y la diferenciación celular; procesos comúnmente alterados en una patología cancerosa, como cáncer de colon, próstata, páncreas, riñón, carcinoma hepático, hepatoblastoma, adenoma de tipo pulmonar, melanoma, tumores de cerebro, meduloblastomas, y recientemente en CaCU [6-11] .

En el genoma humano, se han descrito diferentes proteínas que funcionan como receptores y co-receptores WNT incluyendo a miembros de las familias Frizzled (FZD), proteínas 5 y 6 relacionadas con los receptores de lipoproteínas de baja densidad (LRP5-6), receptor huérfano ROR (1 y 2), receptor tirosin cinasa (RYK), VANGL1 y 2 y familias de proteoglicanos[12]. Estos receptores son regulados intracelularmente por fosforilación de proteínas y extracelularmente por varios antagonistas[13]. Evidencias previas han mostrado que diferentes alteraciones en la vía de señalización WNT contribuyen sustancialmente a la carcinogénesis cervical y que las oncoproteínas E5, E6 y E7 de VPH de alto riesgo modulan diversos componentes de esta vía en queratinocitos humanos[14-16].

Aunque todavía no se sabe con certeza cómo está involucrada la vía de señalización de WNT en CaCU, ha quedado claro que la señalización WNT contribuye al desarrollo de esta patología en múltiples niveles, incluida la iniciación tumoral, la progresión, la invasión y la resistencia terapéutica[15–17]. Además, una gran cantidad de evidencia experimental sugiere que la interacción entre la vía WNT y otras biomoléculas y vías puede contribuir a la carcinogénesis y la progresión tumoral. En el siguiente proyecto se evaluó el perfil de expresión de los receptores de la familia WNT en líneas celulares derivadas de CaCU y en muestras obtenidas de pacientes sin lesiones cervicales, lesiones de bajo grado y CaCU, así como la posible existencia de mecanismos de regulación de la expresión de dichos receptores dirigido por las proteínas E5, E6 y E7 de VPHs de alto y bajo riesgo.

Metodología

Se determinó por medio de qPCR, RNA-Seq y citometría de flujo la expresión a nivel de mRNA y proteína de los receptores FZD1-FZD10, VANGL2, RYK, ROR1/2 en las líneas celulares derivadas de CaCU y en queratinocitos no tumorigénicos previamente transducidos con las oncoproteínas E5, E6 o E7 de VPH 16, 18 u 84. Por otra parte, se generaron modelos de sobreexpresión con los receptores encontrados diferencialmente expresados, los cuales se analizaron por medio de RNA-Seq. Finalmente, se evaluó por qPCR y citometría de flujo la expresión de los receptores WNT en cepillados cervicales de pacientes sin lesiones cervicales, lesiones de bajo grado y CaCU. La expresión fue corroborada por medio de inmunohistoquímica en muestras embebidas en parafina. Adicionalmente, se realizó la genotipificación del VPH en muestras mediante Linear-Array

Resultados

Se determinó que a nivel de mRNA los receptores FZD9 y VANGL2 se encuentran diferencialmente expresados en líneas celulares derivadas de CaCU en comparación con lo observado en queratinocitos no tumorigénicos HaCaT (Figura 1).

Por otra parte, la presencia de las proteínas E6 y E7 de los VPH16, 18 y 84, modulan a

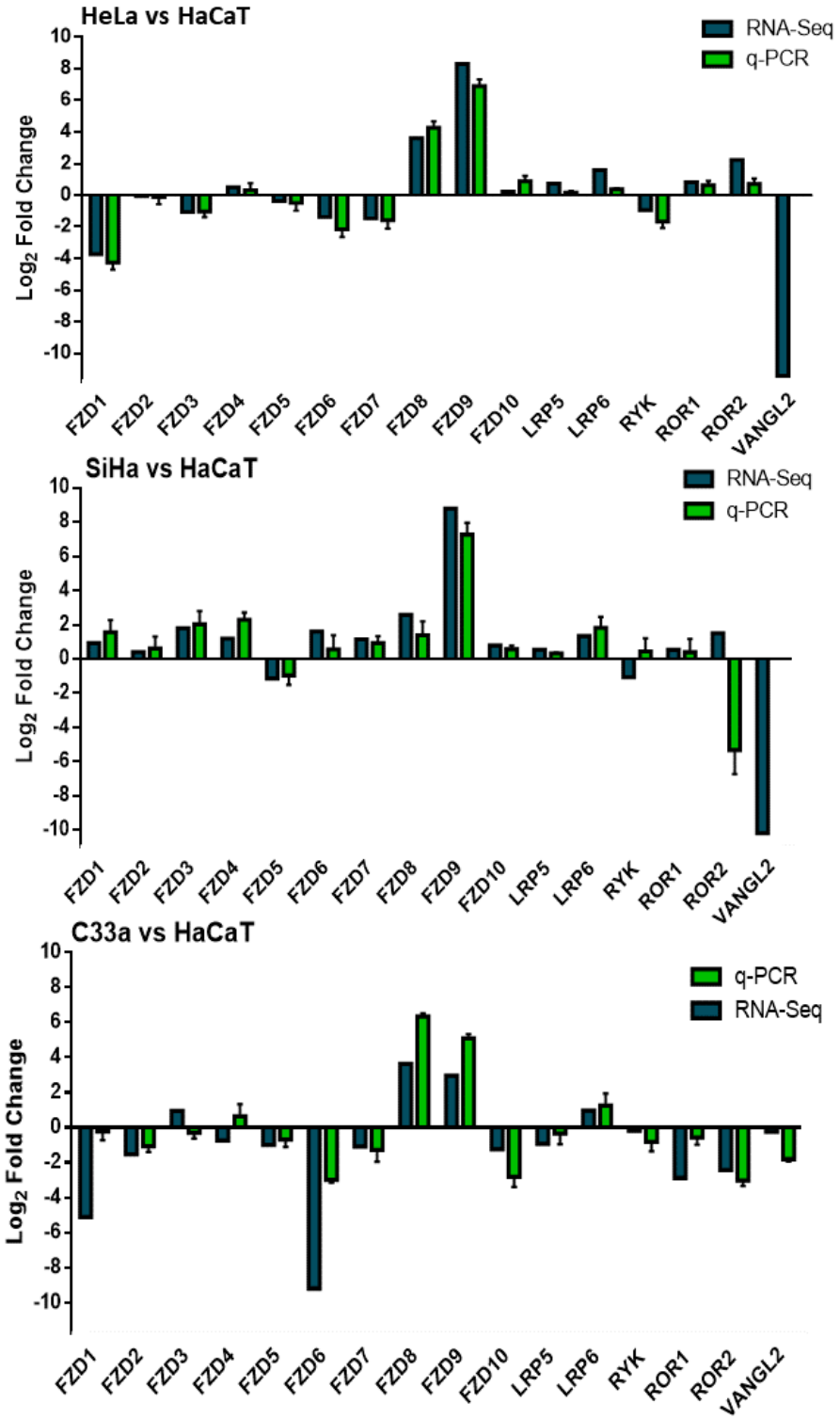


Figura 1. Expresión de receptores de la vía WNT en líneas celulares derivadas de cáncer cérvico-uterino. Las gráficas muestran la expresión relativa del mRNA en cada una de las líneas celulares derivadas de CaCU respecto a los genes de referencia ACTB y RPL32 tomando las células HaCaT como calibrador mediante análisis por RNA-Seq (Azul) y qPCR (verde)

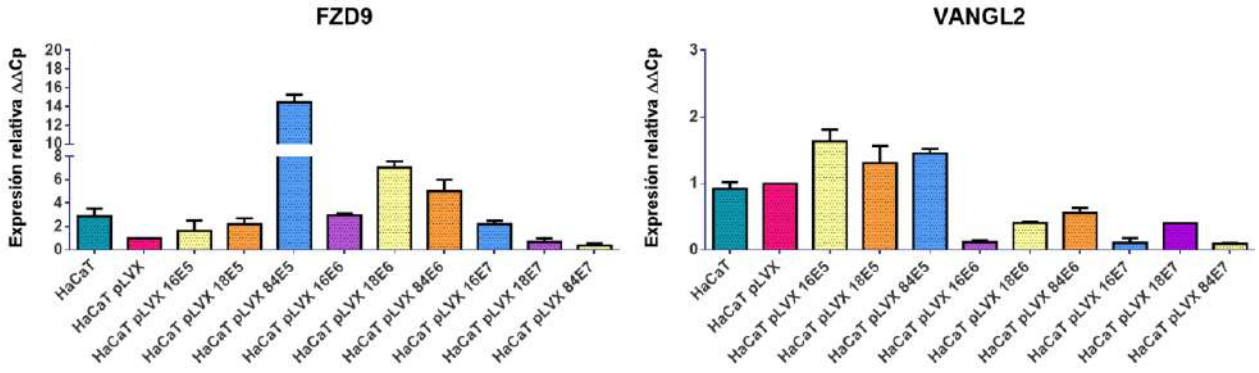


Figura 2. Expresión FZD9 y VANGL2 en queratinocitos HaCaT transducidos con E6 o E7. Las gráficas muestran la expresión del mRNA en cada una de las líneas celulares transducidas con las oncoproteínas E6 o E7 de los VPH16, 18, y 84. Tomando a la línea celular HaCaT pLVX como calibrador. Se utilizan como genes de referencia RPS18 y RPL32

la baja la expresión de VANGL2 en los queratinocitos no tumorigénicos HaCaT, mientras que las proteínas E5 y E6 de los VPH16, 18 y 84 aumentan la expresión de FZD9 en el mismo modelo de queratinocitos (Figura 2).

Asimismo, se determinó que a nivel de proteína se sobreexpresan los receptores FZD4 (p=0.03067), FZD9 (p=0.0453), RYK (p=0.0102) y ROR1(p=0.0387) significativamente en cepillados citológicos de pacientes con CaCU en comparación con pacientes sin lesión cervical (Figura 3), datos que se correlacionan con lo observado por medio de inmunohistoquímica en biopsias embebidas en parafina (Figura 4).

Finalmente, muestras provenientes de cepillados citológicos de pacientes sin lesión, con lesiones de bajo grado y con cáncer cérvico-uterino se analizaron mediante la tecnología de Linear Array HPV Genotyping test®. Un total de 188 muestras fueron recolectadas y analizadas, de las cuales, 96 de ellas eran provenientes de mujeres diagnosticadas con CaCU, 71 con una lesión de bajo grado (NIC I) y 21 pacientes sin lesión cervical. Del total de muestras analizadas, sólo un 77.1% (*n*=74/96) de las muestras de

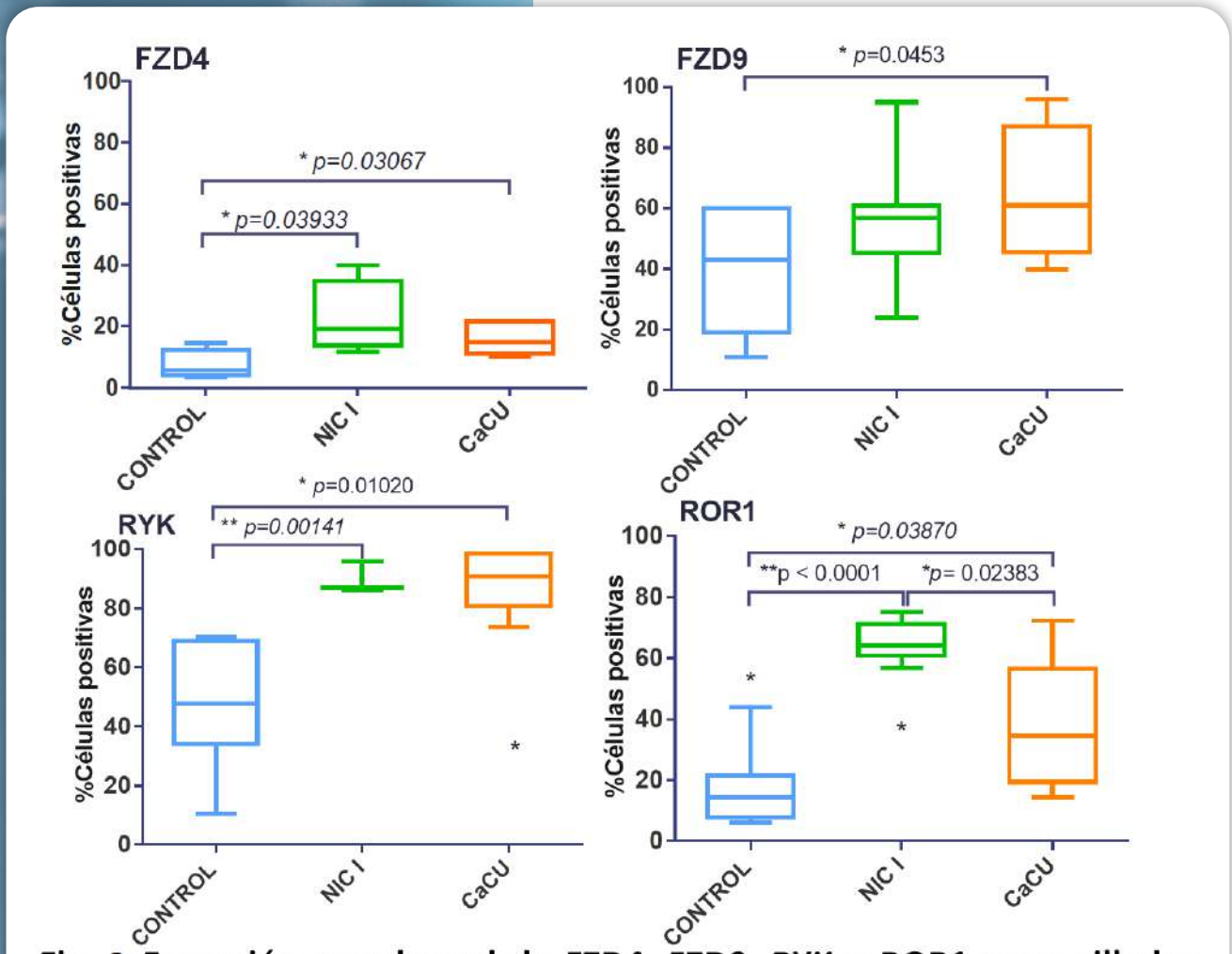


Fig. 3 Expresión membranal de FZD4, FZD9, RYK y ROR1 en cepillados citológicos de pacientes. El porcentaje de posisitivdad fue determinado considerando el control de isotipo como *background.* Los valores presentados en las gráficas son la mediana, percentil 5-95 (cajas) y el rango intercuartílico (bigotes) observado (n=10 pacientes por grupo).

CaCU, 59.2% (n=38/71) de las muestras de NIC I y 14.3% (n=3/21) de las muestras de las pacientes sin anormalidades cervicales han sido positivas para alguno de los 37 genotipos que detecta la prueba de Linear Array. Los genotipos de VPH más frecuentemente identificados fueron 16, 18, 45, 58, 33, y 59 en pacientes con CaCU y 16, 66, 6, 53, 89 y 59 en pacientes con lesiones precursoras. Las infecciones únicas fueron más frecuentes en

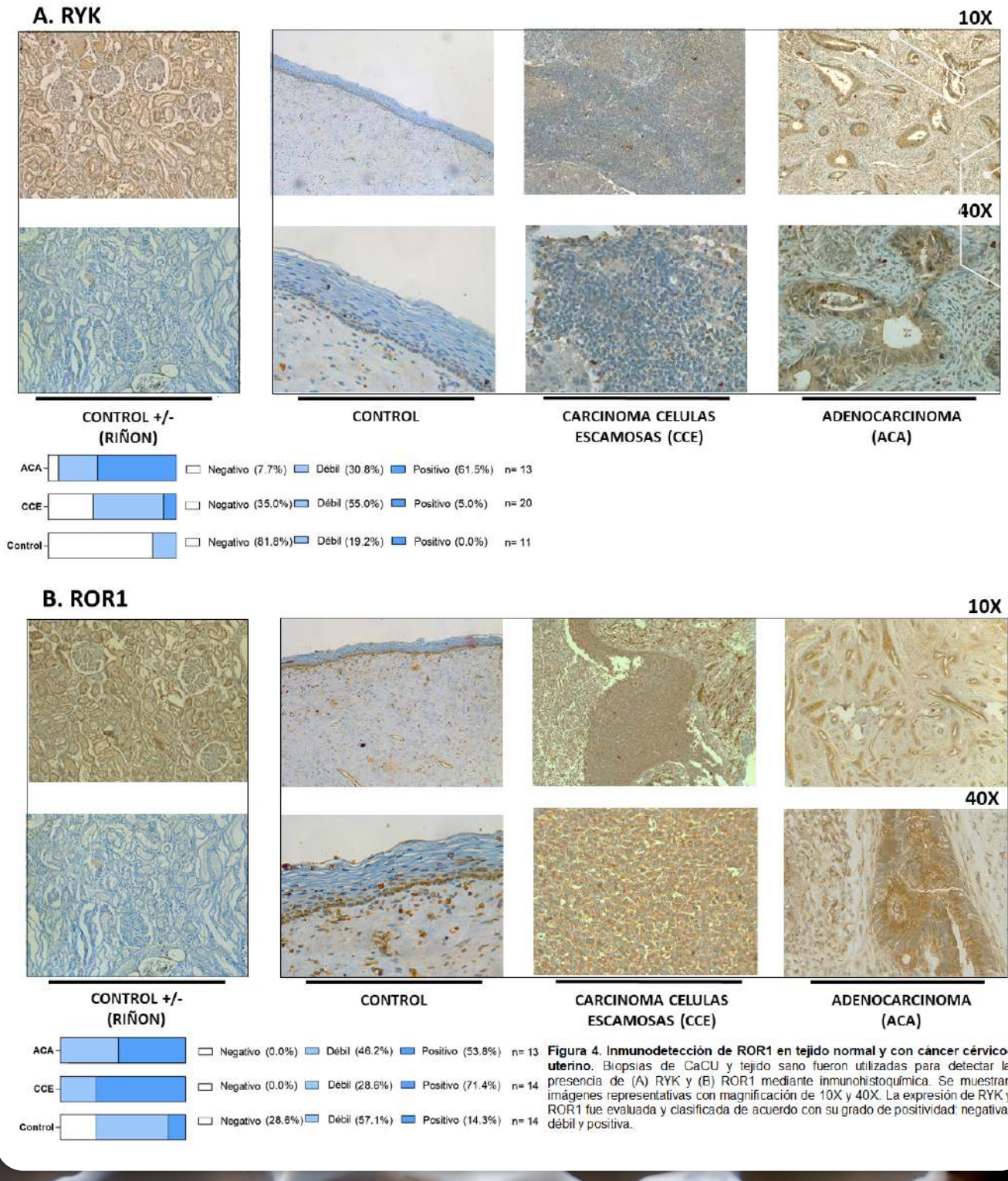


Figura 4. Inmunodetección de ROR1 en tejido normal y con cáncer cérvico-uterino. Biopsias de CaCU y tejido sano fueron utilizadas para detectar la presencia de (A) RYK y (B) ROR1 mediante inmunohistoquímica. Se muestran imágenes representativas con magnificación de 10X y 40X. La expresión de RYK y ROR1 fue evaluada y clasificada de acuerdo con su grado de positividad: negativa, débil y positiva.

pacientes con CaCU que en aquellas con lesiones de bajo grado.

Conclusiones

Se demostró que los receptores FZD4, FZD9, RYK, VANGL2 y ROR1 se encuentran diferencialmente expresados tanto en cepillados citológicos de pacientes con CaCU como en las líneas celulares HaCaT, HeLa, SiHa y C33a. Asimismo, la presencia de oncoproteínas del VPH se encuentra modulando la expresión de los receptores evaluados.

Además, se identificaron los genotipos de VPH 59, 66, 51, 39 y 56 presentes en mujeres sin lesiones cervicales, lesiones de bajo grado o cáncer cérvico-uterino, genotipos no incluidos en las vacunas actualmente disponibles en el sector salud.

Por lo anterior, los resultados presentados en este trabajo podrán contribuir sustancialmente a sentar las bases para futuras investigaciones sobre la posible utilización de los receptores de la vía WNT evaluados en este estudio como blanco terapéutico o pronóstico en las primeras etapas de desarrollo de esta enfermedad, además de contribuir en el análisis de la distribución geográfica de los genotipos del VPH presentes en México para el diseño futuro de sistemas de detección del VPH efectivos y desarrollo de nuevas vacunas contra este virus.

Referencias

[1] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer J Clin*. 2021;71(3):209-249. doi:10.3322/caac.21660

[2] Keppler D, Editors AWL, Walker JM. *Cervical Cancer Series Editor*.

[3] International Agency for research on Cancer-World Health Organization (WHO-IARC). Mortality from Cervical cancer in México. Age-

standardised rate (World), all ages. Cancer Mortality Database. Published June 20, 2019. Accessed May 21, 2020. https://www-dep.iarc.fr/WHOdb/WHOdb.htm

[4] Cubie HA. Diseases associated with human papillomavirus infection. *Virology*. 2013;445(1-2):21-34. doi:10.1016/j.virol.2013.06.007

[5] Yang M, Wang M, Li X, et al. Wnt signaling in cervical cancer? *J Cancer*. 2018;9(4):659-668. doi:10.7150/jca.22005

[6] Shiah S-G, Shieh Y-S, Chang J-Y. The Role of Wnt Signaling in Squamous Cell Carcinoma. J Dent Res. 2015;95(1):1-6. doi:10.1177/0022034515613507

[7] Murillo-Garzón V, Kypta R. WNT signalling in prostate cancer. Nat Rev Urol. 2017;14(11):683-696. doi:10.1038/nrurol.2017.144

[8] Janssens N, Andries L, Janicot M, Perera T, Bakker A. Alteration of frizzled expression in renal cell carcinoma. Tumor Biol. 2004;25(4):161-171. doi:10.1159/000081098

[9] Stewart DJ. Wnt signaling pathway in non-small cell lung cancer. J Natl Cancer Inst. 2014;106(1):1-11. doi:10.1093/jnci/djt356

[10] Salsano E, Paterra R, Figus M, et al. Expression profile of frizzled receptors in human medulloblastomas. J Neurooncol. 2012;106(2):271-280. doi:10.1007/s11060-011-0682-6

[11] Kirchner T, Brabletz T. Patterning and Nuclear β-Catenin Expression in the Colonic Adenoma-Carcinoma Sequence. Am J Pathol. 2000;157(4):1113-1121. doi:10.1016/S0002-9440(10)64626-3

[12] Niehrs C. The complex world of WNT receptor signalling. *Nat Rev Mol Cell Biol*. 2012;13(12):767-779. doi:10.1038/nrm3470

[13] Schulte G, Wright SC. Frizzleds as GPCRs – More Conventional Than We Thought! *Trends Pharmacol Sci*. 2018;39(9):828-842. doi:10.1016/j.tips.2018.07.001

[14] Üren A, Fallen S, Yuan H, Usubu A, Schlegel R, Toretsky J a. Activation of the Canonical Wnt Pathway during Genital Keratinocyte Transformation : A Model for Cervical Cancer Progression Activation of the Canonical Wnt Pathway during Genital Keratinocyte Transformation : A Model for Cervical Cancer Progression. 2005;(14):6199-6206. doi:10.1158/0008-5472.CAN-05-0455

[15] Shinohara a, Yokoyama Y, Wan X, et al. Cytoplasmic/nuclear expression without mutation of exon 3 of the beta-catenin gene is frequent in the development of the neoplasm of the uterine cervix. *Gynecol Oncol*. 2001;82(3):450-455. doi:10.1006/gyno.2001.6298

[16] Pim D, Massimi P, Dilworth SM, Banks L. Activation of the protein kinase B pathway by the HPV-16 E7 oncoprotein occurs through a mechanism involving interaction with PP2A. *Oncogene*. 2005;24(53):7830-7838. doi:10.1038/sj.onc.1208935

[17] Martin-Orozco E, Sanchez-Fernandez A, Ortiz-Parra I, Ayala-San Nicolas M. WNT Signaling in Tumors: The Way to Evade Drugs and Immunity. *Front Immunol*. Published online 2019. doi:10.3389/fimmu.2019.02854

Ing. Juan Antonio Nuñez Hernandez

» Tiene 27 años, nació en la localidad de Vista Hermosa Michoacán. Ingeniero en Nanotecnología egresado del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. Desarrolló su tesis de licenciatura en CIATEJ, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Con el proyecto de tesis titulado "Desarrollo de un pre-prototipo de tira de flujo lateral para la detección de la proteína HER2 sobreexpresada en células de cáncer de mama". Concursó con su proyecto de tesis en el congreso internacional de avances en medicina: categoría de investigación clínica, del cual obtuve mención honorifica. Trabajó como becario en el laboratorio de prototipado de pruebas rápidas de diagnóstico del CIATEJ, donde se especializó en el área de desarrollo de pruebas de diagnóstico, trabajando en múltiples proyectos de investigación.

INVESTIGACIÓN TEMPRANA

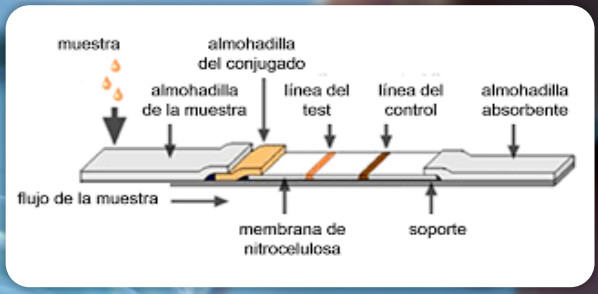
Desarrollo de un pre-prototipo de tira de flujo lateral para la detección de la proteína HER2 sobreexpresada en células de cáncer de mama

» Ing. Juan Antonio Nuñez Hernandez

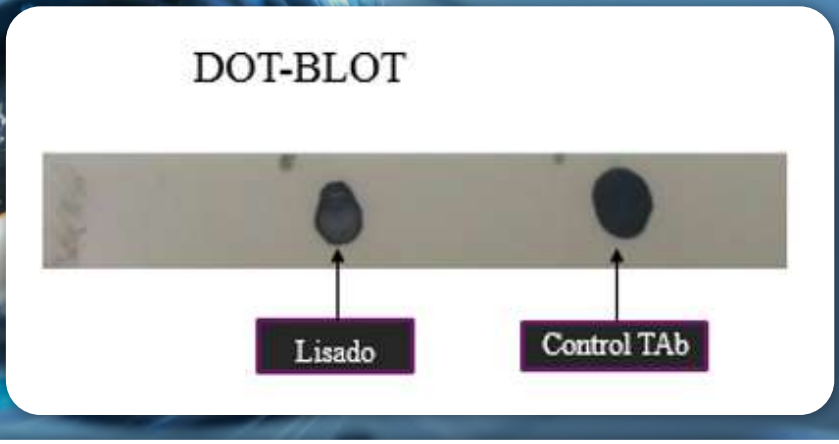
» Nanojanh8@gmail.com

Actualmente el cáncer de mama es el tipo de cáncer más diagnosticado a nivel mundial, con una tasa de incidencia de 2,26 millones de casos, siendo de las principales causas de mortalidad en mujeres, registrándose anualmente 684,996 defunciones según datos de globocan (1). En México, desde el año 2006 ocupa el primer lugar de mortalidad por tumor maligno en mujeres mayores de 25 años y en Jalisco desde el 2002, del mismo modo, se encuentra en primer lugar por muertes de cáncer (2). Se calcula que en promedio mueren de 10 a 8 mujeres por semana, en nuestra región a causa de esta enfermedad (3). El alto índice de mortalidad se debe principalmente a un diagnóstico tardío, dentro de lo cual, las probabilidades de supervivencia en etapas III y IV (avanzadas), son relativamente bajas (<15%) mientras tanto que las etapas I y II (tempranas), los pacientes sometidos a terapia muestran una mejor respuesta al tratamiento con una supervivencia mayor al 85% (4,5).

En la actualidad, los métodos de diagnóstico que existen para detectar el cáncer de mama requieren de equipo especializado y de personal capacitado para su aplicación, todo esto conlleva a que se vuelvan de difícil acceso para la población, principalmente para las personas de escasos recursos y zonas aisladas, ya que no cuentan con los medios suficientes para disponer de los mismos, lo que resulta en un diagnóstico tardío (6,7).



» **Figura 1.** Esquema general de los principales componentes de una tira de flujo lateral.



» **Figura 2.** Resultado de Dot-Blot, del lado izquierdo se observa una mancha obscura, confirmación de que el anticuerpo primario se unió a las proteínas, y la mancha del lado derecho el control del funcionamiento correcto de los anticuerpos.

Como ya se mencionó, una detección del cáncer en etapas avanzadas incrementa el riesgo de mortalidad, por lo tanto, es de vital importancia investigar y desarrollar nuevos métodos de diagnóstico, que sirvan para identificar la enfermedad en etapas tempranas, y que además sean de fácil acceso para el público en general. Tal es el caso de las tiras de flujo lateral (TFL) también conocidas como pruebas rápidas de diagnóstico, que gracias a su bajo costo, rapidez y sencillo uso, están disponibles para una amplia gama de analitos, desde proteínas sanguíneas hasta auto-anticuerpos, micotoxinas, infecciones bacterianas y recientemente han mostrado su valor y versatilidad por su uso el diagnóstico de la infección por el virus COVID-19 (8, 9, 10, 11, 12). Una TFL típica está compuesta por (Fig.1) una Almohadilla de muestra: una almohadilla adsorbente sobre la que se aplica la muestra de prueba. Almohadilla del conjugado: contiene anticuerpos específicos del analito objetivo conjugado con partículas coloreadas (general-

mente nanopartículas de oro). Membrana de nitrocelulosa (NC): típicamente una membrana de nitrocelulosa sobre la que se inmovilizan anticuerpos contra el antígeno, en forma de línea que cruza la membrana para actuar como zona de detección o test y también habrá una zona de control que contenga anticuerpos específicos para el conjugado de anticuerpos. Almohadilla absorbente: otra almohadilla absorbente diseñada para atraer la muestra a través de la membrana de reacción por acción capilar (13).

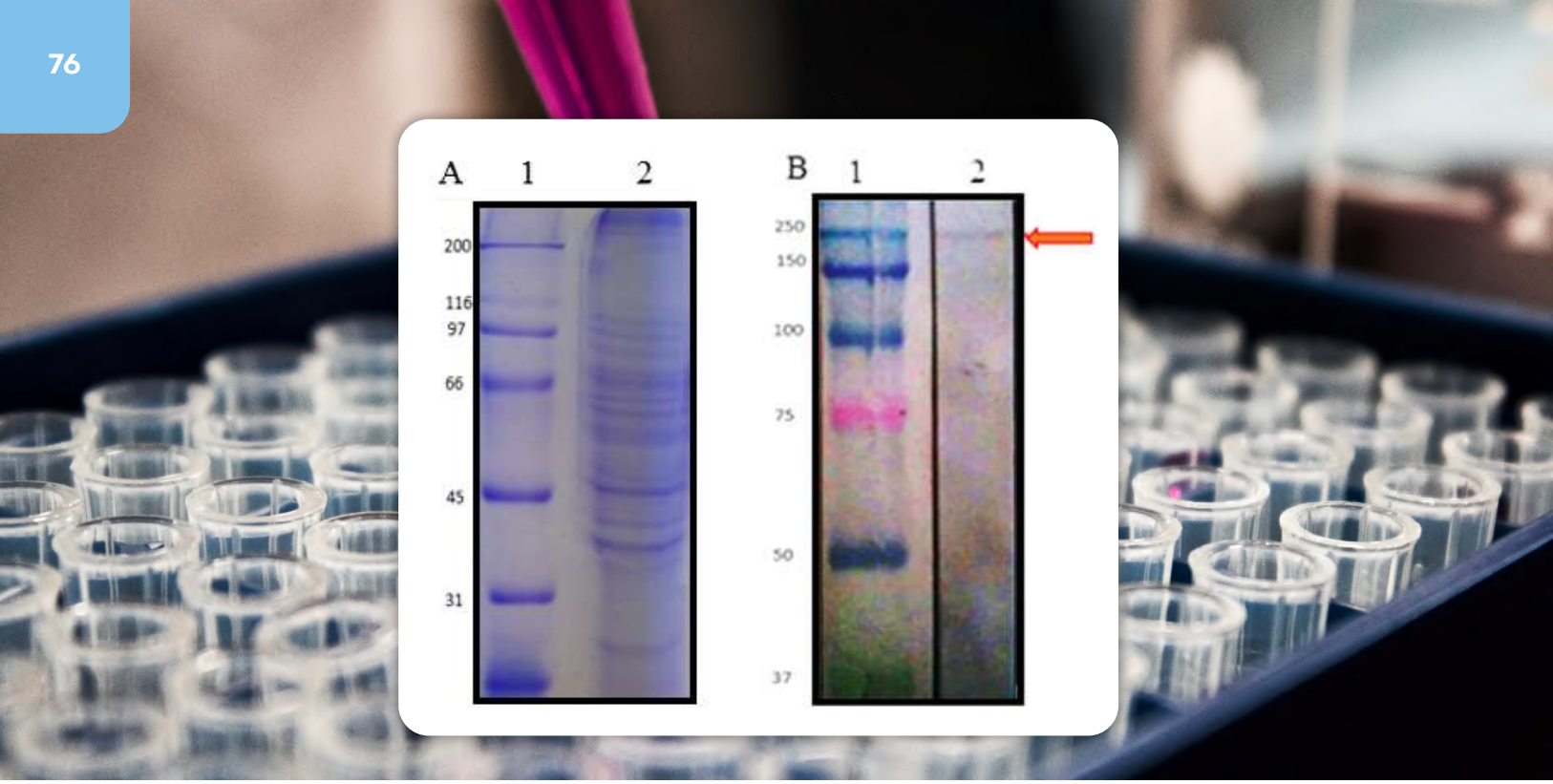
En el presente trabajo se realizó el desarrollo de un pre-prototipo de TFL capaz de detectar a la proteína HER2 (receptor 2 de factor de crecimiento epidérmico humano) la cual se encuentra sobreexpresada en uno de los tipos de cáncer de mama más agresivos llamado HER2 (+). Con este método se pretende identificar a personas con niveles elevados de proteína HER2, mediante un análisis de sangre sencillo para localizar células tumorales circundantes o proteína soluble, ya que se han reportado artículos en los cuales describen la presencia de niveles de hasta “30 ng/ml” de HER2 soluble en sangre de pacientes con cáncer de mama en etapas tempranas (14,15,16). Todo esto lo hace un perfecto candidato para la realización de un método de diagnóstico, que permita a las personas con niveles elevados su rápida canalización con un especialista, que valorara su estado ayudando a disminuir el riego de complicaciones.

Para el desarrollo de la (TFL), antes de su armado se tiene que validar y obtener todos los componentes que engloban el paquete tecnológico que conforman a la prueba (Proteína, conjugados, anticuerpos monoclonales mAb y policlónales pAb) por ello, el proceso consistió en cultivar células de cáncer de mama SB-BR-3 conocidas por sobreeexpresar a la proteína HER2, en primera instancia para poder validar el funcionamiento de los anticuerpos utilizados y en segunda para poder purificar suficiente proteína (17).

La evaluación del anticuerpo mAb anti-HER2 se realizó usando el método de Dot Blot, incubado la membrana bloteada con los anticuerpos correspondientes (1.-mAb y 2.-anti-IgG humano + HRP) usando como antígeno lisados celulares SK-BR-3 en condiciones no desnaturalizantes sobre la membrana de NC (18). El resultado del revelado mostro una mancha obscura en forma de círculo como se muestra en la figura 2 para el caso del lisado nos indica que nuestro anticuerpo mAb funciona correctamente uniéndose a la proteína HER2.

Por otra parte la evaluación del anticuerpo pAb se realizó por el método de Western-Blot, incubándolo con los anticuerpos seleccionados (1.-pAb anti-HER2 y 2.-anti-IgG conejo), mostro una línea a la altura de ≈200 KDa (fig. 3) al momento del revelado correspondiente a la proteína HER2 confirmando con esto el funcionamiento del anticuerpo (19).

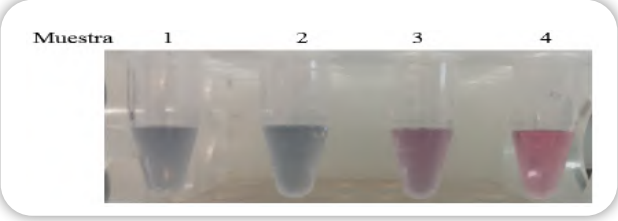
Validado la funcionalidad de los anticuerpos pAb y mAb, se realizaron los conjugados de nanoparticulas de oro (AuNPs) con el mAb, mediante la estrategia pasiva, la cual aprovecha la cargada negativamente otorgada por los citratos a las AuNPs en el momento de la síntesis, de forma que solo se equilibró el pH de la solución de AuNPs con la del punto isoeléctrico de anticuerpo a conjugar. Para que exista una correcta absorción del anticuerpo sobre las AuNPs, es necesario realizar una prueba de titulación para determinar la cantidad de proteína necesaria para alcanzar la estabilidad y saturación de



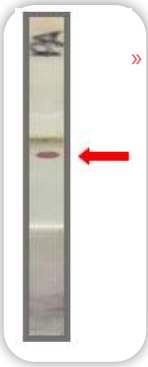
» **Figura 3.** En la imagen A, se muestra un gel teñido con Coomassie del lisado celular, en el cual no se aprecia una banda pronunciada a la altura de 180-190 KDa (carril 2), sin embargo del lado derecho la imagen B, se muestra la membrana trasferida de una réplica del gel y en la cual se observa una banda negra por debajo del marcador de 250 (carril 2 flecha roja), la cual se le atribuye a la proteína HER2.

la superficie de AuNPs (20). Tras haber realizado el ensayo de titulación con los procesos de incubación y adición de sal (NaCl), se observó un cambio de coloración (fig. 5) de su color rojizo original, a violeta azulado en las muestras de menor concentración de anticuerpo, se determinó que la concentración adecuada para saturar la superficie de las AuNPs era de 250 μg/ml. Una vez obtenidos los conjugados también se comprobaron por SDS-PAGE y espectroscopia UV-VIS, además de probarlos en una TFL con puntos de control, los cuales funcionaron correctamente (fig. 6) (21).

De las muestras de células ya lisadas, se hicieron tres geles preparativos de acrilamida al 12%, en los que se cargaron las muestras de lisados. Estos se corrieron y tiñeron con una solución de azul de Coomassie, con el fin de observar y cortar a la proteína a la altura del peso molecular de HER2 (185 KDa), y como confirmación en la cual revelo en la

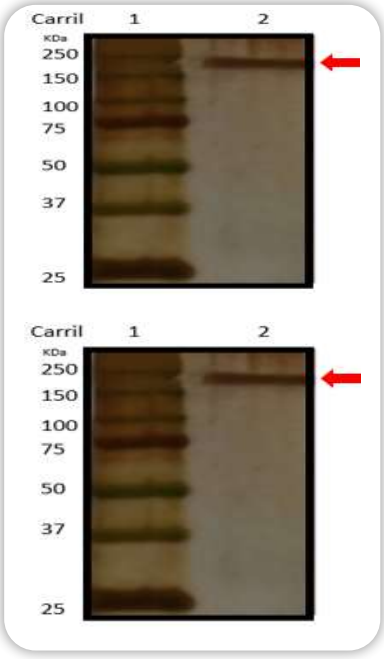


» **Figura 5.** Resultado del ensayo de titulación, presencia de agregados en las muestras 1, 2 y 3 mientras que la muestra 4 (250 μg/ml) se mantuvo estable.



» **Figura 6.** TFL probada con las AuNPs+mAb, el punto rojo (flecha roja) muestra la captura de los conjugados por el IgG de humano colocado en la zona de control.

prueba de Western-Blot previamente hecha en el ensayo de evaluación del anticuerpo pAb. El paso final para obtenerla fue realizar una electroelución de los geles de poliacrilamida previamente cortados, de esta manera se obtuvo la proteína concentrada (22). Finalmente se realizó un tratamiento de precipitación con acetona para poder realizar su cuantificación. La electroelución se corroboro realizando un gel de acrilamida, teñido mediante tinción de plata. El resultado del gel se muestra en la figura 7, se puede apreciar únicamente la banda de la proteína HER2, indicando una correcta purificación de la muestra además de confirmar su presencia por Dot-Blot.

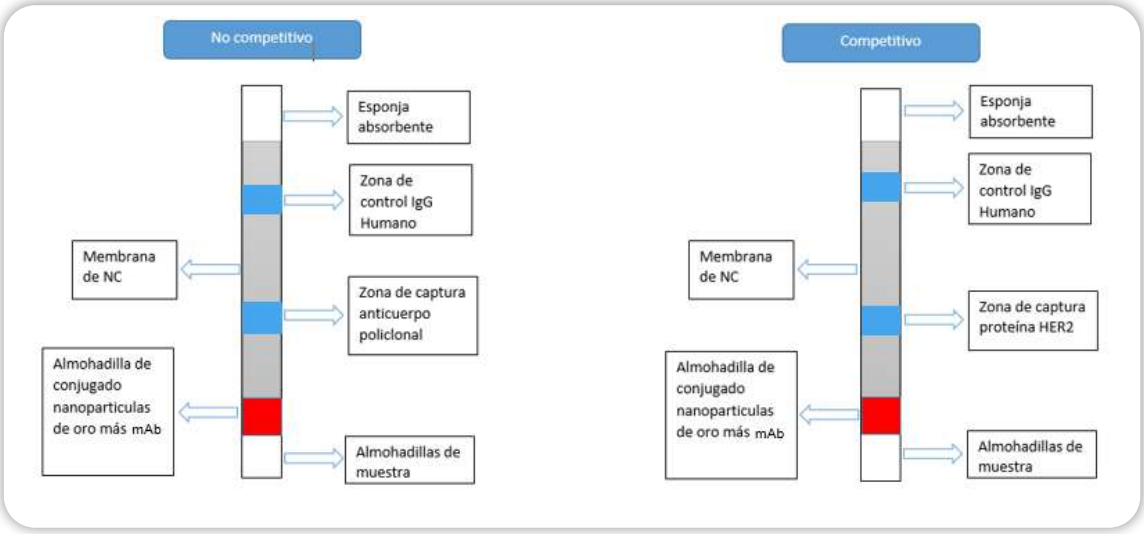


» **Figura 7.** Gel al 12% de la muestra precipitada y teñido con plata, carril 1 marcador molecular, carril 2 banda correspondiente a la proteína HER2 electroeluida (flecha roja).

Ya comprobado en funcionamiento de los anticuerpos como de los conjugado y obtenido una buena cantidad de proteína purificada, se procedió al armado de los prototipo en sus dos formatos de TFL, no competitivo y competitivo. Utilizando para el montaje; Esponja absorbente en el extremo superior de la tira, almohadilla de muestra en el extremo inferior, almohadilla de conjugado con las AuNPs+mAb fijadas, por otra parte sobre la membrana de nitrocelulosa se colocó para el caso del formato no competitivo como control IgG humano y para la zona de captura el anticuerpo pAb contra HER2, mientras que en el formato competitivo el control se mantuvo igual que el caso anterior variando solamente en la zona de captura, en la cual se colocó la proteína HER2 electroeluida, en la figura 8 se muestra como resulto el armado de ambas TFL.

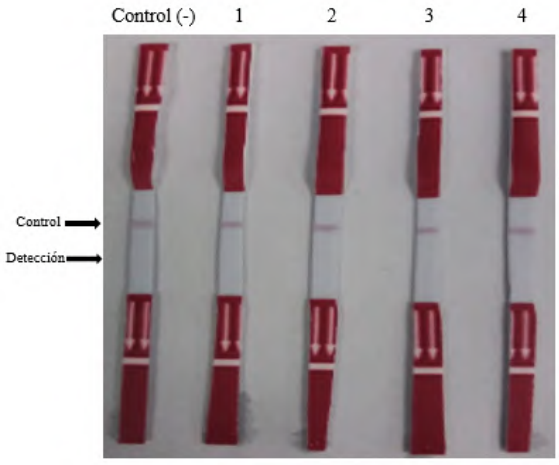
Una vez armados, se procedió a evaluarlos agregando soluciones de la proteína a diferentes concentraciones: 5ng/ml, 10ng/ml 15ng/ml y 25ng/ml las tiras se sumergieron en las soluciones hasta que todo el conjugado migrara. El primero formato que se evaluó fue el "no competitivo" el cual finalizada la migración de toda la muestra de AuNPs+-mAb mas la proteína por la membrana de NC, únicamente revelo la captura en la zona de control. Un resultado positivo para esta prueba seria la aparición de dos líneas rojizas, pero tal y como se muestra en la figura 9, las partículas migraron pasando por alto la zona de captura donde se encontraba el anticuerpo policlonal pAb anti-HER2, dando un resultado negativo aun con presencia de la muestra de proteína.

Por otro parte en el formato "competitivo" en el cual se utilizó la proteína como zona de captura, la muestra unida a las AuNPs+-mAb migraron por la membrana NC, para este formato la aparición de una sola línea indica un resultado positivo y dos negativo, el resultado mostro que a mayor concentra-

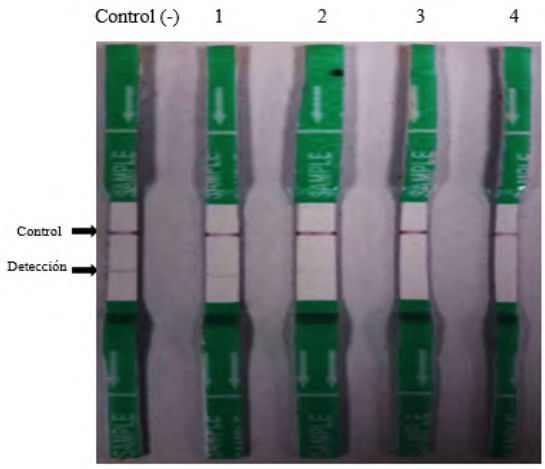


» **Figura 8.** Esquema de los dos formatos a utilizar de TFL; No competitivo y Competitivo, además de cada uno de sus componentes en su respectivo lugar.

ción de proteína en la muestra, la línea en la zona de detección va desapareciendo, tal y como se muestra en la figura 10, para la concentración de 5ng/ml a 25ng/ml se observa como la concentración de proteína y el conjugado pasa por alto la zona de captura, a partir de 10 ng/ml uniéndose solamente en la zona de control, significando un resultado positivo para este formato de tira de flujo y un correcto funcionamiento del pre-prototipo en este tipo de formato "competitivo".



» **Figura 9.** Resultado de la TFL en formato no competitivo de izquierda a derecha se muestran las tiras que fueron probadas con las concentraciones de 5ng/ml (1), 10ng/ml (2) 15ng/ml (3) y 25ng/ml (4). Además de incluir un control negativo.



» **Figura 10.** Resultado de la TFL en formato competitivo de izquierda a derecha se muestran las tiras que fueron incubadas con las concentraciones de 5ng/ml (1), 10ng/ml (2) 15ng/ml (3) y 25ng/ml (4). Además de haber incluido un control negativo.

Conclusiones

En conclusión el desarrollo del pre-prototipo de TFL realizado en su formato competitivo, logro tener un rango mínimo de detección de 10ng/ml, que se encuentra dentro de los valores reportados anteriormente para detectar los niveles de HER en sangre de pacientes con cáncer de mama. Si bien este método de TFL no es un método definitivo servirá como prueba de tamizaje para alertar a las personas que resulten positivas al test, para precisar un mejor seguimiento y confirmar su diagnóstico. El pre-prototipo desarrollado se encuentra de momento en un nivel de maduración según la escala de TRL (*Technolo-*

Ing. Juan Antonio Nuñez Hernandez

- Participó como apoyo, en el curso impartido en CIATEJ en forma presencial y a distancia, titulado “Capacitación para el diseño de un pre-prototipo de tira de flujo lateral: TFL, para la detección de la proteína HSP10”. Colaboró en el desarrollo del artículo “Serum analysis from Mexican women with early stage breast cancer by using a Mini-array of Tumor-Associated Antigens”. Análisis de suero de mujeres mexicanas con cáncer de mama en etapa inicial mediante el uso de una minimatriz de antígenos asociados a tumores.
- Actualmente cursa el segundo semestre de la maestría en ciencias químicas del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara, desarrollando como proyecto, la continuación de la investigación de antígenos asociados a tumor y su uso en una prueba de diagnóstico rápido para cáncer de mama.

gical Readiness Level) de 4, ya que se validó el correcto funcionamiento a nivel laboraría de todos los componentes que hacen funcionar a la tira. Desafortunadamente en este proyecto no se lograron obtener muestra de pacientes positivos a cáncer de mama HER2 (+) en etapas tempranas (I, II) y el prototipo quedo validado únicamente con cultivos celulares a nivel laboratorio. Aún queda cosas por hacer, pero se trabaja para que en un futuro, esta prueba pueda comercializarse y sirva de ayuda para miles de mujeres.

Referencias

[1] Globocan. (2020). International Agency for Research on Cancer. https://gco.iarc.fr/today/home

[2] INEGI. (15 de OCTUBRE de 2020). *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México: http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2018/cancer2018_Nal.pdf

[3] *Sector Salud intensificación de acciones contra el Cáncer de Mama | Secretaría de Salud*. (2021). Secretaria de Salud Jalisco. https://ssj.jalisco.gob.mx/prensa/noticia/9371#:%7E:text=En%20Jalisco%2C%20a%20partir%20de,semana%20por%20c%C3%A1ncer%20de%20mama

[4] *Estadios del cáncer de mama*. (2015, 2 diciembre). Breastcancer.org. . https://www.breastcancer.org/es/sintomas/diagnostico/estadios

[5] Isselbacher KJ, B. E. (2019). *Harrison: Principios de medicina interna. 20 ed.* Madrid España : McGRAWHILL- Interamericana.

[6] American Society of Clinical Oncology. (2018). *Answers Guide Breast*. https://www.cancer.net/sites/cancer.net/files/asco_answers_guide_breast

[7] Roche. (2011, febrero). *Hablemos de cancer mama*. Rosa Collado

[8] Mishra, A., & Verma, M. (2010). Cancer Biomarkers: Are We Ready for the Prime Time? Cancers, 2(1), 190–208. https://doi.org/10.3390/cancers2010190

[9] Oaxaca-Camacho, A., Ochoa-Mojica, O., Aguilar-Lemarroy, A., Jave-Suárez, L., Muñoz-Valle, J., Padilla-Camberos, E., Núñez-Hernández, J., Herrera-Rodríguez, S., Martínez-Velázquez, M., Carranza-Aranda, A., Cruz-Ramos, J., Gutiérrez-Ortega, A., & Hernández-Gutiérrez, R. (2020). Serum Analysis of Women with Early-Stage Breast Cancer Using a Mini-Array of Tumor-Associated Antigens. Biosensors, 10(10), 149. https://doi.org/10.3390/bios10100149

[10] Xing, K. Y., Shan, S., Liu, D. F., & Lai, W. H. (2020). Recent advances of lateral flow immunoassay for mycotoxins detection. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, *133*, 116087. https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.116087

[11] Scharinger, E. J., Dietrich, R., Wittwer, T., Märtlbauer, E., & Schauer, K. (2017). Multiplexed Lateral Flow Test for Detection and Differentiation of Cronobacter sakazakii Serotypes O1 and O2. *Frontiers in Microbiology*, *8*(1826),. https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01826

[12] Yu, S., Nimse, S. B., Kim, J., Song, K. S., & Kim, T. (2020). Development of a Lateral Flow Strip Membrane Assay for Rapid and Sensitive Detection of the SARS-CoV-2. *Analytical Chemistry*, *92*(20), 14139–14144. https://doi.org/10.1021/acs.analchem.0c03202

[13] Wild, D. (2013). *The Immunoassay Handbook: Theory and Applications of Ligand Binding, Elisa and Related Techniques* (4th Revised ed.). Elsevier Science

[14] MORGAN, S., AMEMIYA, Y., SLODKOWSKA, E., LU, F. I., PARRA-HERRAN, C., NOFECH-MOZES, S., TRUDEAU, M., OLKHOV-MITSEL, E., SETH, A., & HANNA, W. M. (2019). Pilot Study on the Utility of Circulating HER2/Neu Levels in the Serum of Breast Cancer Patients. *Anticancer Research*, *39*(10), 5345–5352. https://doi.org/10.21873/anticanres.13727

[15] Tchou, J., Lam, L., Li, Y. R., Edwards, C., Ky, B., & Zhang, H. (2015). Monitoring serum HER2 levels in breast cancer patients. SpringerPlus, 4(1). https://doi.org/10.1186/s40064-015-1015-6

[16] Abtahi, S., Hakimrabet, S., Malekzadeh, M., Deghanian, A. R., & Ghaderi, A. (2017). Investigating the levels of soluble extracellular domain of her2 protein in the sera of meningioma patients. Turkish Neurosurgery.

Published. https://doi.org/10.5137/1019-5149.jtn.21536-17.2

[17] Uttley, L., Whiteman, B. L., Woods, H. B., Harnan, S., Philips, S. T., & Cree, I. A. (2016). Building the Evidence Base of Blood-Based Biomarkers for Early Detection of Cancer: A Rapid Systematic Mapping Review. *EBioMedicine*, *10*, 164–173. https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.07.004

[18] BIO-RAD. (2016). *General Protocol for iBlotting*. https://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/lsr/literature/M1706545.pdf

[19] BIO-RAD. (2016). *General Protocol for Immuno Blotting*. https://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/lsr/literature/Bulletin_6376.pdf

[20] Arur, S., & Nayak, S. (n.d.). IPTG Induction. Retrieved August 19, 2016, http://genetics.wustl.edu/tslab/protocols/protein-...

[21] BIO-RAD. (2017). A Guide to Polyacrylamide gel electrophoresis and detection. https://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/lsr/literature/Bulletin_6040.pdf

[22] BIO-RAD. (2017). *General Protocol for Electro-Eluter*. https://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/lsr/literature/M1652976B.pdf

Lic. María Teresa Arias Gómez

» Nació en la ciudad de Guadalajara en 1970. Licenciada en Comercio Internacional por la Universidad de Guadalajara. Actualmente estudiando la Maestría en Innovación de Negocios en la Universidad Virtual de Estudios Superiores.

Dr. Manuel Fernando Guzmán Muñoz

» Nació en la ciudad de México en 1970 y desde 1980 radica en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Es Doctor en Educación en Innovación Tecnológica, Maestro en Educación con Intervención en la Practica Educativa y Licenciado en Administración Pública, además de estudios de Animación y Diseño en Estados Unidos.

DIVULGACIÓN

Divulgación de la Cultura Científica para fomentar estudios superiores en ciencia y tecnología

» Lic. María Teresa Arias Gómez

» Dr. Manuel Fernando Guzmán Muñoz

» *mando@solacyt.org*

La Sociedad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología Aplicada, A.C. (SOLACYT) es una Asociación Civil sin fines de lucro, formada en Jalisco en el año 2002 y legalmente establecida en 2011 (RFC LCT110309E68), con el propósito de divulgar la cultura científica así como el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Latinoamérica.

En SOLACYT (www.solacyt.org) se integran varios proyectos que giran en torno a la educación, donde se ofrece una plataforma multinacional de apoyo a estudiantes, profesores e instituciones con interés en el arte, la ciencia y la tecnología a través de la capacitación, desarrollo, publicación e implementación de concursos, ferias, seminarios y recursos didácticos.

SOLACYT coordina desde Jalisco, los trabajos de diversos eventos, concursos e iniciativas, todos con el sello de Jalisco, capital de la innovación.

Misión

Desarrollar actividades científicas y tecnológicas que promuevan *la divulgación y la cultura científica en Latinoamérica*

Visión

Ser la organización líder a nivel Iberoamérica en impacto científico tecnológico para la educación

SOLACYT desde hace diecinueve años ha trabajado de forma ininterrumpida en el desarrollo de actividades, concursos y eventos destinados a niños, niñas y jóvenes con interés en la ciencia y la tecnología, buscando consolidar su interés y vocación en la cultura científica, así como en los estudios superiores en estas áreas del conocimiento.

También se ha enfocado en atender y dar herramientas a los docentes para que adopten el modelo STEAM de educación.

La pandemia no detuvo a SOLACYT, por el contrario, logró reinventarse y desarrollar eventos virtuales e híbridos que han contribuido a demostrar el liderazgo de Jalisco en ciencia y tecnología, al dar a nuestro estado un sinfín de logros en eventos nacionales e internacionales en ciencia, tecnología y emprendimiento.

Tomando el liderazgo y creando redes de trabajo y apoyo con todo el ecosistema de ciencia y tecnología (academia e industria), es como se ha consolidado este proyecto que tiene como característica ser incluyente, abierto, innovador y vanguardista, un modelo donde caben todos los modelos.

Se presentan a continuación las actividades más significativas de SOLACYT:

Lic. María Teresa Arias Gómez

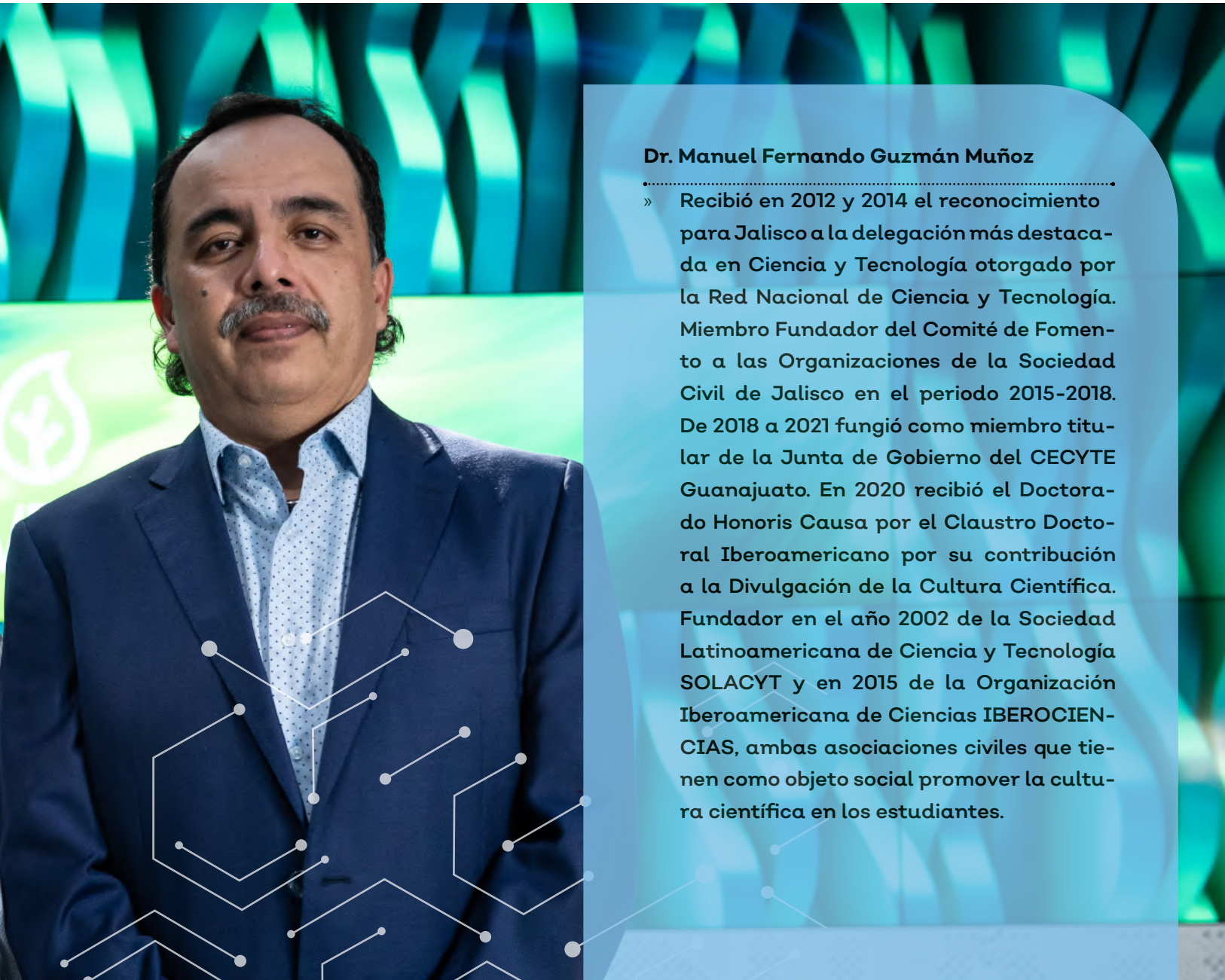
» Ha laborado en el sector privado en empresas como Grupo Educare, Govinox, Printing Arts de México, Eclipse Technology, Bancomer, Veloci. Socia Fundadora de la Sociedad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología Aplicada AC. (SOLACYT) donde tiene la responsabilidad de Tesorera del Consejo de Administración y Directora Administrativa de la Sociedad. Socia Fundadora y Presidenta de la Organización Iberoamericana de Ciencias AC. (IBEROCIENCIAS). Recibió en 2012 y 2014 el reconocimiento para Jalisco a la delegación más destacada en Ciencia y Tecnología otorgado por la Red Nacional de Ciencia y Tecnología. Representante Suplente en el Comité de Fomento a las Organizaciones de la Sociedad Civil de Jalisco en el periodo 2015-2018. Miembro titular de la Junta de Gobierno del CECYTE Guanajuato.

OMIJAL - Olimpiada de Informática de Jalisco (www.omijal.org)

Se realiza anualmente desde hace veintiséis años y está dirigida a estudiantes de primaria hasta preparatoria, aquí demuestran sus conocimientos en programación, y los ganadores forman la Selección de Jalisco que nos representa en la Olimpiada Nacional e Internacional. Jalisco está actualmente en el top 5 de los estados de México. Programación en C++ y en Karel es el reto que deben superar los participantes, para ello hemos desarrollado gran variedad de materiales como libros, videotutoriales y manuales, entre otros.

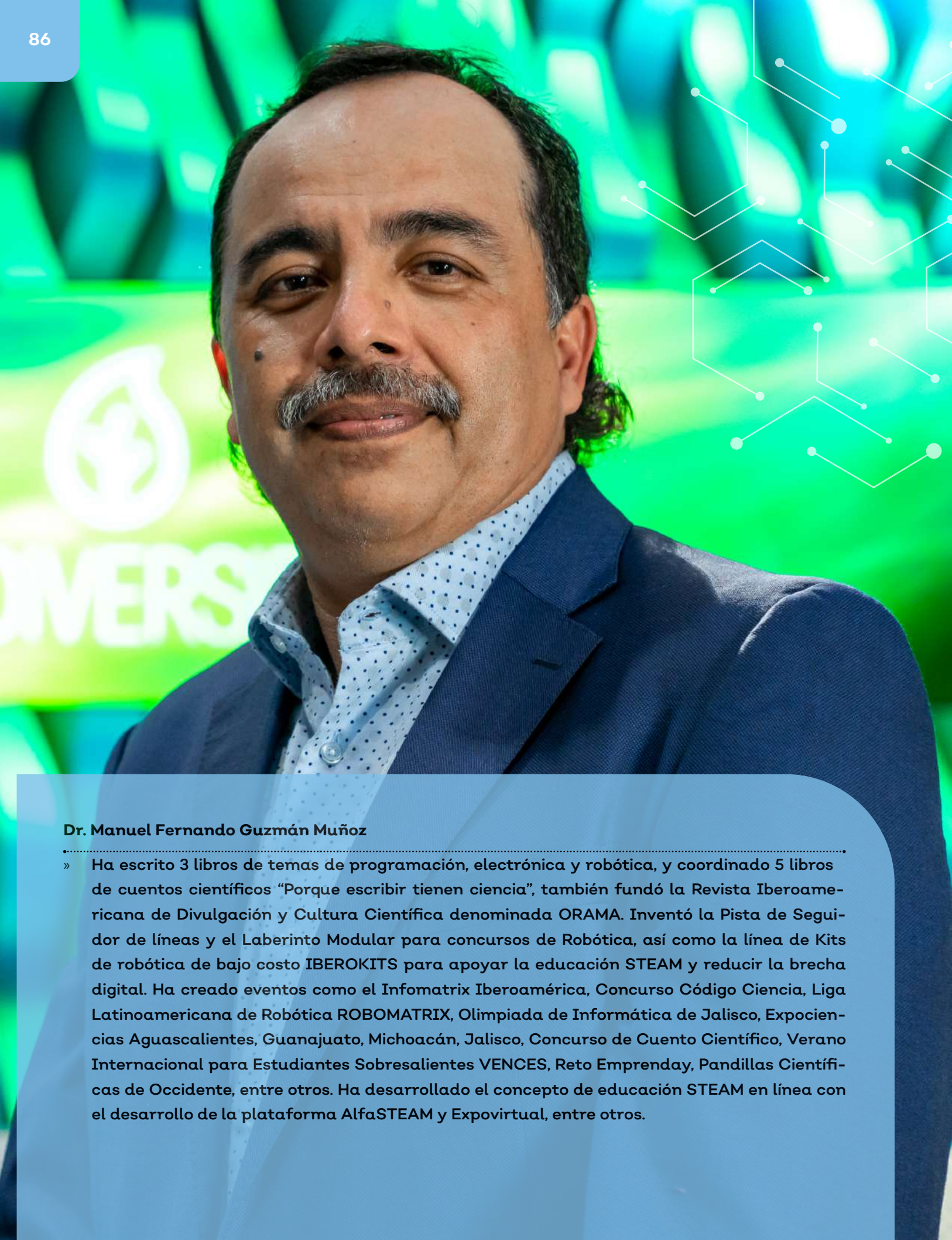
Infomatrix Iberoamérica. Concurso Iberoamericano de Proyectos Estudiantiles en Ciencia, Tecnología y Emprendimiento (www.infomatrix.lat)

Es un concurso de proyectos estudiantiles con temática en arte, ciencia, tecnología y emprendimiento para estudiantes de preescolar hasta universidad en las categorías de Arte, Animación, Desarrollo de Software, Robótica, Cuento Científico y Divulgación Científica. Se han desarrollado a la fecha quince ediciones con fases locales, nacionales e internacionales, teniendo siempre la final continental en Jalisco (ITESO 2008-2015, UAG 2016-2020).



Dr. Manuel Fernando Guzmán Muñoz

» Recibió en 2012 y 2014 el reconocimiento para Jalisco a la delegación más destacada en Ciencia y Tecnología otorgado por la Red Nacional de Ciencia y Tecnología. Miembro Fundador del Comité de Fomento a las Organizaciones de la Sociedad Civil de Jalisco en el periodo 2015-2018. De 2018 a 2021 fungió como miembro titular de la Junta de Gobierno del CECYTE Guanajuato. En 2020 recibió el Doctorado Honoris Causa por el Claustro Doctoral Iberoamericano por su contribución a la Divulgación de la Cultura Científica. Fundador en el año 2002 de la Sociedad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología SOLACYT y en 2015 de la Organización Iberoamericana de Ciencias IBEROCIENCIAS, ambas asociaciones civiles que tienen como objeto social promover la cultura científica en los estudiantes.



Dr. Manuel Fernando Guzmán Muñoz

» Ha escrito 3 libros de temas de programación, electrónica y robótica, y coordinado 5 libros de cuentos científicos “Porque escribir tienen ciencia”, también fundó la Revista Iberoamericana de Divulgación y Cultura Científica denominada ORAMA. Inventó la Pista de Seguidor de líneas y el Laberinto Modular para concursos de Robótica, así como la línea de Kits de robótica de bajo costo IBEROKITS para apoyar la educación STEAM y reducir la brecha digital. Ha creado eventos como el Infomatrix Iberoamérica, Concurso Código Ciencia, Liga Latinoamericana de Robótica ROBOMATRIX, Olimpiada de Informática de Jalisco, Expociencias Aguascalientes, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Concurso de Cuento Científico, Verano Internacional para Estudiantes Sobresalientes VENCES, Reto Emprenday, Pandillas Científicas de Occidente, entre otros. Ha desarrollado el concepto de educación STEAM en línea con el desarrollo de la plataforma AlfaSTEAM y Expovirtual, entre otros.

Dr. Manuel Fernando Guzmán Muñoz

» Coordinador de redes de colaboración como la Red Iberoamericana de Clubes de Ciencia, Red de profesores de Ciencia y Tecnología en Iberoamérica, Red de jóvenes divulgadores SOLACYT. Delegado de diversas agrupaciones nacionales e internacionales como el Infomatrix Worldwide, la Olimpiada Mexicana de Informática, la Red Nacional de Actividades Juveniles en Ciencia y Tecnología, el Robotchallenge entre otras. Embajador de Guadalajara por parte de la oficina de visitantes y convenciones de Guadalajara. Actualmente se desempeña como CEO de SOLACYT y esta trabajando proyectos con la Organización de Estados Americanos (OEA-Ried), International Society for Technology in Education (ISTE), Educare Innovación, Gobierno de Jalisco, así como diversas iniciativas propias en el área Educativa.

Los excelentes resultados que ha generado el organizar este evento, ha propiciado que SOLACYT, a partir de 2021, tenga los derechos permanentes para realizar las próximas ediciones del mundial de Infomatrix.

ROBOMATRIX. Liga Latinoamericana de Robótica en Competencia (www.robomatrix.org)

Es una iniciativa que convoca a estudiantes de Latinoamérica a presentar sus prototipos robóticos y concursar en categorías como Seguidor de Líneas, Micro, Mini y Mega Sumo, Drones, Laberinto, entre otras. El evento se inició en 2010 y cada año su final continental se va asignando a diferentes estados: en Jalisco se realizó en 2010 (ITESO) y en 2018 (Universidad Panamericana). Gracias a esta iniciativa, México es actualmente potencia internacional en robótica y ha ganado repetidamente diversos mundiales como el Robotchallenge China, Infomatrix Rumania, RobotArena Polonia, entre otros.

ROBOMATRIX JUNIOR. Liga Latinoamericana de Robótica Educativa (www.robomatrix.org)

Es un concurso planeado para participantes de Preescolar a Preparatoria, en categorías Reto HummingBird, Seguidor de Líneas, Sumo Lego, Laberinto, Robotopia, BeeBot, entre otras. Se realizan eliminatorias estatales y una gran final nacional. Jalisco es potencia en robótica educativa y ha logrado a la fecha tres campeonatos nacionales.

VENCES. Verano Internacional Científico para Estudiantes Sobresalientes (www.solacyt.org/vences)

Es un campamento científico que convoca a los treinta jóvenes más destacados de Latinoamérica, quienes durante una semana conocerán el ecosistema de cultura y tecnología que tiene Jalisco. Realizan visitas a empresas como INTEL, IBM, BOSCH, TRACSA, CONTINENTAL, KUESKI, entre otras. La mayoría de estos jóvenes encuentran en ellas una oferta laboral.

EMPRENDAY Concurso de Emprendimiento Juvenil (www.emprenday.org)

Es un concurso que surge como respuesta inmediata a la pandemia COVID-19, y que ofrece la oportunidad de participar en concursos de alto rendimiento en la modalidad en línea. Convoca al público en general a participar en alguna de sus muy variadas categorías, como Science Cheff, MineCraft, Scratch, Habilidades Lógicas, Arte, Animación, Cuento, Fotografía. Se desarrolla en modalidad virtual e impacta en toda Latinoamérica. Emprenday es el único evento de divulgación científica que durante la época de pandemia ha logrado tener tres ediciones y ha impactado a miles de estudiantes, haciendo contrapeso a la situación de inseguridad generada por el COVID-19.

CÓDIGO CIENCIA ExpoCiencias Jalisco (www.codigociencia.org)

Es la Feria Científica de Jalisco donde estudiantes de cinco a veinticinco años presentan proyectos de índole científica bajo un riguroso modelo de investigación para fomentar el desarrollo de habilidades y apego a modelos científicos de investigación. Los ganadores representan al estado en la Expociencias Nacional y en Eventos Internacionales. Emiratos Árabes Unidos, Brasil, España, Francia, Túnez, Turquía, Argentina, Ecuador, Rumania, son algunos de los países donde jóvenes de Jalisco han viajado a representarnos y han obtenido el primer lugar. A nivel nacional Jalisco ha logrado en dos ocasiones el galardón a la mejor delegación en Ciencias. Código Ciencia se ha realizado desde el año 2010, la sede estatal del evento rota cada año de institución.

IBEROCIENCIAS. Red Iberoamericana de Clubes de Ciencia (clubesdeciencias.iberociencias.org)

La pandemia afectó fuertemente a la educación, pero más a las actividades extraescolares como los Clubes de Ciencia, que son clave para que los estudiantes definan su vocación. Por ello, en 2020 SOLACYT convocó a formar la Red Iberoamericana de Clubes de Ciencia, con el objetivo de hacer un frente común y compartir materiales, eventos, actividades. A la fecha son más de 100 clubes de ciencia de diez países de Iberoamérica los que conforman la red y se han realizado más de treinta actividades de divulgación, además del Primer Congreso Internacional de Clubes de Ciencia y el Primer Encuentro de Pandillas Científicas.

ALFASTEAM. Plataforma de Recursos Educativos (www.alfasteam.org)

Es un proyecto con cinco pilares que abonan a la Educación STEAM, dirigido a toda la población.

Cuentos Interactivos Digitales

Se trabaja con el apoyo de la OEA-RIED y la fundación Redes de Argentina. El proyecto busca reducir la brecha digital en niños con problemas de aprendizaje o discapacidad. Es

Lic. María Teresa Arias Gómez

» Coordinadora del Seminario Internacional de la Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología (SIENCYT) que se realiza anualmente. Coordinadora de la Red de Embajadores de SOLACYT en el proyecto Educare Innovación. Actualmente se desempeña como directora administrativa de SOLACYT y está trabajando proyectos con la Organización de Estados Americanos (OEA-Ried), International Society for Technology in Education (ISTE), Educare Innovación, Gobierno de Jalisco, así como diversas iniciativas propias en el área Educativa.

una serie de cuentos interactivos animados que incluyen lenguaje de señas, subtítulos, actividades de lectura, juegos didácticos de comprensión y habilidad, todo pensado para que sea una experiencia inclusiva a todos los estudiantes con capacidades diferentes y así abonar a reducir la brecha digital.

Programación Temprana

Es una serie de recursos dirigidos a padres, madres, tutores y docentes que les permite conocer de forma sencilla los algoritmos, la lógica y la programación, con el fin de que puedan transmitir estos conocimientos a niños y niñas entre cinco y once años; y así, generar un primer acercamiento a la ciencia y la tecnología en los estudiantes, buscando fomentar desde edad temprana la vocación por carreras ingenieriles.

EducaTiC

Es una plataforma que ofrece diplomados, talleres, conferencias y cursos sobre temas de ciencia y tecnología dirigidos a la comunidad en general, y que cuenta con el registro ante la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS).

Certificación de Competencias Digitales

Es una plataforma que mide los conocimientos y las habilidades digitales de los usuarios de tecnología en áreas de Ciudadanía Digital, Ciberseguridad, Ofimática, Hardware, Software, Lógica Computacional y Creatividad, obteniendo una certificación internacional validada por diferentes organismos.

Certificación de Instituciones STEAM

Es una certificación que se otorga a instituciones de nivel escolar k-12 en Latinoamérica que cumplan satisfactoriamente con los cuatro pilares STEAM (Capacitación, Habilidades, Portafolio Evidencias y Recursos Educativos), con los cuales demuestran su nivel de conocimiento, implementación y liderazgo educativo de la enseñanza bajo los estándares de la Educación STEAM.

LIBROS de programación y electrónica temprana

SOLACYT ha publicado tres libros y varios manuales sobre robótica y programación temprana, con el objetivo de facilitar el aprendizaje de estos temas a la comunidad en general, el cual permitirá a los interesados tener material adecuado para empezar su proceso de aprendizaje en programación y robótica.

LIBROS DE CUENTOS

“Porque escribir tiene ciencia”. Fomentamos el gusto por la lectura con más de ciento cuarenta relatos, producto de la imaginación y la creatividad de nuestros jóvenes. Se han publicado cinco volúmenes de cuentos cortos “Porque escribir tiene ciencia”, los cuales cuentan con ISBN. Los jóvenes escritores viven a su corta edad el proceso que inicia con una idea de ellos y termina plasmándose en un libro donde son autores. (http://iberociencias.org/cuentoscientificos/)

REVISTA ORAMA. Revista Iberoamericana de Divulgación y Cultura Científica (http://iberociencias.org/orama/)

Es una revista de índole científica que cuenta con registro de dominio e ISSN internacional. En ella se presentan las mejores investigaciones de los proyectos generados en los diversos eventos que realizamos. También está abierta a colaboraciones externas que pasan por un riguroso proceso de selección

por parte del comité editorial multinacional de la revista. ORAMA contribuye a fomentar la escritura científica en los jóvenes.

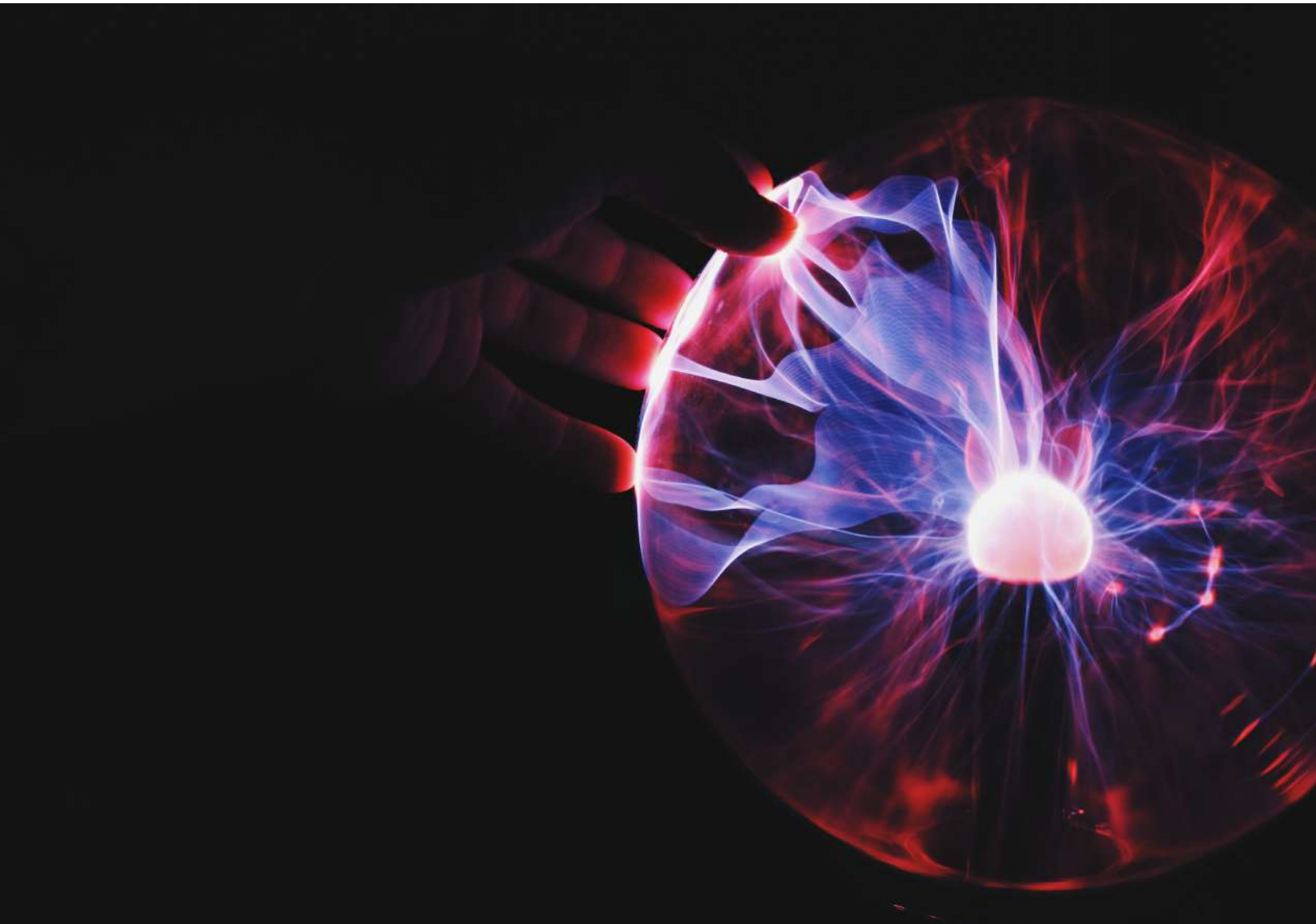
IBEROKITS. Kits de robótica

No es común poder acceder a la robótica por los altos costos que representan los robots educativos, es por eso que en SOLACYT hemos desarrollado más de diez modelos de kits de bajo costo, para facilitar a las escuelas y a sus estudiantes ese primer contacto con el mundo de la robótica a través de prototipos maker.

Estos son algunos de los proyectos que se han generado en SOLACYT, producto de un trabajo permanente y constante desde hace diecinueve años y que ha podido superar infinidad de obstáculos. Son más de veinticinco mil los jóvenes que han sido impactados por este proyecto de **Divulgación de la Cultura Científica** que les ha permitido creer en sí mismos, llevar una idea fuera del aula y convertirse en campeones mundiales y, con ello, recibir oportunidades de becas de estudios, ofertas de trabajo en empresas nacionales e internacionales, así como aplicar la experiencia y las herramientas recibidas para poder consolidar un emprendimiento que genere una nueva empresa.

"La ciencia no está casada con la formalidad ni peleada con la creatividad"

M. Fernando Guzmán Muñoz



Esta obra se terminó de editar en enero de 2022 en Guadalajara, México. Se hizo una versión digital para su distribución en línea. Edición no venal. Para su diseño se usaron fuentes de la familia Nutmeg. El cuidado de la edición y la corrección fue por cuenta del cliente. El diseño editorial fue por cuenta de los servicios editoriales de

Ediciones de La Noche
Madero 687, zona Centro, 44100,
Guadalajara, Jalisco.

www.edicionesdelanoche.com

El libro electrónico estará disponible en
www.sicyt.jalisco.gob.mx

Premio Estatal de Innovación, Ciencia y Tecnología

Jalisco 2021

Contacto

Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología
Edificio MIND, planta baja, Av. Faro No. 2350,
col. Verde Valle, C.P. 44550, Guadalajara, Jal.

Teléfono: 33 1543 2800 ext. 52439

Correo electrónico:
facundo.montiel@jalisco.gob.mx

@InnovaJal
/InnovaciónJalisco

premioict.jalisco.gob.mx

Innovación, Ciencia y Tecnología

Jalisco
GOBIERNO DEL ESTADO