



EDUCACIÓN CON  
**RESPONSABILIDAD**  
SOCIAL

UNIVERSIDAD DE COLIMA

**CGIC**

COORDINACIÓN GENERAL  
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

**REPORTE**

**CGIC**

ABRIL 2017 • AÑO 1 • No. 3  
PUBLICACIÓN TRIMESTRAL

# ÍNDICE

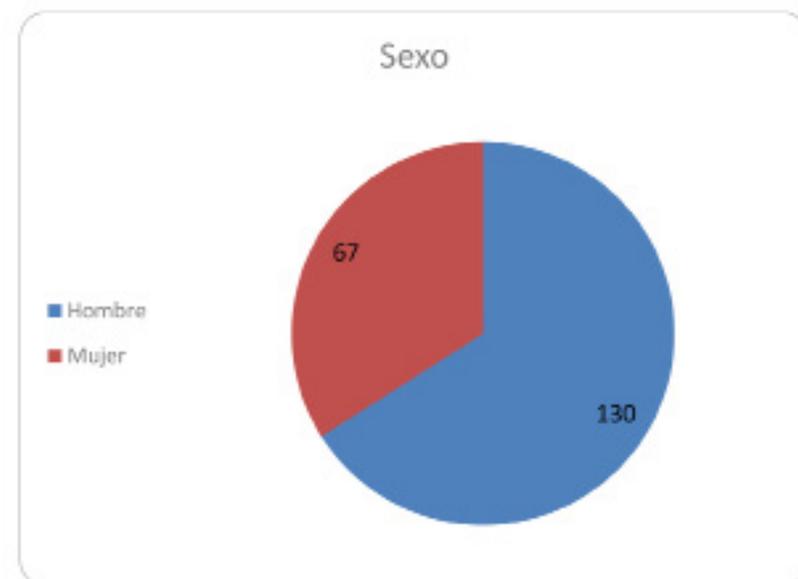
NUMERALIA Profesores-investigadores de la ucol en el SNI .....	3
Productividad.....	13
LA PRODUCTIVIDAD ACADÉMICA DE LA INSTITUCIÓN RECABADA DE SCOPUS ( <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a> ), LA BASE DE DATOS MÁS GRANDE DE DOCUMENTOS ACADÉMICOS CON REVISIÓN DE PARES. ESTA BASE DE DATOS ESTÁ DISPONIBLE DESDE CUALQUIER IP INSTITUCIONAL.	
ARTÍCULO DE ANÁLISIS ¿Qué es la Transferencia Tecnológica Universitaria?.....	17
Fuentes de financiamiento para proyectos de Investigación.....	20
ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN Tasa de mutación y aptitud relativa de cepas de VIH resistentes a medicamentos.....	23
ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN Comentarios al libro <i>FLORECIMIENTOS ALGALES NOCIVOS EN MÉXICO</i> .....	28
AGENDA .....	34
BUZÓN DEL LECTOR.....	35

# NUMERALIA

## PROFESORES-INVESTIGADORES DE LA UCOL EN EL SNI

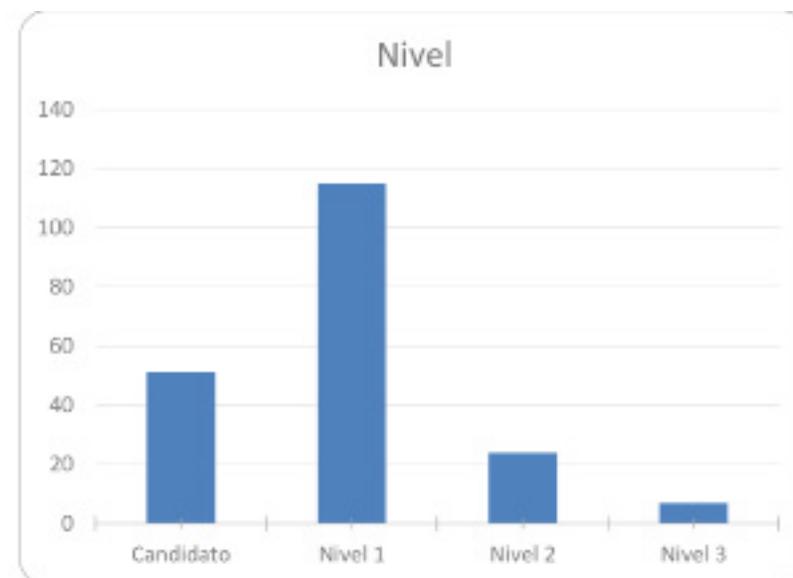
Actualmente, el total de profesores de la Universidad de Colima que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores son 197 (dato de los archivos de la CGIC).

Según su sexo, 130 son hombres (66 %) y 67 son mujeres (34 %) (Figura No. 1).



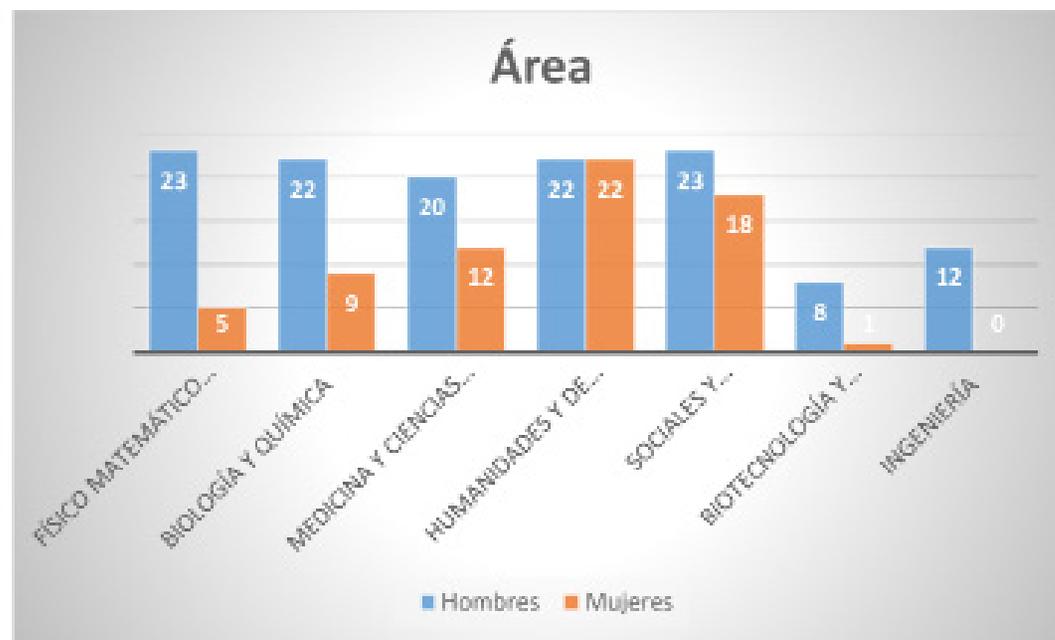
**Figura No. 1. Distribución de los profesores de la Universidad de Colima, según su sexo. La mayoría son hombres.**

De acuerdo al nivel en el SNI, se distribuyen de la siguiente manera: 51 candidatos (25.8 %, 31 hombres y 20 mujeres), 115 nivel I (58.4 %, 77 hombres y 38 mujeres), 24 nivel II (12.2 %, 15 hombres y 9 mujeres) y 7 nivel III (3.6 %, 7 hombres) (Figura No. 2). En general, se considera que los niveles II y III indican una madurez científica y tecnológica. De esta manera, es deseable el impulso al mantenimiento de este trabajo y el apoyo a los niveles previos para el crecimiento y consolidación del quehacer científico y tecnológico en la Institución.



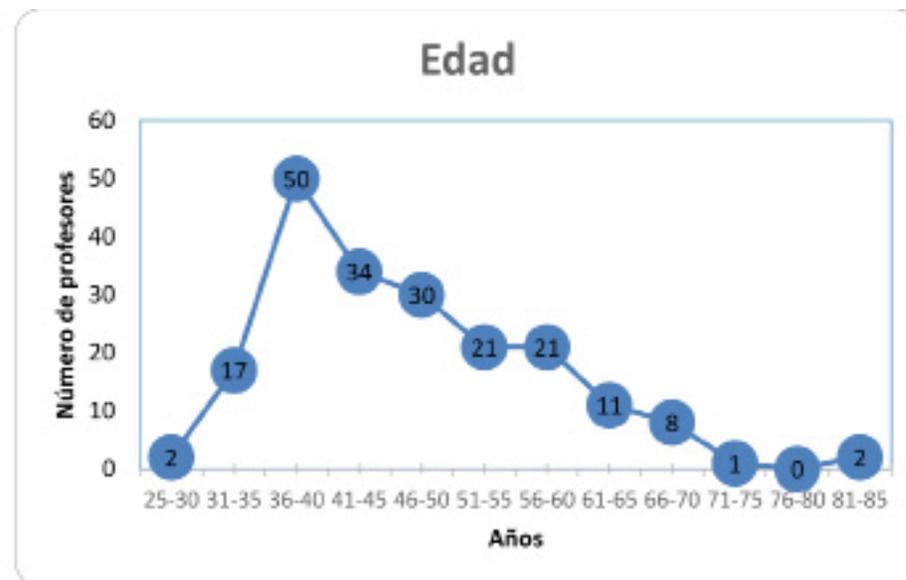
**Figura No. 2. Distribución de los profesores de la Universidad de Colima, según el nivel en el SNI. Cerca del 60% está en el nivel I.**

Según el área del conocimiento, la distribución es la siguiente: 28 en Ciencias de la Tierra y Físico-Matemáticas (14.2 %, 5 mujeres y 23 hombres), 31 en Biología y Química (15.8 %, 9 mujeres y 22 hombres), 32 en Medicina y Ciencias de la Salud (16.2 %, 12 mujeres y 20 hombres), 44 en Humanidades y Ciencias de la Conducta (22.3 %, 22 mujeres y 22 hombres), 41 en Sociales y Económico administrativas (20.8 %, 18 mujeres y 23 hombres), 9 en Ciencias Agropecuarias y Biotecnología (4.6 %, 1 mujer y 8 hombres) y 12 en Ingenierías (6.1 %, 12 hombres) (Figura No. 3). Existe una diferencia importante entre el resto de áreas y las de ciencias agropecuarias y biotecnología e ingenierías. De esta manera, un análisis de las posibles causas de esta brecha, apoyaría al establecimiento de estrategias adecuadas para el desarrollo de dichas áreas.



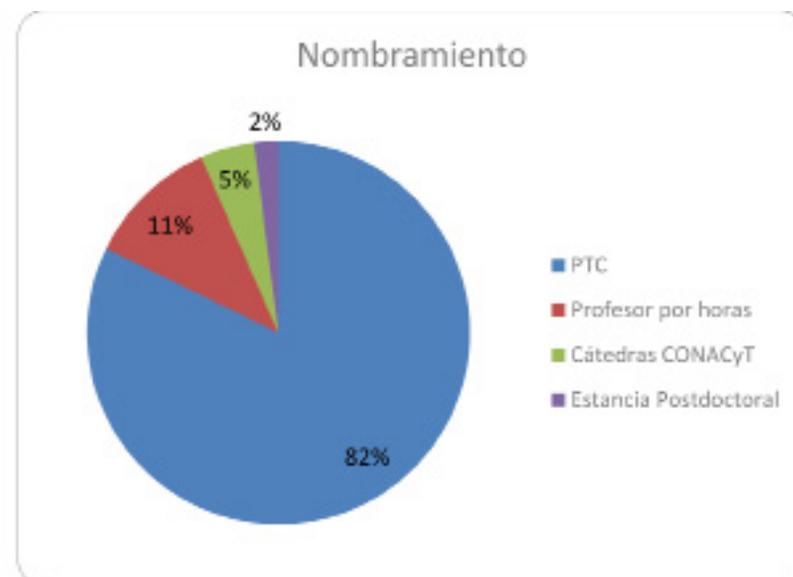
**Figura No. 3. Distribución de los profesores de la Universidad de Colima, según su área de trabajo en el SNI. Las áreas con más profesores son la de Sociales y Económico Administrativas y la de Humanidades y de la Conducta.**

Según la edad de los profesores, se tiene que 2 está en el rango de 25-30 años (1 %), 17 profesores están en el rango de 31-35 años (8.6 %), 50 profesores están en el rango de 36-40 años (25.4 %), 34 profesores están en el rango de 41-45 años (17.3 %), 30 profesores están en el rango de 46-50 años (15.2 %), 21 profesores están en el rango de 51-55 años (10.7 %), 21 profesores están en el rango de 56-60 años (10.7 %), 11 profesores están en el rango de 61-65 años (5.6 %), 8 profesores están en el rango de 66-70 años (4 %), 1 profesor en el rango de 71-75 años (0.5 %) y 2 profesores en el rango de 81-85 años (1 %). (Figura No. 4) Un poco más del 40% de los profesores en el SNI, están en el rango de edad de los 36 a 45 años, por lo que el potencial de desarrollo para ascender en los niveles de esta instancia es evidente.



**Figura No. 4. Distribución de los profesores de la Universidad de Colima pertenecientes al SNI según su edad. El rango de edad con más profesores es el de 36-40 años.**

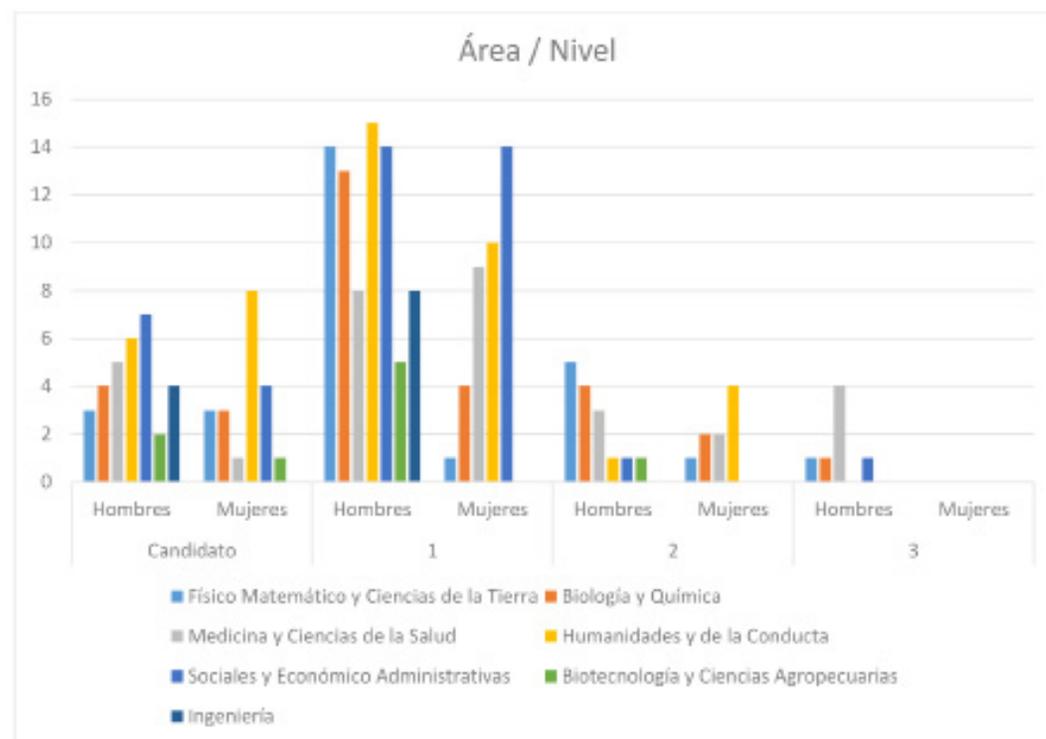
De acuerdo a su tipo de nombramiento, se tiene que el 82.2 % (162) de los profesores pertenecientes al SNI, son profesores de tiempo completo (PTC), el 4.6 % son Catedráticos CONACYT (9), el 11.2 % son profesores por horas (22) y el 2 % son profesores realizando una estancia posdoctoral en nuestra Institución (4). (Figura No. 5). La gran mayoría de los profesores pertenecientes al SNI, son de tiempo completo, por lo que, en primera instancia tendrían los insumos necesarios para continuar desarrollando el quehacer científico y docente que les permita mantener su estatus en el SNI. Sin embargo, es deseable realizar un monitoreo constante a esos insumos. Es importante mencionar, que generalmente las Instituciones en los reportes a la SEP solo consideran para sus estadísticas a los profesores de tiempo completo. En este reporte se incluyen profesores por horas, profesores realizando estancias posdoctorales y a los Catedráticos CONACYT. Esto explicaría las diferencias en números que se presentan entre dependencias al momento de reportar la pertenencia al SNI.



**Figura No. 5. Distribución de los profesores pertenecientes al SNI de la Universidad de Colima, según su tipo de nombramiento. La gran mayoría son profesores de tiempo completo (PTC).**

Si analizamos la distribución de profesores según el área y los diferentes niveles en el SNI, y considerando al total de profesores (197), se tiene que para el área de Físico-matemáticas cuenta con 6 profesores en el nivel candidato (3 %, 3 hombres y 3 mujeres), 15 profesores en el nivel I (7.6 %, 14 hombres y 1 mujer), 6 profesores en el nivel II (3 %, 5 hombres y 1 mujer) y 1 profesor en el nivel III (0.5 %, 1 hombre). El área de Biología y Química cuenta con 7 profesores en el nivel candidato (3.6 %, 4 hombres y 3 mujeres), 17 profesores en el nivel I (8.6 %, 13 hombres y 4 mujeres), 6 profesores en el nivel II (3 %, 4 hombres y 2 mujeres) y 1 profesor en el nivel III (0.5 %, 1 hombre). El área de Medicina cuenta con 6 profesores en el nivel candidato (3 %, 5 hombres y 1 mujer), 17 profesores en el nivel I (8.6 %, 8 hombres y 9 mujeres), 5 profesores en el nivel II (2.5 % 3 hombres y 2 mujeres) y 4 profesores en el nivel III (2 %, 4 hombres). El área de Humanidades cuenta con 14 profesores en el nivel candidato (7.1 %, 6 hombres y 8 mujeres), 25 profesores en el nivel I (12.7 %, 15 hombres y 10 mujeres), 5 profesores en el nivel II (2.5 %, 1 hombre y 4 mujeres) y 0 profesores en el nivel III. El área de Sociales cuenta con 11 profesores en el nivel candidato (5.6 %, 7 hombres y 4 mujeres), 28 profesores en el nivel I (14.2 %, 14 hombres y 14 mujeres), 1 profesor en el nivel II (0.5 %, 1 hombre) y 1 profesor en el nivel III (0.5 %, 1 hombre). El área de Ciencias agropecuarias cuenta con 3 profesores en el nivel candidato (1.5 %, 2 hombres y 1 mujer), 5 profesores en el nivel I (2.5 %, 5 hombres), 1 profesor en el nivel II (0.5 %, 1 hombre) y 0 profesores en el nivel III. El área de Ingenierías cuenta con 4 profesores en el nivel candidato (2 %, 4 hombres), 8 profesores en el nivel I (4.1 %, 8 hombres) y 0 profesores en los niveles II y III (Figura No. 6) El área que cuenta con más profesores en el nivel III es la de Medicina y Ciencias de la Salud. Las áreas que tienen el mayor número de profesores en el SNI, en los primeros niveles son Humanidades y de la Conducta y Sociales y Económico-administrativas. Las

áreas con menos profesores en el SNI tienen también la mayoría en el nivel I (Ciencias agropecuarias e Ingenierías). Son áreas que requieren estrategias de desarrollo.



**Figura No. 6. Distribución de los profesores de la Universidad de Colima, según su área y nivel en el SNI. Las áreas con distribución más homogénea y que cuenta con integrantes en los 4 niveles son Físico-matemáticas, Biología-química y Medicina.**

## PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON FINANCIAMIENTO EXTERNO EN LA UNIVERSIDAD DE COLIMA

NOMBRE DEL PROYECTO	AREA	FONDO	RESPONSABLE TECNICO	MONTO	VIGENCIA	ESTATUS
REDES INTELECTUALES TRASNACIONALES DURANTE LA ENTREGUERRA. PRÁCTICAS Y SOPORTES CULTURALES EN AMÉRICA LATINA	HUMANIDADES Y DE LA CONDUCTA	CONACYT	DRA. ALEXANDRA CRISTINA PITA GONZÁLEZ	604,060.00	30/10/2012 A 19/05/17	VIGENTE
LOS ROSTROS DEL ACTIVISMO DE LAS MUJERES EN COLIMA: ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE GÉNERO Y ACCIÓN SOCIAL	HUMANIDADES Y DE LA CONDUCTA	CONACYT	DR. FRANCISCO ANTA MARTÍNEZ GUZMÁN	678,100.00	20/10/2014 A 19/11/17	VIGENTE
IDENTIDAD Y PAPEL DE LOS CANALES MECANOSENSIBLES EN LEUCEMIAS Y LINFOCITOS T HUMANOS	BIOLOGÍA Y QUÍMICA	CONACYT	DR. IGOR POTTOSIN	1,989,000.00	15/12/14 A 14/12/17	VIGENTE
ESTUDIO DE LOS MECANISMOS MOLECULARES QUE SUBYACEN A LA DEPENDENCIA DE VOLTAJE DE LOS RECEPTORES COLINÉRGICOS MUSCARÍNICOS M2 EN CORAZÓN, Y LAS POSIBLES IMPLICACIONES EN LA INTERACCION CON LIGANDOS ALOSTÉRICOS.	BIOLOGÍA Y QUÍMICA	CONACYT	DR. RICARDO ANTONIO NAVARRO POLANCO	2,000,000.00	15/12/14 A 14/12/17	VIGENTE
FARMACOLOGÍA DE LOS CANALES RECTIFICADORES ENTRANTES DE POTASIO DE TEJIDOS CARDIACOS	MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD	CONACYT	DR. JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ CHAPULA	1,499,998.00	15/12/14 A 14/12/17	VIGENTE
IDENTIFICACIÓN MOLECULAR Y CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS CON POTENCIAL PROBIÓTICO Y SU INFLUENCIA EN LOS CAMBIOS FISICOQUÍMICOS EN LA SAVIA DE PALMA ( <i>COCOS NUCIFERA</i> ), DURANTE EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE TUBA.	BIOLOGÍA Y QUÍMICA	CONACYT	DRA. MARÍA DEL PILAR ESCALANTE MINIKATA	1,400,000.00	30/04/2015 A 29/04/18	VIGENTE
CANALES IÓNICOS DE LEUCEMIAS T COMO POSIBLES MARCADORES MOLECULARES Y/O BLANCOS TERAPÉUTICOS	BIOLOGÍA Y QUÍMICA	CONACYT	DRA. OXANA DOBROVINSKAYA	2,000,000.00	30/04/2015 A 29/04/18	VIGENTE

NOMBRE DEL PROYECTO	AREA	FONDO	RESPONSABLE TECNICO	MONTO	VIGENCIA	ESTATUS
DESARROLLO DE UN MÉTODO DE DIAGNÓSTICO PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DEL CARCINOMA HEPATOCELULAR BASADO EN EL CONTENIDO MOLECULAR DE LAS MICROVESÍCULAS TUMORALES HEPÁTICAS	BIOLOGÍA Y QUÍMICA	CONACYT	DR. LUIS ALBERTO CASTRO SÁNCHEZ	750,000.00	16/12/15 A 15/12/17	VIGENTE
MODELO DE CAPACIDAD DE CARGA RECREATIVA Y ORDENACIÓN DE LAS PLAYAS TURÍSTICAS	FÍSICO-MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA	CONACYT	DR. OMAR DARÍO CERVANTES ROSAS	1,529,650.00	26/02/16 A 26/02/18	VIGENTE
SEÑALIZACIÓN POR CALCIO, SUS VÍAS DE MODULACIÓN Y POTENCIAL TERAPÉUTICO EN LAS CÉLULAS INDICADORAS DE LA LEUCEMIA	BIOLOGÍA Y QUÍMICA	CONACYT FRONTERAS	DRA. OXANA DOBROVINSKAYA	4,000,000.00	19/04/16 a 19/04/18	VIGENTE
ADQUISICIÓN DE INFRAESTRUCTURA PARA UNA UNIDAD DE MEDICIÓN, MONITORIZACIÓN Y BIOTELEMETRÍA PARA LA INVESTIGACIÓN DE BIOMARCADORES Y COMPONENTES QUÍMICOS CON POTENCIAL DIAGNÓSTICO Y TERAPÉUTICO DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES Y CRÓNICAS DEGENERATIVAS.	MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD	CONACYT	DRA. MÓNICA RÍOS SILVA	4,999,584.00	8/06/16 A 7/06/17	VIGENTE
ADQUISICIÓN DE INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICA Y EQUIPO ESPECIALIZADO DE ALTO RENDIMIENTO PARA LA CONSOLIDACIÓN DE LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DE LOS INVESTIGADORES JÓVENES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS DE LA UNIVERSIDAD DE COLIMA.	BIOLOGÍA Y QUÍMICA	CONACYT	DR. LUIS ALBERTO CASTRO SÁNCHEZ	5,000,000.00	8/06/16 A 7/06/17	VIGENTE
VIVIENDA Y MUJER: ESPACIOS HABITABLES PARA EL DESARROLLO DE FAMILIAS CON JEFATURA FEMENINA EN LA COMUNIDAD DE FLOR DE COCO, MUNICIPIO DE ARMERÍA, COLIMA.	HUMANIDADES Y DE LA CONDUCTA	CONACYT	DRA. REYNA VALLADARES ANGUIANO	801,578.00	1/02/16 A 31/01/17	VIGENTE
NEUTRINOS, SIMETRÍAS DE SABOR Y DIMENSIONES EXTRAS.	FÍSICO-MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA	CONACYT	DR. ALFREDO ARANDA FERNÁNDEZ.	1,244,000.00	30/07/16 A 29/08/19	VIGENTE

NOMBRE DEL PROYECTO	AREA	FONDO	RESPONSABLE TECNICO	MONTO	VIGENCIA	ESTATUS
ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES PRE- Y POS-SINÁPTICAS DURANTE EL DESARROLLO POSNATAL Y LA ANCIANIDAD DEL RELOJ ENDÓGENO Y EL TRACTO RETINO-HIPOTALÁMICO DE RATA.	MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD	CONACYT	DR. JAVIER FRANCISCO ALAMILLA GONZÁLEZ.	1,000,000.00	20/09/16 A 19/09/19	VIGENTE
CARACTERIZACIÓN MOLECULAR E IMPLICACIONES FISOPATOLÓGICAS DE LAS MICROVESÍCULAS SECRETADAS POR CÉLULAS TUMORALES HEPÁTICAS: APROXIMACIONES HACIA LA IDENTIFICACIÓN DE MARCADORES DE DIAGNÓSTICO TEMPRANO PARA EL CARCINOMA HEPATOCELULAR.	BIOLOGÍA Y QUÍMICA	CONACYT	DR. LUIS ALBERTO CASTRO SÁNCHEZ	1,000,000.00	15/09/16 A 14/09/19	VIGENTE
ANÁLISIS DE LA REFLEXIÓN BRAGG Y DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA, EN LOS DOMINIOS DE LA FRECUENCIA Y EL ESPACIO, DE TRENES DE ONDAS DE GRAVEDAD QUE INTERACTÚAN CON OBSTÁCULOS SUMERGIDOS CORONADOS CON VEGETACIÓN.	FÍSICO-MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA	CONACYT	DR. MANUEL GERARDO VERDUZCO ZAPATA	1,000,000.00	15/09/16 A 14/10/19	VIGENTE
AMBIENTE INTEGRAL DE TUTORÍA INTELIGENTE: EN APOYO AL INCREMENTO DEL ÍNDICE DE APROBACIÓN Y RETENCIÓN ESTUDIANTIL UNIVERSITARIA.	HUMANIDADES Y DE LA CONDUCTA	CONACYT	DRA. MARÍA ANDRADE ARÉCHIGA	54,000.00	15/09/16 A 15/09/17	EN FORMALIZACIÓN
MECANISMO DEL INCREMENTO DE LAS ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS LIGNINOLÍTICAS EN CO-CULTIVOS FÚNGICOS ENTRE HONGOS DE LA PUDRICIÓN BLANCA Y MICROMICETOS DEL SUELO.	BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS	UC MEXUS- CONACYT	DR. WILBERTH CHAN CUPUL	12,500 USD	1/07/16 A 31/12/17	VIGENTE
PROCESOS TRANSNACIONALES Y PRÁCTICAS DE. Y ECONOMICO-DE LA MIGRACION DE RETORNO: MAYAS INDÍGENAS YUCATECOS A TRAVÉS FRONTERAS Y GENERACIONES	SOCIALES ADMINISTRATIVAS	UC MEXUS- CONACYT	DRA. GUADALUPE ADRIANA CRUZ-MANJARREZ GARCÍA.	7,540 USD	1/07/16 A 31/12/17	VIGENTE
DESARROLLO DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD DE COLIMA.	HUMANIDADES Y DE LA CONDUCTA	CONACYT	MTRO. ALEJANDRO. SÁNCHEZ RODRÍGUEZ	909,624.00	9/08/16 A 8/02/17	VIGENTE
EFFECTOS DEL ABUSO DE CICLOHEXANO SOBRE LA CITOARQUITECTURA CEREBRAL Y SUS CONSECUENCIAS COMPORTAMENTALES.	MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD	CONACYT. - PROBLEMAS NACIONALES	DR. OSCAR PORFIRIO. GONZÁLEZ PÉREZ	2,000,000.00	2017-2018	VIGENTE

NOMBRE DEL PROYECTO	AREA	FONDO	RESPONSABLE TECNICO	MONTO	VIGENCIA	ESTATUS
DESARROLLO DE UN DESALINIZADOR DE AGUA DE MAR MEDIANTE ÓSMOSIS INVERSA ACTIVADO POR EL MOVIMIENTO DEL OLEAJE COMO ALTERNATIVA PARA MITIGAR EL PROBLEMA DE SUMINISTRO DE AGUA LIMPIA EN REGIONES COSTERAS	FÍSICO-MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA	CONACYT. - PROBLEMAS NACIONALES	DR. MANUEL GERARDO. VERDUZCO ZAPATA	1,500,000.00	02/2017-02/2019	VIGENTE
BIOINGENIERÍA DE PLANTAS: DISEÑO DE PLANTAS RESISTENTES A LOS BEGOMOVIRUS DE MAYOR IMPORTANCIA EN MÉXICO BASADO EN MICRO-RNAS	BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS	CONACYT - PROBLEMAS NACIONALES.	DR. YAIR CÁRDENAS CONEJO	1,500,000.00	04/04/2017 A 04/04/2019	VIGENTE
ESTUDIO DE SEÑALES SÍSMICAS, ACÚSTICAS E IMÁGENES DE VIDEO EN EL VOLCÁN DE COLIMA COMO HERRAMIENTA DE MONITOREO Y PRONÓSTICO DE ERUPCIONES	FÍSICO-MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA	CONACYT. - PROBLEMAS NACIONALES	DR. RAUL ARÁMBULA MENDOZA	1,500,000.00	VIGENTE	VIGENTE
FORTALECIMIENTO INTEGRAL DEL LABORATORIO ANECOICO DE RADIOFRECUENCIAS EN EL TECNOPARQUE CLO	INGENIERÍAS	FOMIX CONACYT	DR. JUAN REYES GÓMEZ	25,000,000.00	18/11/14 A 16/06/17	VIGENTE
NUEVO ESQUEMA TERAPÉUTICO PARA PACIENTES CON CÁNCER DE PRÓSTATA HORMONO RESISTENTE: ENSAYO CLÍNICO FASE I-II USANDO EL ANTIINFLAMATORIO CON MAYOR EFECTO ANTITUMORAL EN ENSAYOS PRECLÍNICOS (MECLOFENAMATO) COMBINADO CON EL TRATAMIENTO ESTÁNDAR (DOCETAXEL)	MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD	FOSSIS- CONACYT. 2016	DR. IVÁN DELGADO. ENCISO	1,900,000.00	24/10/16 A 23/10/18	VIGENTE
CONACYT-SENER-SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA-2014-06, CENTRO MEXICANO DE INNOVACIÓN EN ENERGÍA DEL OCÉANO	FÍSICO-MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA	CONACYT- PROINNOVA	DR. MANUEL GERARDO VERDUZCO ZAPATA	2,582,000.00	17/04/17 A 17/04/21	VIGENTE
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO DE CONTROL NO LINEAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE BIOMASA DE LEVADURA Y MONITOREO DE LA PRODUCCIÓN DE BETA GLUCANOS EN PLANTA PILOTO	BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS	CONACYT - PROINNOVA	DR. VRANI IBARRA JUNQUERA	1,309,000.00	01/04/2017 A 01/08/2017	EN FORMALIZACIÓN

# Productividad

A continuación se muestra la productividad académica de la institución recabada de scopus (<https://www.scopus.com/>), la base de datos más grande de documentos académicos con revisión de pares. Esta base de datos está disponible desde cualquier ip institucional.

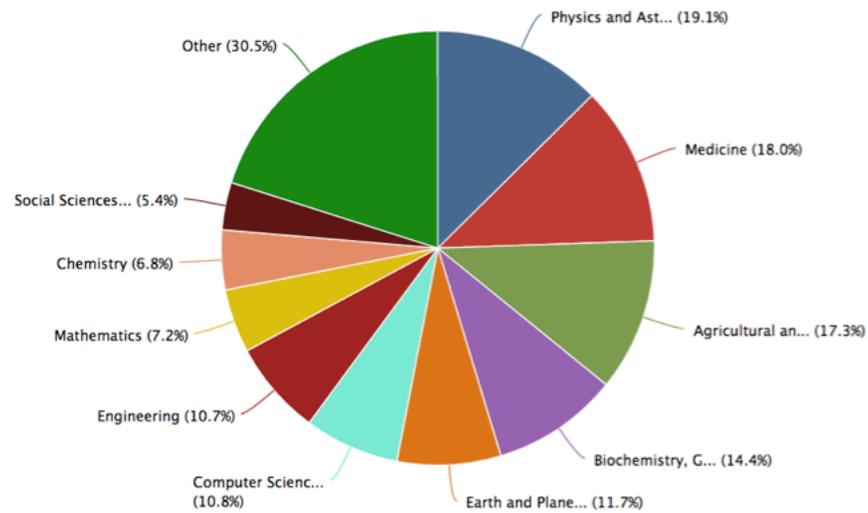
## Consideraciones generales sobre esta información:

Como toda base de datos, la información que proporciona no deja de tener posibles errores y/o imprecisiones. Esta base se utiliza sin embargo, como una fuente externa de verificación y seguimiento independiente, comúnmente utilizada en la comunidad académica internacional, que permite tener un mínimo de control sobre la veracidad e independencia de los datos.

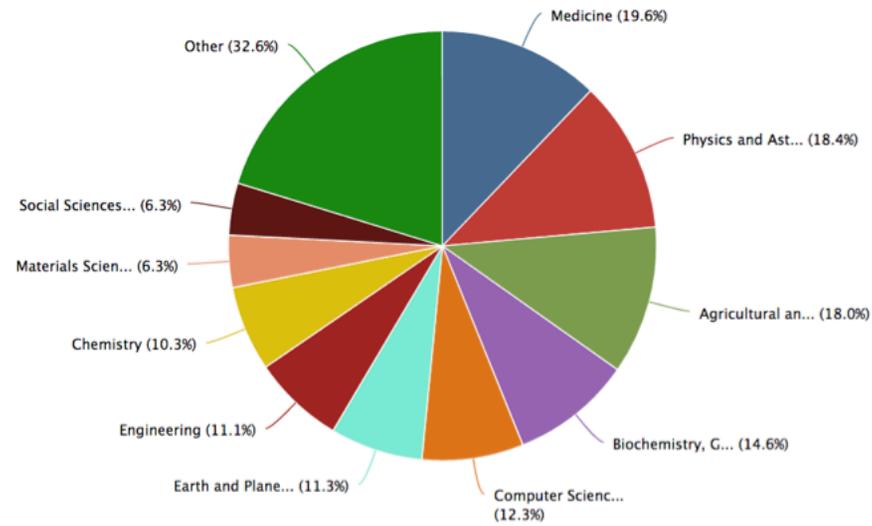
Es muy importante señalar que el número de documentos por sí mismo no es un factor determinante en la calidad de los mismos. Se utiliza en este reporte para mostrar tendencias y ayudar en la valoración del ritmo de trabajo que la institución ha venido haciendo en el ámbito académico. En otras palabras, el propósito de la información presentada en este reporte tiene la única intención de cuantificar la cantidad de productos realizados por la institución, reconocidos por pares externos, que puedan servir como elemento para análisis posteriores. Dicho análisis deberán incorporar múltiples insumos e indicadores que iremos presentando en versiones posteriores de este reporte.

SCOPUS registra documentos para la Universidad de Colima desde 1985 con un total hasta la fecha de 1564. Sin embargo, 1431 de esos documentos han sido producidos en los últimos 15 años y poco más del 50% de estos últimos (746) han sido producidos en los últimos 5 años.

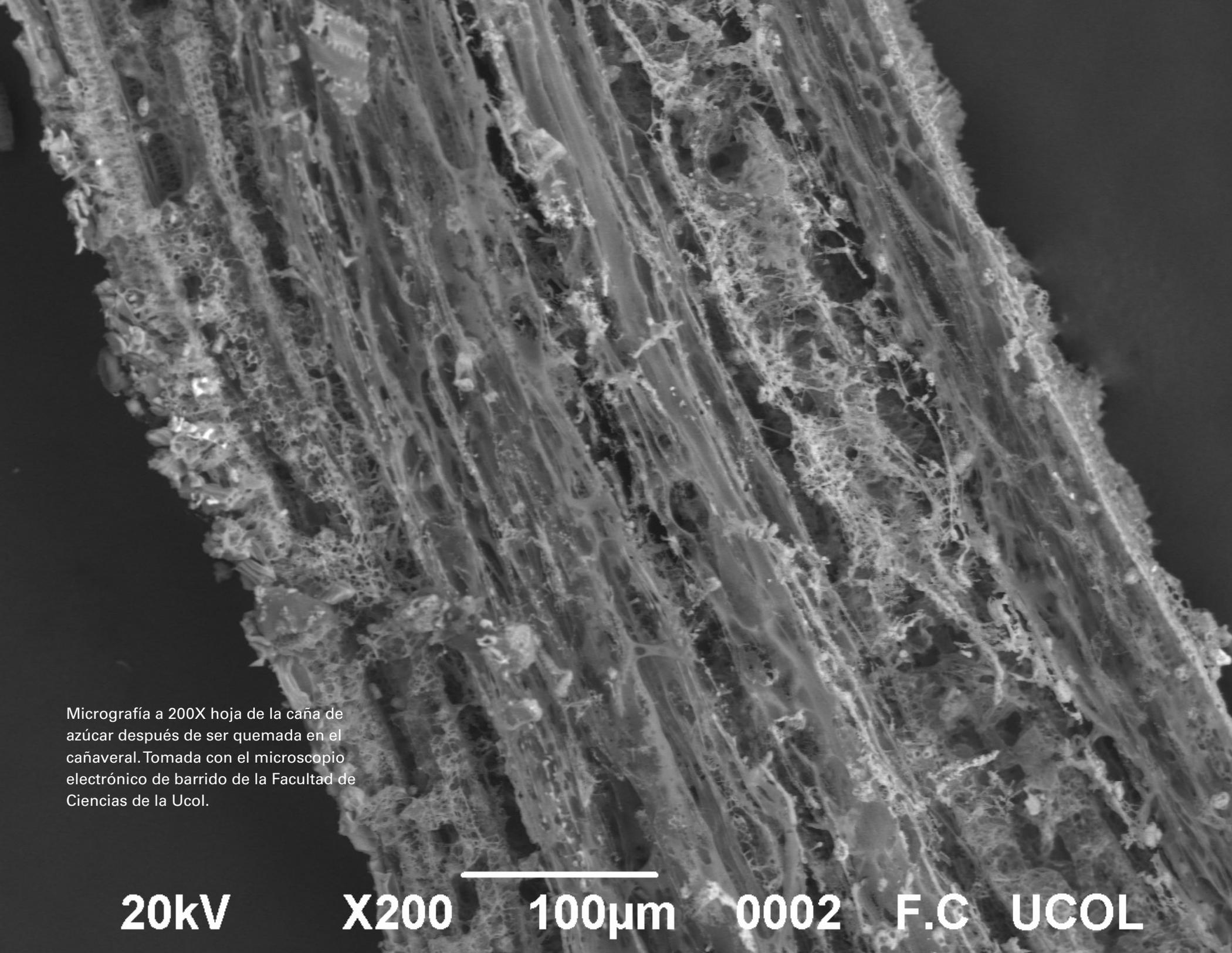
A continuación mostramos la distribución de los documentos por área del conocimiento en dos gráficos, el primero correspondiente a los últimos 15 años (con un total de 1431 documentos) y el segundo el correspondiente a los últimos 5 años (con 746 documentos). Se incluyen todo tipo de documentos académicos que hayan tenido una revisión por pares registrada (artículos, libros, capítulos de libros, memorias de congreso, etc.).



**Figura 1: Distribución por área de 1431 documentos publicados en los últimos 15 años. *Figura generada por SCOPUS***



**Figura 2: Distribución por área de 746 documentos publicados en los últimos 5 años. *Figura generada por SCOPUS***



Micrografía a 200X hoja de la caña de azúcar después de ser quemada en el cañaveral. Tomada con el microscopio electrónico de barrido de la Facultad de Ciencias de la Ucol.

20kV

X200

100µm

0002

F.C

UCOL

# ¿Qué es la transferencia tecnológica universitaria?

**Evelyn Benavides y Juan Reyes**

La transferencia de tecnología engloba actividades dirigidas a la utilidad comercial en el mercado, debidas a los resultados y capacidades de investigación desarrollo e innovación en universidades, institutos, centros de investigación y/o empresas.

La transferencia tecnológica permite a las universidades (centros generadores de conocimiento) comercializar habilidades, conocimiento, métodos, entre otros, a la industria. El papel de las oficinas de transferencia tecnológica dentro de las universidades gira en torno a las siguientes actividades:

- Evaluación y valoración de las innovaciones derivadas de la producción científica.
- Fomento de la protección legal de dichas innovaciones.
- Comercialización de licencias de las producciones científicas.
- Administración de las regalías.
- Vigilancia y control del cumplimiento de los términos de las negociaciones.
- Acompañamiento durante todo el proceso de venta de las ideas.

Los principales indicadores de investigación que permiten medir la productividad de la transferencia tecnológica se determinan por: la cantidad de licencias ejecutadas, el ingreso por regalías, la cantidad de patentes, el análisis de citas, las solicitudes de patente y la divulgación de las invenciones.

Para las oficinas de transferencia tecnológica es importante usar estrategias funcionales de cómo aportar el valor agregado a las capacidades y resultados de investigación, susceptibles de uso económico o social. Teniendo como objetivo qué empresas u organismos muestran interés en los productos y que puedan adquirirlos mediante la comercialización de la tecnología.

El éxito radica en contar con mecanismos adecuados que

visualicen las estrategias de gestión del conocimiento, como los siguientes:

- Estudios de factibilidad para nuevos proyectos.
- Estudios de escala de manufactura.
- Estudios de mercados.
- Diseño de la ingeniería de planta así como la selección del equipo.
- Construcción de la planta e instalación del equipo.
- Selección de la tecnología del proceso.
- Asistencia técnica en el manejo y operación de equipo y procesos.
- Capacitación técnica en el manejo y operación de equipo y procesos
- Asistencia técnica para la comercialización.
- Estudios de la posible mejora los procesos mediante innovaciones menores.
- Asistencia en aplicación de normas y procedimientos para la obtención de la acreditación.

Además, otro punto importante son los criterios contractuales en donde existen un gran número de variantes generales de la transferencia de tecnología como son acuerdos sobre diseño y construcción; concesiones de licencias para utilizar patentes, marcas comerciales o innovaciones, procedimientos y técnicas no patentados, en relación con la fabricación y venta de productos en mercados determinados; acuerdos sobre servicios técnicos, servicios de asesoría; entre otros.

La innovación es de suma importancia en el desarrollo económico de los países, por lo que cada uno emplea diferentes estrategias. Dentro los países más innovadores se encuentran Japón, Alemania y Estados Unidos de América, tomando como

los indicadores más importantes el nivel educativo de sus universidades, número de publicaciones científicas y número de solicitudes de patentes internacionales.

Para brindar un panorama general de la innovación a nivel mundial hacemos referencia a la publicación Global Innovation Index 2016 en donde se hace referencia a los resultados de la innovación de 128 países y economías de diferentes regiones del mundo sobre la base de 82 indicadores. Este modelo incluye tres categorías, 58 indicadores cuantitativos, 19 indicadores compuestos y 5 indicadores cualitativos. Los resultados de este modelo clasifican en los primeros puestos a los siguientes países:

- 1° Suiza
- 2° Suecia
- 3° Reino Unido
- 4° Estados Unidos de América
- 5° Finlandia

Mientras que México queda posicionado en el lugar 61.

En forma local tenemos el Índice Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación 2015 que incluye a los 32 estados considerando en su modelo 82 indicadores en 12 categorías. Los resultados de este modelo posicionan al estado de Colima en el lugar número 25 destacando como fortalezas el primer lugar en infraestructura material e intelectual, tercero y noveno en educación básica y superior respectivamente. Sin embargo, cuando hablamos de inversión pública y privada en investigación desarrollo e innovación de Colima ocupa el lugar 23, en la categoría de empresas innovadoras lugar 28 y emprendimiento y negocios lugar 32. Como se observa nos encontramos con cifras preocupantes y poco satisfactorias para la entidad. En esta clasificación los primeros cinco lugares se encuentran la

Ciudad de México, Nuevo León, Querétaro, Morelos y Puebla respectivamente.

Los resultados muestran un retraso considerable del estado de Colima en innovación. Por su parte la Universidad de Colima trabaja en la implementación de políticas y reglamentos que impulsen el desarrollo de la investigación e innovación. Además de estimular la cultura de protección intelectual y establecer los mecanismos adecuados de comercialización del conocimiento generado en la institución, a través de la Dirección General de Transferencia Tecnológica.

## ACERCA DE LOS AUTORES



**EVELYN BENAVIDES SILVA**, Maestra en Tecnologías de Información, Técnico Académico adjunta a la Dirección General de Transferencia Tecnológica.  
ebenavides@ucol.mx



**JUAN REYES GÓMEZ**, Doctor en Ingeniería Química, profesor investigador de la Facultad de Ciencias. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores con Nivel 1. Director General de Transferencia Tecnológica.  
reyesgj@ucol.mx

## Bibliografía

- CAIINNO, (2016) *Índice Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2015*
- Cornell University, INSEAD (2016) *Winning with Global Innovation*
- Engelbrecht, H. J. (1997). *International R&D spillovers, human capital and productivity in the OECD economies: an empirical investigation. European Economic Review 41*, pp. 1479-1488. Miles, I. (1994). *Innovation in Services. Part 2: Sectoral and Industrial Studies of Innovation in The Handbook of Industrial Innovation. M. Dodgson y R. Rothwell (editores)*, pp. 243-256. Edward Elgar, Gran Bretaña.
- OECD (1999). *Mobilising Human Resources for Innovation*, OECD, Paris.
- OECD (2000a). *A New Economy? The Changing Role of Innovation and Information Technology in Growth, Information Society*, OECD, Paris.
- OECD (2000b). *Innovation and Growth, Science, Technology and Industry Outlook 2000*, OECD, Paris.
- OECD (2000c). *Promoting Innovation and Growth in Services, Science, Technology and Industry Outlook 2000*, OECD, Paris.
- Olaya, E.S.; Berbegal-Mirabent, J.; Germán Duarte, O. (2014). *Desempeño de las oficinas de transferencia universitarias como intermediarias para la potencialización del mercado de conocimiento. Intangible Capital*, 10(1): 155-188.
- Torres, X. y M. Jacob (2001): «La Innovación en Servicios» en *Innovación Tecnológica. Ideas Básicas* (E. Revilla Gutiérrez). Colección Innovación Práctica, Fundación Cotec, Madrid. ISBN: 84-95336-17-0
- UNCTAD (1992), *World Investment Report*, United Nations, Nueva York.

# Fuentes de financiamiento para proyectos de investigación

Este espacio será dedicado a la publicación de sitios electrónicos en donde existan convocatorias de apoyo a proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico a nivel nacional e internacional.

## CONACYT

Es la principal fuentes de financiamiento en México de apoyo a proyectos de investigación, innovación y desarrollo. Para mayor información dirigirse a la siguiente dirección electrónica:  
<http://conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt>

Además tiene la opción de suscripción para recibir periódicamente las convocatorias abiertas e información relacionada con el CONACYT, para suscribirte visita la página:  
<http://conacytprensa.mx/index.php/suscripcion>

## CONVOCATORIA

<https://www.lai.at/wissenschaft/kompetenzzentrum/etta-becker-donner-stipendien#A1>  
<http://aplicaciones.pronabec.gob.pe/Sibecbpacifico>

## RESEARCH & INNOVATION

Apoyo a proyectos en cooperación con la Unión Europea. Dirigirse a:  
<http://ec.europa.eu/research/index.cfm>

## **UNIÓN EUROPEA**

La UE ofrece financiamiento para todo tipo de proyectos y programas en diferentes campos.

[http://europa.eu/european-union/about-eu/funding-grants\\_es](http://europa.eu/european-union/about-eu/funding-grants_es)

## **FUNDACIÓN EU-LAC**

Convocatoria birregional EU-LAC. Convocatoria para proyectos de investigación sobre temas relevantes para la relación entre la Unión Europea y América Latina y Caribe.

<https://eulacfoundation.org/es/explora>

## **SUBVENCIONES FRIDA**

El Fondo Regional para la Innovación Digital en América Latina y el Caribe. Las Subvenciones FRIDA proporcionan apoyo financiero para proyectos de investigación e iniciativas innovadoras que buscan explorar el potencial de las tecnologías de la información y la comunicación para promover el desarrollo social y económico de la región, y el acceso a internet.

<http://programafrida.net/subvenciones>

## **PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO CONVOCATORIAS Y NOTICIAS EN FORMA CONTINUA**

<http://procurement-notice.undp.org/index.cfm>

## **SDC-01-2017**

Evaluación técnica y económica de los métodos de tratamiento y/o disposición final de plaguicidas obsoletos que contienen contaminantes orgánicos persistentes, y análisis de la capacidad técnica instalada en el país

[http://procurement-notice.undp.org/view\\_notice.cfm?notice\\_id=35106](http://procurement-notice.undp.org/view_notice.cfm?notice_id=35106)

## **Environment Research and Education Foundation**

(Plazo: 01-06-2017)

EREF has two deadlines per year for pre-proposals:

<https://erefdn.org/research-grants-projects/how-to-apply-for-grant/>

## **Priority Programme "Flexibility Matters: Interplay between Trait Diversity and Ecological Dynamics Using Aquatic Communities as Model Systems (DynaTrait)" (SPP 1704)**

(Plazo: 31-05- 2017)

[http://www.dfg.de/en/research\\_funding/announcements\\_proposals/calls\\_for\\_proposals/info\\_wissenschaft\\_17\\_11/index.html](http://www.dfg.de/en/research_funding/announcements_proposals/calls_for_proposals/info_wissenschaft_17_11/index.html)

## **Premio UNESCO/Juan Bosch para la promoción de la investigación en ciencias sociales en América Latina y el Caribe**

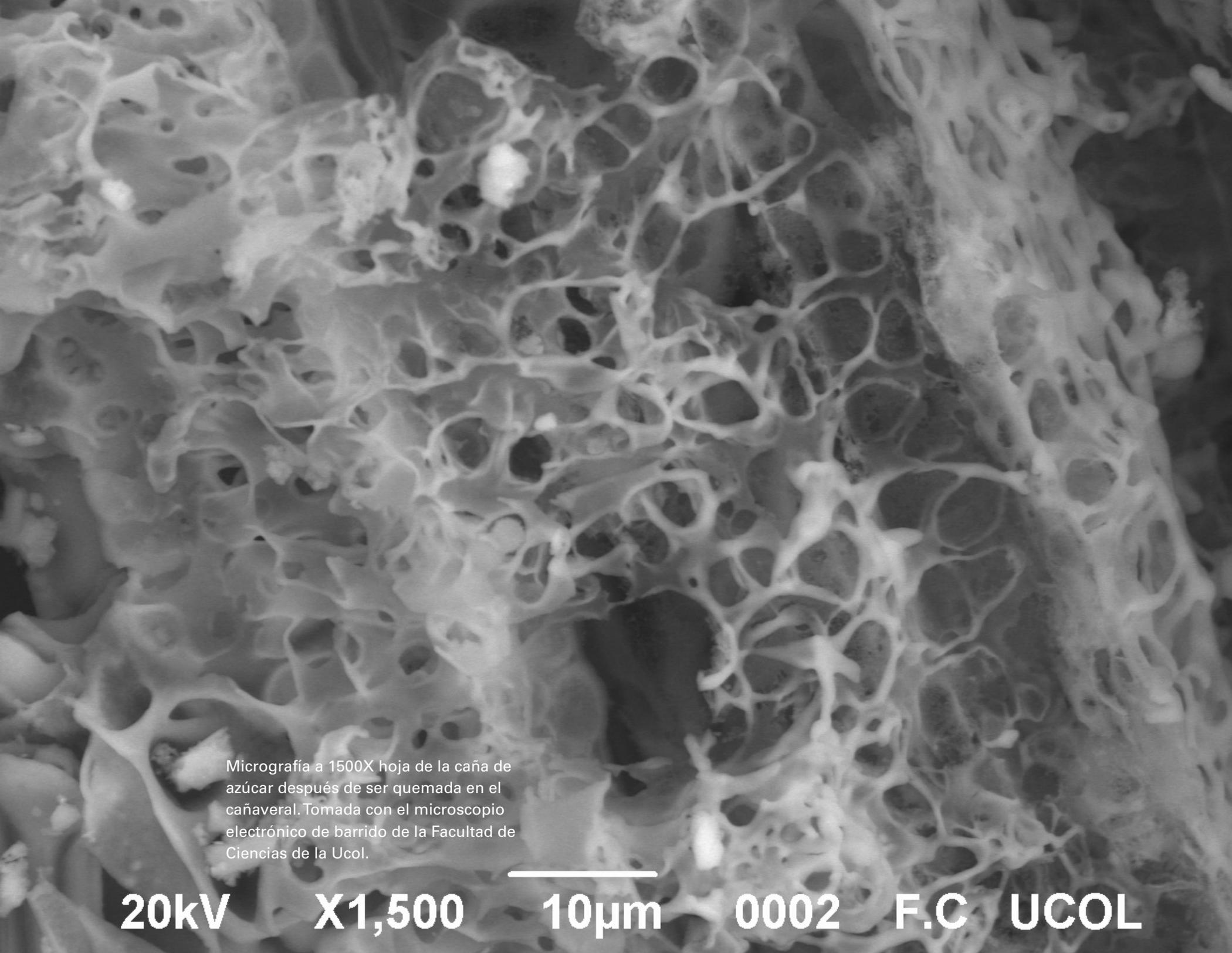
(Plazo: 30-05-2017)

<http://www.unesco.org/new/es/social-and-human-sciences/events/prizes-and-celebrations/unesco-prizes/juan-bosch-prize/>

## **Financiamiento para proyectos enfocados en temas de educación y agua**

(Plazo: 21-12-2017)

<https://www.rabobank.com/en/about-rabobank/in-society/rabobank-foundation/employees-fund/apply-donation/index.html>



Micrografía a 1500X hoja de la caña de azúcar después de ser quemada en el cañaveral. Tomada con el microscopio electrónico de barrido de la Facultad de Ciencias de la Ucol.

20kV

X1,500

10µm

0002

F.C

UCOL

# Tasa de mutación y aptitud relativa de cepas de VIH resistentes a medicamentos

**Roberto Sáenz Casas**

La epidemia del virus de inmunodeficiencia humana (VIH) sigue siendo un problema de salud pública. El optimismo inicial cuando se creó el primer medicamento (antirretroviral) para tratar pacientes infectados con VIH decayó cuando aparecieron cepas resistentes a este medicamento. La resistencia a medicamentos se define como la habilidad del virus a seguir replicándose en presencia del fármaco. Estas cepas surgen gracias a la alta tasa de replicación del virus (1010 nuevos virus al día) y a la falta de mecanismos de verificación en la replicación del virus (lo que hace que surjan partículas virales con “errores”); esto se traduce en una alta mutación del virus (por supuesto, no todas las cepas mutantes son resistentes; de hecho, en algunos casos ni siquiera son viables).

Para evitar el surgimiento de cepas resistentes, desde mediados de la década de los 90 se recomienda una combinación de al menos tres medicamentos (de diferente clase, de acuerdo a sus mecanismos de acción), conocida como Terapia Antirretroviral de Gran Actividad. A pesar de que esta terapia es

altamente efectiva en la supresión del virus, puede fracasar por diversas razones, entre las que están los efectos colaterales (los medicamentos son tóxicos) y la falta de adherencia a la terapia (saltarse dosis), lo que provoca la permanencia del virus en la presencia de los antirretrovirales. La replicación del virus en presencia de medicamentos puede resultar en la aparición de cepas resistentes. Una vez que dichas cepas resistentes son el virus dominante dentro del paciente, pueden ser transmitidas al siguiente paciente al momento de un contagio (el cual se da por intercambio de fluidos corporales). El contagio con cepas resistentes ha provocado una subepidemia de ellas. Se estima que alrededor del 10-20 % de nuevos contagios de VIH en Europa y Estados Unidos son con cepas resistentes a al menos un medicamento. Aun cuando la prevalencia de cepas resistentes transmitidas es baja en países de bajos recursos (donde la cobertura de terapia antirretroviral es subóptima), ésta comienza a aumentar y podría desacelerar el avance logrado en la contención de la enfermedad. Además, el contagio de cepas resistentes aumenta por la falta de uso de exámenes que pueden identificar cepas resistentes antes de iniciar la terapia de

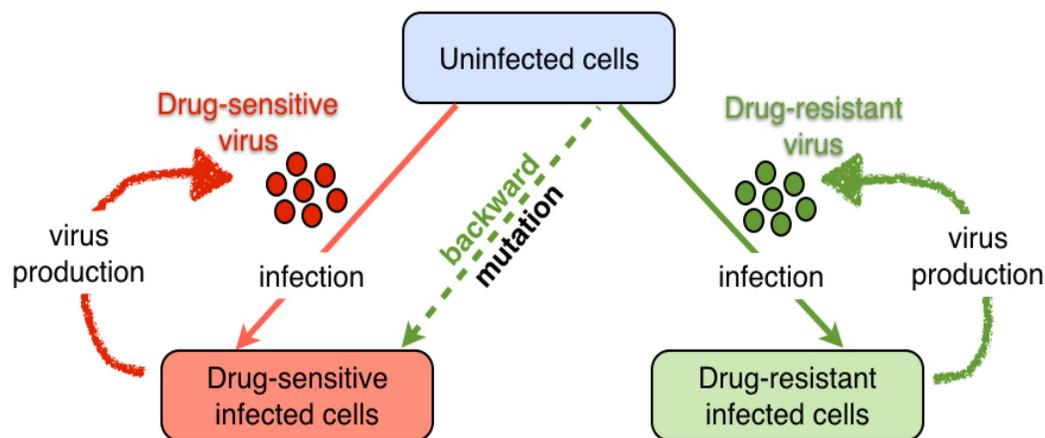
un paciente, de manera que se inician y continúan terapias que favorecen la selección de dichas cepas.

La adquisición de resistencia a medicamentos tiene un costo para el virus en términos de su aptitud o eficacia biológica (la capacidad del virus para reproducirse). De esta manera, si una cepa resistente se pone en el mismo medio (en ausencia de medicamentos) con una cepa no-resistente, esta última desplazará a la primera. Esto sucede en los pacientes infectados originalmente con una cepa resistente y que no reciben medicamentos. La cepa no-resistente emerge bajo el mismo mecanismo que las cepas resistentes, por mutación del virus.

La mayoría de los estudios sobre resistencia a medicamentos se han enfocado en cómo y qué tan rápido aparecen cepas resistentes. El objetivo de nuestro trabajo es, desde cierto punto de vista, opuesto. Nosotros queremos contestar la pregunta de qué tan rápido es remplazada una cepa resistente, dentro de un paciente, cuando este no recibe medicamentos. Más específicamente, nos interesa estimar los valores de la tasa de mutación y la aptitud relativa (relativa a la cepa no-resistente) de cada cepa resistente a determinados antirretrovirales. Para esto, utilizamos información de estudios clínicos hechos por investigadores de la Universidad de California en San Francisco. En dichos estudios, se analizó la información de pacientes VIH-positivos en etapa temprana (contagio reciente) a los cuales se les identificó ser contagiados con cepas resistentes. En cada paciente fueron identificadas las cepas resistentes (por secuenciación genotípica), las cuales fueron clasificadas en seis categorías según el tipo de medicamento al cual son resistentes, y monitoreadas hasta que ya no fueran detectadas (momento en el que son remplazadas por una cepa no-resistente). Entre las categorías consideradas están los medicamentos Lamivudina o Emtricitabina, inhibidores de la enzima viral transcriptasa inversa, e inhibidores de la enzima viral proteasa. La información disponible genera una curva de sobrevivencia para la

cepa resistente (una para cada categoría), es decir, indica cual es la probabilidad de observar cierta cepa resistente después de que haya transcurrido cierto tiempo desde el contagio.

Para estimar las tasas arriba mencionadas, hicimos uso de un modelo matemático que describe la dinámica viral dentro de un paciente (una representación, en términos de fórmulas matemáticas, del proceso de replicación y mutación del virus durante la infección de un paciente.



**Figura 1. Diagrama que representa el modelo matemático.**  
**Fuente:** Elaboración propia, adaptado del artículo *Estimation of the HIV-1 backward mutation rate from transmitted drug-resistant strains. Theoretical Population Biology, 112, 33-42* de Kitayimbwa, J. M., Mugisha, J. Y. T., & Saenz, R. A. (2016).

En dicho modelo, consideramos la probabilidad de que, durante un intervalo pequeño de tiempo, suceda un cambio en alguna de las poblaciones del virus o de las células que estos infectan (principalmente células del sistema inmune). Un modelo matemático como el anterior, es conocido como un modelo (o proceso) estocástico, por su carácter aleatorio.

Debido a este componente aleatorio, cada vez que implementamos el modelo obtenemos una respuesta distinta. De esta manera, la estrategia que seguimos fue implementar muchas veces el modelo, y en cada una de ellas identificar el momento en que la cepa resistente deja de ser identificada. Al repetir muchas veces lo anterior, para distintos valores de los parámetros, podemos construir una curva de sobrevivencia asociada a los parámetros en turno.

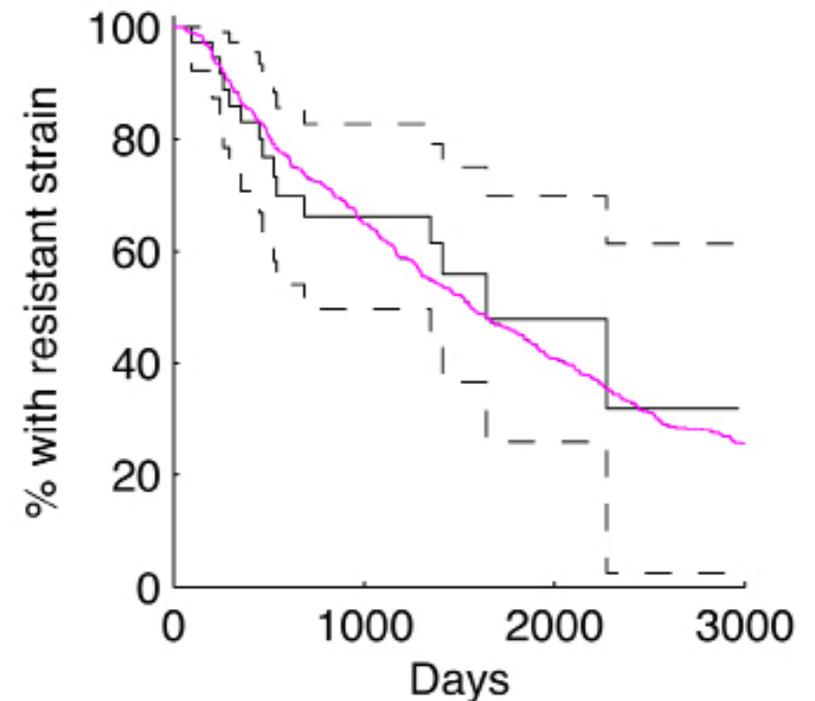
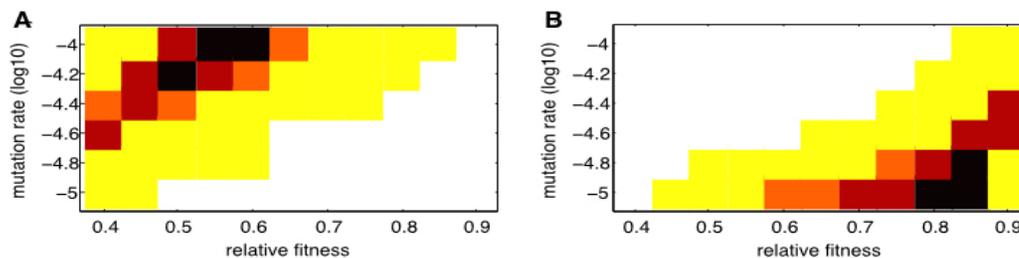


Figura 2. Estimación (curva morada) de la función de sobrevivencia de los datos clínicos (curva negra).

Fuente: Elaboración propia, adaptada del artículo *Estimation of the HIV-1 backward mutation rate from transmitted drug-resistant strains. Theoretical Population Biology*, 112, 33-42 de Kitayimbwa, J. M., Mugisha, J. Y. T., & Saenz, R. A. (2016).

Por supuesto, queremos que la curva de sobrevivencia obtenida del modelo se encuentre cerca de la curva de sobrevivencia proveniente de los estudios clínicos; así que, los parámetros que hagan que esto suceda son los más convenientes.

Los valores que encontramos de los parámetros dependen de la categoría a la que pertenece la cepa resistente. Por ejemplo, se encontró una tasa de mutación alta y una aptitud relativa baja para la categoría de mutaciones asociadas a los medicamentos Lamivudina-Emtricitabina (Figura 3A). Mientras que para la categoría de medicamentos inhibidores de la proteasa se encontró una tasa de mutación baja y una aptitud relativa alta (Figura 3B).



**Figura 3. Combinaciones de parámetros con mejores puntajes (el puntaje es mayor entre más oscuro es el color para cada combinación). Grupo de mutaciones asociadas a medicamentos: A) Lamivudina-Emtricitabina, B) inhibidores de proteasa.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Estos ejemplos muestran que la tasa de mutación del virus y la aptitud relativa para cada mutación asociada a un medicamento específico representan buenos predictores de qué tan rápido serán remplazadas las cepas resistentes.

Conocer los atributos (como tasa de mutación y aptitud biológica) de las cepas resistentes es crucial para el control de la epidemia de VIH. Por ejemplo, se ha sugerido que se incluya un antirretroviral inhibidor de proteasa en la primer línea de la terapia en países de bajos recursos (donde no se practican exámenes para determinar qué cepas virales están presentes en el paciente), dado que se suponía una baja aptitud relativa asociada a las cepas resistentes a estos antirretrovirales. Bajo esta suposición, habría poco riesgo de transmisión de cepas resistentes ya que éstas serían remplazadas rápidamente por una cepa no-resistente. Sin embargo, en nuestro estudio encontramos que la aptitud relativa asociada a cepas resistentes a inhibidores de proteasa es alta, por lo que el riesgo de que estas cepas se propaguen en la población no se puede omitir. Por otro lado, algunas cepas resistentes (como las asociadas a los medicamentos Lamivudina o Emtricitabina) son rápidamente desplazadas por una cepa no-resistente. De manera que, al momento de un examen para determinar resistencia estas cepas resistentes no serían detectadas aunque sigan estando presentes (a niveles muy bajos). Esto provocaría que si la terapia incluye dichos medicamentos las cepas resistentes serían seleccionadas, favoreciendo su propagación en la población.

Nuestro trabajo es un ejemplo de cómo el uso de modelos matemáticos puede colaborar para nuestro entendimiento de la dinámica de cepas de VIH resistentes a medicamentos, lo cual tiene un impacto directo en el análisis y control de la propagación del virus a nivel poblacional.

ACERCA  
DEL  
AUTOR



**ROBERTO SÁENZ CASAS** es doctor en Matemáticas por la Universidad de Iowa, Estados Unidos, con la especialidad en biomatemáticas. Es profesor investigador en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Colima. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores con el nivel 1.  
rasaenz@gmail.com

# Comentarios al libro *Florecimientos algales nocivos en México*

**Aramis Olivos Ortiz**

En diciembre de 2016, se publicó el libro *Florecimientos algales nocivos en México*, del cual soy coeditor junto con mis colegas, la Dra. Sonia I. Quijano Scheggia (Universidad de Colima), el Dr. Ernesto García Mendoza (Centro de Investigaciones Científicas y Educación Superior de Ensenada) y el Biol. Mar. Erick J. Núñez Vázquez (Centro de Investigaciones del Noroeste). Este libro es un esfuerzo nacional que surge del trabajo colegiado con otros especialistas la Red Temática sobre Florecimientos Algales Nocivos (RedFAN) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Está llamada a ser una obra de referencia en esta especialidad pues por primera vez en nuestro país se hace una labor de recopilación, organización y síntesis de la información disponible en los trabajos de los últimos 30 años, pero además se publican trabajos científicos nuevos que ponen al día los avances de conocimiento para tratar de entender este fenómeno en

México, ya que en la actualidad a nivel mundial se desconocen muchos mecanismos de su generación y propagación, a continuación se describen algunos de los temas que se abordan en la obra.

Primero ¿qué son los florecimientos algales?, son eventos donde se concentra un alto número de algas microscópicas (de entre 5 micras a 1 milímetro) en la columna de agua superficial, llamadas fitoplancton. Hablamos que de condiciones de cientos células/litro pasamos hasta millones de células/litro de un día a otro, con duración de entre 5 a 15 días, pero que pueden ocurrir en periodos cíclicos en áreas de hasta cientos de kilómetros durante 2 meses, que pueden ocurrir en los océanos, lagos, embalses o ríos.

El papel del fitoplancton es prioritario para la vida en los cuerpos acuáticos y en el planeta, son los productores primarios (primer eslabón de cadena alimenticia), fijan CO<sub>2</sub> de la

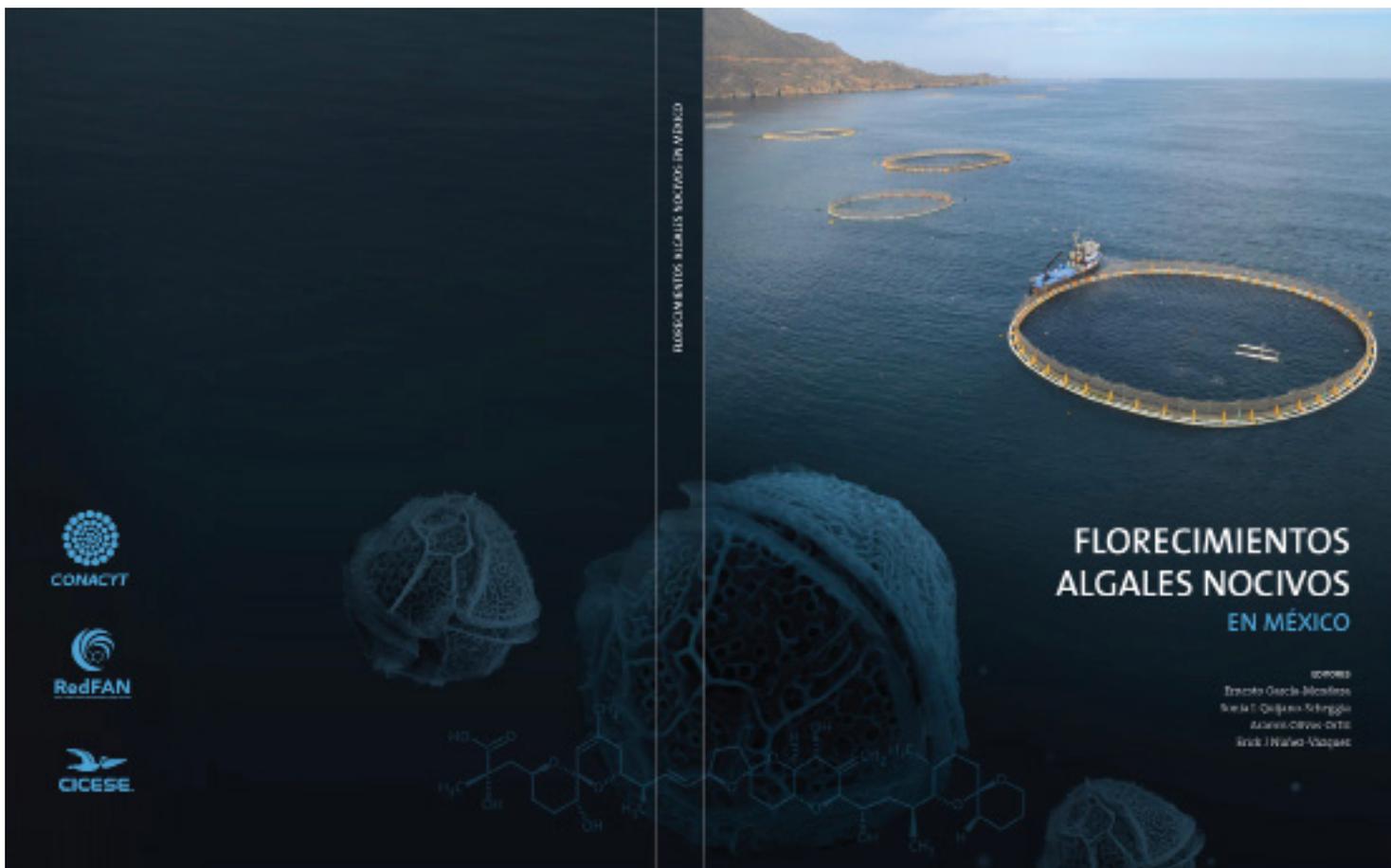


Foto: Red Temática sobre Florecimientos Algaes Nocivos ( RedFAN)

atmósfera, toman nutrientes inorgánicos disueltos del agua (Nitrógeno, Fósforo, Silicio, vitaminas entre otros), y a través de la fotosíntesis son responsables de producir la mitad de la producción de carbono orgánico y del oxígeno del planeta (como los bosques), y son una de las fuentes principales de alimento para moluscos, peces filtroalimentadores entre otros organismos acuáticos.

Los florecimientos algales ocurren de forma natural y por influencia antropogénica (humana), de forma natural porque en los cuerpos acuáticos, y en especial en el océano, en cierta época del año ocurren eventos de circulación y/o mezcla de masas de agua que “fertilizan” o ponen concentraciones de nutrientes en abundancia, lo que se conjuntan con condiciones ambientales propicias (irradiación solar, penetración de luz a

través de la columna de agua, temperatura) que generan condiciones ideales para que haya un florecimiento algal o fitoplanctónico.

Desde la antigüedad estos florecimientos se conocen como mareas rojas, pero ni son mareas, ni son necesariamente rojas. Al ser organismos fotosintéticos (como las plantas superiores) tienen distintos pigmentos para su actividad metabólica, por tanto su alta abundancia en la columna de agua puede cambiar el color de la superficie del agua en rojizo, amarillo, marrón o verde debido a sus pigmentos o porque ocurren distintas especies en la misma zona que se mezclan y generan tonalidades difusas, o primero una coloración y días después otra; incluso en ocasiones al ser organismos pequeños no se aprecia un cambio en la coloración alguna pasando el evento inadvertido para el hombre.

De forma antropogénica, los florecimientos algales sobre cuerpos de agua dulce se han asociado a la eutrofización (sobre enriquecimiento de nutrientes por aportes de agua residual) que puede ser por aportes directos desde asentamientos urbanos, industriales o difusos como ríos, escorrentías desde zonas agrícolas o deposiciones atmosféricas; lo que también ocurre sobre la zona costera; donde además ocurren algunas prácticas, que aunque prohibidas por leyes internacionales se realizan de forma impune o accidental como el vaciado de agua de lastre desde la bodegas de nivelación de grandes buques comerciales, que al venir de otras latitudes o continentes, introducen especies fitoplanctónicas ajenas o exóticas que pueden desplazar a las locales, las cuales pueden encontrar condiciones para ser dominantes, generando desplazamiento de especies con lo cual

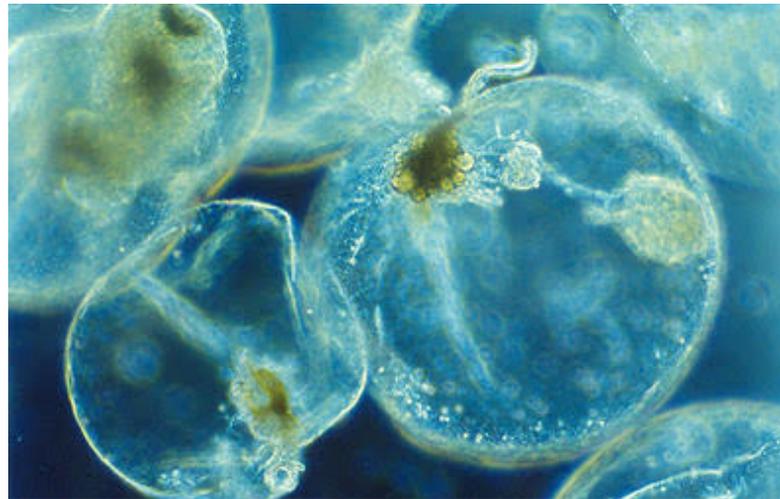


Foto: Cortesía del Dr. Aramis Olivos Ortiz, catedrático de la U de C.

los niveles tróficos superiores se pueden afectar al no encontrar su alimento básico y con esto provocar efectos ecológicos significativos en zonas costeras muy particulares.

Ahora bien, ¿por qué considerar a un Florecimiento Algal Nocivo (FAN)? Hay especies de fitoplancton, no todas, que producen metabolitos tóxicos que pueden afectar o incluso causar la muerte a organismos superiores que se alimentan de ellos, es decir, su impacto puede llegar a niveles tróficos superiores como invertebrados, peces, aves, tortugas, delfines, ballenas (bioacumulación) e incluso afectar al ser humano por contacto o al ingerir organismos que acumularon estos compuestos.

Un florecimiento algal también puede llegar a ser nocivo porque la cantidad de biomasa que se produce requiere de ser degradada por actividad bacteriana, lo que genera el agotamiento del oxígeno disuelto de la columna de agua y condiciones de asfixia que generan estrés o la mortandad de peces y otros organismos. Lo anterior aumenta significativamente la carga de material orgánico suspendido en la columna de agua que impide la penetración de luz desde la capa superficial de la columna de agua, lo que provoca un efecto “sombra” que inhibe la actividad fotosintética del fitoplancton y otras algas que inhibe la producción de oxígeno disuelto, impulsando efectos sinérgicos que se traducen en efectos nocivos en grandes áreas de cuerpos de agua.

La forma más frecuente de que las personas sufran de una intoxicación alimentaria con toxinas fitoplanctónicas es a través del consumo de moluscos bivalvos (de doble concha)

filtradores que pueden bioacumular altas cantidades de estas toxinas (ya que estos organismos ingieren fitoplancton y son inmunes a sus toxinas), como almejas, callo de hacha, mejillones y ostiones; en el caso de la intoxicación denominada ciguatera, se origina por el consumo de peces que habitan en los arrecifes coralinos como la barracuda y otros peces carnívoros. Sin embargo un ser humano que puede acudir a una playa puede sufrir de irritaciones en el sistema respiratorio o en la piel al quedar expuesto a los aerosoles que son desprendidos por el viento cuando este choca sobre la columna de agua y desprende las toxinas que llegan hasta la costa por efecto de la brisa.

En el medio marino de nuestro país, las especies tóxicas del fitoplancton más representativas se encuentran en la costa del Pacífico: *Gymnodinium catenatum*, *Pyrodinium bahamense* y *Pseudo-nitzschia australis*, productoras de toxinas paralizantes y ácido domoico. En el Golfo de México, *Karenia brevis* productora de brevetoxinas. En el Caribe, *Gambierdiscus toxicus* productora de ciguatoxinas. Y en aguas interiores del país (lagunas, embalses) *Microcystis aeruginosa* que se encuentra entre las especies productoras de microcistinas.

En nuestro país existen casos de a) descargas de aguas residuales (urbanas, industriales, agrícolas) sin un tratamiento adecuado; b) crecimiento del transporte marítimo debido al intercambio comercial internacional; c) implantación de sistemas de cultivo intensivo de diferentes especies (principalmente pescado y marisco) para el consumo humano y d) el desarrollo/crecimiento del turismo y los asentamientos urbanos. De lo anterior resulta lógica la presión de estas actividades humanas y los efectos que esto ocasiona, uno de estos puede ser el incremento de los eventos FAN a nivel internacional y de lo cual en México se sabe poco.

Por lo anterior las ficotoxinas son consideradas como un riesgo a la salud pública por lo que su presencia se monitorea y

se regula con base a un conjunto de leyes y normas sanitarias, entre las fundamentales destacan la Norma Oficial Mexicana (NOM-242-SSA1-2009) y la Guía técnica del Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PMSMB) de la Comisión Federal Contra Riesgos Sanitarios (Cofepris), se establecen los límites máximos permisibles (LMP) de 20 mg/kg para la concentración de ácido domoico (toxina amnésica de moluscos), 800 µg eq. STX/kg para las toxinas de tipo paralizante (saxitoxina y análogos), 160 µg/kg para el ácido okadaico (toxina diarreica de moluscos), 20 UR/100 g para la brevetoxina (toxina neurotóxica de moluscos) y 2.5 UR para la ciguatoxina en peces (UR = unidad ratón: cantidad suficiente de toxinas para matar un ratón de 20 g).

El esquema de control de ficotoxinas está resumido en el Plan de contingencia para el control de biotoxinas marinas, publicado en mayo de 2015 por la Cofepris para incorporar modificaciones recientes que no se mencionan en la Guía técnica ni en la NOM-242-SSA-2009. Este documento establece que la abundancia relativa de fitoplancton se debe de monitorear semanalmente en puntos de muestreo determinados por la autoridad sanitaria de cada estado costero como medida de alerta temprana.

En México la presencia de ficotoxinas se debe evaluar mensualmente en producto de las zonas de extracción de moluscos bivalvos, lo cual desafortunadamente no se realiza. La determinación de ácido domoico, saxitoxina y ácido okadaico se realiza por medio de pruebas rápidas como medida del control oficial de ficotoxinas, lo que



Foto: Cortesía del Dr. Aramis Oliveros Ortiz, catedrático de la U de C.

se hace en México y no en otros países debido a los “falsos positivos” que se pueden generar. Si existe un resultado positivo para el ácido domoico y saxitoxina por estas pruebas cualitativas, o por arriba del LMP en caso del ácido okadaico, se implementa una veda precautoria. Esta veda pasa a la categoría de veda temporal si la concentración de ficotoxinas es mayor al LMP cuantificada por métodos de referencia con equipo de laboratorio como el HPLC para ácido domoico y bioensayo en ratón para saxitoxina y ácido okadaico. La veda precautoria se levanta cuando la concentración de ficotoxinas es menor al LMP o se mantiene hasta obtener tres resultados por debajo del LMP en muestras consecutivas colectadas al menos cada cuatro días entre cada una de ellas.

En la actualidad muchos de sus efectos sobre la salud pública pasan inadvertidos pues no son atendidos por su causa original ya que después de entre 3 y ocho se manifiestan en un ser humano como dolor de cabeza, de estómago, mareo, fiebre, vómito, aunque en casos extraordinarios han causado la muerte, al ser diagnosticados como una infección en el estómago sin saber que una persona –por ejemplo- puede estar bajo los efectos de una de estas ficotoxinas. Esto también ocurre porque la población desconoce este fenómeno y piensa que al haber ingerido pescado o mariscos que previamente fueron cocidos en limón, hervidos o fritos estaban libres de bacterias... pero ignora que estas ficotoxinas son inoloras, insaboras, insípidas y soportan temperaturas de -1 a 105 °C y condiciones fuertemente ácidas sin ser desnaturalizadas, por lo que muchas veces se adquieren productos que pudieron haber sido extraídos en regiones lejanas o han pasado varios días en anaquel.

La ocurrencia de los FAN implica pérdidas económicas importantes por las vedas sanitarias que establecen las autoridades a las actividades relacionadas de pesca y acuacultura con lo cual los pescadores y sus familias son los más afectados al verse impedidos a salir a pescar o a extraer sus productos. Pero

también afectan a playas con potencial turístico/recreativo, porque las altas densidades de fitoplancton las hacen inadecuadas desde el punto de vista estético, ya que generan colores alarmantes, espumas y olores que ahuyentan a turistas locales o extranjeros generando pérdidas económicas a los proveedores de servicios como hoteles, restaurantes o prestadores de servicios acuáticos.

México, debido a la falta de recursos/infraestructura ha imitado mecanismos de acción de Estados Unidos, Canadá o la Unión Europea, ha implementado algunas normas sanitarias como niveles máximos permisibles de ciertas toxinas en pescado/marisco para consumo humano (sin ser los adecuados), ha generado directrices y estructuras organizativas dentro de las autoridades ambientales para abordar este problema sin recursos o infraestructura adecuada, o incluso sin aplicar la normativa vigente. Ante esta situación, los resultados no son alentadores, hay falta de gobernanza en este problema.

La idea que impulsó este libro se basó en los objetivos de la RedFAN (<https://redfan.cicese.mx/>) creada en el 2014 para contribuir al conocimiento científico de los FAN, entender sus causas y efectos sobre los ecosistemas, su impacto en la salud pública, mitigación y propuestas de manejo para el beneficio de la sociedad y sus actividades productivas. Para esto, era necesario establecer la línea base del conocimiento de este fenómeno en el país, y conocer el tipo de investigaciones que actualmente se realizan sobre la temática con el fin de identificar fortalezas y necesidades de desarrollo.

La mitigación del impacto de los FAN involucra varias áreas de atención, desde la correcta implementación de medidas regulatorias, el desarrollo de capacidades técnicas de monitoreo de biotoxinas y microalgas nocivas, la generación de información básica y aplicada sobre la fisiología y ecología de especies nocivas, así como la implementación de planes de manejo de especies con importancia comercial susceptibles de ser afecta-

das por los FAN, entre otras. Hacen falta estudios multidisciplinarios que revisen esta situación, que se optimicen recursos/infraestructura que conduzcan a la solución de los problemas ambientales en beneficio de los usuarios y sectores productivos de la zona costera.

Esta obra integra el trabajo pionero de algunos especialistas en el país, considera el conocimiento generado en las líneas de investigación actuales y refleja la situación actual de los FAN en México. Es el primer paso para establecer líneas de acción y generación de conocimiento en diferentes áreas de investigación, y permitirá generar una respuesta adecuada ante la evolución de la problemática asociada a los FAN en el país.

Uno de los productos más importantes que se han logrado para avanzar en generar conocimiento básico de esta problemática en nuestro país, fue la creación de la Sociedad Mexicana para el Estudio de Florecimientos Algales Nocivos (SOMFAN <http://somefan.org/>) el 22 de noviembre de 2010, que junto con la Asociación Latino-Americana para el estudio de Algas Nocivas (ALEAN) organizará su IV Congreso Nacional del 23 al 27 de octubre de 2017 en la ciudad de Cancún, Quintana Roo. Y que el Dr. Vera L. Trainer del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, USA), presidente de la International Society for the Study of Harmful Algae ratificará el nombramiento para que México en el año 2020, teniendo como sede al municipio de Los Cabos, Baja California Sur, organice la 19th International Conference on Harmful Algae donde se reúnen los especialistas más destacados para abordar temas de esta especialidad, donde nuestros colegas y estudiantes tendrán una actividad destacada.

Este libro es pues, el resultado de un esfuerzo colectivo de investigadores y estudiantes miembros de la RedFAN, así como la colaboración de investigadores de distintas regiones y disciplinas nacionales con intensa colaboración internacional que trabajan de forma decidida en promover el estudio de los

FAN en México para la atención de esta problemática ambiental, prevenir sus efectos y buscar soluciones ante las repercusiones en distintas actividades productivas y en la salud de la población.

#### ACERCA DEL AUTOR



**ARAMIS OLIVOS ORTIZ** es doctor en Ciencias del Mar por la Universidad de Barcelona, España. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1 y actualmente se desempeña como profesor investigador de tiempo completo en el Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad de Colima.

[aolivos@ucol.mx](mailto:aolivos@ucol.mx)

# AGENDA CGIC

**CIENCIA Y CAFÉ**  
**Starbucks Manzanillo**  
7:30 de la tarde

<b>IVÁN DELGADO</b>	¿Por qué nos da cáncer?	<b>3 de mayo</b>
<b>ALFREDO ARANDA</b>	El mundo cuántico y el más allá	<b>17 de mayo</b>
<b>ERNESTO TORRES</b>	Efectos del mar de fondo en las costas de Colima	<b>31 de mayo</b>

## @ BUZÓN DEL LECTOR

La opinión de los lectores de Reporte CGIC es muy valiosa para nosotros; los invitamos a participar enviándonos sus comentarios, quejas o sugerencias a [cgic@ucol.mx](mailto:cgic@ucol.mx)