



EDUCACIÓN CON
RESPONSABILIDAD
SOCIAL

UNIVERSIDAD DE COLIMA

CGIC

COORDINACIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

REPORTE

CGIC

OCTUBRE 2016 • AÑO 1 • No. 1
PUBLICACIÓN TRIMESTRAL

ÍNDICE

NUMERALIA	
Investigadores de la UCOL en el SNI	3
Productividad.....	14
ARTÍCULO DE ANÁLISIS	
Incentivos:	18
ESTÍMULO NACIONAL PARA TRANSFORMAR EL ROSTRO ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD DE COLIMA	
Fuentes de financiamiento para proyectos de Investigación.....	31
ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN	
El efecto de las drogas inhalables en el cerebro.....	34
ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN	
¿Es posible escuchar la densidad de un tambor?.....	40
AGENDA CGIC.....	46
BUZÓN DEL LECTOR.....	47

NUMERALIA

INVESTIGADORES DE LA UCOL EN EL SNI

El Sistema Nacional de Investigadores (SNI) es la instancia en México, que reconoce las actividades de producción de conocimiento científico y de tecnología. La distinción se otorga a través de la evaluación por pares y consiste en proporcionar el nombramiento de investigador nacional. Lo que representa la calidad y prestigio de las contribuciones científicas y tecnológicas.

El SNI cuenta con cinco niveles de distinción: candidato, nivel I, nivel II, nivel III y emérito. Los parámetros básicos que se consideran para el ingreso, permanencia y ascenso son: Publicación de artículos en revistas indizadas y con factor de impacto, publicación de capítulos de libros y libros en editoriales de prestigio internacional, obtención de patentes, citas por otros autores a los productos obtenidos, formación de recursos humanos e impartición de docencia (licenciatura y posgrado).

Hasta agosto del 2016, el total de profesores de la Universidad de Colima que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores es 179 (dato de CONACYT).

Según su sexo, 112 son hombres (62.6 %) y 67 son mujeres (37.4 %) (Figura No. 1).

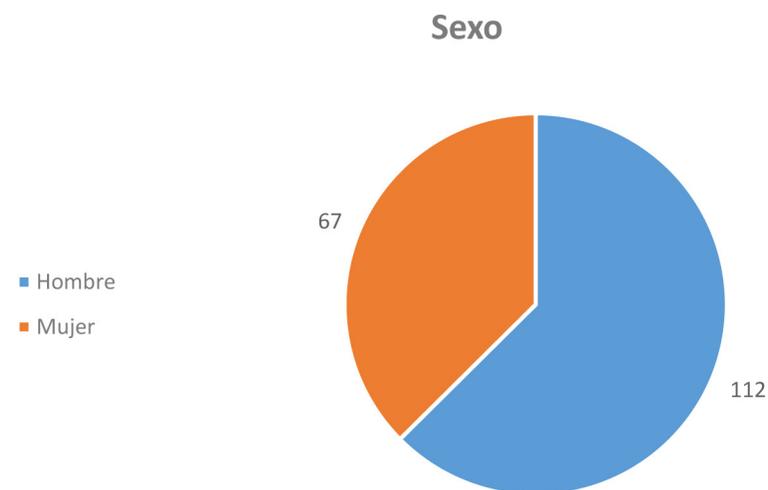


Figura No. 1. Distribución de los profesores de la Universidad de Colima, según su sexo. La mayoría son hombres.

De acuerdo al nivel en el SNI, se distribuyen de la siguiente manera: 49 candidatos (27.4 %), 99 nivel I (55.3 %), 26 nivel II (14.5 %) y 5 nivel III (2.8 %) (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.

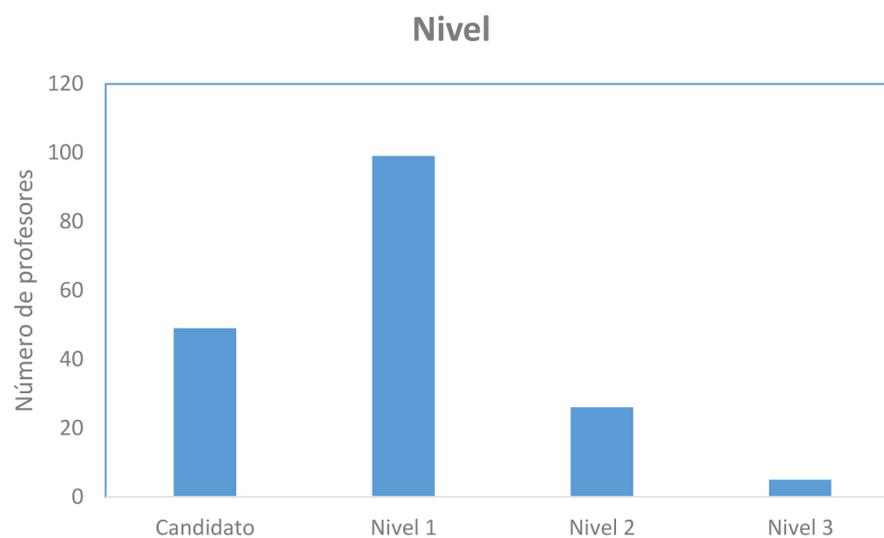


Figura No. 2. Distribución de los profesores de la Universidad de Colima, según el nivel en el SNI. Un poco más de la mitad está en el nivel I.

Según el área del conocimiento, la distribución es la siguiente: 27 en Ciencias de la Tierra y Físico-Matemáticas (15.1 %), 29 en Biología y Química (16.2 %), 28 en Medicina y Ciencias de la Salud (15.6 %), 39 en Humanidades y Ciencias de la Conducta (21.8 %), 38 en Sociales y Económico Administrativas (21.2 %), 10 en Ciencias Agropecuarias y Biotecnología (5.6 %) y 9 en Ingenierías (5 %) (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.

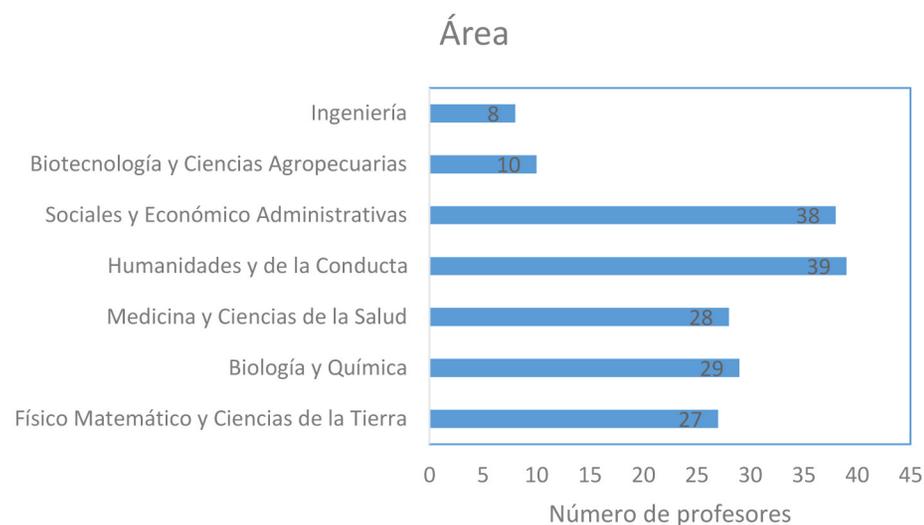


Figura No. 3. Distribución de los profesores de la Universidad de Colima, según su área de trabajo en el SNI. Las áreas con más profesores son la de Sociales y Económico administrativas y la de Humanidades y de la Conducta.

Según la edad de los profesores, se tiene que dos están en el rango de 25-30 años (1.1 %), 17 profesores están en el rango de 31-35 años (9.5 %), 45 profesores están en el rango de 36-40 años (25.1 %), 31 profesores están en el rango de 41-45 años (17.3 %), 27 profesores están en el rango de 46-50 años (15.1 %), 19 profesores están en el rango de 51-55 años (10.6 %), 18 profesores están en el rango de 56-60 años (10.1 %), 10 profesores están en el rango de 61-65 años (5.6 %), 7 profesores están en el rango de 66-70 años (3.9 %), 1 profesor en el rango de 71-75 años (0.6 %) y 2 profesores en el rango de 81-85 años (1.1 %). (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.

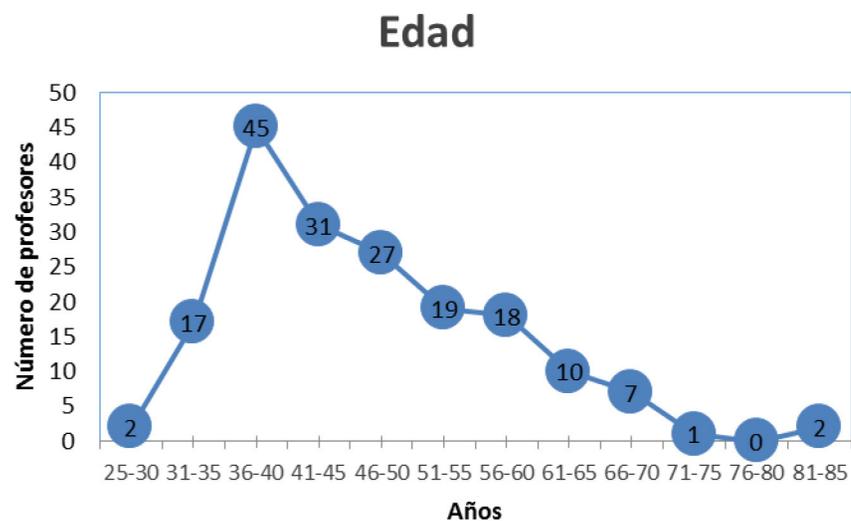


Figura No. 4. Distribución de los profesores de la Universidad de Colima pertenecientes al SNI según su edad. El rango de edad con más profesores es el de 36-40 años.

De acuerdo a su tipo de nombramiento, se tiene que el 80 % (143) de los profesores pertenecientes al SNI, son Profesores de Tiempo Completo (PTC), el 5 % son Catedráticos CONACYT (9), el 12 % son profesores por horas (22) y el 3 % son profesores realizando una estancia posdoctoral en nuestra Institución (5). (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.

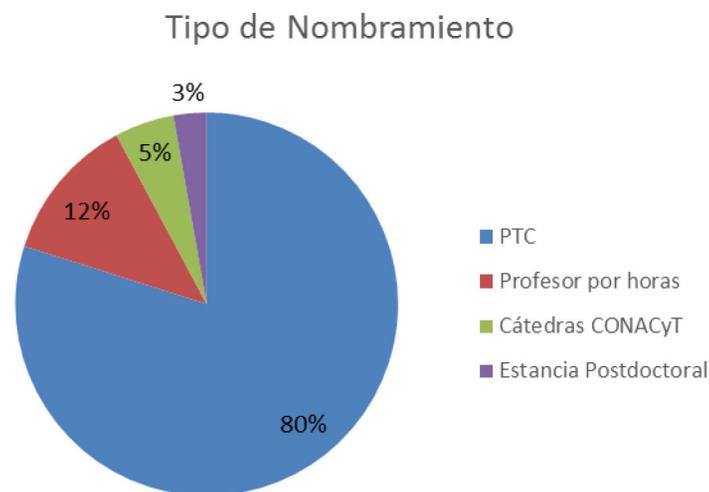


Figura No. 5. Distribución de los profesores pertenecientes al SNI de la Universidad de Colima, según su tipo de nombramiento. La gran mayoría son profesores de tiempo completo (PTC).

Si analizamos la distribución de profesores según el área y los diferentes niveles en el SNI, y considerando al total de profesores (179), se tiene que para el área de Físico-matemáticas cuenta con siete profesores en el nivel candidato (3.9 %), 12 profesores en el nivel I (6.7 %), siete profesores en el nivel II (3.9 %) y 1 profesor en el nivel III (0.6 %). El área de Biología y Química cuenta con siete profesores en el nivel candidato (3.9 %), 15 profesores en el nivel I (8.4 %), seis profesores en el nivel II (3.4 %) y un profesor en el nivel III (0.6 %). El área de Medicina cuenta con cinco profesores en el nivel candidato (2.8 %), 14 profesores en el nivel I (7.8 %), seis profesores en el nivel II (3.4 %) y tres profesores en el nivel III (1.7 %). El área de Humanidades cuenta con 12 profesores en el nivel candidato (6.7 %), 23 profesores en el nivel I (12.9 %), cuatro profesores en el nivel II (2.2 %) y cero profesores en el nivel III. El área de Sociales cuenta con 13 profesores en el nivel candidato (7.3 %), 23 profesores en el nivel I (12.9 %), dos profesores en el nivel II (1.1 %) y cero profesores en el nivel III. El área de Ciencias agropecuarias cuenta con cuatro profesores en el nivel candidato (2.2 %), cinco profesores en el nivel I (2.8 %), un profesor en el nivel II (0.6 %) y cero profesores en el nivel III. El área de Ingenierías cuenta con un profesor en el nivel candidato (0.6 %), siete profesores en el nivel I (3.9 %) y cero 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.

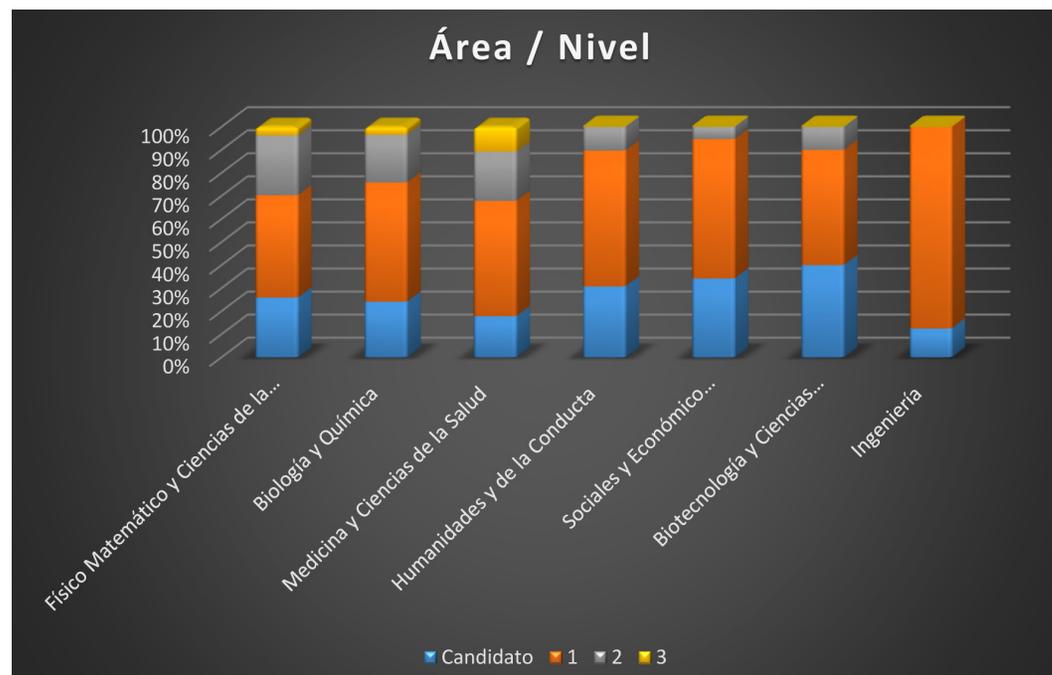


Figura No. 6. Distribución de los profesores de la Universidad de Colima, según su área y nivel en el SNI. Las áreas con distribución más homogénea y que cuenta con integrantes en los 4 niveles son Físico-matemáticas, Biología-química y Medicina.

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 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 ALOSTERICOS.	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 T	30/04/2015 A 29/4/18	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 29/4/18	VIGENTE

NOMBRE DEL PROYECTO	AREA	FONDO	RESPONSABLE TECNICO	MONTO	VIGENCIA	ESTATUS
DIAGNÓSTICO Y MANEJO INTEGRAL DEL SINDROME BACTERIANO ASOCIADO A XANTHOMONAS SPP. Y DE ENFERMEDADES EMERGENTES DE CAÑA DE AZUCAR (<i>SACCHARUM OFFICINARUM</i>) EN MÉXICO	BIOTECNOLOGÍA CONACYT Y CIENCIAS AGROPECUARIAS	DR. SALVADOR GUZMÁN GONZÁLEZ	475,100.00	30/6/15 A 16/10/17	VIGENTE	
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	26/2/16 A 26/2/18	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
SEMBRANDO CON CIENCIA	HUMANIDADES Y DE LA CONDUCTA	CONACYT	M.C. ANA KARINA. ROBLES GÓMEZ	1,000,000.00	15/5/16 A 30/11/16	VIGENTE
ADQUISICIÓN DE INFRAESTRUCTURA PARA UNA UNIDAD DE MEDICIÓN, MONITORIZACIÓN Y BIOTELEMETRÍA PARA LA INVESTIGACION 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	8/6/16 A 7/06/17	VIGENTE
ADQUISICIÓN DE INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICA Y EQUIPO ESPECIALIZADO DEL 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	8/6/16 A 7/06/17	VIGENTE

NOMBRE DEL PROYECTO	AREA	FONDO	RESPONSABLE TECNICO	MONTO	VIGENCIA	ESTATUS
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	30/7/16 A 29/8/19	EN FORMALIZACIÓN
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	20/9/16 A 19/9/19	EN FORMALIZACIÓN
CARACTERIZACIÓN MOLECULAR E IMPLICACIONES FISOPATOLÓGICAS DE LAS MICROVESÍCULAS SECRETADAS POR CELULAS 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	EN FORMALIZACIÓN
APLICACIONES DE ECONOMETRÍA EXPERIMENTAL EN LA ECONOMÍA EVOLUCIONISTA Y POSTULADOS DE SCHUMPETER EN LA TOMA DE DECISIONES DE INNOVACIÓN EMPRESARIAL.	SOCIALES	CONACYT	DRA. MAYRÉN POLANCO GAYTÁN	937,000.00	19/09/16 A 18/09/19	EN FORMALIZACIÓN
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	EN FORMALIZACIÓN
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	54,000.00	15/09/16 A 15/09/17	EN FORMALIZACIÓN

NOMBRE DEL PROYECTO	AREA	FONDO	RESPONSABLE TECNICO	MONTO	VIGENCIA	ESTATUS
SICISSIS, SISTEMA CENTRALIZADO DE SINCRONIZACIÓN DE SEMÁFOROS INALÁMBRICOS SOLARES.		CONACYTA - PROINOVV	DR. RAUL TEODORO. AQUINO SANTOS	1,100,000.00	30/12/2016	EN FORMALIZACIÓN
SISTEMA HORIZONTAL, MODULAR, SUSTENTABLE, CON APLICACIONES MÓVILES, QUE FACILITEN LA INTEGRACIÓN Y EL DESEMPEÑO EFECTIVO DE LAS ACTIVIDADES OPERACIONALES Y ESTRATÉGICAS DE HOSPITALES DE 5 A 49 CAMAS.		CONACYT- PROINOVVAM.C.	ARMANDO ROMAN GALLARDO	735,001.00	1/09/16 A 14/12/2016	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 CHAU CUPUL	12,500 USD	1/07/16 A 31/12/17	EN FORMALIZACIÓN
DESARROLLO DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD DE COLIMA.	HUMANIDADES Y DE LA CONDUCTA	CONACYT	MTR. ALEJANDRO SÁNCHEZ RODRÍGUEZ.	909,624.00	9/8/16 A 8/02/17	EN FORMALIZACIÓN
EFFECTOS DEL ABUSO DE CICLOHEXANO SOBRE LA CITOARQUITECTURA CEREBRAL Y SUS CONSECUENCIAS COMPORTAMENTALES. EN FORMALIZACIÓN	MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD	CONACYT. - PROBLEMAS NACIONALES	DR. OSCAR PORFIRIO. GONZÁLEZ PÉREZ	2,000,000.00	EN FORMALIZACIÓN	EN FORMALIZACIÓN
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	EN FORMALIZACIÓN	EN FORMALIZACIÓN

NOMBRE DEL PROYECTO	AREA	FONDO	RESPONSABLE TECNICO	MONTO	VIGENCIA	ESTATUS
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	EN FORMALIZACIÓN	EN FORMALIZACIÓN
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	EN FORMALIZACIÓN	EN FORMALIZACIÓN
FORTALECIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO DE AGROBIOTECNOLOGÍA DEL TECNOPARQUE CLQ PARA LA INNOVACIÓN Y DESARROLLO DEL SECTOR AGROALIMENTARIO DEL ESTADO DE COLIMA	BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS	FOMIX CONACYT	DR. SALVADOR GUZMÁN GONZÁLEZ	21,000,000.00	1/09/14 A 04/03/17	EN FORMALIZACIÓN
FORTALECIMIENTO INTEGRAL DEL LABORATORIO ANECOICO DE RADIOFRECUENCIAS EN EL TECNOPARQUE CLQ	INGENIERÍAS	FOMIX CONACYT	DR. JUAN REYES GÓMEZ	25,000,000.00	18/11/14 A 16/06/17	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.).

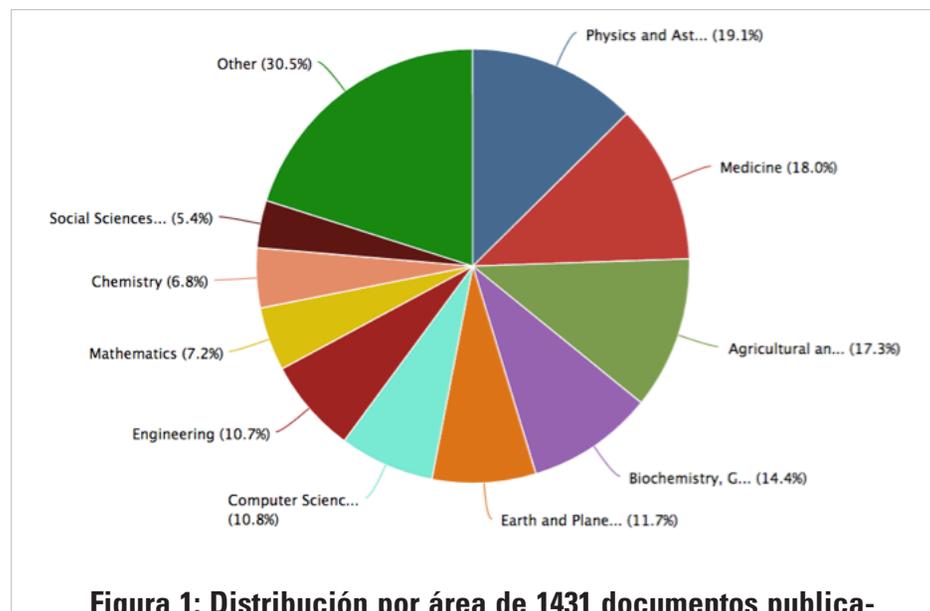


Figura 1: Distribución por área de 1431 documentos publicados en los últimos 15 años. Figura generada por SCOPUS

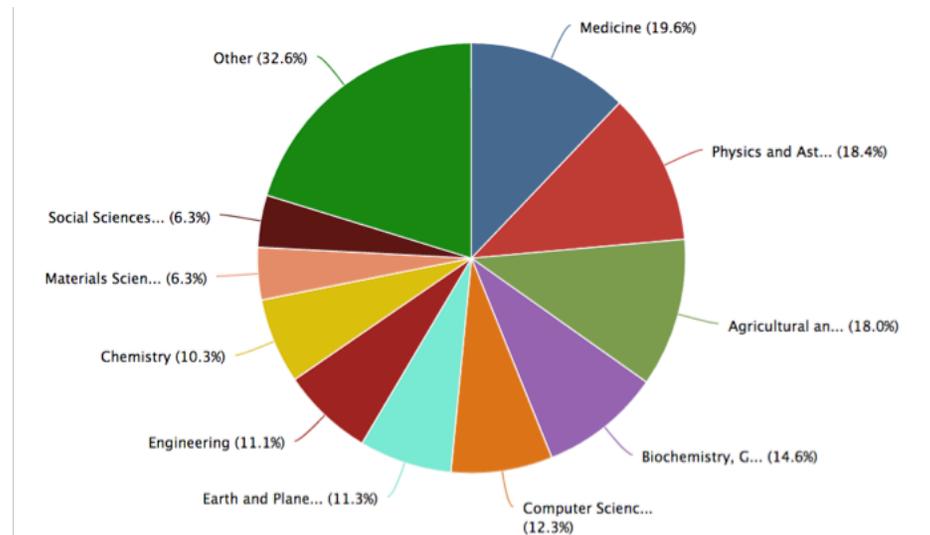
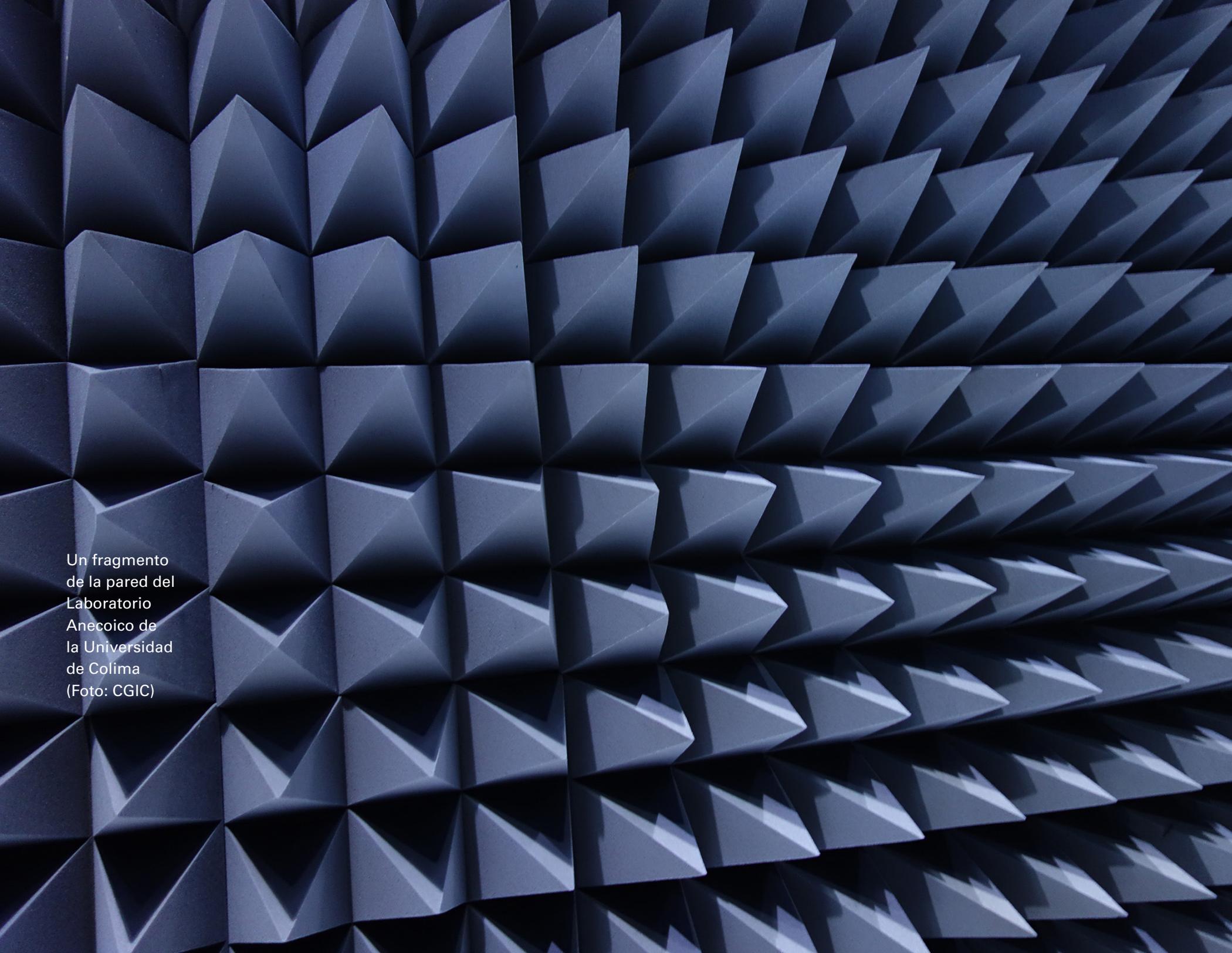


Figura 2: Distribución por área de 746 documentos publicados en los últimos 5 años. *Figura generada por SCOPUS*



Un fragmento
de la pared del
Laboratorio
Anecoico de
la Universidad
de Colima
(Foto: CGIC)

Incentivos:

Estímulo nacional para transformar el rostro académico de la Universidad de Colima

Dr. Juan González García

Director General de Divulgación Científica
de la Coordinación General de Investigación Científica

Introducción

A partir de mediados del siglo XX, el gobierno mexicano ha tratado de generar una base de académicos de nivel posgrado, para estar ad-hoc a los estándares que registran los países desarrollados. En efecto, en la década de los sesenta el gobierno observó la necesidad de contar con personal docente calificado, lo que llevó al país a embarcarse en un proyecto de construcción de capacidades docentes y científicas, propias, para formar a los profesionistas y científicos que el país necesitaba para su desarrollo socioeconómico futuro, así fuera con unos cuantos miles de docentes, aunque la mayoría de ellos, solo cantara con nivel licenciatura¹.

Luego de algunos años en los que, por la autarquía económica y ante la ausencia de una real política de ciencia, tecnología e investigación y desarrollo, México no se vinculara

mucho con el exterior, el ritmo de avance de la ciencia, la investigación y la innovación en México, caminó a pasos muy lentos. No fue sino hasta las décadas de los ochenta y noventa del siglo pasado, cuando el gobierno de México, ante la apertura de la economía, la obligatoriedad del ejecutivo de dar a conocer el plan nacional de desarrollo a más tardar el 31 de mayo del año siguiente al inicio del mandato y el anuncio de sus programas sectoriales que de él emanaron, que se plasmó la visión y obligación constitucional, de fortalecer las capacidades docentes y de investigación en el país.

En efecto, en la década de los ochenta, se establece el primer programa sectorial de educación como lo fue el Programa Nacional de Educación Superior (PRONAES) 1984-1988 y el Programa Integral para el Desarrollo de la Educación Superior (PROIDES), elaborados por la Comisión Nacional de Planeación de la Educación Superior (CONPES) (Pallán, 1993).

La creación del Consejo Nacional de Evaluación (CONEVAL) en 1990 y la entrega del reporte sobre la educación en México, realizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1994), fueron los detonantes de la reciente infraestructura, que con la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en 1970, se empezaba a perfilar para mejorar la calidad de la educación e investigación científica de calidad en el país.

El informe de la OCDE de 1994 analizó las causas estructurales de los bajos valores numéricos de los indicadores del nivel superior en: tasas de deserción y graduación de la ma-

trícula, nivel de habilitación del profesorado, involucramiento en proyectos sociales, productivos y de gobierno así como del nivel de productividad académica, expresada en artículos científicos, elaboración de libros y capítulos de libros, que las autoridades federales, desde presidencia misma, iniciaron una reforma estructural educativa, que buscara cambiar los valores adversos en los indicadores educativos, en este caso, del nivel superior (González, 1998).

Es en la década de los noventa, luego de la puesta en marcha del Acuerdo de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN o NAFTA, por sus siglas en inglés) de 1994, pero sobre todo en 1996, cuando la Secretaría de Educación Pública (SEP), inició una transformación institucional, que la llevó a adoptar a la planeación estratégica como el referente teórico, para transformar las viejas estructuras del sistema educativo mexicano y en particular el de la educación superior con la intención de adecuarlo ahora sí, a los estándares internacionales, para hacer posible una mejor inserción de México no solo en la globalización económica, sino en la globalización de la educación superior y las profesiones (Ramos, 1998).

De esta manera, apoyada en la planeación estratégica y la evaluación de la educación así como con la consolidación del neoliberalismo económico en las políticas públicas del gobierno, en el sexenio de 1994-2000, que ponderaron el productivismo, es que se dio pie a reestructurar el sistema y modelo de educación superior en una perspectiva al 2020, para poner ad hoc a las Instituciones de Educación Superior (IES) del país para competir con las grandes IES internacionales (Casillas, 1995; Sánchez, 1995).

A partir de estos años, acompañarían a las políticas educativas de la SEP, programas estructurales que en ese entonces nacieron como coyunturales, para canalizar recursos extraordinarios al nivel superior, con la finalidad de mejorar globalmente su funcionamiento, bajo los principios de la competen-

cia, pertinencia, calidad, cobertura, inclusión y a inicios del presente siglo responsabilidad social.

Surgieron así, entre otros, el Fondo para el Mejoramiento de la Educación Superior (FOMES); el Programa de Superación del Personal Académico (SUPERA) (Pallán, Et Al., 1995) y más tarde, el Programa Integral para el Fortalecimiento Institucional (PIFI) en tanto primeros programas en los que se establecería la nueva visión de la educación superior del gobierno mexicano: educación de calidad, con pertinencia social y visión de futuro.

De esta manera, a partir de recursos federales concursables, las instituciones educativas, entrarían a la competencia por recursos extraordinarios, acorde a sus problemáticas locales e

“ De esta manera, a partir de recursos federales concursables, las instituciones educativas, entrarían a la competencia por recursos extraordinarios...”

indicadores educativos en una perspectiva comparativa, pero en relación directa con los nuevos ideales del gobierno federal y sus políticas educativas (Santos, 2010).

Soportadas en el CONACYT y en Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP, hoy PROFOCIE), la evaluación del trabajo académico de estudiantes, docentes e investigadores, se constituyó como el punto de referencia, para determinar los montos de recursos extraordinarios que serían otorgados a las instituciones de educación superior (IES) dependiendo de su involucramiento con las grandes políticas

educativas nacionales. De esta manera, la modernización y transformación de la educación superior, iría a fondo y trastocaría a toda la estructura institucional de las IES y a sus actores principales: estudiantes, docentes y administrativos, en tanto razones de ser fundamentales de la educación superior (Magaña, 2006).

En este breve escrito, solo nos referiremos a los docentes y su nuevo rol en el modelo de educación superior mexicano. Particularmente, se revisará brevemente, cuál ha sido la evolución del personal docente en la institución, a partir de que se reformulan los fundamentos del modelo educativo nacional y de que nace y se hace de la figura del profesor investigador, el eje central de esta transformación del nivel superior del país y obviamente, de la propia la institución.

De Profesor o Investigador a Profesor Investigador de Tiempo Completo: PTC

La Universidad de Colima, nace con una perspectiva revolucionaria, para permitir a la clase trabajadora y campesina, contar con las oportunidades para su progreso material de vida, por lo que su orientación popular, quedó de manifiesto desde su primer hasta su última ley orgánica (Monroy Et. Al, 2010). Durante décadas, se ocupó en formar profesionistas, de corte contable, jurídico, administrativo y de la medicina. Para ello, contrató a sus profesores, cumpliendo estos, solo con el requisito de contar con una profesión y de estar dispuestos a involucrarse en este noble proyecto de contribuir, mediante la educación superior formal, al desarrollo socioeconómico de la entidad.

Desde su fundación, el 16 de septiembre de 1940 y hasta finales de la década de los setenta del siglo XX, la institución, cumplió, a su entender, con la formación de profesionistas, con la participación de otros profesionistas y de algunos cuan-

tos posgraduados, que por mutuo propio, empezaron a preocuparse por ir más allá de solo contar con un título profesional, para formar a otros profesionistas.

El agotamiento del modelo sustitutivo de importaciones y el nacimiento del nuevo modelo de desarrollo económico de 1983, requería contar un sistema educativo, que fuera más allá de la formación de profesionistas y se involucrara más en otras áreas de oportunidad para el nivel superior, en la sociedad: la extensión, la vinculación, la investigación científica y la gestión, formaron parte de las llamadas funciones sustantivas de la educación.

Obviamente, en el centro del país y en los polos de desarrollo regional, las grandes instituciones educativas del nivel superior, ya contaban con departamentos y áreas que abarcaban estas relativamente nuevas funciones, no así las IES del interior del país, que solo contaban con la infraestructura mínima y el personal suficiente para cumplir su misión principal: formar profesionistas que atendieran las necesidades de la sociedad.

En este contexto histórico reciente, la figura del profesor, era la de él formador de cuadros profesionales y su labor consistía en reproducir el conocimiento generado en el exterior, en las universidades europeas y norteamericanas, principalmente. El profesor del nivel superior, se convirtió en el docto en su materia, respaldado en el método de enseñanza aprendizaje memorístico tradicional, en tanto probado para la transmisión de conocimientos profesionales.

La década de los ochenta del siglo XX, se convertiría en el verdadero surgimiento de una universidad, sobre todo en el contexto estatal, en el real significado de la palabra. La universidad en tanto fuente y origen de conocimientos de todo tipo: técnicos, tecnológicos, científicos y de innovación y desarrollo, vinculados a los grandes problemas nacionales, regionales y estatales.

En la década de los ochenta, surge formalmente la función sustantiva de investigación científica en la Universidad de Colima, sustentada en su Ley Orgánica modificada en este año, replicando los modelos de las IES nacionales como la UNAM, con la creación de la Coordinación General de Investigación Científica (CGIC) y los Centros Universitarios de Estudios e Investigaciones diversos. En efecto, es a partir de 1981, cuando, asociado a la figura de los centros de investigación universitarios, surge la figura del investigador, en tanto individuo dedicado a estudiar, comprender, analizar y predecir los diversos tópicos de relevancia, tanto nacionales, pero principalmente regionales y estatales en la entidad.

“En la década de los ochenta, surge formalmente la función sustantiva de investigación científica en la Universidad de Colima...”

El investigador, concebido de esta manera, estaba destinado a generar, en algún momento, conocimiento relevante, que contribuyera a resolver los problemas de la entidad, obviamente para atender solo aquellos problemas de su incumbencia científica, pero también a tender los puentes para ir construyendo las bases institucionales suficientes para generar diálogos entre pares, para propiciar sinergias colectivas para el abordaje multidisciplinario de las problemáticas socio-naturales.

En estos años, no había un puente que vinculara de manera formal, vinculante a la investigación con la docencia. Durante

la década de los ochenta y casi toda la década de los noventa, el investigador podría o no, involucrarse en labores de docencia, dependiendo de una serie de factores: en primer lugar, que le gustara la docencia y hubiera una escuela o facultad donde prestar sus servicios; en segundo lugar, que hubiera una escuela o facultad, que le invitara a impartir clases y en tercer lugar, que convergieran gustos e invitación a impartir clases.

Muy a menudo no se cumplían las dos primeras condicionantes, de allí que solo un pequeño porcentaje de los investigadores contratados por la institución para hacer investigación, también hicieran docencia. La institución, para incentivar la impartición de clases de los investigadores, estipuló el pago aparte de las clases que impartiera, con un pago idéntico al de los profesores por asignatura de la institución. De esta manera, el incentivo, aunque mínimo, propició que más investigadores buscaran dar clases. Si a ello, se le auna el hecho de que el CONACYT creó en 1984, el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) incentivando con ello la dedicación de los investigadores, pues les reconoció también su aportación a la formación de recursos humanos de calidad.

El SNI, terminó por configurar el marco institucional, para el futuro surgimiento del profesor investigador. Solo faltaba que la SEP, estableciera su política institucional para hacer realidad la existencia de la figura del profesor investigador. Y ello, no tardó mucho. Efectivamente, después de que en 1996 la SEP, por medio de la Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica (SEP-SESIC) vinculó las labores de docencia e investigación, formuló la planeación educativa nacional de mediano plazo, 1996-2006, para construir los nuevos indicadores de la calidad para evaluar a la educación superior.

Para las IES del interior del país, la SEP-SESIC creó el PIFI en 2000, que inició formalmente en 2001 como PIFI1.0 cuya característica principal, fue la de ser el instrumento de planeación fundamental para atender todos los problemas y

rezagos en personal, infraestructura, planes y programas, incorporación de tecnologías de la información y comunicación, entre otras en las IES estatales.

A doce años de que se implementó por primera vez el PIFI, en sus diversas modalidades y justo en 2012, se logró observar un cambio estructural en los perfiles de la planta docente del país, pues, los PTC empezaron a estudiar posgrados tanto en

el país como en el extranjero, contribuyendo con ello, a elevar los indicadores de PTC con posgrado del total de PTC con que contaba cada IES (Santos, 2010; Amado, 2013).

En el cuadro 1, se puede observar cómo es que se ha dado esa transformación así como la manera en la que, los recursos extraordinarios del PIFI impactaron en los diversos indicadores sustanciales de las IES.

Cuadro 1. PTC, según su composición en México, 2002-2012.

ROL DE LOS PTC EN LA TRANSFORMACIÓN DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR				
INDICADOR	2002	2012	PORCENTAJE 2002	PORCENTAJE 2012
PTC	22987	31482	n.d.	n.d.
PTC con posgrado	14151	27515	61.6	87.4
Poblacion de PTC con doctorado	3421	11847	14.9	37.6
PTC adscritos al SNI	1778	5340	7.7	17
PTC con Perfil PROMEP	5556	15037	24.2	47.8
CA en consolidación	167	868	7.18	31.1

Fuente: SEP-SES—DGESU. 2014.

En 1998, la Universidad de Colima, crea la figura del profesor investigador, para dar nacimiento este nuevo tipo de ente académico, que nace para dar respuesta a la política nacional de hacer confluir ambas figuras en una sola, agregándole a estas funciones sustantivas, la de gestión, tutoría y vinculación. Los profesores e investigadores de tiempo completo, sin excepción, pasaron a conformar a la nueva figura, independientemente de sus habilidades y/o destrezas así como de sus intereses por la investigación.

Acompañó a la política institucional de contar con profesores investigadores de tiempo completo (PTC), la política de habilitación máxima de PTC para que obtuvieran el máximo grado académico de estudios de esa manera, contribuir a la mejora de la calidad de los indicadores educativos de la institución. El contar con el grado máximo de habilitación de los PTC, se consideró era la clave para iniciar el camino hacia la consolidación del nuevo modelo educativo de la SEP-SESI y de la propia institución.

De mediados de la década de los noventa, datan los primeros intentos de incentivar, con recursos federales, el involucramiento de los PTC en este nuevo modelo educativo. Sin convocatoria de por medio, se empezaron a otorgar incentivos discrecionales a los PTC. Posteriormente, al formalizarse en tanto política nacional para incentivar la productividad académica, surgió el programa de estímulos al desempeño docente (ESDEPED), que vino a convertirse en el principal programa nacional de incentivos económicos al personal académico para los PTC del país y de la institución.

Transformación de la planta docente en la Universidad de Colima.

Desde el punto de vista de la política educativa nacional y de la propia Universidad de Colima, las décadas de los ochentas y noventas del siglo XX, sin duda, fincaron las bases para comprender mejor, el surgimiento, evolución, complejidad y quizá perspectivas de la educación superior en el país y entidad. Particularmente en el nivel superior, que es donde la institución empezó a registrar grandes adelantos en comparación al resto de las universidades estatales.

Efectivamente, en el año 2000, luego de una década de iniciada la transformación estructural de la planta docente, la institución contaba con 525 PTC de un total de profesores de 1342, con 817 de horas o asignatura. El gran logro de la institución, fue que, en este año, el 62% de los PTC contaba ya con estudios de posgrado en México o en el extranjero, mientras que, en el año 1997, dicho porcentaje, solo representaba el 42% (Salazar, 2000).

La transformación académica de la institución, se confirma con el estudio de la reconfiguración académica de México-UdeC, 2007 (RAPM-UdeC, 2007) elaborado por Cedillo, De la Cruz y Rodríguez (2008) en el que, de un total de 409 PTC, 243 participantes del estudio, contaban con un posgrado. De esta manera, se confirma que en tan solo una década, la Universidad de Colima, consolidó su nueva estructura académica en relación con el resto del país, superando incluso varios de los promedios nacionales en indicadores de: PTC con posgrado; PTC con grado de doctor; PTC con Perfil PROMEP y PTC en el SNI.

Con ello, se confirmaba que, luego de dos décadas de iniciado el cambio en las políticas para el surgimiento, desarrollo y consolidación de los PTC en tanto ejes centrales del nuevo modelo educativo, la institución estaba ya preparada para consolidarse en el ámbito regional y/o inclusive nacional.

Cuadro 2. Síntesis de capacidad académica institucional

Indicadores PTC	2002		Marzo 2014		Variación 2002-2014		Media nacional (a dic. De 2013)	
	ABSOLUTOS	%	ABSOLUTOS	%	ABSOLUTOS	%	ABSOLUTOS	%
PTC	374	38.7	480	100	106	28.34	No aplica	
PTC con posgrado	296	79.1	464	96.3	166	56.08	90.35	
PTC con posgrado en el área disciplinar de su desempeño	259	69.3	445	92.7	186	71.81	n.d.	
PTC con doctorado	89	23.8	264	54.6	173	194.4	43.41	
PTC con doctorado en el área disciplinar de su desempeño	82	21.9	247	51.5	165	201.2	n.d.	
PTC con perfil	155	41.4	322	69.8	180	116.1	53.99	
PTC con SNI	42	11.2	126	27.7	91	216.7	19.13	
CAC	3	5.5	22	31.9	19	633.3	25.99	
CAEC	5	9	18	26.1	13	260	32.81	
CAEF	47	85.5	29	42	-18	-38.3	41.2	
Total, de CA	50	100	69	100	14	26.45	n.d.	

Fuente: PIFI 2014-2015. Universidad de Colima.

En términos absolutos, entre 2016 y 2017, la institución, fortalecerá aún más su grado de habilitación de sus PTC, ya que en 2014, la SEP-PROMEP otorgó 68 becas a la institución para que sus PTC realizarán estudios de posgrado. Con ello, prácticamente la institución logrará el 100% de sus PTC con posgrado y alrededor del 60% con grado de doctor. Esto ya se logró en 2016, cuando, la institución logró contar con el 60% de su planta docente con estudios de doctorado.

Cuadro. 3. Involucramiento de PTC del SNI en ESDEPED, 2010-2016.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016*
PTC registrado en PRODEP	472	477	478	479	474	486	505
PTC con doctorado	222	233	249	258	264	277	301
PTC con maestría	224	219	206	198	188	189	183.
PTC con especialidad	5	4	4	5	4	3	4
PTC con licenciatura	21	21	19	18	17	17	17
PTC con perfil deseable	326	327	336	337	322	327	348
PTC adscritos al SNI/SNC	121	131	136	134	126	143	147
Candidatos	29	25	22	22	17	26	31
Nivel I	73	87	93	84	80	87	90
Nivel II	16	15	17	24	25	26	21
Nivel III	3	4	4	4	4	4	5
CA reconocidos por PRODEP	61	66	66	69	69	72	70

Fuente: Universidad de Colima, DGDPA. Nota: * Preliminar

Además de los incentivos institucionales para el logro de la máxima habilitación de sus PTC como son la becas de la SEP y del CONACYT para incrementar el porcentaje de PTC con posgrado, ha habido dos incentivos fundamentales, para que los profesores busquen contar, ya sea con el perfil PROMEP o con buscar su membresía en el SNI y estos son las becas monetarias que ambos otorgan a la productividad del profesor: los niveles de estímulos medidos en salarios mínimos al desempeño docente y las categorías que otorga el SNI a los investigadores nacionales y sus distintos montos de salario mínimos mensuales, en relación con la categoría de Candidato a Investigador Nacional e Investigador Nacional, niveles I, II o III de dicho sistema.

Un último incentivo, aunque intermitente, lo constituyen los concursos de recategorización de la plaza, que esporádicamente realiza la institución. En 2006, la institución recategorizó al 52% de los PTC participantes en la convocatoria; en 2008 al 53% y en 2012, al 63% PTC, siendo este último número, el máximo porcentaje logrado de las últimas tres convocatorias.

ESDEPED: Principal incentivo para reconocer la productividad académica.

En el marco de las políticas de libre competencia que imperan en el orbe, el mundo de la educación no ha estado exento de la competencia, competitividad y productivismo. En un estudio de la OCDE de 2011, se hace un análisis en torno a el marco de la evaluación y el desempeño, revisándose innumerables casos de países de todos los continentes. En dicho estudio, se concluye que no hay un único esquema ni programa para evaluar el involucramiento e incentivar el desempeño docente, pero sí que los resultados de ambos, son positivos, de manera parcial. Es decir, los resultados, están en función, finalmente de los recursos que se canalizan para estimular la educación de calidad, evaluarla objetivamente e incentivar a quienes ofrecen y logran mejores resultados académicos (OCDE, 2011).

En México, uno de los principales mecanismos para estimular la educación de calidad, es el llamado ESDEPED. Este programa, surge en una coyuntura nacional, durante la década de los noventa del siglo XX. Durante casi toda esta década, cada institución maneja discrecionalmente los recursos que se asignarían, de acuerdo a sus objetivos, pero siempre sujeto, a los recursos que canalizaría a las IES la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).

En el caso de la Universidad de Colima, durante la mayor parte de los años de la década de los noventa, los recursos se canalizaron a los Profesores y/o investigadores, que se enteraban de que la SEP había canalizado recursos y que se debían entregar a ellos. No es sino hasta 1999, cuando la SEP, ante las divergencias marcadas en las IES, decide emitir la convocatoria nacional, considerando los lineamientos para participar por los recursos concursables por las IES mediante el cumplimiento de una serie de requisitos bien definidos.

La convocatoria de 1999 para operar en el año 2000, dio por terminada la discusión en torno a quiénes tenían derecho a participar en ella, al determinarse tres criterios básicos: calidad en el desempeño docente (grado y nivel académico; docencia frente a grupo, tutorías, investigación y participación en cuerpos académicos); dedicación (impartición de cursos) y permanencia (antigüedad en la institución). Desde esta primera convocatoria de 1999 hasta la de 2016, la SEP-SES-PRODEP reconoce 9 categorías (I a IX) del ESDEPED con incentivos económicos que van desde 1 hasta 14 salarios mínimos del distrito federal (SMMDF), hoy Ciudad de México (SEP-SES-DGSUP, 2016).

Para el caso de la Universidad de Colima, desde los primeros años de la década pasada, las autoridades universitarias, decidieron introducir un ajuste a los niveles salariales a otorgar, reduciéndolos de 14 SMMDF, con ocho categorías y en los últimos años de esa primera década, se volvió a hacer un ajuste, para incrementar en hasta 9 SMMDF el incentivo. Este ajuste, se debió al crecimiento elevado que se registró en la productividad académica y por la restricción de los recursos públicos que la SHCP canalizaba a las IES.

En el cuadro siguiente, se observa cuál ha sido la evolución de la participación de los PTC en el ESDEPED en los últimos seis años, notándose aún entre 2010 y 2013, el incremento elevado al que se hizo mención en el párrafo anterior, cuando el acumulado mensual de SMMDF llegó a su máximo histórico en 2010 con 1813 SMMDF.

Cuadro 4. Incentivos ESDEPED, 2010-2016.

Año	Participantes	Beneficiados	Salarios mínimos mensuales
2010	248	280	1813
2011	308	290	1637
2012	306	282	1704
2013	264	263	1637
2014	266	261	1074
2015	249	246	1110
2016	255	244	1081

Fuente: DGDPA. Universidad de Colima, 2016.

Desde el punto de vista de la calidad de la productividad académica, en 2013 se emitió un nuevo reglamento para normar la productividad de los PTC, enfatizando más la calidad que la cantidad, por lo que se introdujo un ajuste en los criterios. Destacando el hecho de que, se revaloró la calidad de la investigación, midiendo ésta por los proyectos financiados, el factor de impacto en las publicaciones y la formación de grupos de investigación, además del involucramiento en las otras funciones sustantivas.

Como resultado del último ajuste de 2013, entre 2014 y 2016, el monto total de SMMDF pararon su tendencia creciente, mostrando más bien una contracción de alrededor del 35 %. Este nuevo punto de equilibrio, permite contar con un instru-

mento más realista de la productividad global de los PTC y su involucramiento en las funciones sustantivas de la institución.

En los resultados de la convocatoria ESDEPED 2016, el cuadro 5, brinda información sobre los niveles alcanzados por los PTC de la institución. Del cuadro, se deriva el hecho de que, el 53.68 % de los recursos destinados a los PTC, se encuentran en los niveles III, IV y V de niveles medidos en unidades de SMMDF y de que, el 25 % de los recursos, se distribuye entre 60 PTC, que reciben un incentivo económico de IV niveles de SMMDF. De esta manera, los estímulos al desempeño docente, muestran una distribución normal, por lo que se cuenta ahora, con un instrumento que es más realista para reflejar la productividad académica de los PTC.

Cuadro 5. Niveles de salarios mínimos asignados

A LOS PTC DE LA UNIVERSIDAD DE COLIMA EN 2016.		
ESDEPED	Absolutos	%
Nivel I	12	4.92%
Nivel II	23	9.43%
Nivel III	38	15.57%
Nivel IV	61	25.00%
Nivel V	32	13.11%
Nivel VI	31	12.70%
Nivel VII	26	10.66%
Nivel VIII	21	8.61%
Total	244	100.00%

Fuente: DGDPA. Universidad de Colima. 2016.

Del cuadro, se puede observar que, prácticamente la totalidad de los PTC adscritos al SNI participa en las convocatorias del ESDEPED, dándole más fortaleza a éste, que en sus criterios de otorgamiento, exige que cuando menos el 25% de los recursos del programa, sean para incentivar la participación de los PTC en el reconocimiento a su involucramiento en las otras funciones sustantivas de la institución.

Con este involucramiento, se elimina el mito aquel de que, los PTC adscritos al SNI, no se involucran en la docencia ni

en las demás funciones sustantivas de la institución. Cabe destacar que, de los PTC adscrito al SNI, las categorías de Candidato y, sobre todo, Nivel I, son en quienes parecería haber un mayor involucramiento, por ser ellos, quienes suman más. Sin embargo, ampliando el espectro, también los Niveles II y III, se involucran al 100%.

Conclusiones

La política educativa nacional de las últimas décadas, está enfrentando la transición de una economía y sociedad, basada en métodos tradicionales de producción y de educación a una de mayor competencia y competitividad, por medio del incremento de la productividad.

El sector y sistema educativo, no es la excepción. Todas las IES del país, han adecuado sus estructuras y marcos institucionales a los nuevos entornos de competencia y productivismo. En estos escenarios, se encuentra la Universidad de Colima, en tanto IES que forma profesionistas y posgraduados, pero también cumple otras tantas funciones sustantivas, donde la investigación científica, es factor clave.

De hecho, tanto en el país como en la institución, la consolidación de una planta docente con el grado de doctorado en su totalidad, es aún una aspiración, que se nutre de la idea de que, al contar con una planta docente con máxima habilitación, se podrá aspirar a contar con una mayor educación de calidad y formación de profesionistas y posgraduados, también, con altos estándares de calidad, lo que aún no se logra.

Respecto al rol de los PTC, se les pide a estos, que realicen con eficacia todas sus funciones sustantivas, con incentivos como la basificación, los ascensos escalafonarios y sobre todo, los incentivos económicos. En este tenor, el ESDEPED, es el principal incentivo económico que el país ha generado para las IES y es el instrumento con el que se reconoce el grado de involucramiento de los PTC en las funciones sustantivas, sobre todo en las IES estatales.

A casi dos décadas de operar formalmente el ESDEPED, bajo las reglas de la SEP-SES, no se puede negar que ha sido fundamental para propiciar la transformación de la planta docente del país y de la institución. La institución, ha adecuado el reglamento del ESDEPED, para permitir la participación

masiva de los PTC que cumplan con los requisitos para participar en las convocatorias.

En el caso de la función sustantiva de la investigación científica, el ESDEPED ha cumplido su función, al involucrar a la totalidad de los PTC adscritos al SNI en las convocatorias anuales del programa, quienes, al reiterar su nivel de productividad, obtienen un incentivo adicional, al trabajo que les evalúa el SNI anualmente y en cada periodo de renovación de la adscripción, según los plazos que el organismo le evalúa.

Obviamente, aún hace falta diferenciar y ponderar mejor la participación de los PTC miembros del SNI en el ESDEPED puesto que su involucramiento, brinda certeza a las autoridades federales, de que dicho programa, tiene cubierta la cuota de calidad de la productividad académica, quedando quizá pendiente, el discriminar mejor, la manera en la que dicha contribución y niveles alcanzados por la comunidad del SNI en el ESDEPED, refleja realmente la relación: Máxima habilitación de escolaridad- Adscripción y categoría dentro del SNI y Nivel de ESDEPED alcanzado.

En este tenor, el nuevo reglamento del ESDEPED de 2013, está marcando un parteaguas en el involucramiento de los PTC en las metas y funciones sustantivas de la institución, al exigirle al PTC dedicación de calidad a sus funciones sustantivas, y en lo que atañe a los PTC adscritos al SIN cuya fortaleza principal es la función sustancial de investigación científica, les está exigiendo dar el salto cualitativo a la producción de calidad.

La investigación científica, sin duda se ha transformado en la institución, liderada por los PTC de máxima habilitación, que ahora tienen la exigencia y necesidad de publicar productos académicos de alto impacto, lo que sin duda es positivo para la consolidación de esta función sustantiva en la institución, que ya cuenta con una base de científicos, capaces de

buscar que sus publicaciones estén en las revistas y editoriales de mayor reconocimiento en México y el mundo.

Por lo anterior, se concluye este escrito, planteando la necesidad de que la institución revalore el surgimiento de estímulos diferenciados para sus PTC, o bien dándole un rebalanceo a los productos académicos, para su mejor reconocimiento o bien, pensar ya en la necesidad de plantear alguna de las siguientes opciones: a) publicar convocatorias para los PTC que hacen principalmente docencia; b) publicar una convocatoria para los que hacen principalmente investigación; c) acotar en tiempos la duración y vigencia de las convocatorias y otorgar incentivos diferenciados: al perfil PROMEP y a la pertenencia al SNI o SNC. Cualesquiera de estas opciones son factibles, ya que algunas de ellas, ya se llevan a cabo en alguna de las IES del sistema SEP-SES del país.

Referencias

- Amado Moreno, María Guadalupe; Sevilla García, Juan José y Jesús Francisco Galaz Fuentes. *La Productividad Académica en las Universidades Tecnológicas Mexicanas en Rev. Actualidades Investigativas en educación. Vol. XIII. No. 2 Pp. 1-19. México.*
- Camarillo Hinojoza, Hugo Manuel (2015). *Implicaciones de la Actividad Académica. Percepciones y Preocupaciones de los PTC de la UACJ Acerca de su Permanencia en el SNI. Rev. Sinéctica-ITESO. Pp.1-22 (http://www.sinectica.iteso.mx).*
- Casillas Muñoz, María de Lourdes (1995) *Los Procesos de Planeación y Evaluación. Col. Temas de Hoy. ANUIES. México.*
- Cedillo Nakay, Ramón Arturo, De la Cruz Santana, Ana Lilia y Rocío Guadalupe Rodríguez García (2008). *Una Perspectiva Global de los Académicos de la Universidad de Colima. Universidad de Colima, México.*
- DGDPA. <http://portal.ucol.mx/digedpa/directorio.htm>
- González Ibarra, Juan de Dios (1998). El TLC y Universidad Mexicana Alternativa en Vargas Uribe, Guillermo (1998). *El Impacto del Tratado de Libre Comercio en la Educación Superior Pública. UMSNH. Pp. 253-272. México.*
- López Leyva, Santos (2010) *Cuerpos Académicos: Factores de Integración y Producción de Conocimiento. Rev. de la Educ. Sup. Vol. XXXIX No. 155. Pp. 7-26 México.*
- Magaña Echeverría, Martha Alicia, Montecinos López, Osvald Antonio y Carlos Moisés Hernández Suárez (2006). *Comparación del Nivel de Escolaridad para el Desempeño Docente y Académico. Rev Mexicana de Investigación Educativa. Vol. 12. No. 22. CMIE. Pp. 615-534. México.*
- Monroy Galindo, Carlos Eduardo; Tapia Lázaro, Gloria I.; García Contreras, Ana Lilia y López Molina, Sergio A. (2010). *Reseña Histórica de la Universidad de Colima. Universidad de Colima, México.*
- OCDE (2011) *Establecimiento de un Marco para la Evaluación e Incentivos Docentes. Consideraciones para México. OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/9789264059986-es*
- Pallán Figueroa, Carlos (1993). *La planeación en la historia del desarrollo universitario*, en Fernández Alfredo L. y Laura Santini, compiladores 1993, *Dos décadas de planeación de la educación superior*, ANUIES, pp. 35-52. México.
- Pallán Figueroa, Carlos; López Zarate, Romualdo; Mungaray Lagarda, Alejandro; Marín Espinosa, Elia; Mendoza Rojas, Javier; Mejía Montenegro, Jaime; Noriega Chávez, Margarita y Graciela Díaz Hernández (1995). *La Educación Superior en México. Col. Temas de Hoy No. 1 ANUIES. México.*
- Ramos Sánchez, Daniel (1998). *La Inserción de México en la Globalización y Regionalización de las Profesiones. FCE-IPN, México.*
- Rodríguez Vivas, Roger Iván y Carlos Quintal Franco (2002). *El Programa de Estímulos al Desempeño Docente en la Universidad Autónoma de Yucatán. Rev. UAY. No. 222. Pp. 32-43. México.*
- Sánchez Soler, María Dolores (1995). *Modelos Académicos. Col. Temas de Hoy. ANUIES. México.*
- Salazar Silva, Carlos (2010). *Cuarto Informe de Labores. Universidad de Colima. México.*

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. En este primer número hacemos referencia a fuentes de financiamiento que de manera regular tienen convocatorias abiertas, en diferentes ramos de la ciencia y la tecnología.

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>

FRONTERAS DE LA CIENCIA 2016 CONVOCATORIA

<http://www.conacyt.gob.mx/index.php/convocatorias-conacyt/12804-fronteras-de-la-ciencia-2016-convocatoria/file>

<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

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>



Laboratorio
de la Facultad de
Ciencias Biológicas
y Agropecuarias
(Foto: CGIC)

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

Aquí encontrarás artículos de divulgación que describen de forma sencilla los resultados publicados en revistas de calidad internacional por nuestra comunidad científica.

El efecto de las drogas inhalables en el cerebro

Tania Campos Ordóñez
Oscar González Pérez

Panorama general

El abuso frecuente de alcohol u otras drogas causan problemas en la salud, discapacidad y disfunción en el hogar, la escuela y el trabajo. En casos severos, el abuso crónico de drogas provoca alteraciones cerebrales, las cuales ocasionan cambios en la conducta tales como: bajo control de impulsos e inadecuada percepción al riesgo o en la toma de decisiones. Estos hechos motivan el uso compulsivo de una droga y favorecen la incapacidad del sujeto para dejar de consumirla por sí mismo, fenómeno al cual llamamos adicción (1). A nivel mundial la adicción a productos industriales como la gasolina, los pegamentos, los diluyentes de pintura, entre otros, representa un

problema de salud importante y un desafío para los profesionales de la salud, para encontrar estrategias de prevención y tratamiento para mejorar la salud física y mental de los individuos que desarrollan esta enfermedad.

El abuso a estas sustancias ocurre cuando un sujeto inhala intencionalmente los vapores químicos (que contienen solventes orgánicos) de los productos industriales, con el fin de producir un efecto estimulante, euforia, hiperactividad y alterar la consciencia. Dichos productos suelen ser de bajo costo, de circulación legal, y fáciles de conseguir en el hogar, supermercados y otros sitios, lo cual facilita el desarrollo de su abuso (2). Las alteraciones cerebrales y condiciones médicas relacionadas con la dependencia a estos inhalables refieren daños neurodegenerativos, desórdenes psiquiátricos (trastorno bipolar, síndrome depresivo, trastorno de ansiedad generalizada) así como, demencia, riesgo suicida y muerte repentina (2, 3).

Descripción del problema

Con ayuda de la investigación científica, se estudia el mecanismo de acción que ejercen estas sustancias sobre el cerebro de personas consumidoras, y se intenta descubrir cómo es que ocurren cada uno de los efectos adversos, para eventualmente poder combatirlos. Uno de los inhalables de abuso es el ciclohexano, este solvente orgánico que se ha utilizado como el reemplazo “seguro” de solventes categorizados como dañinos (n-hexano, benceno o xileno) y que se encuentran presentes en la gasolina, pegamentos, lacas, pesticidas y otros productos industriales (4). Una vez que el ciclohexano es inhalado, se introduce en el sistema circulatorio y se distribuye a varios órganos, incluido el cerebro. En una investigación en voluntarios expuestos únicamente a vapores de ciclohexano a 250 partículas por millón (ppm) reportaron dolor de cabeza y bajo

rendimiento en rubros de una prueba de memoria verbal (5). No obstante, durante el consumo de inhalables de abuso, los individuos inhalan concentraciones altas (>6000 ppm) varias veces al día (2), por ello es difícil precisar el efecto del abuso del ciclohexano sobre el cerebro humano.

Por consideraciones éticas, el uso de modelos animales que imitan el abuso de inhalables en humanos son importantes para evaluar los efectos de sustancias que podrían ser potencialmente dañinas para los seres humanos, en este caso el ciclohexano (2, 4, 6). De esta manera, la investigación en animales de laboratorio nos permite indagar las observaciones realizadas en humanos, ya que mediante experimentos controlados se pueden identificar las relaciones de causa-efecto, por ejemplo, el determinar si el abuso de ciclohexano (causa) provoca daño cerebral (efecto). Si bien, las condiciones humanas están compuestas de múltiples factores biopsicosociales que emergen de cada patología, los modelos animales se aproximan a estudiar alguna de las características de dicha condición humana (6).

Solución

En el Laboratorio de Neurociencias de la Universidad de Colima, inicialmente nos preguntamos: ¿Cuáles serían los efectos de la exposición a altas concentraciones de ciclohexano sobre la memoria espacial y el “hipocampo” de ratones adultos? Primero debemos mencionar que el hipocampo en humanos es una estructura cerebral conformada por neuronas que están implicadas en la mediación de respuestas emocionales y de memoria episódica, es decir, nos ayuda a la formación de recuerdos a largo plazo de nuestras experiencias diarias y a la regulación de emociones (7). En animales, se encarga de codificar, almacenar y recuperar información acerca de rutas, configuraciones y localizaciones espaciales que les son útiles para

encontrar su alimento, escapar de sus depredadores y sobrevivir (7, 8). Estos procesos cognitivos se asocian al desarrollo de la conducta adictiva, porque intervienen durante la búsqueda y obtención de la droga. Por ello, el estudio de esta estructura cerebral fue fundamental para este estudio.

Para poder indagar sobre la anterior incógnita, primero desarrollamos un modelo animal de exposición a altas concentraciones de ciclohexano en ratones, con el objetivo de imitar parcialmente la condición a la cual están expuestos los individuos que inhalan miles de ppm de este solvente. Construimos unas cajas de vaporización en las cuales expusimos a la mitad de los ratones a ciclohexano y a la otra mitad a solución salina (una sustancia que no causa daño al organismo al ser inhalada), posteriormente realizamos una prueba de conducta para evaluar memoria espacial en los ratones, y finalmente, observamos al microscopio lo que ocurría en el hipocampo de estos animales.

Realizamos un compilado de nuestros resultados con el título “Cyclohexane Produces Behavioral Deficits Associated with Astrogliosis and Microglial Reactivity in the Adult Hippocampus Mouse Brain”, publicado en la revista de divulgación científica *Cellular and Molecular Neurobiology*. En este estudio los ratones que estuvieron expuestos a altas concentraciones de ciclohexano durante 30 días mostraron altos niveles de estrés oxidativo y reactividad glial (astrocitos y microglía) en el hipocampo, sin afectar su desempeño en la prueba de memoria espacial comparados con el grupo de ratones en la caja sin ciclohexano que no mostraron ningún signo de daño (Figura 1). El impacto en el cerebro de estos resultados lo resumimos a continuación.

Durante el metabolismo celular de los mamíferos, incluido el humano, se generan varias sustancias, entre ellas los radicales libres de oxígeno (sustancias químicas altamente reactivas) que promueven un mecanismo de oxidación en las células.

Para explicar este efecto podemos pensar lo que ocurre en la vida cotidiana cuando cortamos una manzana y dejamos expuesto su interior al ambiente, la coloración café que adquiere, es producto de la oxidación y el inicio de un proceso degenerativo. De esta manera, cuando ocurre un estado patológico en mamíferos se produce un aumento exagerado de estas sustancias, que los sistemas de defensa encargados de combatir este daño no pueden equilibrar, provocando así un estado de estrés oxidativo. Cuando la expresión de estrés oxidativo es grave se derivan severas alteraciones en el metabolismo celular que pueden generar muerte celular, y en consecuencia causar procesos de envejecimiento y enfermedades.

En los ratones que estuvieron expuestos a altas concentraciones de ciclohexano encontramos que la proteína Apurinic/aprimidinic endonuclease 1 (APE1) fue sobre-expresada en las neuronas del hipocampo, esta proteína se encarga de reparar el ADN del daño oxidativo. Estos resultados nos llevaron a inferir que el ciclohexano al ser inhalado se distribuye hasta el hipocampo, donde es capaz de alterar el microambiente celular, provocar estrés oxidativo y activar esta proteína. Paralelamente encontramos que esta alteración produjo la participación de otras células cerebrales denominadas astrocitos y la microglía, que se encargan de combatir el daño ocasionado por una sustancia neurotóxica.

En condiciones normales los astrocitos tienen un papel importante en la nutrición de neuronas, liberación de factores de crecimiento y señalización eficaz entre las neuronas. Sin embargo, durante un evento patológico los astrocitos reciben señales primarias del núcleo de las células dañadas (ocasionados por el aumento de estrés oxidativo) que determinan el tipo de respuesta que emitirán. Los astrocitos situados alrededor de la zona dañada comienzan a contrarrestar los efectos adversos del neurotóxico mediante el aumento de su proliferación y la modificación de su morfología tornándose más robustos y con

mayor el número de sus ramificaciones. En nuestra investigación, encontramos que en los ratones expuestos a altas concentraciones de ciclohexano presentaban dichas alteraciones en los astrocitos del hipocampo.

Por su parte, las células microglía, residentes en el cerebro, son células especializadas del sistema inmune que se encargan de defender este órgano contra agresiones. Normalmente la microglía tienen una morfología estrellada con un cuerpo celular pequeño, y largas y finas ramificaciones, en ese caso es denominada “microglía no activada”, sin embargo, cuando hay un evento adverso se emite la comunicación especializada entre neuronas, astrocitos y microglía para atender la lesión. Una vez activada la vía de señalización de daño, la microglía aumenta su proliferación y cambia su morfología nuclear a una forma ovalada y alargada y comienza actuar como fagocito (célula que elimina microorganismos y desechos perjudiciales), en este estado se le denomina “microglía activa o reactiva”. Para observar a la microglía en sus diferentes formas usamos la proteína de unión al calcio, llamada ionized calcium-binding adapter molecule 1 (Iba-1), que se expresa específicamente en la microglía y funciona como un regulador de su actividad.

En nuestro estudio encontramos que los ratones que estuvieron expuestos a altas concentraciones de ciclohexano tuvieron mayor número de microglía y cambios en su morfología a una forma reactiva. Por ello, creemos que es posible que la inhalación de esta sustancia produce cambios en el microambiente del hipocampo que podrían estar relacionados con daño celular.

Durante la evaluación de la prueba de memoria espacial los ratones expuestos a altas concentraciones de ciclohexano mostraron un desempeño similar al grupo con solución salina, lo que nos llevó a inferir que el ciclohexano en esas concentraciones provocó alteraciones a nivel celular que pudieron ser

contrarrestadas por las células encargadas de combatir los daños al organismo o indican que el daño está en proceso y por eso aún no es perceptible en la conducta. Este estudio inicial nos lleva a cuestionarnos más preguntas y a indagar sobre los posibles daños a neuronas del hipocampo y otras regiones del cerebro, que finalmente podrían ayudar a comprender las alteraciones que muestran los individuos que presentan daños cognitivos seguidos a la adicción a inhalables de abuso.

Importancia

Investigar los mecanismo de acción de sustancias que podrían ser potencialmente dañinas sobre el cerebro humano, nos ayuda evitar y poder afrontar farmacológicamente los daños a la salud de los individuos que inhalen dichos productos de forma accidental, y minimizar el riesgo de adicción en sujetos que los usen de forma intencional.

Puedes obtener la versión original en el siguiente enlace:
<https://doi.org/10.1007/s10571-014-0146-6>

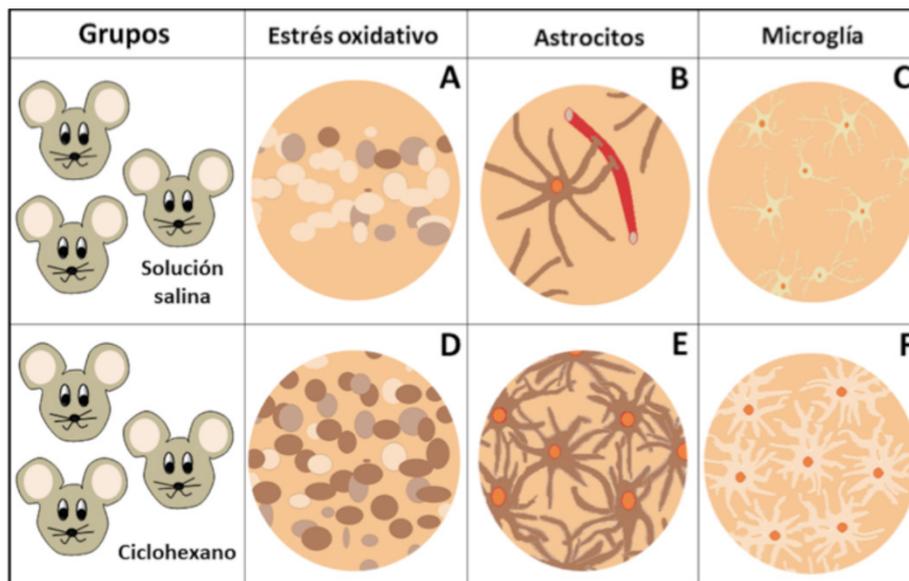


Figura 1. Esquema de los resultados obtenidos en el hipocampo de ratones adultos durante la exposición a solución salina o a ciclohexano. Las letras A, B, C representan los patrones morfológicos normales del estrés oxidativo, astrocitos y microglía de los ratones que estuvieron en un ambiente con solución salina. Mientras que las letras D, E, F muestran los cambios morfológicos cuando los ratones estuvieron expuestos a altas concentraciones de ciclohexano por 30 días, en general se puede observar mayor número de las células y mayor robustez en sus ramificaciones.

Referencias

1. Volkow ND, Koob GF, McLellan AT. *Neurobiologic Advances from the Brain Disease Model of Addiction*. The New England journal of medicine. 2016;374(4):363-71. Epub 2016/01/28.
2. Campos-Ordóñez T, Gonzalez-Perez O. *Cyclohexane, a potential drug of abuse with pernicious effects for the brain*. Frontiers in Pharmacology. 2016;6.
3. Tormoehlen LM, Tekulve KJ, Nañagas KA. *Hydrocarbon toxicity: A review*. Clinical Toxicology. 2014;52(5):479-89.
4. Campos-Ordóñez T, Zarate-Lopez D, Galvez-Contreras AY, Moy-Lopez N, Guzman-Muniz J, Gonzalez-Perez O. *Cyclohexane produces behavioral deficits associated with astrogliosis and microglial reactivity in the adult hippocampus mouse brain*. Cellular and molecular neurobiology. 2015;35(4):503-12. Epub 2014/12/01.
5. Lammers JH, Emmen HH, Muijsers H, Hoogendijk EM, McKee RH, Owen DE, et al. *Neurobehavioral effects of cyclohexane in rat and human*. International journal of toxicology. 2009;28(6):488-97. Epub 2009/12/08.
6. Cruz SL. *The latest evidence in the neuroscience of solvent misuse: an article written for service providers*. Substance use & misuse. 2011;46 Suppl 1:62-7.
7. Strange BA, Witter MP, Lein ES, Moser EI. *Functional organization of the hippocampal longitudinal axis*. Nature reviews. 2014;15(10):655-69. Epub 2014/09/23.
8. Kessels RP, de Haan EH, Kappelle LJ, Postma A. *Varieties of human spatial memory: a meta-analysis on the effects of hippocampal lesions*. Brain Res Brain Res Rev. 2001;35(3):295-303.

¿Quién escribió?



TANIA CAMPOS ORDÓÑEZ. Es psicóloga y estudiante del posgrado en Ciencias Médicas de la Facultad de Medicina Actualmente, trabaja en esta investigación para obtener su título de maestría..



OSCAR GONZÁLEZ PÉREZ. Es doctor en Ciencias Fisiológicas, profesor investigador en el Laboratorio de Neurociencias de la Facultad de Psicología, Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores con el Nivel 3.

osglez@ucol.mx

¿Es posible escuchar la densidad de un tambor?

Aquí encontrarás artículos de divulgación que describen de forma sencilla los resultados publicados en revistas de calidad internacional por nuestra comunidad científica.

Paolo Amore

Un tambor, o más en general cualquier instrumento musical, es un artefacto que emite sonido cuando es utilizado (en el caso del tambor, cuando es percutido). La música generada por ellos es un conjunto de ondas sonoras, de distintas intensidades y frecuencias, que al combinarse generan un efecto armónico y agradable al oído. Detrás del fenómeno físico se encuentran ecuaciones matemáticas que determinan las características del sonido emitido. En particular, en el caso de un tambor, las frecuencias del sonido dependerán de su forma y de la densidad de la membrana.

La pregunta es si es posible construir tambores de distinta forma y densidad que suenen perfectamente iguales. Aquí describimos cómo construirlos.

Hace muchos años, M. Kac, un famoso matemático polaco-estadunidense escribió un artículo titulado (traducido al español) “¿Es posible escuchar la forma de un tambor?”(1). La pregunta de Kac podría parecer un poco rara, pero, desde el punto de vista matemático es bastante clara: Las vibraciones

del tambor son descritas por la ecuación de Helmholtz y calculando sus soluciones conocemos todas las frecuencias que puede emitir.

En la mayoría de los casos, no es posible obtener las soluciones exactamente, aunque sí es posible aplicar técnicas numéricas para encontrar valores aproximados para las frecuencias que el tambor emite. Entre los pocos casos de perfiles que se resuelven exactamente están los tambores rectangulares, circulares, elípticos, en forma de anillo, en forma de triángulo equilátero, etc.

Aun sin tener que resolver la ecuación de Helmholtz, es razonable esperar que cuando un tambor de dado perfil sea (aun ligeramente) deformado, todas sus frecuencias, desde la más chica hasta las más altas, cambien. De hecho, mucho antes de Kac, en 1911, otro matemático, el alemán H. Weyl, demostró una ley, conocida como “ley de Weyl”, que nos dice cómo cambian las frecuencias muy altas de un tambor en función a su área y a su perímetro(2). Aunque la ley de Weyl no vale para las frecuencias bajas, establece que tambores con área y perímetro similares deberían sonar muy similares.

Con su pregunta Kac quiso ir mas allá y ver si es posible que dos tambores distintos puedan realmente tener el mismo sonido: no solo las frecuencias altas, y no solo que sean parecidas, pero que sean completamente idénticas. Si esos tambores realmente existieran, se diría que son isoespectrales, porque comparten el mismo espectro (el conjunto de todas las frecuencias que puede emitir el tambor).

Aunque el artículo de Kac, publicado en 1966, generó bastante interés entre los matemáticos, estimulando la investigación en esta área, no fue posible obtener una respuesta a la pregunta hasta 25 años después. En 1992, tres matemáticos estadounidenses, Gordon, Webb y Wolpert, (GWW), finalmente contestaron (negativamente) la pregunta de Kac, encontrando ejemplos de dominios isoespectrales, o sea dominios que emi-

tirían exactamente las mismas frecuencias a pesar de ser distintos (3,4) Obviamente, siendo que estos dominios también tienen que cumplir la Ley de Weyl, es necesario que tengan la misma área y perímetro.

Es interesante notar que demostraron que los dominios son isoespectrales sin tener que calcular exactamente todas las frecuencias: De hecho, si hubieran querido demostrar la isoespectralidad de esa forma, hubiera sido una tarea imposible, ya que para estos dominios la solución exacta es desconocida. Por otro lado, si solo se hubieran limitado a calcular aproximadamente algunas frecuencias de ambos dominios, esto nunca hubiera sido aceptado como una demostración matemática (hay que también resaltar que el espectro contiene una infinidad de frecuencias que pueden ser emitidas, así que cualquier cálculo numérico ¡nunca podría describirlas todas!).

La demostración que encontraron GWW es algo complicada, pero al final de cuentas la isoespectralidad es una consecuencia del hecho que las soluciones en un perfil se pueden construir a partir de las soluciones en el otro perfil, utilizando oportunas rotaciones y reflexiones. Para que la expresión obtenida sea solución de la ecuación se debe garantizar que sea nula al borde del tambor y que sea continua (con su derivada) en el interior del perfil. De esta manera, si se desea conocer la solución en un dominio y se ve que con operaciones adecuadas se obtiene la solución el otro dominio, se ha demostrado la isoespectralidad sin necesidad de conocer explícitamente ambas soluciones.

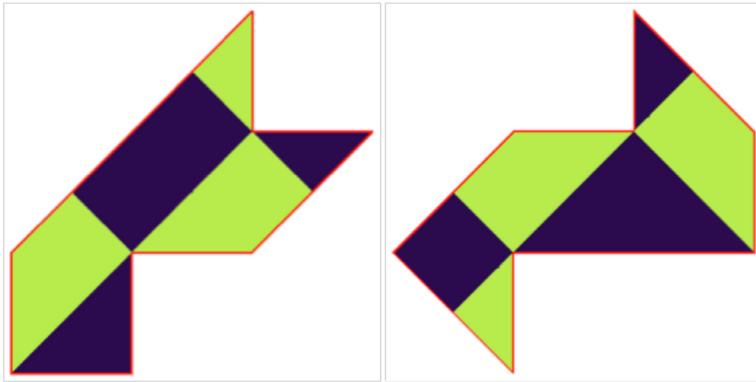


Figura 2: Dominios isoespectrales inhomogéneos: Las regiones de distinto color tienen densidad distinta (figura tomada de 8).

Siguiendo este procedimiento generamos una gran variedad de parejas de dominios inhomogéneos isoespectrales; tres ejemplos de estos dominios se muestran en la Figura 3.

A pesar que el cálculo numérico de las frecuencias para los dominios en la Figura 3 podría ser difícil, la demostración de GWW aplica a estos dominios también y, por lo tanto, ¡tenemos la certeza de que poseen el mismo espectro!

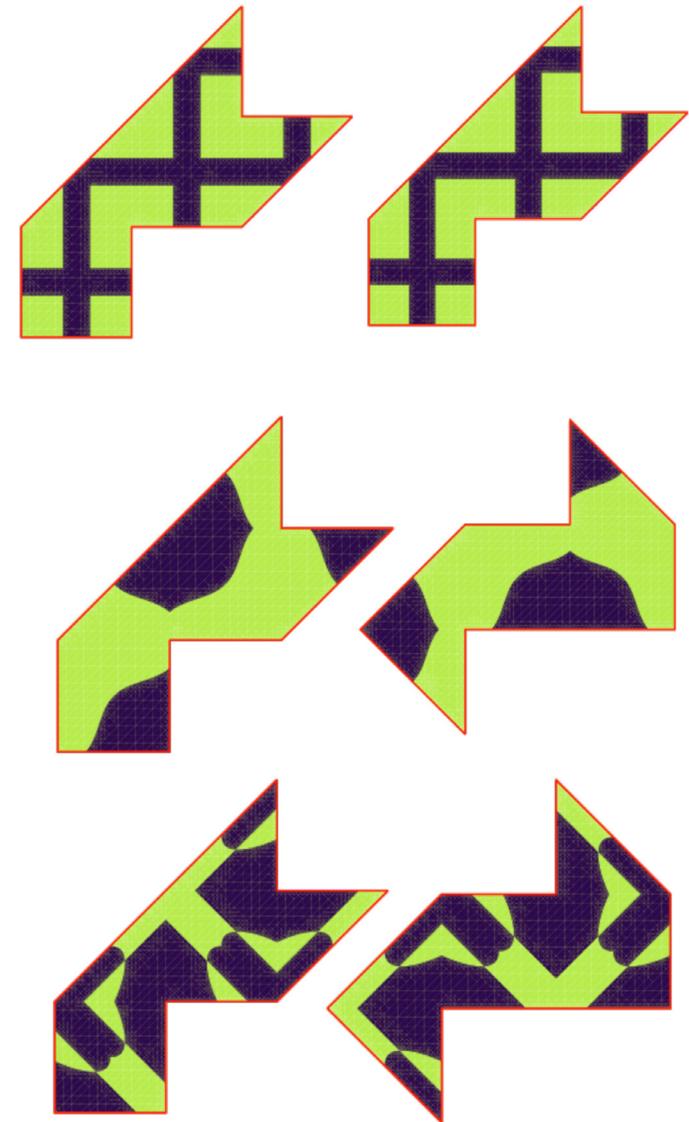


Figura 3: Ejemplos de dominios isoespectrales inhomogéneos

Estos resultados también se pueden extender a problemas de naturaleza distinta, como el caso de un electrón atrapado en un dominio en dos dimensiones, bajo la acción de un potencial externo. La mecánica cuántica describe el comportamiento del electrón por medio de la ecuación (estacionaria) de Schrodinger, y su solución permite conocer los niveles de energía a disposición del electrón y la probabilidad de encontrar el electrón en el entorno de cualquier punto interno a uno de los dos dominios.

A pesar de tratarse de una ecuación distinta, las condiciones necesarias para la isoenergicidad se cumplen si el potencial que actúa sobre el electrón es simétrico bajo reflexiones respecto a las líneas punteadas en la Figura 1.

En el ejemplo estudiado en (8), un electrón es confinado en uno de los dos perfiles de la Figura 1, y se encuentra bajo la acción de un campo eléctrico de magnitud constante y dirección variable como se ve en la Figura 4. En (8) cálculos numéricos son presentados para el caso de estos billares cuánticos, averiguando con buena precisión su isoenergicidad.

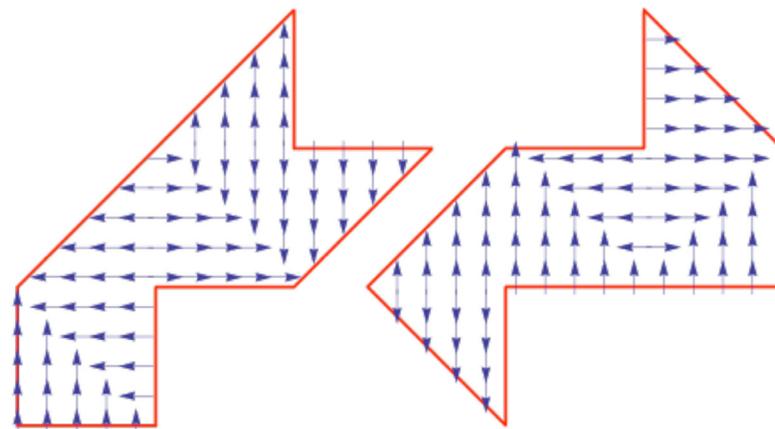


Figura 4: Billares cuánticos isoenergícos en un campo eléctrico. Las flechas indican las direcciones del campo eléctrico (Figura tomada de 8).

Conclusión: es posible construir ejemplos de parejas isoespectrales en situaciones físicas muy distintas, como en el caso de los modos de vibración de un tambor (homogéneo o inhomogéneo), de una cavidad de microondas, o de un billar cuántico.

Puedes obtener la versión original en el siguiente enlace:
<https://doi.org/10.1103/PhysRevE.88.042915>

Referencias

- 1 M. Kac, Am. Math. Monthly 73, 1 (1966)
- 2 Weyl, Hermann (1911). “Über die asymptotische Verteilung der Eigenwerte”. Nachrichten der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen: 110–117.
- 3 C. Gordon , D. Webb and S. Wolpert, Bull. Am. Math. Soc. {\bf 27}, 134-138 (1992)
- 4 C. Gordon , D. Webb and S. Wolpert, Invent. Math. {\bf 110}, 1 (1992)
- 5 Amore, Paolo, et al. “High order eigenvalues for the Helmholtz equation in complicated non-tensor domains through Richardson extrapolation of second order finite differences.” Journal of Computational Physics 312 (2016): 252-271.
- 6 T. Driscoll, SIAM Rev. {\bf 39}, 1 (1997)
- 7 S. Sridhar and A. Kudrolli, Phys. Rev. Lett. {\bf 72}, 2175 (1994)
- 8 Amore, Paolo. “One cannot hear the density of a drum (and further aspects of isospectrality).” Physical Review E 88.4 (2013): 042915.

¿Quién escribió?

PAOLO AMORE.

Profesor investigador de la Facultad de Ciencias y del Centro Universitario de Investigaciones en Ciencias Básicas (CUICBAS)
paolo.amore@gmail.com

AGENDA CGIC



Programa

Vrani Ibarra	Visión Artificial: herramienta para la agricultura	9 de noviembre
Ricardo Sáenz	Reflexiones sobre el infinito	23 de noviembre
Christian Ortega	Eventos de mortalidad de ballenas y delfines en nuestras costas	7 de diciembre
Nick Varley	¿Qué tan peligroso es el Volcán de Colima?	11 de enero



@ BUZÓN DEL LECTOR

Tu opinión es muy valiosa para nosotros; te invitamos a participar con tus comentarios, quejas y/o sugerencias a cgic@ucol.mx